

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**FAUNA EPIEDÁFICA E ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DE SOLOS SOB  
SISTEMAS DE MANEJO NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO**

**Denice de Oliveira Almeida**

**(Tese)**

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL  
FACULDADE DE AGRONOMIA  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA DO SOLO

**FAUNA EPIEDÁFICA E ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DE SOLOS SOB  
SISTEMAS DE MANEJO NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO**

DENICE DE OLIVEIRA ALMEIDA  
Engenheira-Agrônoma (UDESC)  
Mestre em Ciência do Solo (UDESC)

Tese apresentada como  
um dos requisitos à obtenção do  
Grau de Doutor em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil  
Março de 2012

### CIP - Catalogação na Publicação

ALMEIDA, DENICE DE OLIVEIRA  
FAUNA EPIDÉFICA E ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DE  
SOLOS SOB SISTEMAS DE MANEJO NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO  
/ DENICE DE OLIVEIRA ALMEIDA. -- 2012.  
95 f.

Orientador: CIMÉLIO BAYER.

Tese (Doutorado) -- Universidade Federal do Rio  
Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de  
Pós-Graduação em Ciência do Solo, Porto Alegre, BR-RS,  
2012.

1. MANEJO DO SOLO. 2. FAUNA EDÁFICA. 3. COBERTURA  
DO SOLO. 4. PLANTIO DIRETO. 5. PREPARO CONVENCIONAL.  
I. BAYER, CIMÉLIO , orient. II. Título.

DENICE DE OLIVEIRA ALMEIDA  
Engenheira Agrônoma - UDESC  
Mestre em Ciência do Solo - UDESC

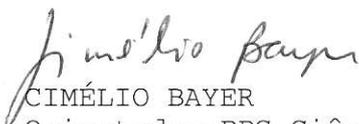
## TESE

Submetida como parte dos requisitos  
para obtenção do Grau de

### **DOCTORA EM CIÊNCIA DO SOLO**

Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo  
Faculdade de Agronomia  
Universidade Federal do Rio Grande do Sul  
Porto Alegre (RS), Brasil

Aprovado em: 09.03.2012  
Pela Banca Examinadora



CIMÉLIO BAYER  
Orientador-PPG Ciência do Solo

Homologado em: 11.06.2012  
Por



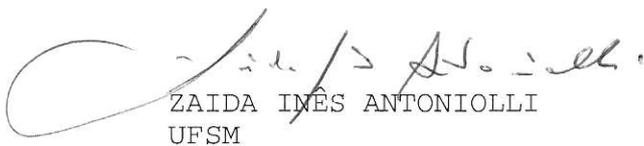
ALBERTO V. INDA JUNIOR  
Coordenador do  
Programa de Pós-Graduação em  
Ciência do Solo



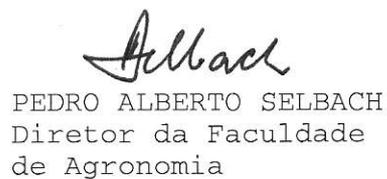
ENILSON LUIZ SACCOL DE SÁ  
Departamento de Solos/UFRGS



LUCIANO KAYSER VARGAS  
FEPAGRO/RS



ZAIDA INÊS ANTONIOLLI  
UFSM



PEDRO ALBERTO SELBACH  
Diretor da Faculdade  
de Agronomia

***“Que variedade, Senhor, nas Tuas obras!***

***Todas com sabedoria as fizeste:  
cheia está a terra das Tuas riquezas”***

***Salmos 104:24***

***A Deus eu dedico esta Tese...***

## AGRADECIMENTOS

A Deus, por me permitir mais uma vez “ver um pouco mais longe”.  
Agradeço por tudo que sou e tenho.

A minha mãe Cleusa Almeida pelo apoio incondicional em todos os sonhos e planos.

Ao meu pai José Luiz de Athayde Almeida (*in memoriam*),

Ao meu irmão Rafael Almeida por ser tão divertido e companheiro.

Ao meu esposo Henrique Almeida pelo companheirismo e auxílio em todas as horas.

Ao prof. Cimélio Bayer pela paciência em me orientar.

Aos funcionários “Tonho”, “Seu Zé”, Márcio e Adão por facilitarem os trabalhos.

Ao PPG-Ciência do Solo (UFRGS) pela oportunidade concedida.

Ao CNPq pela concessão da bolsa de estudos.

A FUNDACEP, Dr. Jackson Fiorin, por ceder a área experimental e aos funcionários pelo auxílio em campo.

Ao CAV-UDESC, aos professores Álvaro Mafra e Ildegardis Bertol por disponibilizarem a área experimental sob sua responsabilidade para a realização deste estudo e a Doutoranda Eliete Ferreira da Rosa pelo auxílio nas coletas a campo.

Aos colegas Luisa Fernanda Escobar, Luis Fernando Chaves, Lucía Salvo, Fernando Vieiro, Graciele Sarante, Genuir Denega, Emanuelle Maggiero, Joice Mari Assmann e Ândrea Franco pela agradável convivência.

A todos que contribuíram para que esta tese se concretizasse eu agradeço.

# **FAUNA EPIEDÁFICA E ATRIBUTOS MICROBIOLÓGICOS DE SOLOS SOB SISTEMAS DE MANEJO NO SUBTRÓPICO BRASILEIRO<sup>1</sup>**

Autor: Eng. Agrônoma M.Sc. Denice de Oliveira Almeida

Orientador: Prof. Dr. Cimélio Bayer

## **RESUMO**

O objetivo deste estudo foi avaliar o impacto de sistemas de manejo do solo utilizados no subtropical brasileiro sobre indicadores microbiológicos e de fauna epiedáfica. O estudo foi realizado em três áreas experimentais de longa duração localizadas nos estados do Rio Grande do Sul (municípios de Eldorado do Sul e Cruz Alta) e de Santa Catarina (município de Lages). Diferentes sistemas de cultura (rotação de culturas e monocultura; diferentes plantas de cobertura de solo antecedendo o milho no verão) e de preparo de solo (plantio direto e preparo convencional) foram avaliados nas diferentes áreas experimentais, as quais foram amostradas na camada de 0-10 cm para avaliação da atividade microbiana de C e N da biomassa, enzima  $\beta$ -glucosidade e urease, quociente metabólico e respiração microbiana. A fauna epiedáfica foi avaliada pelo método da armadilha de pitfall. Os preparos de solo tem efeito predominante na fauna do solo, enquanto os sistemas de cultura tem efeito secundário. O efeito dos preparos de solo é mais intenso no período logo após a sua realização, diminuindo em intensidade com o passar do tempo. Gramíneas de cobertura de solo promovem a fauna e atributos microbianos ligados ao carbono, enquanto a cobertura com leguminosa promove aqueles ligados ao nitrogênio. O sistema de rotação de culturas associada ao plantio direto promove melhor ambiente para a fauna e microbiota dos solos.

---

<sup>1</sup> Tese de Doutorado em Ciência do Solo. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (95p.) Março, 2012.

## **EPIDHAFIC FAUNA AND MICROBIAL SOIL ATTRIBUTES AS AFFECTED BY MANAGEMENT SYSTEMS IN THE SOUTHERN BRAZIL<sup>2</sup>**

Author: Agr. Ing. M.Sc Denice de Oliveira Almeida

Adviser: Prof. Dr. Cimelio Bayer

### **ABSTRACT**

The aim of this study was to evaluate the impact of soil management systems on epidaphic fauna and microbial indicators in the Southern Brazil. The study was performed in three long term experiments located at the states of Rio Grande do Sul (counties of Eldorado do Sul and Cruz Alta) and Santa Catarina (county of Lages), South of Brazil. Different cropping systems (crop rotation and monoculture; different winter cover crops in maize cropping systems) and tillage systems (no-tillage and conventional tillage) were evaluated. The soils at the experimental areas was sampled (0-10 cm) and evaluated regarding microbial attributes (C and N biomas,  $\beta$ -glucosidase and urease, metabolical quotient and soil respiration) and epidaphic fauna using pitfall tramps. Tillage systems have the principal effect on microbial and epiedafic fauna, while cropping systems have secondary effect. Tillage effect was more intense just after tillage operations, decreasing over the time. Grass cover-crops species have positive effects on epiedaphic fauna and microbial attributes linked to carbon, while legume cover-crops provide better conditions to microbial attributes linked to nitrogen. Crop rotations associated to no-tillage provides better environment to epidaphic fauna and soil microbial attributes.

---

<sup>2</sup> Doctoral thesis in Soil Science. Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. (95p.) March, 2012.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL .....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	2
2.1 Manejo de solo .....	2
2.1.1 Preparo convencional .....	2
2.1.2 Plantio direto .....	3
2.2. Cobertura do solo .....	3
2.3. Biota do solo influenciada por práticas de manejo .....	4
2.4. Importância da biota em processos envolvendo a ciclagem da matéria orgânica.....	6
2.4.1. Fauna.....	6
2.4.2. Micro-organismos .....	7
2.5. Uso de atributos microbiológicos como indicadores da qualidade do sistema de manejo do solo .....	9
3. HIPÓTESE GERAL.....	10
4. OBJETIVO GERAL .....	10
5. ESTUDO I .....	11
Fauna e Atributos Microbiológicos de um Argissolo Influenciados por Preparos de Solo e Culturas de Cobertura no Sul do Brasil .....	11
5.1 Resumo .....	11
5.2 Introdução.....	11
5.2.1 Hipóteses específicas .....	12
5.2.2 Objetivos específicos .....	13
5.3 Material e métodos .....	13
5.3.1 Características de solo e clima .....	13
5.3.2 Avaliações e índices de fauna .....	15
5.3.3 Avaliações e índices de atividade microbiológicas .....	16
5.4 Resultados e discussão.....	18
5.5 Conclusões.....	33
6. ESTUDO II .....	35
Fauna e Atributos Microbiológicos de um Argissolo Vermelho Influenciados por Sistemas de Culturas sob Plantio Direto no Sul do Brasil .....	35
6.1 Resumo.....	35
6.2 Introdução.....	35
6.2.1 Hipóteses específicas .....	36
6.2.2 Objetivos específicos .....	36
6.3 Material e métodos .....	37
6.4 Resultados e discussão.....	38
6.5 Conclusões.....	51
7. ESTUDO III .....	52
Fauna Edáfica Afetada por Sistemas de Manejo no Sul do Brasil.....	52
7.1 Resumo .....	52
7.2 Introdução.....	52
7.3 Material e métodos .....	54
7.4 Resultados e discussão.....	56
7.5 Conclusões.....	71
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	72
9. APÊNDICES .....	87

## INDICE DE TABELAS

Tabela 1- Contraste com amplitude da diferença das gruposs da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto de um Argissolo.....	24
Tabela 2 - Contraste dos atributos microbianos sob preparo convencional e plantio direto de um Argissolo .....	26
Tabela 3 – Contraste por teste de LSD das gruposs da fauna edáfica sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo. Valores totais de organismos nos grupos e nos índices valores médios.....	42
Tabela 4 - Contraste LSD dos atributos microbianos sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo.....	45
Tabela 5 – Descrição das culturas nos tratamentos de preparos de solo e sistema de culturas em Eldorado do Sul, Lages e Cruz Alta .....	55
Tabela 6 – Análise da Variância Multivariada da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto combinado com sistemas de culturas Eldorado do Sul (RS), Lages (SC) e Cruz Alta (RS), média total das 4 diferentes épocas do manejo.....	57
Tabela 7 - Correlação com as variáveis originais da ACP da fauna edáfica em Lages (SC), Eldorado do Sul (RS) e Cruz Alta (RS) .....	60
Tabela 8 - Análise de contraste multivariado da fauna edáfica num Cambissolo sob preparo convencional e plantio direto em Lages (SC). Média por pitfall .....	61
Tabela 9 – Análise de contraste multivariado da fauna edáfica num Latossolo sob preparo convencional e plantio direto em Cruz Alta (RS). Número médio de organismo ou índice ecológico por pitfall .....	64

## INDICE DE FIGURAS

Figura 1 - Mineralização e transformação do nitrogênio orgânico .....	8
Figura 2 - Reação da enzima $\beta$ -glucosidase na degradação da celobiose em açúcares simples .....	8
Figura 3– Médias mensais: temperatura ( $^{\circ}$ C) do ar e precipitação pluviométrica (mm) em Eldorado do Sul-RS. Período compreendido de Outubro de 2009 a Outubro de 2010 .....	14
Figura 4– Análise dos componentes principais: (a) da fauna edáfica (b) dos atributos microbianos de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo no sul do Brasil.....	19
Figura 5– Análise dos componentes principais e Dendograma do agrupamento da fauna edáfica sob diferentes preparos de um Argissolo Vermelho nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita do milho; (d, h) durante cobertura de inverno.....	28
Figura 6 – Análise dos componentes principais e dendograma do agrupamento dos atributos sob diferentes preparos de um Argissolo nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita da cultura do milho; (d, h) durante cobertura de inverno.. .....	32
Figura 7– Análise dos componentes principais: (a) da fauna edáfica (b) dos atributos microbianos.....	40
Figura 8– Análise dos componentes principais e Dendograma do agrupamento da fauna edáfica sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita da cultura do milho; (d, h) Durante cobertura de inverno.....	47
Figura 9– Análise dos componentes principais e dendograma do agrupamento dos atributos sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita da cultura do milho; (d, h) durante cobertura de inverno.....	50
Figura 10- Análise dos componentes principais da fauna edáfica em sistemas de preparo do solo e culturas: (a) Lages, SC; (b) Eldorado do Sul, RS; (c) Cruz Alta, RS .....	58
Figura 11 - Análise de componentes principais da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto num Cambissolo em Lages: (a) No pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b) Durante a cultura de verão; (c) No pós-colheita da cultura de verão; (d) Durante as culturas de coberturas de inverno.. .....	67

Figura 12– Análise dos componentes principais da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto com cobertura de aveia e ervilhaca num Argissolo em Eldorado do Sul (RS) nos períodos: (a) pós-colheita das culturas de cobertura de inverno; (b) durante cultura de verão; (c) pós-colheita da cultura de verão; (d) durante culturas de cobertura de inverno.....69

Figura 13 – Análise dos componentes principais da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto com rotação e sucessão de culturas num Latossolo em Cruz Alta (RS) nos períodos: (a) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b) Durante cultura de verão; (c) Pós-colheita da cultura de verão; (d) Durante cobertura de inverno..... 70

## LISTA DE ABREVIÇÕES

Oli – Oligochaeta

Ara – Araneae

Gas – Gastropoda

Coleop – Coleoptera

Div – Índice de Diversidade de Margalef

Jov – Formas Jovens

Riq – Riqueza de grupos

Iso – Isopoda

Aca – Acarina

Ort – Orthoptera

Sta – Staphylinidae

Abu – Abundância de Indivíduos

Hym – Hymenoptera

Dip – Díptera

Diplo – Diplopoda

Collem – Collembola

Hem – Hemiptera

Dom – Índice de Dominância de Berger-Parker

Equ – Índice de Equitabilidade de Pielou

ha – hectares

ACP – análise de componentes principais

CP1 – componente principal 1

CP2 – componente principal 2

PC – preparo convencional

PD – plantio direto

PC-A/M – preparo convencional com sucessão de aveia no inverno e cultura comercial do milho no verão.

PC-E/M – preparo convencional com sucessão de ervilhaca no inverno e cultura comercial do milho no verão.

PD-A/M – plantio direto com sucessão de aveia no inverno e cultura comercial do milho no verão.

PD-E/M – plantio direto com sucessão de ervilhaca no inverno e cultura

comercial do milho no verão.

A/M – cobertura de aveia no inverno e cultura comercial do milho no verão.

E/M – cobertura de ervilhaca no inverno e cultura comercial do milho no verão.

L/M – cobertura tropical de lablab e cultura comercial do milho.

AE/M – consorciação de coberturas de aveia e ervilhaca no inverno e cultura comercial de milho no verão.

AE/MC – consorciação de coberturas de aveia e ervilhaca no inverno e consorciação da cultura comercial de milho e cobertura de caupi no verão.

PC-M - preparo convencional com a sucessão de culturas de trigo no inverno e soja no verão.

PC-RVI - preparo convencional com a rotação de culturas no ano 1: consorciação de ervilhaca e aveia no inverno e milho no verão; segundo ano trigo no inverno e soja no verão; terceiro ano aveia no inverno e soja no verão.

PC-RI - preparo convencional com a rotação de culturas: primeiro e segundo ano aveia no inverno e soja no verão; terceiro ano trigo no inverno e soja no verão

PD-M - plantio direto com a sucessão de culturas de trigo no inverno e soja no verão.

PD-RVI - plantio direto com a rotação de culturas no ano 1: consorciação de ervilhaca e aveia no inverno e milho no verão; ano 2: trigo no inverno e soja no verão; ano 3: aveia no inverno e soja no verão.

PD-RI - plantio direto com a rotação de culturas: primeiro e segundo ano aveia no inverno e soja no verão; terceiro ano trigo no inverno e soja no verão

PC-1 - preparo convencional com pousio no inverno e sucessão de cultura de verão com sorgo

PC-2 - preparo convencional com pousio no inverno e rotação na cultura de verão com feijão, sorgo e soja

PD-1 - plantio direto com sucessão de culturas ervilhaca e sorgo

PD-2 - plantio direto com rotação de culturas feijão aveia; sorgo nabo; soja ervilhaca

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

Registros da intervenção do homem no solo estão comentados num dos livros mais antigos da civilização, a Bíblia. Segundo este registro, Deus deu o jardim do Éden para Adão cuidar e cultivar (Gênesis 2:15).

Independente da teoria que explica o aparecimento do homem na Terra, a história registra a evolução da relação do homem no trabalho com o solo. Ao longo da história o homem foi desenvolvendo métodos e instrumentos de trabalho para facilitar e aumentar a produtividade do solo. Entretanto, na mesma medida em que avançou nestes métodos, o homem percebe que nem todos trazem bons resultados. Isto foi evidenciado ao longo do tempo, através da observação das conseqüências que os diferentes métodos de trabalho com o solo trouxeram.

O cuidado com o solo começou a ganhar mais proporção na medida em que a perda deste recurso começa a ser evidenciado em larga escala. A história registra várias civilizações importantes como os Incas, Mesopotâmicos e Egípcios que evoluíram ou foram extintos em virtude da forma como lidaram com o solo (Brady, 1974; Jesus, 1990).

Hoje, é uma constante na pesquisa científica o estudo não só do aumento da produtividade, mas também ações que possam manter a qualidade do solo. De forma que o estudo dos diferentes tipos de manejos é de grande importância, principalmente em solos tropicais onde a perda é acelerada devido as condições climáticas, como intensas chuvas e altas temperaturas que favorecem a suscetibilidade do solo à perdas (Montecchia, 2011).

O manejo do solo é composto por um conjunto de ações com objetivo de alcançar a produtividade das culturas e manter ou melhorar a qualidade do solo. De acordo com a cultura de interesse, pode-se lançar mão de diversos tipos de manejo com suas combinações que vão desde um sistema agroecológico até um preparo convencional com sucessão de culturas. Estes diferentes tipos de manejo podem influenciar de modo distinto o ecossistema natural alterando sua qualidade. Além disso, o conjunto de ações que compõem o manejo, ou seja, preparo do solo, semeadura, dessecação e corte dos restos culturais, entre outras, pode ser reconhecido separadamente. Como exemplo, os preparos de solo e as culturas semeadas podem influenciar o solo

com intensidades distintas.

O estudo separado de cada ação dentro de um manejo, estudo desta mesma ação dentro de outros tipos de manejo (interação) e o estudo de um mesmo manejo em diferentes condições edafoclimáticas podem fornecer informações interessantes sobre a forma com que estes afetam o solo. Segundo a literatura, o estudo dos diferentes tipos de manejo e a forma com que afetam o solo pode ser feita através de atributos químicos, físicos e microbianos do solo (Parkin et al., 1994).

Nesse sentido, os atributos microbiológicos são amplamente utilizados para as avaliações em agroecossistemas (Silva et al., 2010; Kaschuk et al., 2010; Kaschuk et al., 2011). Isto porque são organismos vivos e sensíveis que respondem às ações de manejo realizadas num agroecossistema, permitindo intervir nesse ambiente visando sua prevenção e recuperação da homeostase.

## **2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA**

### **2.1 Manejo de solo**

No Brasil os tipos de manejo de mais utilizados na cultura de grãos são o preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto. Entretanto os dois preparos mais adotados e contrastantes são o preparo convencional e plantio direto.

#### **2.1.1 Preparo convencional**

Neste manejo é realizado o preparo prévio do solo para a semeadura. Este preparo consiste normalmente na aração e gradagem, sendo que após a semeadura ainda pode haver novas interações mecânicas.

No preparo do solo identificam-se três etapas: o preparo primário, secundário e cultivo do solo pós-plantio. O preparo primário tem por objetivo enterrar e eliminar as ervas daninhas e melhorar as condições do solo para a germinação e emergência das plantas. Este preparo pode ser realizado com arado de discos ou arado de aivecas. O preparo secundário é feito para uniformizar a superfície do solo para facilitar o plantio. O cultivo do solo após plantio objetiva a remoção de plantas daninhas do meio da cultura já estabelecida. Para isso pode-se utilizar de roçadora mecânica ou cultivadores.

As principais vantagens do preparo convencional são: aumento temporário da aeração e da infiltração do solo, redução de ervas daninhas, nivelamento do solo e incorporação dos fertilizantes e corretivos entre outros.

### **2.1.2 Plantio direto**

O manejo com plantio direto surgiu no Brasil a partir dos anos 70. Como o próprio nome indica, o plantio direto dispensa preparos de solo anteriores a semeadura da cultura. Para sua adoção, o plantio direto estabelece alguns pressupostos para que possa se tornar viável. Estes são: o mínimo revolvimento do solo, a manutenção da cobertura do solo e diversificação das culturas (Domingues, 2010).

As principais vantagens do plantio direto são: diminui as movimentações de solo, reduz perdas de solo e água do sistema (Domingues, 2010), evita radiação solar direta, reduz amplitude térmica, mantêm a umidade, melhora a estrutura do solo, aumenta a matéria orgânica do solo entre outras vantagens.

O plantio direto é amplamente aceito em todo o mundo. A adoção deste manejo subiu de 45 milhões de hectares plantados em todo o mundo em 1999 para 105 milhões em 2009 (Derpsh, 2009). Por ser muito versátil, o plantio direto é adotado desde o círculo polar ártico até os trópicos e em muitas condições adversas como locais com precipitações anuais de 250mm (Austrália) até 3000mm (Chile) (Derpsh, 2009).

Este manejo é considerado conservacionista do solo por todas as vantagens já citadas.

## **2.2. Cobertura do solo**

A cobertura do solo é indispensável para a viabilização do plantio direto (Timossi et al., 2007). Esta pode se expressar de duas formas: cobertura viva durante o ciclo da planta ou cobertura morta como liteira sobre o solo. Entretanto, plantas de cobertura do solo também podem ser adotadas no preparo convencional para incorporar C e N ao solo (Amado et al., 2001). A diferença entre o preparo convencional e direto se dá pelo manejo das plantas de cobertura. No preparo convencional, após o ciclo da planta, a cobertura é

incorporada ao solo como adubação verde enquanto que no plantio direto esta é deixada sobre o solo aproveitando-se também como cobertura morta.

As principais vantagens da cobertura, seja ela viva ou em forma de liteira, consiste na diminuição da amplitude térmica da superfície do solo, a conservação da umidade (Almeida, et al. 2011), redução da erosão (Gabriel e Quemada, 2011), aumento retenção de água (Quemada e Cabrera, 2002) e aumento da matéria orgânica do solo (Amado, 2001).

Dependendo o tipo de planta utilizada como cobertura do solo, pode-se obter algumas vantagens específicas. Por exemplo, as leguminosas, pela fixação biológica, fornecem N para o solo através da decomposição da biomassa vegetal. Já as plantas as gramíneas servem como cobertura do solo, proporcionando maior biomassa vegetal.

Entretanto as características nutricionais das coberturas do solo e seu manejo podem afetar os organismos do solo. A temperatura e umidade do solo, proporcionadas pela cobertura ou falta desta, pode aumentar, diminuir ou modificar a atividade dos organismos. Além disso, a composição da cobertura com maiores teores de água, C, N, ou a quantidade do alimento, pode selecionar organismos com determinadas preferências nutricionais (Parra, 2009).

Através da diversificação de culturas pode-se englobar mais de uma vantagem no sistema. Isto pode ser feito através da sucessão, rotação ou consorciação de culturas. Nesta diversificação podem ser utilizada não somente plantas de interesse econômico, mas também plantas de cobertura. As diferentes profundidades e volumes explorados pelos sistemas radiculares das culturas diversificadas reduzem a compactação e fornecem exsudatos radiculares com composição variada.

Para os organismos do solo, a diversificação de coberturas como liteira, promove variação na composição nutricional e quantidade de alimento. Diminui os organismos patogênicos e aumenta os benéficos (Abawi e Widmer, 2000).

### **2.3. Biota do solo influenciada por práticas de manejo**

Os micro-organismos e a fauna edáfica correspondem a cerca de

80% da riqueza de espécies do mundo, e respondem à mudanças no manejo do solo devido ao curto período de gerações e sensibilidade ao microclima (Phillips e Cobb, 2005).

A importância da fauna e dos micro-organismos em regiões tropicais é maior que em regiões temperadas, porque a atividade dos organismos do solo sobre a liteira e sobre a matéria orgânica do solo não é limitada pela variabilidade climática e o alimento na forma de biomassa vegetal é abundante (Sayer et al., 2010).

A fauna edáfica se relaciona com os micro-organismos uma vez que para obter os nutrientes necessários, os insetos podem realizar sínteses, excreções e concentrações seletivas e algumas vezes podem ser auxiliados pelos micro-organismos (Parra et al., 2009) além de beneficiá-los através da fragmentação e incorporação do material orgânico.

A qualidade do alimento afeta sensivelmente a biota do solo. Por exemplo, dentro da fauna edáfica, os mastigadores preferem alimentos com maiores teores de água e nitrogênio (Parra et al., 2009). Desta forma, a planta de cobertura do solo, que será o alimento, seja na forma viva ou de liteira, pode ser determinante na composição e atividade dos organismos do solo determinando indiretamente o tipo e a quantidade da matéria orgânica no solo.

Os diferentes tipos de manejo do solo aplicados nos sistemas agrícolas também afetam a sua biota. A cultura implantada, os intensos revolvimentos do solo, o tráfego de máquinas e implementos, adubações, uso de agrotóxicos, possuem efeito instantâneo sobre os organismos que estão nesta área. Além disso, ainda temos outras conseqüências físicas no solo provocadas pelo manejo a longo prazo, ou seja, a densidade, a porosidade, a umidade e a temperatura do solo também afetam estes organismos. Como resultado, os organismos podem assumir uma nova composição e atividade (Kladivko, 2001) que pode conduzir a efeitos locais (organismos com pouca mobilidade) ou regionais (organismos com alta mobilidade) (Minor e Cianciolo, 2007).

As principais modificações ocorridas na composição da diversidade dos organismos, que indicam mudanças ambientais, estão relacionadas as gruposs ou grupo funcional. Desta forma, um determinado manejo pode levar ao aumento de organismos de mesma grupos, aumentando a dominância de

alguns grupos e diminuindo a biodiversidade (Bareta et al., 2006). As principais funções dos grupos estão ligadas ao processamento da liteira e da matéria orgânica do solo. Desde os maiores até os menores organismos do solo estão envolvidos neste processo. No caso da diminuição de grupos, partes deste processo podem ficar deficientes ou podem ser assumidas com menor eficiência por outros grupos (Bradford et al., 2007). Isto ainda pode ser somado através do efeito indireto em outros organismos sensíveis à quantidade e localização do material orgânico no solo (Lowe e Butt, 2002; Birkhofer et al., 2008) os quais por sua vez terão influência em populações de micro-organismos do solo ligadas a decomposição da matéria orgânica.

## **2.4. Importância da biota em processos envolvendo a ciclagem da matéria orgânica**

### **2.4.1. Fauna**

As primeiras etapas da decomposição como quebra e incorporação da matéria orgânica do solo são realizados principalmente por Oligochaetas, Hymenopteras e Coleopteras (macrofauna). A mineralização e imobilização de nutrientes, são feitas principalmente pelos micro-organismos (microfauna e microflora), os quais possuem complexo enzimático amplo.

A medida em que diminui o tamanho corporal aumenta a importância do organismo na quebra química e diminui sua importância na quebra física. Apesar de ser responsável por apenas cerca 10% da decomposição (Lavelle, 2000), se não houver o trabalho da fauna edáfica a decomposição microbiana pode ocorrer de forma ineficiente (Bradford, 2007).

No que diz respeito a ação da fauna, a ordem collembola (mesofauna), por exemplo, estabiliza o carbono do solo durante a passagem deste pelo corpo além de estimularem a atividade dos micro-organismos (Fox et al., 2006). Os nematóides (microfauna) transferem o carbono da matéria orgânica do solo para a biomassa microbiana e libera o nitrogênio pela sua composição fecal (Neher, 2001). O grupo dos Enchytraeidae utiliza a liteira incorporando o carbono no solo pelos pellets fecais além de mineralizar por efeitos diretos e indiretos o nitrogênio e o fósforo (Briones, et al. 1998). A

ordem Oligochaeta incorpora o material orgânico da liteira e estimula a mineralização do carbono pelos micro-organismos (Cole, 2002). A ordem Isoptera degrada matéria orgânica com alta relação C:N devido sua capacidade enzimática de degradar compostos mais complexos (Bareta, 2007).

#### **2.4.2. Micro-organismos**

No que diz respeito aos micro-organismos do solo, estes têm sua ação na matéria orgânica altamente correlacionada à macro, meso e microfauna. Isto ocorre porque a fauna regula e estimula as populações microbianas (Bradford et al., 2007). Além disso, a fauna também faz a incorporação e quebra de resíduos orgânicos favorecendo a atuação dos micro-organismos (Smith e Bradford, 2003). A microbiota do solo é responsável por cerca de 90% da decomposição dos resíduos vegetais e matéria orgânica do solo (Lavelle, 2000).

A biomassa microbiana constitui um reservatório considerável de nutrientes acessíveis, tornando-se muito importante para a qualidade do sistema solo-planta (Monokrousos et al., 2006), sobretudo no que tange aos elementos mais importantes para o desenvolvimento da cultura, como o nitrogênio (Almeida et al., 2009). Pelo processo de imobilização e mineralização a biomassa do solo pode controlar os fluxos C e N nos ecossistemas terrestres (Gosai et al., 2010).

As mudanças no uso do solo afetam o balanço ecológico pela redução ou incremento das adições orgânicas, com implicações diretas nos micro-organismos do solo. Isto ocorre porque o C, N e outros elementos do solo são reciclados pela atividade microbiana e suas interações (Almeida et al., 2010). O quociente metabólico ( $qCO_2$ ) também constitui um bom indicador de manejos culturais do solo, pois infere sobre o ganho de carbono e a eficiência de utilização e conservação do mesmo no solo (Gama-Rodrigues, 2008; Almeida et al., 2009).

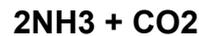
A ação dos micro-organismos na matéria orgânica, pode ser medida através da atividade de enzimas específicas. A atividade enzimática depende das características físicas, químicas e biológicas do solo (Jin et. al, 2009).

Na decomposição da matéria orgânica, a urease está associada à quebra da uréia e a  $\beta$ -glicosidase à quebra da celobiose. Desta forma, a  $\beta$ -glicosidase está ligada ao ciclo do C e a urease ao ciclo do N assim como o C

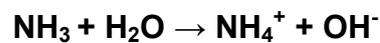
e N da biomassa microbiana. O nitrogênio existente na uréia presente na matéria orgânica é mineralizado pela ação da urease (Reação 1). Desta quebra, resultam duas moléculas de amônia e uma de gás carbônico. Esta amônia resultante pode volatilizar para a atmosfera ou em presença de água pode ser transformada em amônio (Reação 2).



↓ Urease



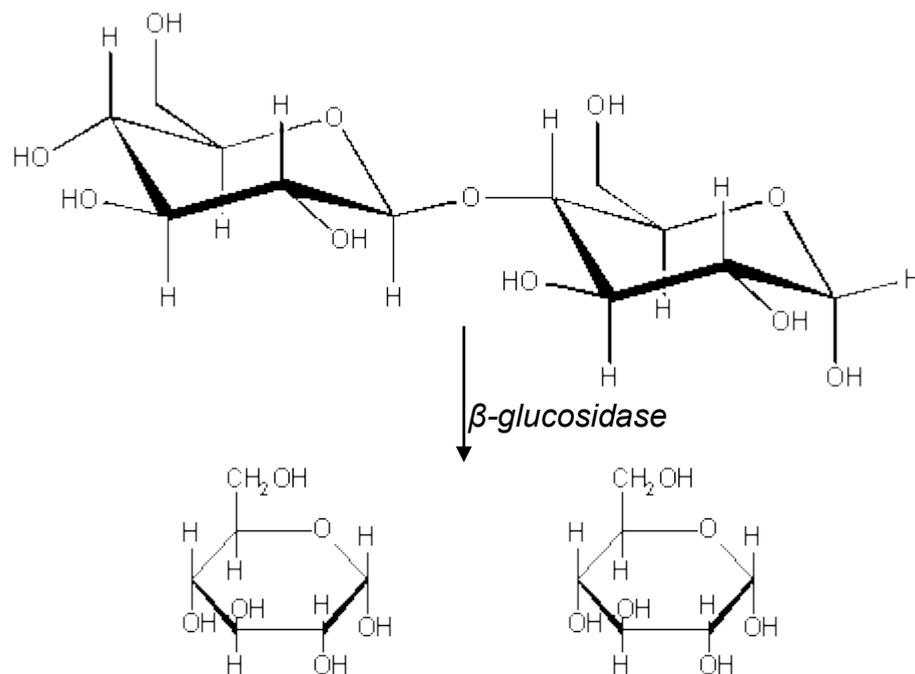
Reação 1



Reação 2

Figura 1 - Mineralização e transformação do nitrogênio orgânico

A celulose é um polissacarídeo que compõe o tecido vegetal. Quando este polissacarídeo decompõe parcialmente origina carboidratos mais simples como a celobiose. A celobiose é um dissacarídeo que pode ser quebrado pela ação da enzima  $\beta$ -glucosidase resultando em duas moléculas de glicose no solo (Reação 3).



Reação 3

Figura 2 - Reação da enzima  $\beta$ -glucosidase na degradação da celobiose em açúcares simples

A atividade enzimática pode ser utilizada como indicadores de mudanças advindas das práticas de manejo devido sua sensibilidade, pois estão ligadas ao fluxo de energia do sistema e à ciclagem de nutrientes (García-Ruiz et al., 2008).

## **2.5. Uso de atributos microbiológicos como indicadores da qualidade do sistema de manejo do solo**

Por sua sensibilidade as práticas antropogênicas, os atributos microbiológicos podem servir como um indicador das perturbações no ecossistema (Gosai, 2010). No que diz respeito ao manejo do solo, alguns autores como Birkhofer et al. (2008), Fießbach et al. (2007), Garcia-Ruiz et al. (2008) e Mori et al. (2009) se utilizaram dos atributos microbiológicos para estudo de diferentes tipos de manejos. Mais especificamente, nos Estados Unidos, Acosta-Martínez et al. (2007), estudaram sistemas de plantio direto e convencional com diferentes rotações de culturas. Estes autores observaram maiores teores de Cmic, Nmic e atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase em manejo com plantio direto detectando ainda diferenças entre esses atributos nos diferentes tipos de rotação de cultura. Estes autores concluíram que o manejo com plantio direto aumenta a qualidade do solo em relação ao preparo convencional.

Silva et al. (2006), em estudo no Cerrado brasileiro, concluíram que os sistemas de manejo que estimulam uma maior quantidade de matéria orgânica como o plantio direto, favorece a densidade da macrofauna. Como conclusões, salientam que a diversificação vegetal favorece a diversidade dos organismos sendo este um atributo sensível às diferentes práticas de manejo.

Na China, Wang et al. (2008), estudando os sistemas convencional e direto, encontraram valores de quociente metabólico em média 22% menor no solo sob sistema plantio direto comparado ao convencional, indicando a degradação da qualidade do solo sob preparo convencional. Esses autores concluíram que o Cmic e Nmic são incrementados sob o sistema conservacionista de plantio direto. Em Madagascar, Ribary et al. (2008), ao trabalharem com diferentes sistemas de preparo de e cultivos de cobertura, observaram maiores Cmic, Nmic e  $\beta$ -glucosidase sob plantio direto com

cobertura de kikuio/soja e milho/soja. Estes autores ainda detectaram maior liberação da enzima urease sob plantio direto com cobertura de desmodium+milho/milho.

### **3. HIPÓTESE GERAL**

Os distintos sistemas de manejo do solo utilizados no sul do Brasil promovem diferenças na biota do solo. Os preparos de solo com mínimo ou não revolvimento e coberturas com maior abundância de biomassa proporcionam melhores índices e grupos da fauna e maiores teores e atividade da biomassa microbiana. A diversificação de culturas promove melhorias nos índices e grupos da fauna e atividade microbiana.

### **4. OBJETIVO GERAL**

Avaliar o efeito de sistemas de manejo do solo em ecossistemas agrícolas sobre os atributos microbiológicos de solos no subtropical brasileiro. Identificar os sistemas de preparo de solo e de culturas que mais favorecem os índices e grupos da fauna edáfica e atributos microbianos. Verificar se o efeito dos sistemas de manejo na fauna e atributos microbiológicos do solo é influenciado pelas condições edafoclimáticas.

## 5. ESTUDO I

### Fauna e Atributos Microbiológicos de um Argissolo Influenciados por Preparos de Solo e Culturas de Cobertura no Sul do Brasil

#### 5.1 Resumo

O uso de indicadores biológicos para avaliação de sistemas de manejo tem se destacado pela sensibilidade destes em comparação a indicadores físicos e químicos. O objetivo deste estudo foi avaliar, em quatro períodos do ano, o efeito de longo prazo (25 anos) de dois sistemas de preparo do solo (preparo convencional – PC e plantio direto – PD) combinados com duas culturas de cobertura de inverno (aveia/milho – A/M e ervilhaca/milho – E/M) sobre a fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo Vermelho, em Eldorado do Sul, RS. As avaliações de fauna e microbiológicas foram feitas no pós-manejo das culturas de cobertura, durante o ciclo do milho, na pós-colheita do milho e durante o desenvolvimento das culturas de cobertura. Os efeitos do manejo são devidos em primeiro nível aos preparos e em segundo nível às culturas, sendo isto mais evidenciado no período de preparo do solo. O plantio direto promove condições favoráveis a fauna e atributos microbiológicos. A cobertura com aveia favorece as grupos e atributos microbiológicos ligados ao carbono enquanto a cobertura com ervilhaca favorece aqueles ligados ao nitrogênio.

#### 5.2 Introdução

O milho é uma cultura importante no continente americano. O uso deste cereal vai desde a alimentação animal até a industrialização (Embrapa, 2011). Por sua versatilidade, esta cultura pode ser implantada tanto em pequenas quanto em grandes propriedades, permitindo ser conduzida em manejo com preparo convencional ou plantio direto.

O manejo com preparo convencional se caracteriza pelo intenso revolvimento do solo com gradagens, arações e, conseqüente incorporação dos resíduos da cultura ao solo. Neste tipo de manejo, o solo fica descoberto entre os cultivos. A incorporação dos resíduos provoca maior contato com o solo, aumentando a colonização microbiana e atividade decompositora sobre o material orgânico (Meler et al., 2011). Entretanto, ao incorporar os resíduos no solo estes são indisponibilizados aos animais da fauna que são fragmentadores

e são epiedáficos. Além disso, o solo fica exposto a variação de temperatura e umidade do solo afetando direta e indiretamente a biota edáfica.

O plantio direto, ao contrário do preparo convencional, caracteriza-se pela permanência de resíduos sobre a superfície do solo. Essa cobertura vegetal protege de toda exposição já citada, além de fornecer alimento e proteção aos organismos da fauna. Em continuidade da manutenção da cobertura vegetal, pode ser implantada uma cultura de inverno em sucessão a cultura de milho. Neste caso pode-se optar por gramíneas e leguminosas para proteger e aumentar a matéria orgânica ao solo (Amado et al., 2001).

Neste sentido, torna-se importante avaliar o impacto desses dois sistemas de preparos e diferentes culturas de cobertura na qualidade biológica do solo. Os indicadores microbiológicos são importantes, pois respondem às mudanças impostas pelo manejo devido ao curto período de gerações e sensibilidade ao microclima (Phillips e Cobb, 2005).

Dentre os indicadores, a fauna e atributos microbiológicos como a biomassa microbiana e atividade enzimática inferem sobre a composição e diversidade dos organismos e fluxo de nutrientes no agroecossistema. Desta forma, o objetivo do presente estudo foi avaliar, em quatro períodos do manejo, o efeito de dois sistemas de preparo do solo combinados a duas culturas de cobertura de inverno, sobre a fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo Vermelho no sul do Brasil.

### **5.2.1 Hipóteses específicas**

O preparo convencional e plantio direto apresentam ambientes diferentes para a fauna e atributos microbianos. O plantio direto proporciona maior abundância, riqueza e número de grupos funcionais da fauna edáfica e maiores quantidades de carbono e nitrogênio microbiano e atividade das enzimas urease e  $\beta$ -glucosidase. O preparo convencional promove maior quociente metabólico.

O cultivo de aveia preta como cobertura de inverno promove maiores quantidades de carbono microbiano, atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase e quociente metabólico. Por sua vez, a ervilhaca apresenta maior abundância, riqueza e número de grupos funcionais da fauna edáfica e maiores quantidades

de nitrogênio microbiano e atividade da enzima urease.

### **5.2.2 Objetivos específicos**

Avaliar o efeito de longo prazo (25 anos) do preparo convencional e plantio direto combinado com cultivo de cobertura de inverno com aveia ou ervilhaca sobre os índices ecológicos e grupos funcionais da fauna edáfica e atributos microbianos de um Argissolo Vermelho.

## **5.3 Material e métodos**

### **5.3.1 Características de solo e clima**

O presente estudo foi conduzido num experimento de longa duração, iniciado em 1985, na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (EEA), Eldorado do Sul, RS. Esta estação se localizada no município de Eldorado do Sul (RS), nas coordenadas 30°05'27" S e 51°38'08" W. O solo da área experimental foi classificado como um Argissolo Vermelho distrófico típico derivado de granito (Embrapa, 1999). Este solo possui a seguinte distribuição granulométrica: 220 g kg<sup>-1</sup> de argila, 540 g kg<sup>-1</sup> de areia e 240 g kg<sup>-1</sup> de silte. O relevo é ondulado com altitude de 46 m, cuja região fisiográfica pertence à Depressão Central do RS. O clima local é caracterizado como subtropical úmido, classificado como cfa por Köeppen (1948). A temperatura média anual é 19,4 °C, variando entre 9 e 25 °C entre o mês mais frio e o mais quente do ano. A precipitação média anual é de 1.440 mm.

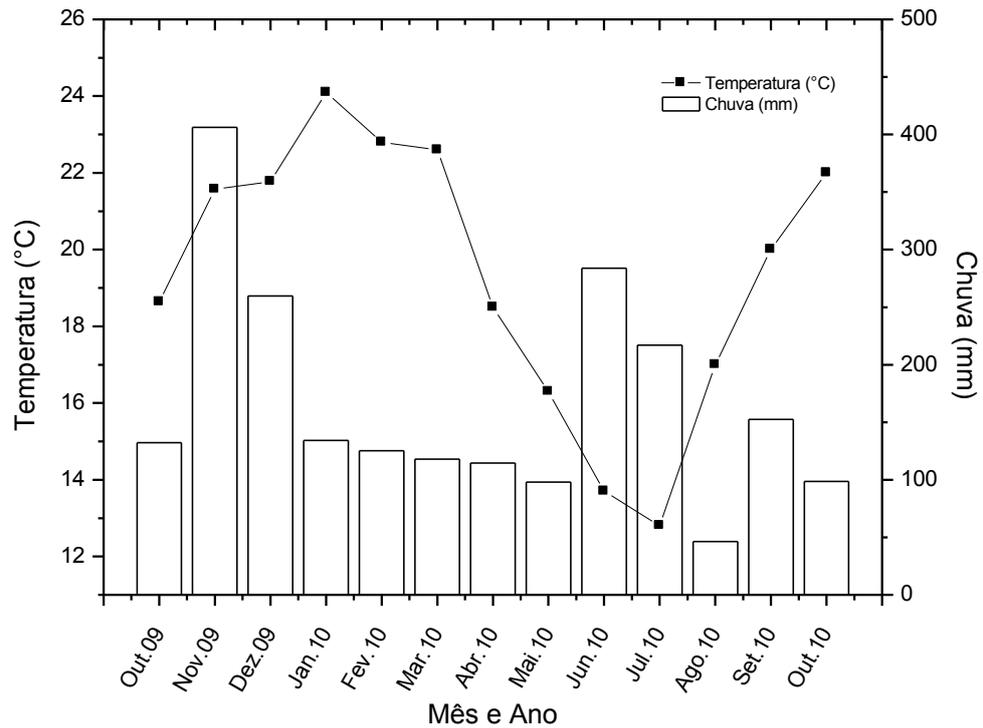


Figura 3– Médias mensais: temperatura (°C) do ar e precipitação pluviométrica (mm) em Eldorado do Sul-RS. Período compreendido de Outubro de 2009 a Outubro de 2010

Por 16 anos esta área foi utilizada em pesquisa de produção de grãos com preparo convencional. No ano anterior a implantação do experimento (1984) a área foi calcariada com  $1 \text{ Mg ha}^{-1}$  de calcário dolomítico e cultivada com aveia preta. Este experimento (delineamento em blocos ao acaso) está montado em três blocos de  $45 \times 20 \text{ m}$  cada. Estes três blocos são divididos em parcelas de  $5 \times 20 \text{ m}$ , conduzidas com três tipos de preparos do solo (preparo convencional, preparo reduzido e plantio direto) e três sistemas de culturas (aveia/milho - A/M, ervilhaca/milho - E/M, e aveia+ervilhaca/milho+caupi - AE/MC) combinados. Estas parcelas, por sua vez, são subdivididas ao meio resultando em subparcelas de  $5 \times 10 \text{ m}$ , com e sem aplicação de nitrogênio mineral. Cada tratamento possui três repetições. Os tratamentos avaliados sem nitrogênio mineral foram:

1. PC-A/M: preparo convencional com cultivo de aveia preta como cobertura no inverno e milho no verão;
2. PC-E/M: preparo convencional com cultivo de ervilhaca como cobertura no inverno e milho no verão;

3. PD-A/M: plantio direto com cultivo de aveia preta como cobertura no inverno e milho no verão;
4. PD-E/M: plantio direto com cultivo de aveia preta como cobertura no inverno e milho no verão.

No preparo convencional, o manejo é feito anualmente com uma aração e duas gradagens antes da semeadura do milho. No plantio direto a semeadura do milho é feita anualmente sobre a palhada da cultura de inverno. A cultura de inverno é manejada em ambos os preparos (convencional e plantio direto) com dessecação (glifosato) e passagem do rolo-faca. No ano agrícola de 2009/2010 o milho foi semeado no dia 15 de dezembro de 2009. A adubação foi realizada com 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula (N-P-K) 00-20-20. Durante o desenvolvimento do milho são feitas irrigação e controle de daninhas quando necessário. A cada ano, ao final da cultura do milho (após a colheita), é passado o rolo-faca em ambos os preparos.

A cultura de cobertura de inverno foi semeada dia 02 de junho de 2010. A aveia é semeada anualmente na proporção de 80 kg de semente ha<sup>-1</sup> e a ervilhaca de 70 kg de semente ha<sup>-1</sup>.

As coletas foram feitas nos seguintes períodos do manejo:

1. Manejo final da cobertura de inverno (23 de outubro/2009);
2. Durante a cultura do milho (03 de março/2010);
3. Manejo final da cultura do milho (14 de junho/2010);
4. Durante a cobertura de inverno (06 de outubro/2010).

### **5.3.3 Avaliações e índices de fauna**

A fauna do solo foi coletada através das armadilhas de "pitfall" com o uso de um cano de PVC com 75 mm de diâmetro permanentemente enterrado no solo no qual se inseriu para as coletas um copo plástico transparente com volume de 300 mL, rente a superfície do solo. Neste copo, colocou-se uma solução de etileno glicol (50%) em 1/3 do volume do copo coletor. Fixaram-se três "pitfalls" por unidade experimental distante cerca de 3 m um do outro. Após cinco dias o copo foi coletado e a fauna classificada por lupa binocular por classes, ordens ou família.

Com base na classificação da fauna edáfica foram calculados a abundância (N), riqueza (S), índice de diversidade de Margalef (K),

equitabilidade de Pielou (e) e dominância de Berger Parker (d) (Daget, 1976; Maguran, 1988).

A abundância representa o número total de organismos coletados por unidade experimental. A riqueza representa o número de táxons identificados por unidade experimental. A diversidade de Margalef é o índice calculado pela fórmula:  $K = S - 1 / \log N$ , onde S = riqueza e N = abundância. A equitabilidade de Pielou foi calculada pela fórmula:  $e = H / \log S$ , onde H = índice de Shannon ( $H = -\sum(\pi_i \log \pi_i)$ , onde:  $\pi_i = n_i/S$ ;  $n_i$  = densidade de cada grupo). A dominância de Berger Parker foi obtida pela fórmula:  $d = N_{\max}/N$ , onde  $N_{\max}$  = abundância máxima de um mesmo táxon.

#### **5.3.4 Avaliações e índices de atividade microbiológicas**

As coletas de solo par análise dos indicadores microbiológicos foram realizadas com trado calador de 0-0,1 m de profundidade retirando-se oito subamostras formando uma amostra composta. As amostras foram peneiradas com malha de 2 mm e mantidas sob refrigeração (4 °C) até o momento da análise.

A extração do carbono e nitrogênio da biomassa microbiana foi realizada através da metodologia de fumigação-extração descrita por Vance et al. (1987). Nesta avaliação, o solo foi fumigado com clorofórmio por 24 h a 25 °C e extraído logo após com uma solução de sulfato de potássio (0,5 mol L<sup>-1</sup>, pH 6,5 a 6,8) na proporção de 1:2,5 (solo-solução).

A determinação do carbono da biomassa (Cmic) foi realizada através da oxidação úmida do dicromato de potássio e posterior titulação com sulfato ferroso amoniacal conforme metodologia descrita por Walkey e Black (1934).

A determinação do nitrogênio da biomassa (Nmic) foi realizada através do método Kjeldahl de digestão ácida e destilação com posterior titulação com ácido sulfúrico conforme metodologia descrita em De-Polli e Guerra (1999, adaptada de Brookes et al., 1982).

A respiração basal microbiana foi obtida através da incubação do solo a 28°C por 10 dias. Neste método o solo foi incubado com uma solução de hidróxido de sódio e ao final do período o processo, interrompido com cloreto de bário e titulado com ácido clorídrico.

A liberação de amônia foi avaliada através da incubação do solo a 28 °C em presença de ácido bórico por 20 dias. Ao final do período a amostra foi titulada com hidróxido de sódio segundo metodologia adaptada de Hernandez e Cazetta (2001).

A atividade total da enzima  $\beta$ -glucosidase foi determinada através da incubação do solo com substrato enzimático p-nitrofenil- $\beta$ -D-glucosideo ( $0,025 \text{ mol L}^{-1}$ ) a 37 °C (Eivazi e Tabatabai, 1988). Para essa incubação, além do substrato enzimático, adicionou-se ao solo tolueno e tampão universal (pH 6,0). Realizaram-se também repetições controle com a adição de substrato enzimático somente após o período de incubação. Interrompeu-se o processo pela adição de tampão Tris ( $0,1 \text{ mol L}^{-1}$ , pH 12) após a incubação. Na sequência, as amostras foram filtradas e quantificadas em espectrofotômetro de UV-vis no comprimento de onda de 410nm. A atividade da enzima foi determinada pela curva de p-nitrofenol descontando-se as amostras controle das amostras normais.

Avaliou-se a atividade total da enzima urease através da incubação do solo com substrato enzimático (uréia  $0,2 \text{ mol L}^{-1}$ ) a 37 °C (Tabatabai e Bremner, 1972). Nesta incubação, além do substrato enzimático, adicionou-se ao solo tolueno e tampão Tris ( $0,05 \text{ mol L}^{-1}$ , pH 9,0). Interrompeu-se o processo pela adição de uma solução mista contendo cloreto de potássio ( $2,5 \text{ mol L}^{-1}$ ) e sulfato de prata ( $100 \text{ mg L}^{-1}$ ). A atividade da enzima urease foi determinada pela destilação de uma alíquota do sobrenadante em presença de óxido de magnésio e posterior titulação com ácido sulfúrico (Keeney e Nelson, 1982).

Os dados foram submetidos as seguintes análises: análise multivariada de componentes principais (ACP) para verificar o grau de distinção dos manejos e possíveis associações destes com as variáveis. Análise de comprimento e significância da distância por Mahalanobis. Foi realizada ainda análise de contraste com estimativa da amplitude de diferença entre os grupos de preparo de solo e culturas de coberturas.

#### 5.4 Resultados e discussão

Com base nas figuras 4a e 4b, puderam-se fazer algumas generalizações com os resultados obtidos, aplicáveis às quatro épocas de coleta. De uma forma geral, as análises de componentes principais (fauna e atributos microbianos) dividiram os dados em dois componentes principais (CP 1 e CP 2 e anexos 1, 3 e 5), separando os manejos estudados entre preparos de solo e sistemas de culturas.

O componente principal 1 (CP1) separou os preparos do solo com 59% da variância para fauna e 68,3% para os atributos microbiológicos. Separação similar também foi encontrada nos estudos de Alves et al. (2006) e Qin et al. (2010). Alves e colaboradores, estudando a fauna num Latossolo em clima tropical no sudoeste do Brasil, observaram separação entre os dois preparos de solo no componente principal 1. Qin e colaboradores, estudando os atributos microbianos num Cambissolo em clima semi-árido temperado da China, observaram separação entre o preparo convencional e os cultivos conservacionistas (direto e reduzido) no componente principal 1.

Em relação ao componente principal 2 (CP2), este separou as culturas de cobertura de inverno com 26% na fauna e 23,7% nos atributos microbiológicos. Sendo assim, a forma de preparo do solo causou o efeito principal e os sistemas de culturas o efeito secundário na fauna e atributos microbianos.

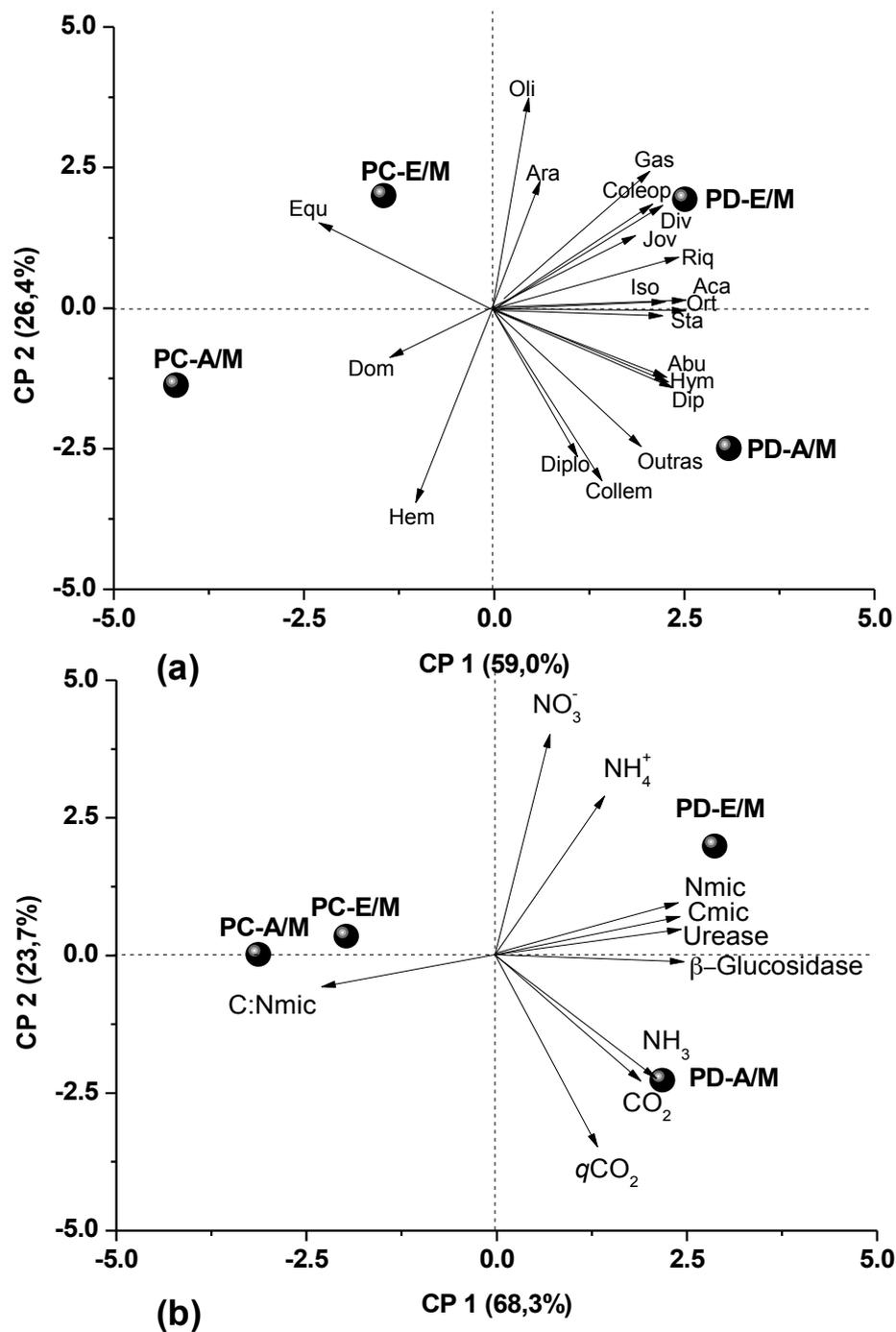


Figura 4– Análise dos componentes principais: (a) da fauna edáfica (b) dos atributos microbiológicos de um Argissolo Vermelho submetido a diferentes sistemas de manejo no sul do Brasil. PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho. Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemiptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas; Nmic: nitrogênio microbiano; Cmic: carbono microbiano; C:Nmic: relação carbono/nitrogênio microbiano;  $q\text{CO}_2$ : quociente metabólico microbiano;  $\text{NH}_3$ : liberação de amônia;  $\text{CO}_2$ : respiração basal microbiana em laboratório;  $\text{NH}_4^+$ : nitrogênio mineral amônio;  $\text{NO}_3^-$ : nitrogênio mineral nitrato.

Em relação aos preparos de solo, estes assumiram posição oposta no CP1 independente do sistema de cobertura, demonstrando proporcionarem ambientes diferentes para a biota edáfica (Mahalanobis,  $p > 0,05$ ). Destes, o plantio direto demonstrou ser o melhor ambiente para os organismos do solo por se relacionar com 17 das 21 grupos e índices da fauna e 9 dos 11 atributos microbiológicos (Figura 4a e 4b e anexos 1, 3 e 5).

Com o plantio direto, a fauna edáfica torna-se mais importante. Pois, não havendo revolvimentos no solo e misturas dos restos de cultura com os minerais e micro-organismos, estes dependem muito mais dos organismos que entram como engenheiros do ecossistema (Kladivko, 2001; Errouissi et al., 2011, Lavelle, 1987).

Nesta condição, a decomposição é mais lenta, pois o contato da liteira com o solo e micro-organismos é reduzido (Melero et al, 2011; Hungria et al., 2009). Na superfície da liteira há maiores variações de temperatura, umidade e menor disponibilidade de nutrientes para os micro-organismos colonizadores (Gosai et al., 2010). Os micro-organismos, pelo seu tamanho reduzido e menor mobilidade, estão concentrados na superfície e interior do solo, pois são mais protegidas. Entretanto, o mesmo não ocorre com a fauna, que, pelo maior tamanho e mobilidade podem intercalar entre a superfície do solo (abaixo da liteira) e superfície da liteira quando lhes é interessante. Assim, o acúmulo de material orgânico sobre o solo favorecem os organismos epiedáficos da fauna aumentando tanto em abundância quanto em riqueza.

Os organismos epiedáficos preferem os ambientes onde o solo está mais protegido com maior quantidade de material orgânico podendo obter abrigo do sol, vento e chuva. O sol juntamente com o vento pode ocasionar a dessecação dos organismos, e a deriva destes animais pode ser ocasionada pelo vento ou a chuva. Resultando na maior preferência da fauna pelo plantio direto.

A cobertura do solo proporcionada pelo plantio direto fornece maior umidade e menor variação de temperatura para os atributos microbianos. Para os micro-organismos, a água exerce funções alterando as trocas gasosas, como componente do protoplasma e transporte e dissolução dos nutrientes (Gonçalves et al., 2007). Fioretto et al., (2009) afirmam que a baixa disponibilidade de água no solo afeta a atividade microbiana. Além disso, a

umidade juntamente com a temperatura são fatores que influenciam a atividade enzimática.

No plantio direto, os organismos de maior tamanho (fauna) fornecem o carbono mineralizável para a atividade microbiana (Bradford, 2007). Assim, a biomassa microbiana pode aumentar tanto em quantidade quanto em qualidade, ou seja, aumentos de C e imobilização de N. A biomassa microbiana atua como um reservatório temporário de C e N contra perdas, desejável em todo agroecossistema. Pela imobilização e mineralização, os micro-organismos controlam o fluxo de C e N (Gosai, 2010).

A longo prazo, os efeitos do plantio direto se refletem em melhorias químicas e físicas do solo. O deslocamento de organismos (maiores e menores) pelo perfil do solo cria um rede de bioporos que favorece a infiltração e armazenamento de água no interior do solo (Aquino et al., 2008). Essa porosidade também favorece a aeração, trocas de gases e formação de espaços vazios para o crescimento de raízes. A fauna também contribui com a agregação do solo através das estruturas biogênicas e aumento da coesão pela passagem do solo no interior do corpo dos organismos (Zangerlé et al, 2011). Todas estas vantagens proporcionadas pelos organismos retornam a eles mesmos, melhorando o ambiente edáfico para as próximas gerações, aumentando seu número e diversidade (Aquino et al., 2008).

Com relação aos sistemas de culturas, estas não demonstraram ambientes diferentes para a fauna edáfica sob preparo convencional (figura 2a e anexo 1 e 3, Mahalanobis  $p > 0,05$ ). Com o trabalho mecânico, o material orgânico é quebrado e revolvido no solo no momento da passagem do rolo-faca, grade e arado. Pelo maior contato do solo com os resíduos, aumenta a colonização microbiana para a decomposição, que ocorre de forma mais rápida (Melero, 2011).

O tráfego de máquinas possui o efeito de afugentar a fauna. O revolvimento do solo destrói redes de hifas micorrízicas, galerias e estruturas biogênicas, esconderijos sazonais para diapausa, de ovos ou formas jovens. Além disso, o revolvimento causa obstáculos (torrões de solo) que podem dificultar a locomoção de algumas espécies mais limitadas neste aspecto. O impacto promovido pelas práticas convencionais de manejo do solo reduz a

abundância, diversidade e riqueza da fauna edáfica (Silva et al., 2006; Lima et al., 2010).

Em estudo com diferentes complexidades funcionais sobre a dinâmica do C, Bradford et al. (2007) observaram um declínio na taxa respiratória com diminuição da complexidade funcional. Segundo estes autores isto ocorre porque a fauna mantém o suprimento de C mineralizável para os micro-organismos.

De uma forma geral, o cultivo da aveia se relacionou a fauna e atributos microbiológicos associados ao C e o cultivo da ervilhaca se relacionou a fauna e atributos microbiológicos associados ao N. O cultivo de cobertura da aveia se promoveu os índices de dominância e abundância, grupo Diplopoda, Hemiptera, Collembola, Diptera, Hymenoptera, Staphylinidae, Orthoptera, outras ordens menos freqüentes, atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase, liberação de amônia, quociente metabólico, relação C:Nmic e respiração basal microbiana. O cultivo da ervilhaca se associou aos índices de equitabilidade, diversidade e riqueza, grupo Oligochaeta, Araneae, Mollusca, Coleoptera, Acarina, Isoptera, formas jovens, nitrato, amônia, nitrogênio da biomassa, carbono da biomassa e atividade da enzima urease (Figuras 4a e 4b e anexos 1, 3 e 5).

Com relação as plantas utilizadas nos cultivos de cobertura, a principal diferença está na composição nutricional das plantas. As gramíneas possuem um maior conteúdo de lignina, celulose e outros compostos ricos em carbono e de decomposição mais lenta. O que significa maior quantidade de resíduos sobre o solo e por mais tempo, ou seja, capacidade de proteção por um período maior, o que pode ter causado a associação com a abundância e dominância da fauna. Situação que também atraiu predadores que são encontrados nos grupos Diplopodas, Staphylinidae e Hymenopteras. Os predadores são importantes no controle de pragas nos agroecossistemas (Cividanes, 2002). Além disso, a incorporação de C determinou ambiente favorável a grupos Collembola que está relacionada a utilização deste elemento (Fox et al., 2006).

Por outro lado, as leguminosas possuem maior quantidade de nitrogênio, de mais fácil decomposição. O que pode ter causado a associação com a diversidade e riqueza, atraindo também grupos exigentes

nutricionalmente como Oligochaetas, Gastropoda e formas jovens. Segundo Dias et al. (2007) a introdução de leguminosas em pastagem de braquiária aumenta a diversidade da fauna. Para os atributos microbianos, o nitrogênio constitui um nutriente limitante ao crescimento e demais atividades, sustentando aumentos populacionais ( $C_{mic}$ ), imobilização da biomassa ( $N_{mic}$ ) e atividade enzimática. Isto porque o N faz parte do DNA, proteínas, parede celular etc. Associações desta cultura com liberações de N mineral na solução do solo são esperadas devido a maior quantidade de N desta.

O plantio direto, independente do sistema de cultivo (PD-A/M e PD-E/M), promoveu maiores índices de abundância (59), diversidade (0,38), e riqueza (3,5), além de 17 Acarinas, 4 Coleópteras, 11 Hymenópteras, 1 Staphylinidae, 1 Gastropoda e um indivíduo de outras grupos mais raramente encontradas a mais do que no preparo convencional (Tabela 1). Em estudo da fauna edáfica sob preparo convencional e direto da cultura do trigo no semiárido mediterrâneo da Tunísia, Errouissi et. al (2011) concluíram que o plantio direto favorece maior abundância e diversidade da fauna edáfica.

De forma semelhante ao observado neste estudo, Alves et al. (2006) e Baretta et al. (2006) encontraram maior frequência da grupos Acarina no plantio direto em detrimento do preparo convencional. Ferraro e Ghera (2007) observaram que altas densidades da grupos Acarina estão associadas a medida que decresce o impacto do preparo do solo. O que ocorre devido a destruição dos horizontes superficiais pelo revolvimento do solo, exposição dos animais a dessecação, modificação do habitat e interrupção do acesso ao alimento (Bedano et al., 2006).

Na grupos Hymenópteras, encontram-se em maior número as formigas, que são beneficiadas e beneficiam o solo sob manejo com plantio direto pela ação detritívora. Nesse agroecossistema, as formigas podem ser atraídas por açúcares liberados pela ação das enzimas do solo (Tabela 3 e anexo 3) e o material vegetal para o cultivo de jardim de fungos que as alimenta (Edwards, 2000; Mora et al., 2005). As formigas ingerem a seiva das plantas e os fungos que, além de alimentar, produzem enzimas que quebram essa seiva. Além disso, as formigas produzem estruturas biogênicas que estimulam a atividade microbiana e contribuem com a porosidade do solo.

Tabela 1- Contraste com amplitude da diferença das gruposs da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto de um Argissolo

Atributos	<b>*CONTRASTES (magnitude da diferença)</b>	
	<b>PC X PD</b>	<b>A/M X E/M</b>
	(PC-A/M;PC-E/M X PD-A/M;PD-E/M) PC = + ; PD = -	(PC-A/M;PD-A/M X PC-E/M;PD-E/M) A/M =+ ; E/M = -
<b>Índices Ecológicos</b>		
Abundância	-59	Ns
Diversidade	-0,38	-0,33
Dominância	ns	Ns
Equitabilidade	0,13	Ns
Riqueza	-3,5	-1,5
<b>Arthropoda</b>		
<b>Aracnida</b>		
Acarina	-17	Ns
Araneae	ns	Ns
<b>Insecta</b>		
Coleoptera	-4	-3
Diptera	ns	Ns
Hemiptera	ns	Ns
Hymenoptera	-11	Ns
Orthoptera	ns	Ns
Staphylinidae	-1	Ns
<b>Myriapoda</b>		
Diplopoda	ns	2
<b>Crustacea</b>		
Isopoda	ns	Ns
Collembola	ns	Ns
<b>Mollusca</b>		
Gastropoda	-1	-1
<b>Annelida</b>		
Oligochaeta	ns	Ns
<b>Outros</b>		
Formas jovens	ns	Ns
Outros	-1	Ns

\*Análise de contraste com significância de 10%. PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho.

Os Coleopteras, juntamente com a família Staphylinidae, são particularmente sensíveis ao preparo do solo, sendo reduzidos pelas operações de cultivo (Kladivko, 2001). Nestas duas grupos, Coleoptera e Staphylinidae, estão os predadores e transformadores de liteira. Os predadores são bons indicadores de qualidade biológica, pois, por estarem numa posição mais acima da cadeia alimentar se faz necessário toda uma estrutura abaixo de sua posição, requerendo no mínimo uma espécie presa e um determinado alimento para sustentar esta presa. Além disso, os predadores são reguladores

de populações, evitando que essas espécies presa não atinjam um número que possam criar dano ou aumentar em detrimento a outra (Brévault et al., 2007), o que colabora para a homeostase do ambiente. A abundância de predadores pode ser alterada pelo tipo de manejo agrícola (Martins et. al, 2009), o que sugere que a maior diversidade e riqueza também encontradas sob plantio direto sustentou esta grupos. Em relação aos transformadores de liteira, estes foram atraídos pela maior quantidade de material orgânico encontrado na superfície do solo sob plantio direto.

O sistema de culturas com aveia promoveu 2 Diplopodas a mais quando comparado ao sistema com ervilhaca (Tabela 1 e anexo 3). Por outro lado, o sistema de culturas com cobertura de ervilhaca proporcionou 1 Gastropoda a mais quando comparado ao cultivo de aveia. Uma característica diferencial entre estas duas grupos é a mobilidade. Os Diplopodas possuem alta mobilidade quando comparados aos Gastropoda, o que permite a esses animais explorar uma área maior para complementar seu requerimento nutricional. Por outro lado, os Gastropodas possuem baixa mobilidade e alta permanência, o que exige que o alimento tenha alta qualidade nutricional. Desta forma os Diplopodas são capazes de aproveitar a característica de maior permanência dos resíduos da aveia sobre o solo que ofereceu ambiente com proteção por mais tempo juntamente com o alimento para esta grupos. Já para os Gastropodas, a leguminosa ervilhaca forneceu maior quantidade de nitrogênio, além de propiciar umidade. Para esses animais que possuem corpos moles, a exigência de água é grande, pois a utilizam tanto para composição corporal quanto para a locomoção.

O plantio direto proporcionou conteúdos maiores de Corg ( $4 \text{ g kg}^{-1}$ ), Norg ( $0,8 \text{ g kg}^{-1}$ ), Cmic ( $196 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ), Nmic ( $27 \text{ } \mu\text{g g}^{-1}$ ), de atividade das enzimas  $\beta$ -glucosidase ( $67 \text{ } \mu\text{g de PNF g solo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e urease ( $20 \text{ } \mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ g solo seco}^{-1} \text{ 2h}^{-1}$ ), respiração microbiana ( $2,16 \text{ mgC-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ solo h}^{-1}$ ), quociente metabólico ( $4 \text{ } \mu\text{gC-CO}_2 \text{ } \mu\text{gCmic g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) e liberação de amônia ( $226 \text{ g ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ ) em comparação ao preparo convencional (Tabela 2 e anexo 5).

Tabela 2- Contraste dos atributos microbianos sob preparo convencional e plantio direto de um Argissolo

Atributos	*CONTRASTES	
	PC X PD	A/M X E/M
	(PC-A/M;PC-E/M X PD-A/M;PD-E/M) PC = + ; PD = -	(PC-A/M;PD-A/M X PC-E/M;PD-E/M) A/M = + ; E/M = -
Cmic ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	-196,34	-63,48
Corg ( $\text{g kg}^{-1}$ )	-4,1	-0,8
CO <sub>2</sub> ( $\text{mgC-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	-2,16	Ns
qCO <sub>2</sub> ( $\mu\text{gC-CO}_2 \mu\text{gCmic g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	-4,35	3,88
Urease ( $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ 2h}^{-1}$ )	-19,88	-5,99
$\beta$ -Glucosidase ( $\mu\text{g de PNF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	-66,72	Ns
Nmic ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	-26,73	-10,60
Norg ( $\text{g kg}^{-1}$ )	-0,8	-0,4
NH <sub>3</sub> <sup>+</sup> ( $\text{g ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	-226,45	Ns
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\text{mg g}^{-1}$ )	ns	Ns
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg g}^{-1}$ )	ns	-2,96
C:Nmic	7,34	4,02

\*Análise de contraste com significância de 10%. PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho. Nmic: nitrogênio microbiano; Cmic: carbono microbiano; C:Nmic: relação carbono/nitrogênio microbiano; qCO<sub>2</sub>: quociente metabólico microbiano; NH<sub>3</sub>: liberação de amônia; CO<sub>2</sub>: respiração basal microbiana em laboratório; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: nitrogênio mineral amônio; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrogênio mineral nitrato; Corg: carbono orgânico; Nmic: nitrogênio orgânico.

O plantio direto, proporcionou conteúdos de C e N orgânico maiores, segundo Hungria et al. (2009) a redução do cultivo resulta em aumentos na matéria orgânica do solo. Essa matéria orgânica sustentou em energia e nutrição a comunidade microbiana que, por consequência, foi capaz de maiores imobilizações de N. Em trabalhos com diferentes tipos de manejo num Latossolo Vermelho e clima tropical, Silva et al. (2010) encontraram que a capacidade de imobilização de C na biomassa é inversamente proporcional a intensidade do manejo. Naturalmente, essa comunidade microbiana foi capaz de uma atividade enzimática mais intensa. O que, por sua vez, gerou maior atividade metabólica, respiração e mineralização do nitrogênio, permitindo que parte deste fosse liberado como amônia. Esses resultados sugerem que apesar das perdas, as entradas de C e N via resíduo vegetal foram superiores a essas perdas (Santos et al., 2004). A permanente cobertura do solo e a falta de revolvimento do solo através da ausência de práticas agrícolas produz condições mais favoráveis para o desenvolvimento microbiano em tais ambientes (Frazão et al., 2010).

Maiores conteúdos de Corg podem promover maiores conteúdos de Cmic e, conseqüentemente, síntese de enzimas (Qin et al, 2010). Em estudo de diferentes práticas de manejo, Jin et al. (2009) encontraram diferenças

consistentes na atividade enzimática, sendo estas maiores no plantio direto do que no preparo convencional. Reduções na atividade da urease e  $\beta$ -glucosidase são caracterizadas pelo declínio da cobertura vegetal e o uso do solo (Fioretto et al., 2009). Estes autores ainda salientam que o tipo e quantidade da matéria orgânica do solo afetam a diversidade e distribuição dos organismos com mudanças na atividade das enzimas do solo.

A cobertura de aveia apresentou  $qCO_2$  de  $4 \mu gC-CO_2 \mu gCmic g^{-1} h^{-1}$  a mais em relação a cobertura com ervilhaca. A cobertura de ervilhaca proporcionou maiores teores de Corg ( $0,8 g kg^{-1}$ ), Norg ( $0,4 g kg^{-1}$ ) Cmic ( $63 \mu g g^{-1}$ ), Nmic ( $11 \mu g g^{-1}$ ), atividade enzimática da urease ( $6 \mu g NH_4^+ g solo seco^{-1} 2h^{-1}$ ) e  $\beta$ -glucosidase ( $\mu g$  de PNF  $g solo seco^{-1} h^{-1}$ ) quando comparados a cobertura de aveia (Tabela 2 e anexo 5). A maior disponibilidade de N da cobertura de ervilhaca promoveu maiores teores de Corg e Norg, ocasionando maiores Cmic, Nmic, atividade enzimática da urease e  $\beta$ -glucosidase como discutido anteriormente.

As figuras de ACP e dendograma (Figuras 5 e anexo 3) mostraram alguns detalhamentos nos resultados obtidos relativos a cada época do manejo na fauna e atributos microbianos. No período pós-manejo das culturas de cobertura e durante o ciclo do milho somente o índice de equitabilidade da fauna edáfica se associou ao preparo convencional sendo que toda a atividade da fauna se relacionou ao plantio direto (Figura 5a e b e anexo 3). Entretanto, pós-colheita da cultura do milho o preparo convencional se associou a abundância e dominância da grupos Collembola, enquanto os demais índices e gruposs se relacionaram ao plantio direto (Figura 5c e anexo 3). Já durante o ciclo da cultura de cobertura, o preparo convencional se associou a sete dos dezessete índices e gruposs da fauna, sendo os índices equitabilidade e diversidade, as gruposs Orthoptera, Araneae, Oligochaeta, Hemiptera e Diplopoda (Figura 5d e anexo 3). Por sua vez o plantio direto se associou aos índices de dominância, riqueza e abundância, as gruposs Coleoptera, Collembola, Diptera, Acarina, Staphylinidae e Hymenoptera.

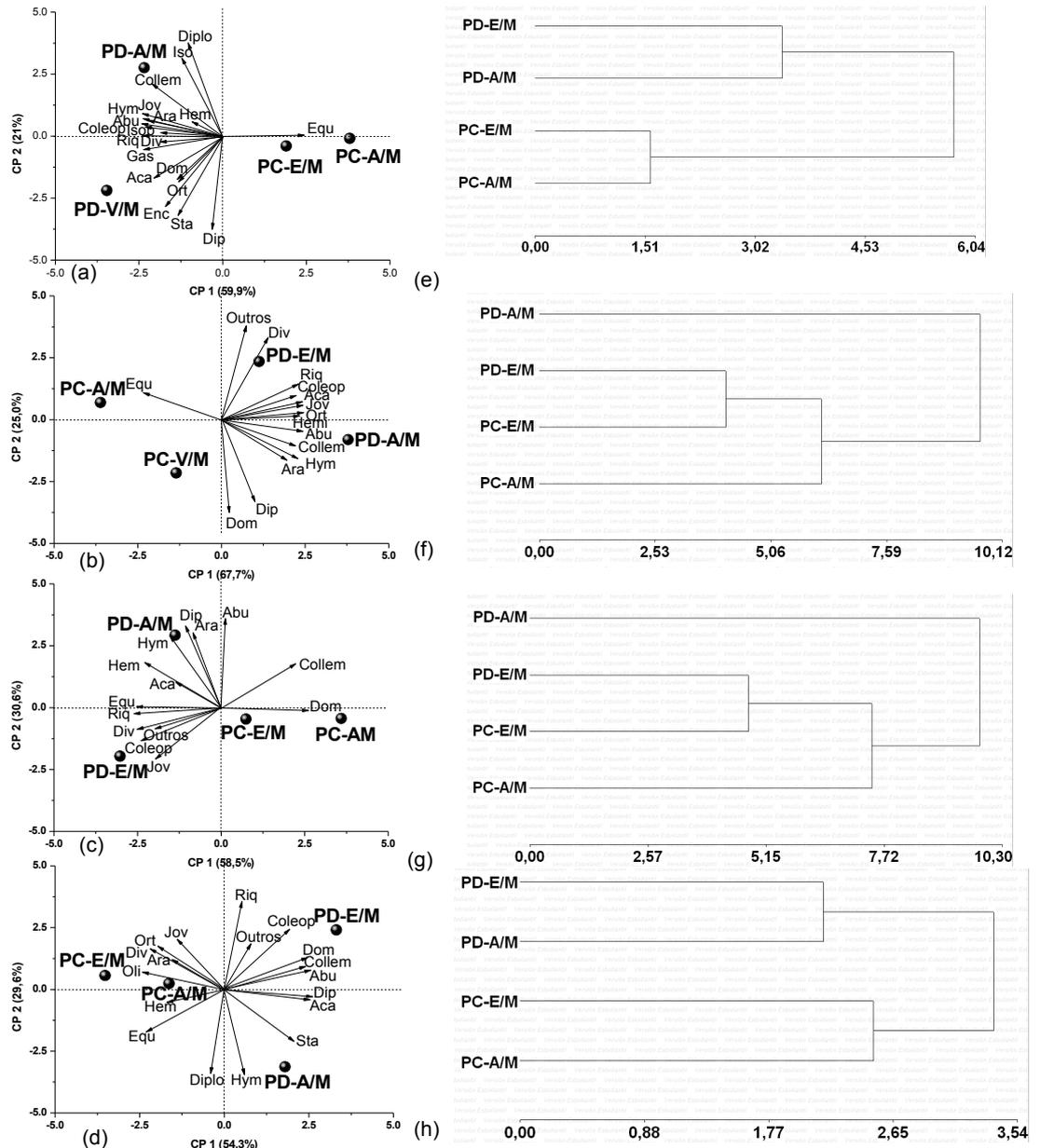


Figura 5– Análise dos componentes principais e Dendrograma do agrupamento da fauna edáfica sob diferentes preparos de um Argissolo Vermelho nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita do milho; (d, h) durante cobertura de inverno. PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho; Div: diversidade de margalef; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemíptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

Na medida em que houve um distanciamento do o evento de preparo de solo, as grússos da fauna foram se restabelecendo no preparo convencional. O que ocorreu principalmente porque o solo permaneceu descoberto neste manejo até o crescimento do milho, deste período em diante,

a falta dos resíduos foi compensada pela cobertura viva da cultura implantada que passou a proteger o solo. No período pós-colheita do ciclo do milho os resíduos foram deixados sobre o solo dando oportunidade de restauração da fauna. O que sugere que o revolvimento de solo e falta de cobertura sobre o solo são fatores cruciais para a evasão da fauna neste tipo de manejo.

No período pós-manejo da cultura de cobertura, o dendograma do agrupamento por distância de Mahalanobis da fauna agrupou os preparos de solo com distância de 5,75 (Figura 5e e anexo 3). As culturas de cobertura foram agrupadas com distância de 1,58 no preparo convencional e 3,39 no plantio direto. O que confirmou neste período o efeito principal causado pelos preparos e o secundário pelos sistemas de cultura.

Entretanto, ambos sistema de culturas com ervilhaca proporcionou similaridade da fauna. Os dendogramas da figura 4f e 4g mostraram que o cultivo da ervilhaca formou um grupamento em 4,07 durante o ciclo do milho e 4,76 no pós-colheita do milho. Isso ocorreu devido as leguminosas estarem a mais de quatro meses em decomposição. O que significa que havia pouco ou nenhum resíduo desta cultura sobre o solo no plantio direto, o que o tornou mais semelhante ao preparo convencional em se tratando de organismos epiedáficos. Os resíduos vegetais são a principal fonte de alimento e habitat para os organismos epiedáficos (Silva et al., 2007).

Durante o ciclo das culturas, o retorno da cobertura viva separou os preparos e culturas novamente, confirmando o efeito principal sobre os preparos e secundário sobre as culturas.

A cobertura de ervilhaca sustentou a associação com os índices de diversidade e riqueza através de todos os períodos de manejo (Figura 5a, b, c, d e anexo 3). A cobertura de aveia manteve os índices de abundância e dominância juntamente com as grupos Collembola e Araneae no pós manejo das coberturas, durante o ciclo do milho e pos manejo da cultura do milho, entretanto durante as culturas de coberturas estes índices e grupos se relacionaram com a cobertura de ervilhaca.

A cobertura com ervilhaca no período pós-manejo das coberturas e durante o ciclo do milho manteve associação com a grupos Acarina (Figura 5a, b e anexo 3). Nos demais períodos esta grupos se associou a cobertura de aveia (Figura 5c, d e anexo 3). Corted et al. (2002) e Tabaglio et al. (2009)

encontraram esta mesma diferença, no entanto em uma época do ano apenas. Assim como a grupos Collembola, a grupos Acarina pode trocar suas preferências quando estão sob estresse alimentar (Edwards, 2000). O que também justificaria o fato de alguns períodos serem encontrados mais relacionados a cobertura de aveia e em outros períodos associados a cobertura de ervilhaca.

A cobertura de aveia manteve, em todas as épocas a associação com a grupos Hemiptera (Figura 5a, b, c, d e anexo 3). Nesta grupos estão as principais pragas de lavoura, entre tais os pulgões, percevejos, cigarras e cigarrinhas. Essas pragas são em sua maioria de pastagens, o que justifica sua relação com a cobertura de aveia. Em estudo com diferentes tipos de manejo, Marasas et al. (2001) registraram decréscimo de predadores com maior abundância de pragas no preparo convencional.

Por outro lado, a cultura da ervilhaca se relacionou a grupos Orthoptera nos períodos onde estão presentes (Figura 5 b, d e anexo 3), o que sugere uma ligação desta grupos com leguminosas. Algumas espécies desta grupos são graminívoras alimentando-se apenas de gramíneas, entretanto, outras são polípagas alimentando-se de uma variedade maior de plantas (Picaud et al., 2003). Desta forma, esta grupos se beneficiou durante o ciclo do milho pelo fato de ser uma gramínea e durante as outras épocas pela nutrição exercida pela leguminosa ou por proporcionar ambiente edáfico adequado para a postura de ovos.

Com relação aos atributos microbianos, no período pós-manejo das coberturas a relação C:Nmic foi relacionada ao preparo convencional (Figura 6a e anexo 5). O plantio direto se associou a toda a atividade microbiana restante. A cobertura com aveia proporcionou associação com a atividade enzimática, respiração e quociente metabólico, enquanto a cobertura com ervilhaca relacionou-se a biomassa microbiana, N mineral e liberação de amônia.

Na cobertura com aveia, a atividade enzimática ocasionou respiração e metabolismo com perdas de C nos dois primeiros períodos. Isto indica que foi necessário uma energia extra dos micro-organismos para a decomposição do resíduo desta cultura (Pajares et al., 2009). Com relação a atividade enzimática da  $\beta$ -glucosidase, sugere um enriquecimento de natureza celulolítica da

cobertura de aveia (Pajares et al., 2009). Entretanto, o efeito positivo da cobertura de aveia sobre a atividade da  $\beta$ -glucosidase e urease nestes dois períodos pode ter sido por condições propiciadas pela cobertura, como temperatura e umidade do solo, quantidade do resíduo e não somente pela natureza bioquímica do resíduo (Tejada et al., 2008). Já a cobertura com ervilhaca, através da decomposição dos resíduos forneceu N pela mineralização para o crescimento microbiano (Bossche et al., 2009) proporcionando relação com a biomassa C e N nestes mesmos períodos.

Durante o ciclo do milho, a única alteração existente do período anterior consiste no nitrogênio mineral que passa a se associar ao preparo convencional e a cobertura de aveia (Figura 6b e anexo 5).

No período pós manejo da cultura do milho, a relação C:N<sub>mic</sub> continuou associada ao preparo convencional somada ao quociente metabólico (Figura 6c e anexo 5). O plantio direto se associou aos demais atributos microbianos. Neste período a cobertura com aveia passou a se relacionar com a biomassa microbiana e liberação de amônia, enquanto a cobertura de ervilhaca se associou a atividade enzimática, N mineral e respiração microbiana. Essa inversão dos atributos que estavam associados a cobertura de ervilhaca e se associaram a cobertura de aveia (*vice-versa*) pode estar ligada ao maior e menor período de decomposição das coberturas. Ou seja, a cobertura com leguminosa proporcionou maior biomassa e mineralização logo após o manejo, enquanto a cobertura com gramínea proporcionou isto somente algum tempo depois no período pós-colheita do milho, período no qual o C da leguminosa possivelmente já estava esgotado

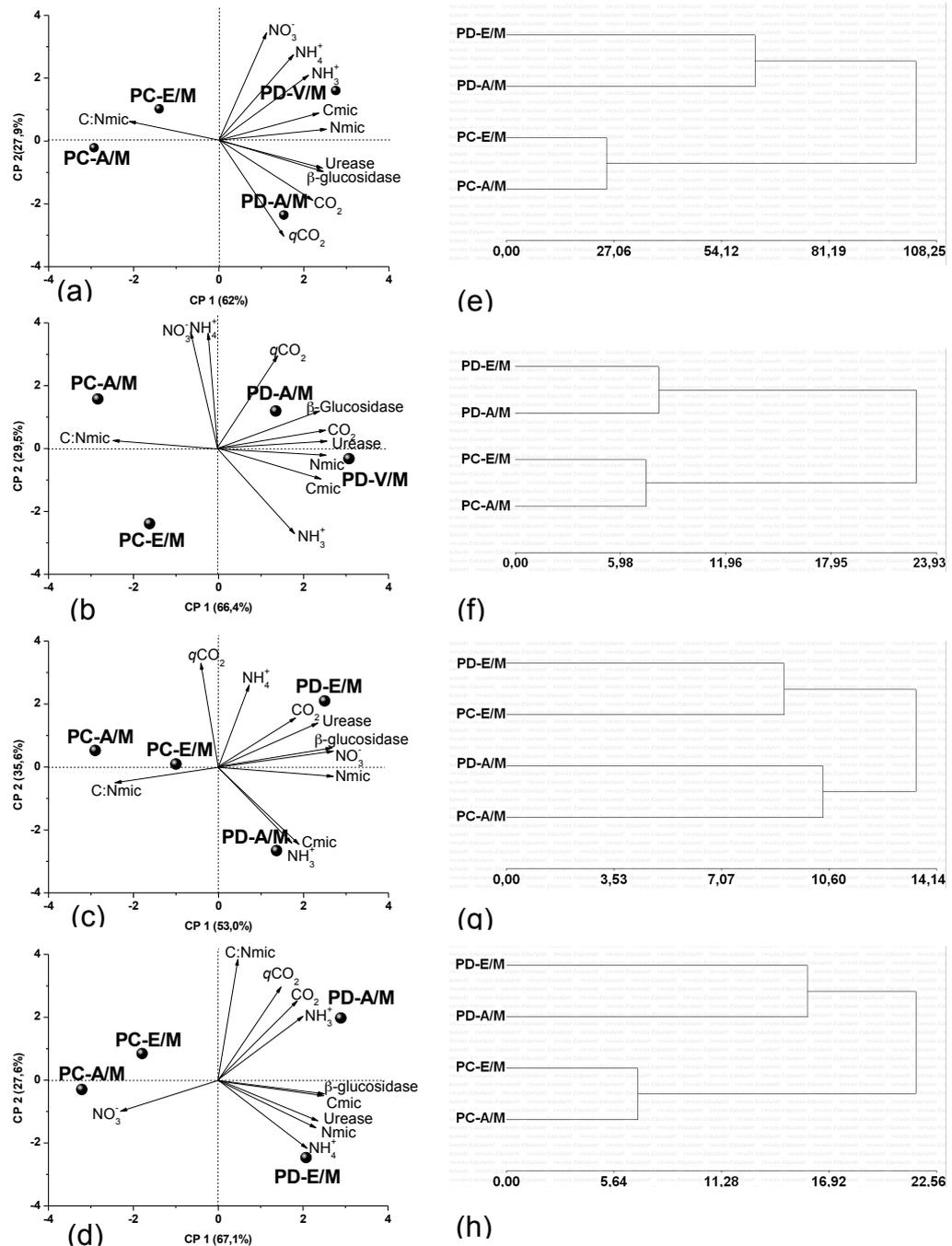


Figura 6 – Análise dos componentes principais e dendrograma do agrupamento dos atributos microbiológicos sob diferentes preparos de um Argissolo nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita da cultura do milho; (d, h) durante cobertura de inverno. PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho; Nmic: nitrogênio microbiano; Cmic: carbono microbiano; C:Nmic: relação carbono/nitrogênio microbiano; qCO<sub>2</sub>: quociente metabólico microbiano; NH<sub>3</sub>: liberação de amônia; CO<sub>2</sub>: respiração basal microbiana em laboratório; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: nitrogênio mineral amônio; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrogênio mineral nitrato.

Durante o ciclo das coberturas, o preparo convencional mostrou associação com o nitrogênio mineral nitrato e o plantio direto se relacionou aos demais atributos (Figura 6d e anexo 5). Com relação as coberturas, a aveia indicou relação com a respiração, quociente metabólico, C:Nmic e liberação de amônia. A cobertura de ervilhaca se associou a atividade enzimática, biomassa microbiana e nitrogênio amônio. A liberação de exsudatos radiculares ricos em C e N estimulou a biomassa microbiana. Os exsudatos radiculares podem incorporar grandes quantidade de N durante o ciclo da cobertura viva. O que resultou neste período, no favorecimento da cobertura de ervilhaca ao C e N da biomassa, atividade enzimática e mineralização de N, também promovendo os índices de abundância e dominância da fauna e grupos Collembola e Araneae. O que sugere que a fauna foi atraída não somente pelo N disponível, mas também pela quantidade de micro-organismos proporcionada.

Nos períodos de pós-manejo das coberturas, durante o ciclo do milho e durante o ciclo das coberturas, os dendogramas com distância de mahalanobis demonstraram comportamentos similares (Figura 6e, f e h e anexo 5). Nestes períodos, o preparo convencional se diferenciou do plantio direto numa distância que vai de 103,10 até 21,49, ou seja, tornando-se mais semelhante a medida em que distancia do período de manejo de preparo do solo. As coberturas no preparo convencional se agrupam numa distância de 25,24 até 6,89 demonstrando que também tornam-se mais semelhantes a medida em que se distancia do evento de preparos de solo. A diferença entre as culturas de cobertura são maiores no plantio direto do que no preparo convencional nos períodos pós-manejo das coberturas (62,53) e durante o ciclo das coberturas (15,79) (Figura 6e, h e anexo 5) .

## 5.5 Conclusões

Os maiores impactos na qualidade da biota do solo foram devidos em primeiro nível aos preparos de solo e em segundo nível a culturas de cobertura de inverno.

O plantio direto promove melhor ambiente para a fauna e atributos microbiológicos.

A fauna epiedáfica se apresenta semelhante entre as culturas de cobertura sob preparo convencional.

O uso de cobertura do solo com aveia favorece as grupos e atributos microbiológicos ligados ao carbono enquanto a cobertura com ervilhaca favorece aqueles ligados ao nitrogênio.

No evento de preparo do solo, o distanciamento entre os preparos e culturas de coberturas são maiores que nos demais períodos.

## 6. ESTUDO II

### **Fauna e Atributos Microbiológicos de um Argissolo Vermelho Influenciados por sistemas de cultura sob plantio direto no sul do Brasil**

#### **6.1 Resumo**

O uso de cobertura vegetal constitui um dos requisitos do plantio direto, podendo o tipo de planta utilizada e suas consorciações afetar a biota do solo. O objetivo deste estudo foi avaliar em quatro períodos do ano o efeito de longo prazo (25 anos) nos sistemas de culturas aveia e milho (A/M); ervilhaca e milho (E/M); lablab e milho (L/M); aveia+ervilhaca e milho (AE/M); aveia+ervilhaca e milho+caupi (AE/MC); sobre a fauna e atributos microbiológicos de um Argissolo Vermelho, em Eldorado do Sul, RS. As amostragens de fauna e microbiológicas foram feitas no pós-manejo das culturas de cobertura, durante o ciclo do milho, na pós-colheita do milho e durante o desenvolvimento das culturas de cobertura. A fauna é mais sensível aos efeitos das culturas. As culturas com maior diversidade de plantas favorecem os índices ecológicos e grupos da fauna. Os sistemas de culturas com presença de leguminosa beneficiam os atributos microbiológicos. Os sistemas com gramínea promovem grupos com maior sensibilidade à dessecação e às intempéries. Os sistemas com leguminosa propiciam grupos com sensibilidade nutricional.

#### **6.2 Introdução**

A adoção do plantio direto cresceu em todo o mundo nos últimos anos. Em 1999 havia 45 milhões de hectares sob plantio direto em todo o mundo, em 2009 este número aumentou para 105 milhões (Derpsch, 2009). No Brasil, 25,5 milhões de hectares são conduzidos em plantio direto (FEBRAPDP, 2011). A aceitação deste em detrimento aos sistemas tradicionais de preparo de solo se deve ao fato de ser considerado um manejo conservacionista. A transformação de um ecossistema natural para um agroecossistema é uma das principais causas da degradação do solo (Melero et al., 2011) por isso, é crescente a adoção de manejos conservacionistas, principalmente em locais de clima tropical onde a perda de solo pode ser intensa (Montecchia et al., 2011).

Entretanto, para ser adotado, o plantio direto necessita ser combinado com a cobertura do solo (Domingues et al., 2010; Timossi et al., 2007). O cultivo de cobertura protege o solo nos períodos entre as culturas comerciais, evitando a erosão do solo, a elevação da amplitude térmica de superfície e a perda de umidade, entre outros problemas (Gabriel e Quemada, 2011).

Na escolha das culturas de cobertura do solo pode ser adotada plantas gramíneas ou leguminosas, plantas nativas de clima temperado ou nativas de clima tropical, cultivo solteiro ou consorciação. A cobertura resultante dessa escolha vai resultar em maior ou menor quantidade de biomassa vegetal, qualidade nutricional e velocidade de decomposição o que pode alterar de forma distinta a fauna e atributos microbiológicos do solo.

A fauna epiedáfica é afetada diretamente pela cobertura do solo e a quantidade e qualidade do alimento que esta possa lhe oferecer assim como a disponibilidade de habitat (Dias et al., 2007; Parra et al., 2009; Silva et al., 2007). Os micro-organismos do solo também podem mudar sua atividade pela composição da matéria orgânica advinda das plantas de cobertura previamente processadas pela fauna (Ribary et al., 2008).

A fauna epiedáfica atua nas primeiras etapas da decomposição na fragmentação física e incorporação do material orgânico (Aquino et al., 2011). Além disso, regula a comunidade microbiana através da predação e estimulação (Bradford et al., 2007). Os micro-organismos atuam no final da decomposição, na fragmentação química deste material orgânico já previamente processado pela fauna. Assim, o objetivo deste trabalho foi avaliar o impacto de diferentes plantas de cobertura sobre a fauna e atributos microbiológicos de um Argissol Vermelho em plantio direto.

### **6.2.1 Hipóteses específicas**

Os sistemas de culturas de cobertura sob plantio direto apresentam ambientes diferentes para a fauna e atributos microbianos. As coberturas com maior diversidade vegetal e produção de biomassa proporcionam maior abundância, riqueza e número de grupos funcionais da fauna edáfica. Por outro lado, as coberturas com maior aporte de carbono proporcionam maiores quantidades de carbono, e  $\beta$ -glucosidase. Já as coberturas com maior presença de leguminosas proporcionam maiores teores de nitrogênio microbiano e enzimas urease. Por fim, as coberturas com menor diversidade vegetal promovem maior quociente metabólico.

### **6.2.2 Objetivos específicos**

Avaliar o efeito dos sistemas de culturas em plantio direto sobre os

índices ecológicos e grupos funcionais da fauna edáfica e atributos microbianos de um Argissolo Vermelho da Depressão Central do RS.

### 6.3 Material e métodos

O experimento de longa duração do presente estudo é conduzido desde o ano de 1983 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (EEA). Localizada no município de Eldorado do Sul (RS), com as coordenadas 30°05'27" S e 51°38'08" W, a EEA está sobre um Argissolo Vermelho distrófico típico derivado de granito. Este solo possui 220 g kg<sup>-1</sup> de argila, 540 g kg<sup>-1</sup> de areia e 240 g kg<sup>-1</sup> de silte. O clima local é caracterizado como subtropical úmido, classificado tipo cfa por Köppen (1948). A temperatura média anual é 19,4 °C, variando em 9 e 25 °C entre o mês mais frio e mais quente do ano. A precipitação média é de 1.440 mm.

Por 16 anos esta área foi utilizada em pesquisa de produção de girassol e colza com preparo convencional, sendo o início do presente experimento no ano de 1983. O experimento foi montado sob delineamento experimental em blocos ao acaso. As parcelas principais são divididas em parcelas de 5x16m, conduzidas com diferentes sistemas de culturas sob plantio direto. Estas parcelas, por sua vez, são subdivididas ao meio resultando em subparcelas de 5x8m, com e sem aplicação de nitrogênio mineral. Cada tratamento possui três repetições. Os tratamentos avaliados sem nitrogênio mineral foram:

1. A/M: cultivo solteiro da gramínea aveia preta como cobertura no inverno e cultivo comercial de milho no verão;
2. E/M: cultivo solteiro da leguminosa ervilhaca como cobertura no inverno e cultivo comercial de milho no verão;
3. AE/MC: cultivo em consórcio de gramínea e leguminosa sendo aveia preta mais ervilhaca como cobertura de inverno e cultivo comercial do milho mais cobertura de caupi no verão;
4. AE/M: cultivo em consórcio de aveia preta mais ervilhaca no inverno e cultivo comercial do milho no verão;
5. L/M: cultivo da leguminosa tropical lab lab e cultivo comercial milho no verão;

A cultura de inverno é manejada todo ano com dessecação e passagem do rolo-faca, a semeadura do milho é feita logo após sobre esta palhada. No ano agrícola de 2009/2010 o milho foi semeado no dia 15 de dezembro de 2009. A adubação foi realizada com 250 kg ha<sup>-1</sup> da fórmula (N-P-K) 00-20-20. Durante o desenvolvimento do milho são feitas irrigação e controle de daninhas quando necessário. A cada ano, ao final da cultura do milho (após a colheita), é passado o rolo-faca sobre a palhada do milho.

As culturas de cobertura de inverno foram semeadas dia 02 de junho de 2010. No cultivo solteiro, a aveia foi semeada manualmente na quantidade de 80 kg de semente ha<sup>-1</sup> e a ervilhaca de 70 kg de semente ha<sup>-1</sup>. Em consorciação, utiliza-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de aveia e 40 kg ha<sup>-1</sup> de ervilhaca. Na consorciação do milho e caupi, o caupi é semeado anualmente nas entrelinhas do milho em covas distantes cerca de 0,4m com três a quatro sementes por cova.

As coletas de fauna e microbiológicas foram feitas nos seguintes períodos do manejo:

1. Manejo final da cobertura de inverno (23 de outubro de 2009);
2. Durante a cultura do milho (03 de março de 2010);
3. Manejo final da cultura do milho (14 de junho de 2010);
4. Durante a cobertura de inverno (06 de outubro de 2010);

A forma de coleta e análise de fauna e microbiológicas realizadas foram as mesmas já descritas no “Estudo I”.

## **6.4 Resultados e discussão**

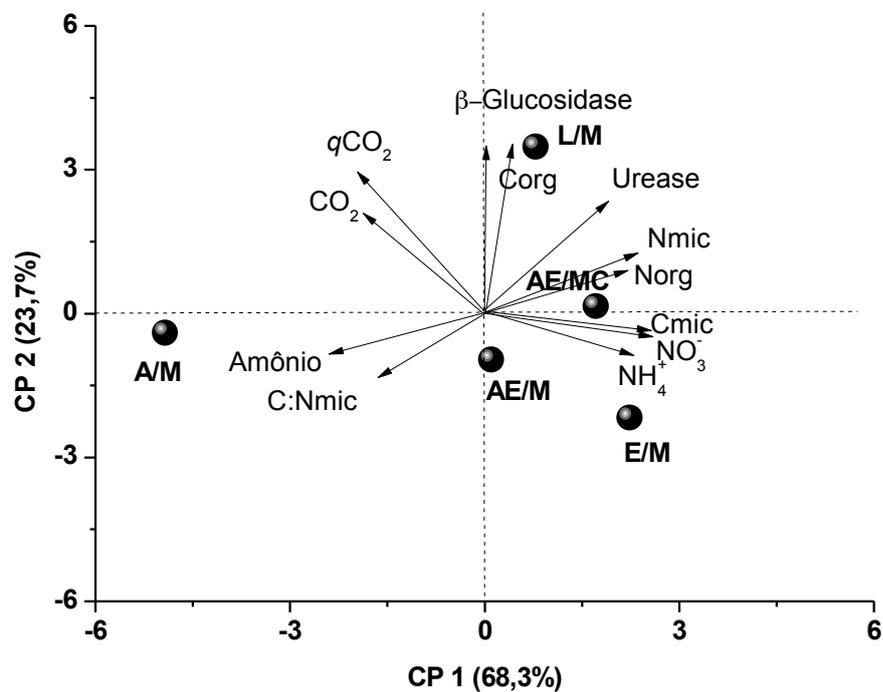
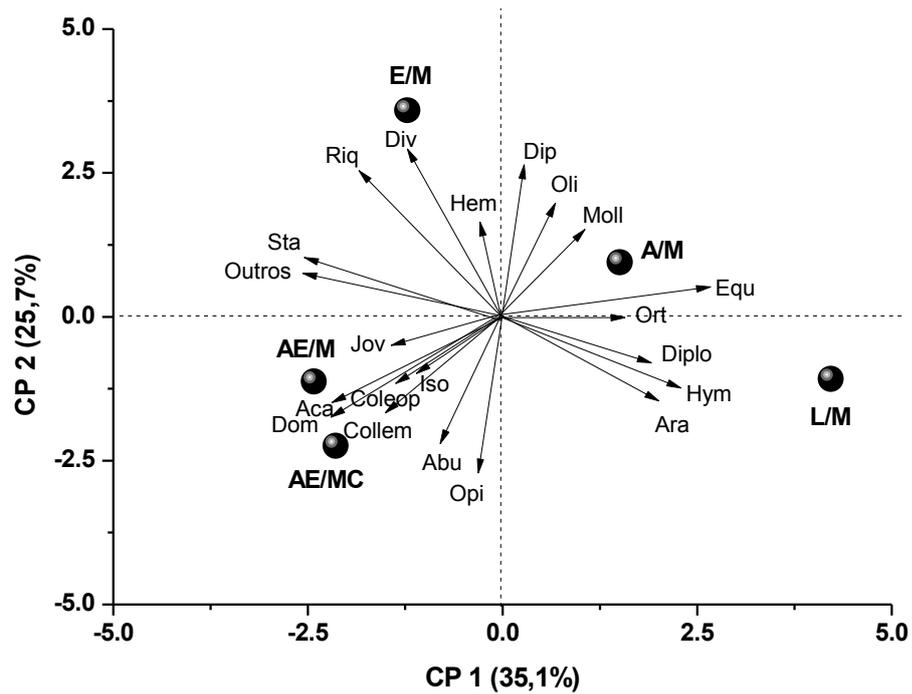
De uma forma geral, houve separação dos sistemas de culturas pelas ACP's (fauna e atributos microbianos) em dois componentes (Figura 7a e 7b e anexos 2, 4 e 6). O componente principal 1 (CP1) com 35,1% (fauna) da variância e 43,4% (atributos microbiológicos) e o componente principal 2 (CP2) com 25,7% (fauna) e 33,7% (atributos microbiológicos).

Os sistemas de coberturas se distribuíram pelos quatro quadrantes da figura de ACP da fauna edáfica (Figura 7a e anexo 4). Os sistemas com maior diversificação vegetal (AE/MC e AE/M) agruparam-se no terceiro

quadrante (Hotelling,  $p > 0,1$ ). Estes, estabeleceram 9 associações com os índices e grupos da fauna edáfica contra em média 5 dos demais sistemas, demonstrando melhores condições ambientais. Os demais sistemas de coberturas sem consorciação separaram-se pelos quadrantes restantes (Hotelling,  $p > 0,1$ ).

A utilização de sistemas de consórcio, como o sistema AE/M e AE/MC diversifica a composição vegetal da cobertura viva e resíduos culturais do solo. A fauna epiedáfica diferenciou este sistema em detrimento aos cultivos solteiros pois está diretamente sujeita tanto a cobertura viva quanto aos resíduos promovidos pelo consórcio que podem ser mais ou menos biodisponíveis à decomposição enzimática (Silva, 2010). Como cobertura viva, o consórcio oferece maior densidade de cobertura do solo. Os resíduos culturais dessa consorciação disponibiliza maior diversificação de alimento à fauna edáfica pela variedade de propriedades químicas (Sileshi et al., 2008). Além disso, a utilização de gramíneas juntamente com leguminosas promove algumas vantagens simultâneas. A nutrição nitrogenada proporcionada pela leguminosa é importante para a fauna, pois constituem limitação para o crescimento, desenvolvimento e fecundidade dos animais (Parra et al., 2009).

Na consorciação há maior aproveitamento de espaço utilizando-se linhas e entre linhas de cultivo oportunizando plantas de maior porte como a aveia e menor porte como a ervilhaca. Os resíduos produzidos pela aveia, por possuírem maior relação C:N, são de decomposição mais difícil permanecendo sobre o solo por maior período. Isso contribui para o aumento da disponibilidade de novos habitats favoráveis à colonização da fauna edáfica, o que beneficia a sustentabilidade ecológica dos sistemas de produção (Silva, 2007). Entretanto, este período é relativo à proporção da mistura (Heinrichs et al., 2001). Ou seja, mesmo que a aveia seja participante da mistura, esta, pela baixa relação C:N da ervilhaca, decompõe em tempo menor do que quando sozinha no resíduo. Em síntese, a consorciação entre gramíneas e leguminosas oferece à fauna quantidade, qualidade e maior período de permanência de resíduos.



**Figura 7– Análise dos componentes principais: (a) da fauna edáfica (b) dos atributos microbiológicos.** A/M: aveia e milho; AE/M: aveia mais ervilhaca e milho; AE/MC: aveia mais ervilhaca e milho mais caupi; L/M: lablab e milho; A/M: aveia e milho. Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemiptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas. Nmic: nitrogênio microbiano; Cmic: carbono microbiano; C:Nmic: relação carbono/nitrogênio microbiano;  $q\text{CO}_2$ : quociente metabólico microbiano;  $\text{NH}_3$ : liberação de amônia;  $\text{CO}_2$ : respiração basal microbiana em laboratório;  $\text{NH}_4^+$ : nitrogênio mineral amônio;  $\text{NO}_3^-$ : nitrogênio mineral nitrato; Norg: nitrogênio orgânico; Corg: carbono orgânico.

Os cultivos solteiro da ervilhaca e aveia foram diferente ao cultivo da cobertura para a fauna ficando em quadrantes diferentes (Figura 7a e anexo 4). Isso ocorreu porque o lablab permanece como cobertura viva durante verão e outono até ocorrer a primeira geada no inverno, que causando-lhe a morte. Neste ano de amostragem, atipicamente, não houveram geadas suficientemente fortes para a morte do lablab, o que significa que a cobertura viva permaneceu por mais tempo. Sendo que assim, obteve melhores condições climáticas e maior período de permanência como cobertura viva.

Em oposto, as coberturas solteiras de ervilhaca e de aveia que permaneceram vivas durante o outono e inverno foram cortadas e deixadas sobre o solo como cobertura morta no início da primavera.

Por outro lado, as diferenças na fauna causadas pelos sistema A/M e E/M são porque coberturas compostas por plantas leguminosas favorecem maior densidade relativa das gruposs hemiedáficas, enquanto coberturas compostas por gramíneas favorecem as gruposs epiedáficas (Santos et al., 2008). O que ocorre pelos motivos de nutrição e tempo de cobertura já discutidos anteriormente. Já a diversificação de resíduos sobre o solo pode afetar diretamente a fauna epigeica, hemiedáfica e micro-organismos induzindo à interações sucessivas, além de efeitos indiretos (Malkomes, 2006).

Os sistemas de cultura de cobertura foram agrupados pelos atributos microbianos, de uma forma geral, por um único fator: disponibilidade de nitrogênio (Figura 7b e anexo 6). A cultura de aveia solteira promoveu menor quantidade de nitrogênio para o solo quando comparada aos demais sistemas de cultivos com participação de uma leguminosa. A relação C:N da aveia foi de 42 enquanto a da ervilhaca ficou em torno de 20 e a de caupi e lablab 17 (dados médios a partir de trabalhos em diferentes anos de Lovato, 2001 e Weber, 2010). A inclusão de uma leguminosa no agroecossistema sustenta as funções e produtividade do solo (Sileshi et al., 2008; Laossi et al., 2008).

Entretanto, a composição da liteira com uma variação de resíduos de plantas nem sempre resulta em efeitos lineares na mesma proporção do número de componentes. A liteira mista pode produzir efeitos variáveis sobre a fauna e micro-organismos do solo. O que pode ser devido a componentes aleloquímicos, diferença de umidade, diferenças nutricionais ou outras interações de ordem química e física (Moore e Ruitter, 2000).

Os sistemas AE/M e E/M proporcionou maior número de indivíduos da grupos Hymenoptera (Tabela 7 e anexo 4). Esta grupos possui espécies fungívora, detritívora e predadora, o que contribui ativamente do equilíbrio dinâmico em sistemas conservacionistas (Silva et al., 2006).

O sistema com cobertura de lablab (L/M) promoveu maior número de indivíduos da grupos Araneae comparado aos sistemas de cobertura AE/M, A/M e E/M (Tabela 7 e anexo 4). A arquitetura da cobertura vegetal viva, composta de uma cobertura arbustiva e densa, como é o caso do lablab, estabelece uma correlação positiva com a quantidade de indivíduos da grupos Araneae segundo Mendes et al. (2011).

Tabela 3 – Contraste por teste de LSD das gruposs da fauna edáfica sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo. Valores totais de organismos nos grupos e nos índices valores médios

Fauna	Culturas de Cobertura no Plantio Direto				
	L/M	AE/MC	AE/M	E/M	A/M
	<b>Índices Ecológicos</b>				
Abundância	ns	ns	ns	ns	ns
Diversidade	1,86 b	1,94 ab	1,96 ab	2,16 a	1,98 ab
Dominância	ns	ns	ns	ns	ns
Equitabilidade	0,63 a	0,52 b	0,53 b	0,55 ab	0,58 ab
Riqueza	ns	ns	ns	ns	ns
	<b>Arthropoda</b>				
<b>Aracnida</b>					
Acarina	ns	ns	ns	ns	ns
Araneae	98 a	60 ab	29 b	39 b	38 b
<b>Insecta</b>					
Coleoptera	ns	ns	ns	ns	ns
Díptera	50 b	47 b	54 ab	87 ab	103 a
Hemíptera	7 b	15 b	18 ab	22 ab	38 a
Hymenoptera	154 ab	106 b	113 ab	85 b	146 ab
Orthoptera	ns	ns	ns	ns	ns
Staphylinidae	ns	ns	ns	ns	ns
Collembola	ns	ns	ns	ns	ns
<b>Myriapoda</b>					
Diplopoda	21 ab	15 abc	6 bc	4 c	28 a
<b>Crustácea</b>					
Isopoda	ns	ns	ns	ns	ns
	<b>Mollusca</b>				
Gastropoda	ns	ns	ns	ns	ns
	<b>Annelida</b>				
Oligochaeta	ns	ns	ns	ns	ns
	<b>Outros</b>				
Formas jovens	53 ab	51 ab	84 a	58 ab	44 b
Outros	ns	ns	ns	ns	ns

Teste de contraste LSD a  $p > 0,05$ . A/M: aveia e milho; AE/M: aveia mais ervilhaca e milho; AE/MC: aveia mais ervilhaca e milho mais caupi; L/M: lablab e milho; A/M: aveia e milho.

O uso da gramínea solteira (A/M) como cobertura, promoveu maior número de Dipteras e Hemipteras quando comparado aos sistemas L/M e AE/MC. O que pode ser explicado pelo fato de existirem pragas de gramíneas nestas duas grupos. Desta forma o cultivo solteiro de gramíneas em sucessão causou maior atração para as pragas deste tipo de cultura.

O sistema de culturas A/M também promoveu maior número de Diplopodas do que quando consorciada com a ervilhaca (AE/M) ou mesmo do que ervilhaca solteira (E/M) (Tabela 7 e anexo 4). O maior período de cobertura e alimento ao longo do tempo, beneficiou esta grupos (Sileshi et al., 2008). O baixo teor nutricional da aveia (C:N 41), em comparação as demais coberturas, é compensada pela maior quantidade de ingestão de alimento, sendo que a liberação de pellets fecais aumenta na mesma proporção (Martin e Marinissen, 1993). Esta grupos possui ainda a capacidade de digerir compostos mais lignificados e celuloses, isto pelo sinergismo da atividade metabólica do indivíduo e dos micro-organismos que habitam seu sistema digestivo (Coûtex, 2002).

A cobertura de inverno com a ervilhaca (E/M) proporcionou maior número de indivíduos da grupos Oligochaeta do que quando comparado a consorciação de inverno entre a ervilhaca e aveia (AE/M) e o cultivo solteiro da aveia (A/M) (Tabela 7 e anexo 4). Esta grupos possui exigência na quantidade de N do material orgânico (Ketterings et al., 1997), sendo que esta exigência é encontrada na ervilhaca. E por ser um organismo hemiedáfico a permanência da cobertura do solo é menos importante do que o teor nutricional.

A consorciação de aveia e ervilhaca no inverno (AE/M) favoreceu maior número de indivíduos da grupos Isopoda em comparação a cobertura solteira da ervilhaca (E/M) (Tabela 7 e anexo 4). Essa grupos possui preferências alimentares por altas quantidades de N no alimento. Entretanto, os Isopodas necessitam estabelecer associação com os micro-organismos, uma vez que estes não quebram algumas moléculas abundantes no tecido vegetal. Por esse motivo preferem material orgânico que já tiveram um primeiro ataque microbiano (Correia et al., 2008). O maior número de indivíduos dessa grupos no AE/M parece ter sido sustentado pela mais elevada quantidade de Cmic encontrada neste tratamento. Em concordância com o presente estudo, Kautz

e Topp (2000) em trabalhos com microcosmos encontraram aumento da atividade microbiana com a presença dos Isopodas.

A consorciação de uma gramínea com uma leguminosa no inverno promoveu maior número de formas jovens da fauna do que o cultivo somente da gramínea (Tabela 7 e anexo 4). Isto pode ser devido ao fato da dupla função alcançada pelo consorcio, a nutrição nitrogenada e a proteção constante proporcionando ambiente favorável. As formas jovens possuem exigências nutricionais para o desenvolvimento e por possuírem corpos frágeis, muito suscetíveis a dessecação, necessitam de constante abrigo.

O cultivo da leguminosa ervilhaca como cobertura promoveu a diversidade de Margalef em detrimento ao cultivo da leguminosa tropical lab lab (Tabela 7 e anexo 4). Por outro lado essa leguminosa tropical como cobertura proporcionou a equitabilidade de Pielou em contraste ao cultivo com maior diversidade de culturas (AE/MC e AE/M). A constância da cobertura viva no tempo em contraste com a diversidade do resíduo ao longo do tempo favoreceu maior equitabilidade ao lablab. Por outro lado, o resíduo da ervilhaca sobre o solo no final do ciclo vegetal, foi capaz de sustentar maior diversidade da fauna epiedáfica em comparação ao lablab que possui sua maior liberação de N pelos exsudatos radiculares, entretanto sendo liberado no interior do solo. A mistura de coberturas, por sua vez, não promoveu maiores índices de diversidade da fauna edáfica, o que também foi verificado por Sileshi et al. (2008).

O cultivo com diversificação vegetal (AE/MC e AE/M) causou carbono microbiano em 15% maior do que quando comparado ao cultivo da gramínea solteira (A/M) como cobertura no inverno (Tabela 8 e anexo 6). Efeitos positivos da diversidade de plantas sobre o Cmic são devidos, principalmente, a adição de leguminosa na consorciação (Milcu et al., 2008). Além disso, fontes de C e N encontradas em proporção variada nas diferentes plantas que compunham a cobertura puderam aumentar o Cmic (Silva, 2010; Sileshi et al., 2008). A presença de diversidade na comunidade microbiana, causada por uma variedade de resíduos combinados, contribui para a resistência ao estresse e homeostase do solo (Montecchia, 2011).

A biomassa microbiana constitui um importante reservatório de elementos, principalmente C e N. Isto, porque na forma de tecido microbiano,

estes elementos estão temporariamente seguros contra perdas do agroecossistema, sendo liberados de forma mais lenta. O tamanho desse reservatório, vulnerabilidade e conseqüentemente velocidade de reposição destes elementos ao solo são influenciados pelo manejo (Atlas & Bartha, 1997).

Tabela 4- Contraste LSD dos atributos microbianos sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo

Atributos Microbianos	Culturas de Cobertura no Plantio Direto				
	L/M	AE/MC	AE/M	E/M	A/M
Cmic ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	287 ab	291,9 a	302,6 a	283,8 ab	257,6 b
Corg ( $\text{g kg}^{-1}$ )	16 a	13 b	11 cd	12 c	12 c
CO <sub>2</sub> ( $\text{mgC-CO}_2 \text{ g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	2,2 a	1,6 b	1,4 b	1,3 b	2,4 a
qCO <sub>2</sub> ( $\mu\text{gC-CO}_2 \mu\text{gCmic g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	7,9 a	2,8 b	4,8 b	4,9 b	8,8 a
Urease ( $\mu\text{g N-NH}_4^+ \text{ g}^{-1} \text{ 2h}^{-1}$ )	23,6 a	22,3 a	20,9 ab	21,8 ab	18,9 bc
$\beta$ -Glucosidase ( $\mu\text{g de PNF g}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	72,4 a	52,6 b	47,7 b	51,3 b	53,5 b
Nmic ( $\mu\text{g g}^{-1}$ )	30,7 a	31,9 a	28,8 a	29,1 a	23,8 b
Norg ( $\text{g kg}^{-1}$ )	1,7 a	1,5 b	1,7 a	1,4 bc	1,3 cd
NH <sub>3</sub> ( $\text{g ha}^{-1} \text{ h}^{-1}$ )	128,6 c	183,8 b	130,5c	212,2 b	297,2 a
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> ( $\text{mg g}^{-1}$ )	10,7 ab	10,3 bc	12,9 a	10,4 bc	8,2 c
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> ( $\text{mg g}^{-1}$ )	8,7 b	8,8 b	10,5 a	7,9 b	5,5 c
C:Nmic	9,8 bc	9,3 c	10,5 bc	9,7 bc	10,8 ab

Teste de contraste LSD a  $p>0,05$ . A/M: aveia e milho; AE/M: aveia mais ervilhaca e milho; AE/MC: aveia mais ervilhaca e milho mais caupi; L/M: lablab e milho; A/M: aveia e milho. Nmic: nitrogênio microbiano; Cmic: carbono microbiano; C:Nmic: relação carbono/nitrogênio microbiano; qCO<sub>2</sub>: quociente metabólico microbiano; NH<sub>3</sub>: liberação de amônia; CO<sub>2</sub>: respiração basal microbiana em laboratório; NH<sub>4</sub><sup>+</sup>: nitrogênio mineral amônio; NO<sub>3</sub><sup>-</sup>: nitrogênio mineral nitrato; Norg: nitrogênio orgânico; Corg: carbono orgânico.

Os sistemas de culturas L/M e AE/MC promoveu C orgânico 38% maior comparativamente a todos os demais tratamentos. Neste mesmo experimento, muitos trabalhos foram conduzidos com medidas do aporte de biomassa vegetal, resultando num histórico que aponta os sistemas L/M e AE/MC como promovendo os maiores aportes (Weber, 2010). O que sugere que a maior quantidade de resíduos adicionados ao solo resultou em maior Corg.

Os sistemas com L/M e A/M proporcionaram respiração maior em 54% e 68% e metabolismo com perdas de C maior em 72% e 92% do que as demais culturas de cobertura (Tabela 8 e anexo 6). O metabolismo celular é dependente do estado fisiológico e influenciado por diferentes fatores. Um metabolismo mais alto pode indicar tanto um distúrbio ecológico quanto um alto nível de produtividade do agroecossistema (Silva,2010). A maior respiração encontrada na leguminosa tropical sugere estar ligada a maior produtividade

proporcionada por esta cobertura, devido a ligação desta com as mais altas concentrações de Corg, Norg, Nmic e atividade enzimática  $\beta$ -glucosidase e Urease. De modo oposto, o maior metabolismo encontrado na cobertura de aveia sugere estar ligado a um distúrbio ecológico pela ligação desta cobertura com menores concentrações de Corg, Norg, Cmic, Nmic e atividade enzimática  $\beta$ -glucosidase e Urease. Além disso, a cobertura de aveia apesar de proporcionar alta relação C:N de 41, favoreceu maiores perdas de N por  $\text{NH}_3$ .

Os sistemas AE/MC e L/M estimulou atividade da enzima urease em 25% em detrimento do uso da aveia solteira (Tabela 8 e anexo 6). Por outro, lado a atividade da enzima  $\beta$ -glucosidase foi promovida em 44% pela utilização da cobertura do solo com lab lab perante as demais coberturas. Maiores conteúdos de Corg e Norg são capazes de sustentar maiores C e N microbiano e conseqüentemente síntese de enzimas do solo (Qin et al, 2010).

A utilização de uma leguminosa como cobertura do solo proporcionou N na matéria orgânica do solo 28% maior, mineralização deste nutriente maior ( $\text{NH}_4^+$  35% e  $\text{NO}_3^-$  63%) e sua imobilização na biomassa microbiana 34% maior.

A relação C:N microbiana foi encontrada maior 16% sob cobertura de aveia solteira em comparação ao AE/MC (Tabela 8 e anexo 6). O que ocorreu pela menor conteúdo de nitrogênio promovido pela aveia.

Sobre os períodos do manejo, no pós-manejo das coberturas de inverno e durante o ciclo do milho houve separação das coberturas entre aquelas com histórico de maior aporte vegetal (AE/MC e L/M) e aquelas com maior diversidade vegetal (AE/MC e AE/M) pelas ACP's (Figura 8a e 8b e anexo 4). Entretanto, houve uma diferenciação na importância das coberturas nestes dois períodos. No pós-manejo das culturas de inverno a separação mais importante foi a das coberturas com histórico de maior aporte vegetal no CP1 com 39,4%. Durante o ciclo do milho a separação mais importante foi a das coberturas com maior diversidade vegetal no CP1 com 37,9%. Isto sugere que primeira influência do resíduo vegetal sobre o solo a partir do corte foi a quantidade disponível ao habitat e alimento para a fauna. Entretanto, durante o ciclo do milho a diversidade vegetal foi mais importante, pois além da cultura do milho estavam estabelecidas as culturas de cobertura viva do lablab e do caupi

juntamente com o milho. Algumas grupos da fauna preferem coberturas vivas e densas como é o caso dos Araneae e Hymenopteras (Mendes et al., 2011).

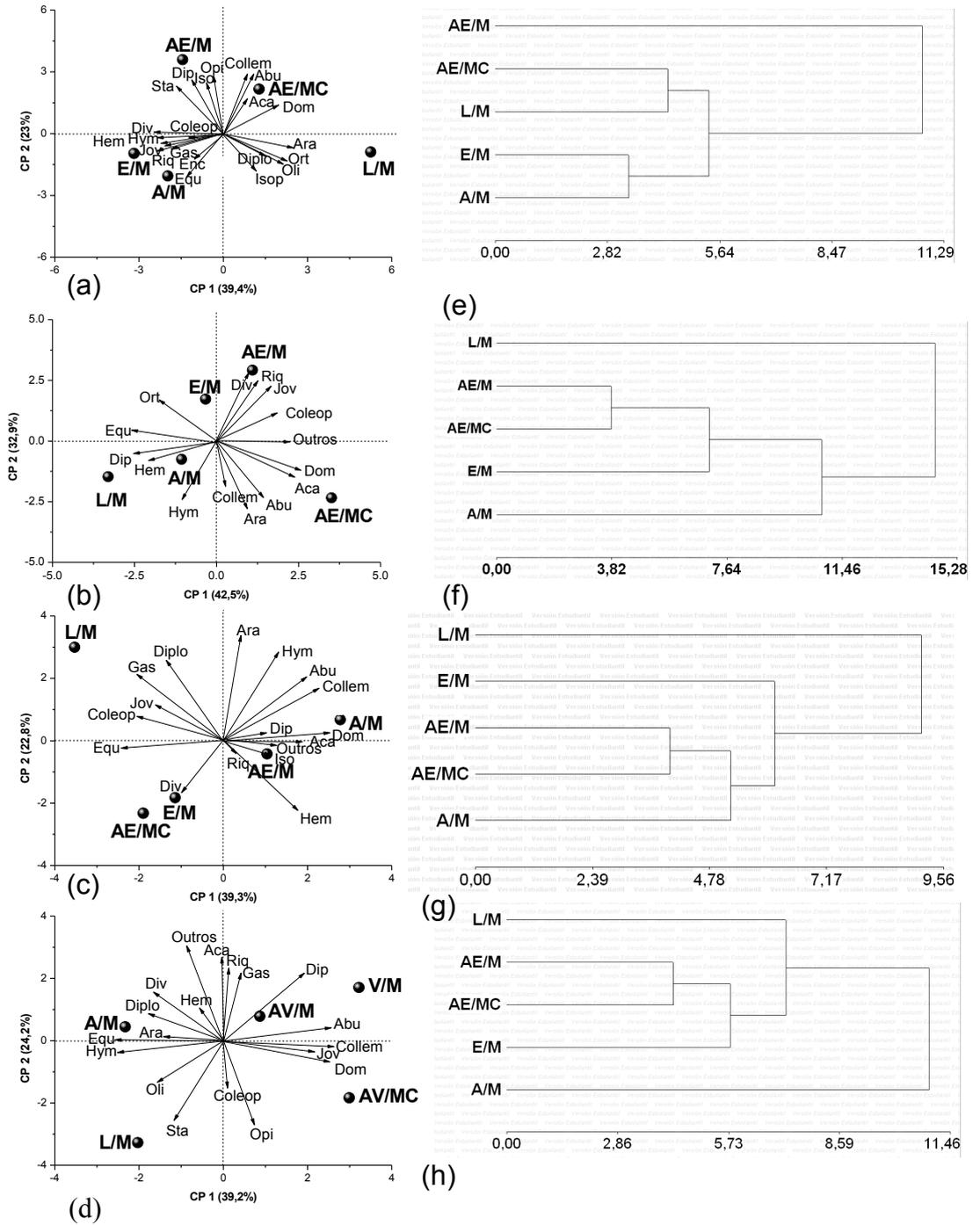


Figura 8– Análise dos componentes principais e Dendrograma do agrupamento da fauna edáfica sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita da cultura do milho; (d, h) Durante cobertura de inverno. A/M: aveia e milho; AE/M: aveia mais ervilhaca e milho; AE/MC: aveia mais ervilhaca e milho mais caupi; L/M: lablab e milho; A/M: aveia e milho. Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemiptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

Nestas duas épocas do manejo ocorreu a confirmação dos agrupamentos das coberturas com histórico de maior aporte vegetal (AE/MC e L/M) em distância de Mahalanobis de 4,34 (Figura 8e e anexo 4) e os sistemas com maior diversidade vegetal (AE/MC e AE/M) em distância de 3,79 (Figura 8f).

Os índices e grupos da fauna que se relacionaram tanto com o maior aporte quanto com a maior diversidade no CP1 e 2 em ambos períodos foram a abundância, dominância, e as grupos Acarina e Collembola. A cobertura de lablab juntamente com o milho se associou as ordens Hemiptera, Hymenoptera e Díptera durante o ciclo do milho (Figura 8b e anexo 4). A ordem Hemiptera e Díptera é conhecida por serem representadas por muitas pragas de lavoura. O cultivo de gramíneas e leguminosas em conjunto permite o direcionamento das pragas de lavoura para a leguminosa, pois possui um maior valor nutricional aumentando o fluxo vegetal no solo e protegendo o cultivo comercial da gramínea, que neste caso é o milho (Anderson, 2000).

No período pós-colheita milho e durante o cultivo das coberturas de inverno, as coberturas com a participação da ervilhaca (AE/MC, AE/M e E/M) foram separadas pela análise multivariada (Figura 8c e d e anexo 4). Sendo que esta separação foi no CP2 (22,8%) na figura multivariada do pós-colheita de milho e no CP1 (39,2%) na figura multivariada durante a cobertura de inverno. As grupos e índices da fauna relacionado as coberturas com ervilhaca no pós manejo do milho foram a equitabilidade, diversidade, riqueza, Hemiptera, Isopoda, Acarina e outras grupos mais raramente encontrados. As grupos e índices da fauna relacionado as coberturas com ervilhaca durante as coberturas de inverno foram Coleoptera, Opiliones, Jovens, Collembola, Díptera, Gastropoda, riqueza, abundância e dominância. A abundância, riqueza e diversidade de organismos da fauna é importante para o equilíbrio do agroecossistemas pois esses indivíduos podem servir como vetores de micro-organismos simbióticos de plantas, de fixadores de nitrogênio e de fungos micorrízicos, além disso eles também podem digerir micro-organismos patogênicos de forma seletiva (Aquino et al., 2008).

Entretanto, o dendrograma do pós-colheita do milho mostrou semelhança entre os sistemas com a participação da aveia (A/M, AE/M e AE/MC) pela maior permanência deste resíduo sobre o solo (Figura 8g e anexo

4). O agrupamento das coberturas com a participação da ervilhaca foi confirmado pelo dendograma durante as culturas de cobertura (Figura 8h e anexo 4).

Para os atributos microbiológicos, as coberturas com a participação da ervilhaca (AE/MC, AE/M, E/M) foram separadas das demais pelo PC1 no período pós manejo das coberturas de inverno e pelo PC2 durante o ciclo do milho (Figura 9a e 9b e anexo 6). Esse agrupamento foi confirmado pela distância de Mahalanobis em 12,19 (Figura 9e e anexo 6) e 12,67 (Figura 9f e anexo 6). Este agrupamento se relacionou ao C e N microbiano, relação  $C_{mic}:C_{org}$ ,  $N_{mic}:N_{org}$ , liberação de amônia e enzimas em ambas as épocas. De forma semelhante ao ocorrido para a fauna edáfica, a nutrição fornecida pela inclusão da ervilhaca nos resíduos sobre o solo causou o agrupamento destas coberturas. Os atributos microbianos, que estão mais no interior do solo, beneficiaram-se com enriquecimento da matéria orgânica em nitrogênio promovendo associação com a atividade enzimática sobre esta, crescimento microbiano, imobilização de C e N e suas relações.

No período pós-colheita do milho, houve uma separação do sistema AE/MC dos demais no segundo quadrante. O dendograma confirma o agrupamento dos sistemas sem consorciação no verão na distância de 9,45 e maior diferença do AE/MC. Isto se deve ao período pós-colheita, onde é passado o rolo-faca com deposição dos resíduos do milho sobre o solo. No caso do sistema AE/MC, a consorciação proporcionou um resíduo composto do milho com caupi.

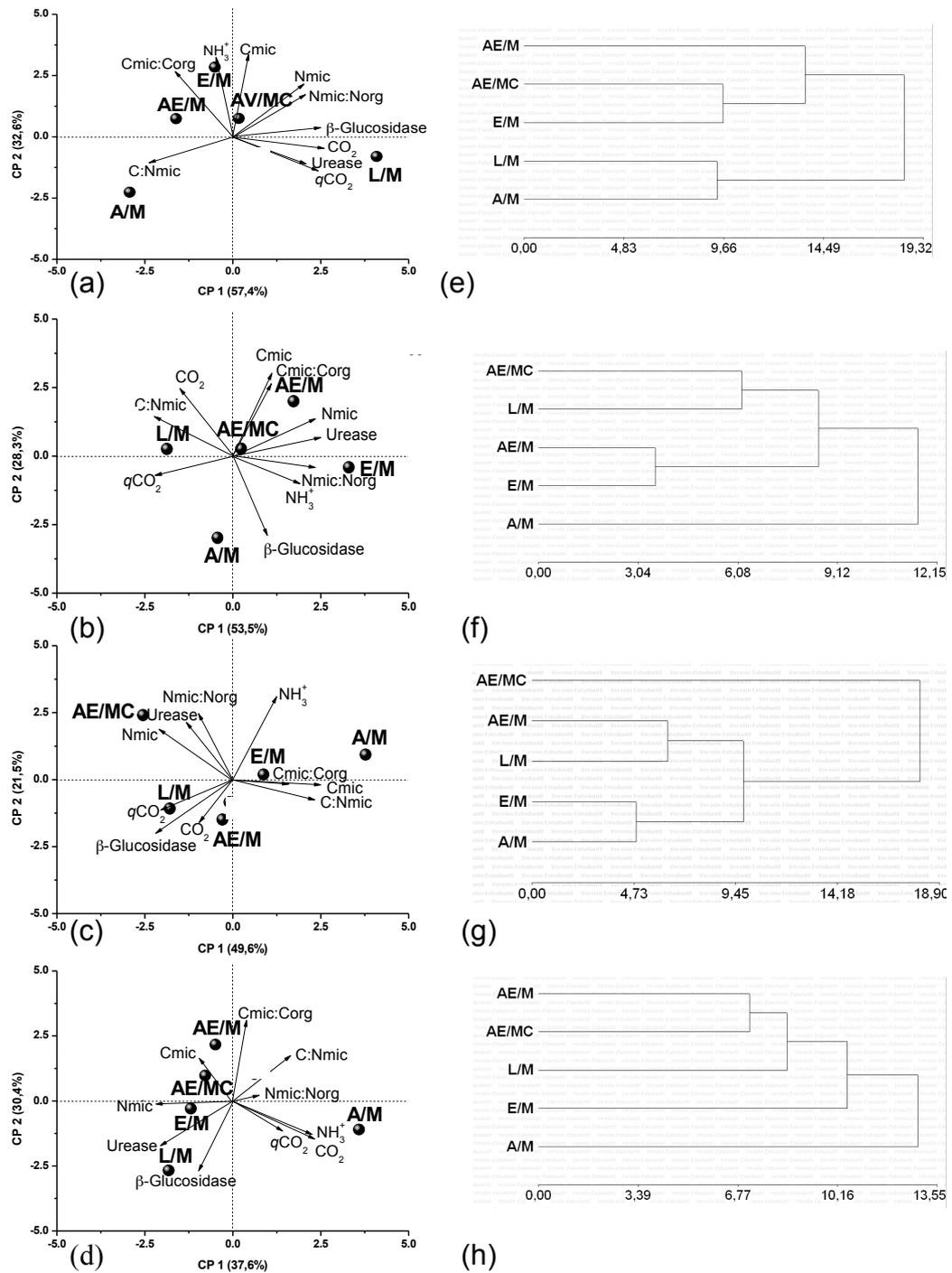


Figura 9— Análise dos componentes principais e dendrograma do agrupamento dos atributos microbiológicos sob plantio direto com diferentes coberturas num Argissolo nos períodos: (a, e) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b, f) durante cultura do milho; (c, g) pós-colheita da cultura do milho; (d, h) durante cobertura de inverno. A/M: aveia e milho; AE/M: aveia mais ervilhaca e milho; AE/MC: aveia mais ervilhaca e milho mais caupi; L/M: lablab e milho; A/M: aveia e milho. Nmic: nitrogênio microbiano; Cmic: carbono microbiano; C:Nmic: relação carbono/nitrogênio microbiano;  $qCO_2$ : quociente metabólico microbiano;  $NH_3$ : liberação de amônia;  $CO_2$ : respiração basal microbiana em laboratório;  $NH_4^+$ : nitrogênio mineral amônio;  $NO_3^-$ : nitrogênio mineral nitrato; Norg: nitrogênio orgânico; Corg: carbono orgânico.

Durante as culturas de cobertura de inverno, as culturas com participação de uma leguminosa separaram-se dos demais (Figura 9d e anexo 6). A distância de Mahalanobis enfatizou agrupamento todos os sistemas com participação de uma leguminosa em distância de 10 (Figura 9h e anexo 6). Neste período as coberturas com leguminosa promoveram associação com o C e N microbianos e atividade enzimática da urease e  $\beta$ -glucosidase. O que ocorreu devido a intensa atividade radicular com rizodeposição neste período, estimulando também o atividade da comunidade microbiana. A rizodeposição ocorre através de células mortas das raízes, exsudatos radiculares e material mucilaginoso que representam uma fonte de C e N lábil que é consumida pelos micro-organismos estimulando a produção de biomassa microbiana (Sanaullah et al., 2011).

## 6.5 Conclusões

Os sistemas de culturas com maior diversidade de plantas favorecem os índices ecológicos e grupos da fauna edáfica.

Os sistemas de culturas com presença de leguminosa beneficiam os atributos microbiológicos.

Os sistemas de culturas com gramínea promovem grupos com maior sensibilidade a dessecação e as intempéries.

Os sistemas de culturas com leguminosa propiciam grupos com sensibilidade nutricional.

## **7. ESTUDO III**

### **Fauna Edáfica afetada por sistemas de manejo no Sul do Brasil**

#### **7.1 Resumo**

O manejo adotado nas regiões tropicais/subtropicais pode ser determinante para manutenção ou recuperação da qualidade do solo. Os organismos da fauna edáfica são indicadores sensíveis do manejo pois, além de serem abundantes, sua atividade não é limitada por fatores climáticos. O objetivo deste estudo, realizado em três locais do sul do Brasil, foi avaliar o efeito de diferentes preparos e sistemas culturais sobre a fauna edáfica. O estudo foi conduzido em Lages-SC, Eldorado do Sul-RS e Cruz Alta-RS com preparo convencional (PC) e plantio direto (PD), combinados com culturas de aveia e milho (A/M) e ervilhaca e milho (E/M) em Eldorado do Sul e combinadas com monocultivo (M), rotação de inverno (RI) e rotação de inverno e verão (RIV) em Cruz Alta. As amostragens de fauna e microbiológicas foram feitas no pós manejo das culturas de coberturas, durante o ciclo do milho, no pós manejo do milho e durante as culturas de cobertura. Independente do local do sul do Brasil: os efeitos do manejo sobre fauna são devidos em primeiro nível aos preparos e em segundo nível aos sistema de culturas; o plantio direto proporciona melhores condições para a fauna; os índices ecológicos de abundância, diversidade e riqueza da fauna edáfica são os mais sensíveis aos preparos; a medida em que o evento do preparo do solo se distancia no tempo, seus efeito são diminuídos. O sistema de rotação de culturas promove melhor ambiente para a fauna. A combinação que proporciona melhor ambiente para a fauna é o plantio direto com rotação de culturas no verão e inverno.

#### **7.2 Introdução**

O Brasil é um país de clima tropical com ocorrência abundante de chuvas, altas temperaturas e intensa radiação solar. Essa característica climática confere à maioria do país algumas particularidades em relação ao solo. As altas precipitações e temperaturas causam a intemperização do solo com formação de óxidos e hidróxidos, além da predominância de argilominerais do tipo 1:1. Os solos formados desta forma são naturalmente pouco férteis e com baixa capacidade de troca de cátions, o que conduz a grande dependência física, química e biológica da matéria orgânica (Bayer e Mielniczuk, 2008).

Entretanto, em compensação a essa dependência da matéria orgânica, a intensa e prolongada luminosidade dos climas tropicais proporciona alta capacidade fotossintética com grande produção de biomassa pelas plantas nativas. E é esta biomassa que fornece resíduos vegetais que serão precursores matéria orgânica no final do ciclo da planta (Aquino et al., 2008).

Para ocorrer a incorporação e transformação do material orgânico vegetal em matéria orgânica, a disponibilidade de umidade e de altas temperaturas características dos climas tropicais favorece a ação da biota do solo. Ao contrário do que ocorre em locais de clima temperado, onde por algum tempo a ação biológica do solo é fortemente reduzida pela acumulação de gelo, as regiões de clima tropical possuem atividade biológica intensa em todas as estações (Sayer et al., 2010). Sendo assim, o solo é dependente da matéria orgânica que é dependente do aporte orgânico que por sua vez é dependente da ação dos organismos do solo.

Neste ciclo de dependência onde a biota edáfica é a mediadora das transformações, qualquer ação do manejo que tenha um impacto na qualidade do solo se expressará primeiro nos atributos microbiológicos. Desta forma, a composição, quantidade e atividade da biota do solo são indicativas das transformações na qualidade do solo impostas pelo manejo (Frazão, et al., 2010). Neste caso, a escolha do manejo com preparo convencional ou plantio direto, cobertura do solo com espécies gramíneas ou leguminosas, monocultivo ou rotação de culturas pode afetar de modo distinto principalmente a fauna edáfica por estar ligada diretamente ao que ocorre na superfície do solo.

A fauna é responsável por cerca de 10% da decomposição da matéria orgânica (Lavelle, 2000). Apesar de ser um percentual baixo é de muita importância, pois sua atuação pode acelerar em seis vezes a decomposição dos resíduos vegetais (Barros, 2010). A fauna edáfica contribui também com o solo em suas propriedades físicas, químicas e microbiológicas. Auxiliam na estrutura, porosidade e densidade do solo formando redes de bioporos, estruturas biogênicas, liberando pellets fecais e mucilagens corporais. Auxiliam na fertilidade do solo através da mineralização de nutrientes, liberação de enzimas, fluxo de água e gases no solo (Domingues, 2010). Auxiliam nas propriedades microbiológicas através da interação de estímulo ou predação

dos micro-organismos. Além disso, são bons indicadores em agroecossistemas por serem diretamente atingidos pelas ações do manejo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a fauna edáfica em três locais do sul do Brasil com solos diferentes sob manejo de preparo convencional e plantio direto com monocultivo ou rotação de culturas.

### **7.3 Material e métodos**

O presente estudo foi conduzido em três cidades do sul do Brasil em experimentos de manejo do solo. O primeiro experimento é o de longa duração conduzido desde o ano 1985 na Estação Experimental Agronômica da UFRGS (EEA). Esta estação se localiza no município de Eldorado do Sul (RS), nas coordenadas 30°05'27" S e 51°38'08" W. O solo foi classificado como um Argissolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 2006) derivado de granito. Este experimento está montado sob delineamento experimental em blocos ao acaso com três repetições por tratamento e unidades experimentais de 5x10 m. Em cada repetição foram instaladas 3 armadilhas de forma aleatória para coleta de fauna epiedáfica. Mais detalhes sobre este experimento ver capítulo I da presente tese. Os tratamentos selecionados estão descritos na tabela 10.

O segundo experimento é conduzido na cidade de Lages, SC, no Centro de Ciências Agroveterinárias-CAV. A área fica situada numa altitude média de 937 m, com coordenadas de 27 ° 46 ' 57 " sul e 50 ° 18 ' 20 " oeste, com clima Cfb do tipo subtropical úmido (Köppen). O solo foi classificado como um Cambissolo Húmico alumínico léptico (Embrapa, 2006), apresentando 271 g kg<sup>-1</sup> de argila total; 76 g kg<sup>-1</sup> de argila dispersa em água; 493 g kg<sup>-1</sup> de silte; 39 g kg<sup>-1</sup> de areia grossa; 197 g kg<sup>-1</sup> de areia fina (Fabrício, 2010, RBCS).

O experimento foi montado sob delineamento experimental inteiramente casualizado com parcelas subdivididas, sendo que cada subparcela mede 6,5x17,5. Cada tratamento possui 4 repetições, em cada repetição foram instaladas 3 armadilhas de forma aleatória para coleta de fauna epiedáfica. Os tratamentos selecionados estão na tabela 10.

O terceiro é um experimento de longa duração que está sendo conduzido desde 1985 na FUNDACEP (Fundação Centro de Experimentação e

Pesquisa) na cidade de Cruz Alta, RS. A FUNDACEP fica situada a uma altitude média de 409m e coordenadas 28 ° 36 ' sul e 53 ° 40 ' oeste. O clima foi classificado como subtropical úmido Cfa 2a (Köppen) com precipitação média de 1.774mm (dados históricos de 1974-2003 da estação meteorológica da FUNDACEP). O solo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico (Embrapa, 2006). A textura do solo possui 570 g kg<sup>-1</sup> argila, 120 g kg<sup>-1</sup> silte e 310 g kg<sup>-1</sup> de areia. O experimento é composto de áreas com a dimensão de 13x30m. Foi estabelecido em cada área um transecto composto de duas linhas paralelas com 3 armadilhas em cada linha, distantes 10m na linha e 4m entre linhas. Os tratamentos selecionados estão descritos na tabela 10.

Tabela 5 – Descrição das culturas nos tratamentos de preparos de solo e sistema de culturas em Eldorado do Sul, Lages e Cruz Alta

Tratamento	1º Ano		2º Ano		3º Ano	
	Inverno	Verão	Inverno	Verão	Inverno	Verão
<b>Lages - SC</b>						
Preparo Convencional						
PC-1	Pousio	Sorgo	Pousio	Sorgo	Pousio	Sorgo
PC-2	Pousio	Feijão	Pousio	Sorgo	Pousio	Soja
Plantio direto						
PD-1	Ervilhaca	Sorgo	Ervilhaca	Sorgo	Ervilhaca	Sorgo
PD-2	Aveia	Feijão	Nabo	Sorgo	Ervilhaca	Soja
<b>Eldorado do Sul - RS</b>						
Preparo Convencional						
PC- A/M	Aveia	Milho	Aveia	Milho	Aveia	Milho
PC-E/M	Ervilhaca	Milho	Ervilhaca	Milho	Ervilhaca	Milho
Plantio Direto						
PD- A/M	Aveia	Milho	Aveia	Milho	Aveia	Milho
PD- E/M	Ervilhaca	Milho	Ervilhaca	Milho	Ervilhaca	Milho
<b>Cruz Alta - RS</b>						
Preparo Convencional						
PC-M	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
PC-RVI	Aveia e Ervilhaca	Milho	Trigo	Soja	Aveia	Soja
PC-RI	Aveia	Soja	Aveia	Soja	Trigo	Soja
Plantio Direto						
PD-M	Trigo	Soja	Trigo	Soja	Trigo	Soja
PD-RVI	Aveia e Ervilhaca	Milho	Trigo	Soja	Aveia	Soja
PD-RI	Aveia	Soja	Aveia	Soja	Trigo	Soja

As coletas foram feitas nos três experimentos, nos seguintes períodos do manejo:

1. Manejo final da cobertura de inverno (novembro/2010);
2. Durante a cultura de verão (março/2011);

3. Manejo final da cultura do verão (julho/2011);
4. Durante a cobertura de inverno (setembro/2011).

A fauna do solo foi coletada através das armadilhas de “pitfall”, após permanecerem sete dias nos experimentos. A descrição das armadilhas, classificação e índices calculados estão descrito em “Materiais e Método” do Estudo I da presente tese.

#### **7.4 Resultados e discussão**

Os diferentes tipos de manejo influenciaram os grupos e índices da fauna edáfica independente de local e tipo de solo. O preparo do solo, sistema de culturas e época de amostragem também apresentaram interação tripla independente do local (Tabela 11 e anexos 7, 8, 9a e 9b). De maneira geral, os distintos tipos de manejo foram divididos em dois componentes principais pela ACP nos três locais (Eldorado do Sul-RS, Lages-RS e Cruz Alta-RS). O preparo do solo causou o efeito principal (CP 1) com 62% (Eldorado do Sul-RS), 55% (Lages-SC) e 43% (Cruz Alta-RS). Os sistemas de culturas ocasionou efeito secundário (CP 2) com 21% (Eldorado do Sul) e 29% (Cruz Alta) (Figuras 10a, 10b e 10c e anexos 7,8 9a e 9b).

O preparo convencional do solo proporcionou ambiente distinto comparado ao plantio direto independente do local. O plantio direto demonstrou ser o melhor ambiente para a fauna edáfica pois se relacionou com até 13 de 17 índices e grupos da fauna edáfica. As grupos e índices ecológicos mais sensíveis ao preparos de solo nos três locais foram a abundância (90, 91 e 72%), diversidade (86, 96 e 73%) riqueza (89, 98 e 93%), Acarina (30, 98 e 81%), Araneae (55, 96 e 94%), Díptera (97, 68 e 70%) e outros grupos (86, 93, 67%) mais raramente encontrados (Tabela 12 e anexos, 7, 8,9a e 9b).

Com o plantio direto houve aumento no número de organismos em até 100% para Dípteras, 400% para Acarina, 300% para Araneae e 400% para outras ordens mais raramente encontradas em comparação ao preparo convencional do solo. Com relação aos índices ecológicos, estes aumentaram em até 56% na abundância, 26% na diversidade e 36% na riqueza de

organismos quando comparado ao preparo convencional (Tabelas 13, 14 e 15 e anexos 7, 8, 9a e 9b).

Tabela 6– Análise da Variância Multivariada da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto combinado com sistemas de culturas Eldorado do Sul (RS), Lages (SC) e Cruz Alta (RS), média total das 4 diferentes épocas do manejo

<b>Análise da Variância Multivariada Wilks Lambda</b>					
<b>Fontes de Variação</b>	<b>Estatístico</b>	<b>F</b>	<b>gl(num)</b>	<b>gl(den)</b>	<b>p</b>
<b>Eldorado do Sul - RS</b>					
Preparo do Solo	0,43	7,02	15	78	<0,0001
Sistema de Culturas	0,72	2	15	78	0,0253
Época	0,03	12,31	45	232	<0,0001
Preparo*Culturas	0,62	3,2	15	78	0,0004
Preparo*Época	0,2	3,65	45	232	<0,0001
Culturas*Época	0,38	1,96	45	232	0,0007
Preparo*Culturas*Épocas	0,53	1,24	45	232	0,0452
<b>Lages - SC</b>					
Preparo	0,73	3,37	14	127	0,0001
Época	0,03	19,01	42	378	<0,0001
Preparo*Época	0,56	1,96	42	378	0,0006
<b>Cruz Alta - RS</b>					
Preparo do Solo	0,31	14,98	15	102	<0,0001
Sistema de Culturas	0,58	2,16	30	204	0,0009
Época	0,01	29,29	45	304	<0,0001
Preparo*Culturas	0,38	4,18	30	204	<0,0001
Preparo*Época	0,07	9,98	45	304	<0,0001
Culturas*Época	0,1	3,29	90	580	<0,0001
Preparo*Culturas*Épocas	0,09	3,39	90	580	<0,0001

Em trabalhos com preparo de solo na cultura do trigo em condições de semiárido, Euroissin e colaboradores (2011), concluíram que o PD favorece abundância e Diversidade de organismos da fauna. Segundo este autor, o efeito redutor do preparo convencional sobre a fauna pode ser devido em parte a morte destes indivíduos pela abrasão ou prisão em camadas do solo após o preparo. . Segundo Lopes et al. (2004) uma característica do plantio direto é o aumento da matéria orgânica nos centímetros superficiais, o que , segundo Braida et. Al (2006), torna o solo mais resistente a compactação, facilitando a mobilidade dos organismos e reduzindo o número de organismos presos. No plantio direto, durante as práticas com máquinas agrícolas, a palhada na superfície do solo dissipa parte da energia de compactação aplicada pelos pneus (Braida et al., 2006) reduzindo o número de organismos mortos ou afastados por pressão ou ainda presos em camada.

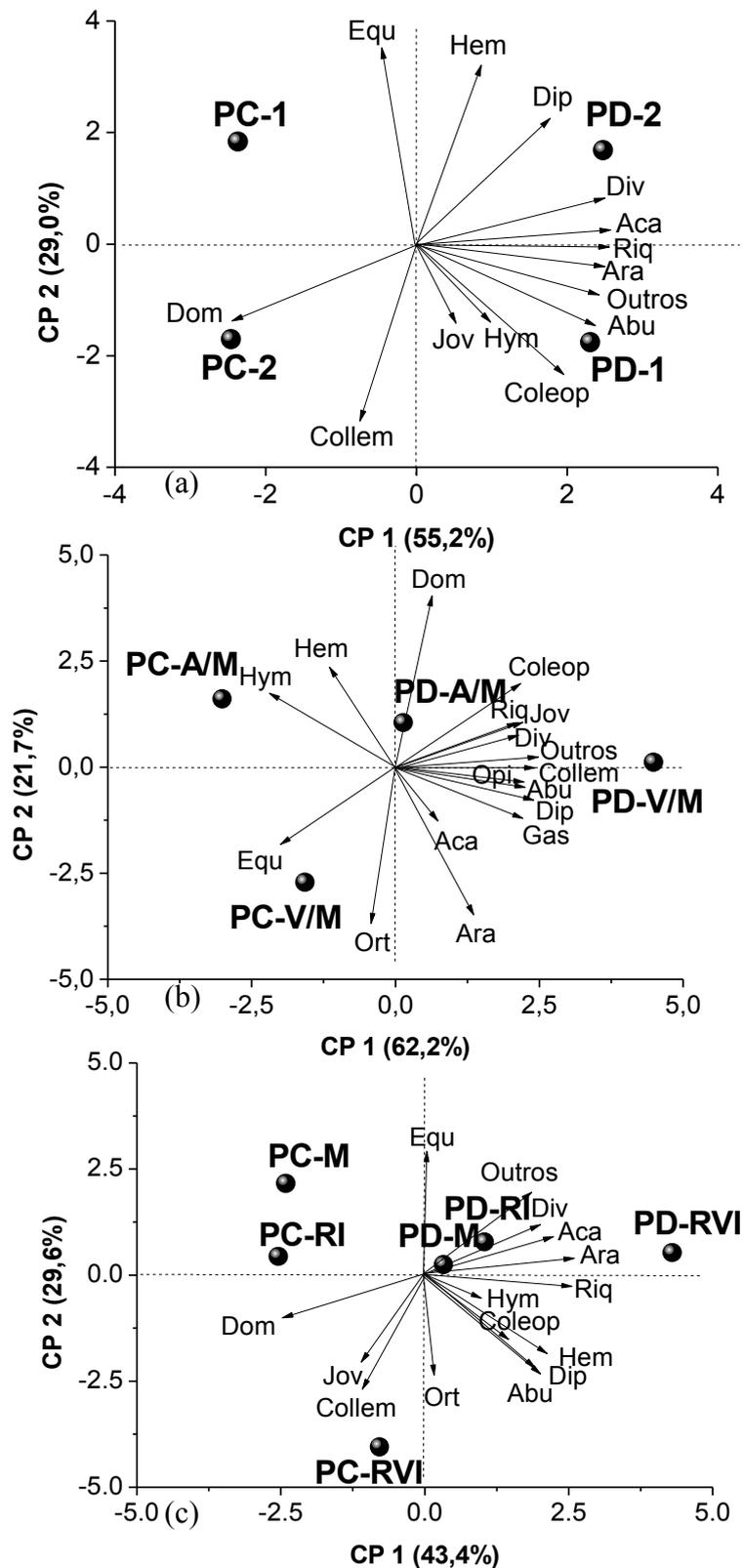


Figura 10- Análise dos componentes principais da fauna edáfica em sistemas de preparo do solo e culturas: (a) Lages, SC; (b) Eldorado do Sul, RS; (c) Cruz Alta, RS. PC-1: preparo convencional área 1; PC-2: preparo convencional área 2; PD-1: plantio direto área 1; PD-2: plantio direto área 2. PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho. PC-M: preparo convencional com monocultura; PC-RI: preparo convencional com rotação no inverno; PC-RVI: preparo convencional com rotação de verão e inverno; PD-M: plantio direto com monocultura; PD-RI: plantio direto com rotação de inverno; PD-RVI: plantio direto com rotação de inverno e verão. Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemiptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

Plantio direto é fortemente dependente da fauna edáfica, pois estes se movimentam através do solo modificando suas propriedades físicas, construindo estruturas organo-minerais que promovem a atividade microbiana, formação de estrutura do solo, dinâmica da matéria orgânica, fluxo de água e gases (Domingues et al., 2010). No plantio convencional estes benefícios são substituídos pela ação do preparo com o revolvimento do solo (Domingues et al., 2010).

O plantio direto aumenta a complexidade extrutural do ambiente, a cobertura proporcionada favorece relações de comunidades mais complexas levando a uma fauna epigeica mais rica (Lange et al., 2008). A cobertura também possui um efeito importante sobre os grupos funcionais que colonizam o solo, determinando as funções que vão exercer sobre os processos físicos, químicos e microbiológicos do solo (Dias et al., 2007). Em solos tropicais, onde o retorno de nutrientes ocorre de forma mais rápida é importante o uso de práticas de manejo que minimizem a perturbação do solo e tenham efeitos negativos sobre esses organismos do solo (Domingues et al., 2010).

O sistema de culturas, de maneira semelhante ao preparo do solo, diferenciou a fauna edáfica em Eldorado do Sul e Cruz Alta. As culturas de cobertura de inverno e a monocultura e rotação apresentaram ambientes diferentes aos grupos funcionais da fauna. Os grupos funcionais e índices ecológicos que foram mais afetados pelo sistema de culturas, causando a separação secundária na multivariada, foram a dominância (96, e -31%), equitabilidade (-44 e 87%), Coleoptera (47 e -46%), Hemiptera (56 e -56), Hymenoptera (42 e -17%), Orthoptera (-88 e -73%) e formas jovens (25 e -60%) (Tabelas 12 e anexos 7, 8, 9a e 9b).

A área de referência, Campo Nativo em Lages, apresentou uma composição distintiva da fauna edáfica. O Campo Nativo apresentou os maiores valores em índices ecológicos e número de organismos nos grupos (Tabelas 13 e anexo 8). Para Domingues et al. (2010) mesmo um manejo mais conservacionista como o plantio direto pode ser menos adequado para o desenvolvimento da comunidade da fauna edáfica quando comparado aos campos naturais.

Tabela 7 - Correlação com as variáveis originais da ACP da fauna edáfica em Lages (SC), Eldorado do Sul (RS) e Cruz Alta (RS)

Variáveis	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2	CP 1	CP 2
	Lages		Eldorado do Sul		Cruz Alta	
<b>Índices Ecológicos</b>						
Abundância	0,91	-0,41	0,9	-0,09	0,72	-0,69
Diversidade Margalef	0,96	0,22	0,86	0,18	0,73	0,34
Dominancia Berger-Parker	-0,92	-0,39	0,27	0,96	-0,89	-0,31
Equitabilidade Pielou	-0,18	0,97	-0,82	-0,44	0,01	0,87
Riqueza	0,98	-0,01	0,89	0,25	0,93	-0,09
<b>Arthropoda</b>						
<b>Arachnida</b>						
Acarina	0,98	0,07	0,3	-0,3	0,81	0,26
Araneae	0,96	-0,12	0,55	-0,83	0,94	0,1
Opiliones	-	-	0,91	-0,12	-	-
<b>Insecta</b>						
Coleoptera	0,74	-0,65	0,88	0,47	0,52	-0,46
Diptera	0,68	0,62	0,97	-0,19	0,7	-0,66
Hemiptera	0,33	0,88	-0,46	0,56	0,77	-0,56
Hymenoptera	0,37	-0,38	-0,89	0,42	0,35	-0,17
Orthoptera			-0,17	-0,88	0,06	-0,73
Collembola	-0,29	-0,88	0,99	-0,01	-0,4	-0,81
<b>Mollusca</b>						
Gastropoda	-	-	0,91	-0,3	-	-
<b>Outros</b>						
Formas Jovens	0,2	-0,4	0,86	0,25	-0,4	-0,62
Outros	0,93	-0,25	1	0,05	0,67	0,59
Correlação Cofenética	0,984		0,946		0,971	

O cultivo da aveia como cobertura de inverno em Eldorado do Sul promoveu maior número de indivíduos em algumas grupos, sendo 17% maior no grupo Coleoptera, 120% no Hemiptera e 26% na Hymenoptera. Por sua vez, o cultivo da ervilhaca favoreceu os Orthoptera em 26% e as formas jovens em 87% (Tabela 14 e anexo 7). As diferenças nutricionais e de habitat proporcionadas por estes dois tipos de cobertura promoveram as preferências de determinados grupos por esta ou aquela cobertura. Entretanto com a rotação de culturas, o número de organismos no grupo Coleoptera aumentou em 130%, Hemíptera 109% e Hymenoptera 40% quando comparado a prática da monocultura em Cruz Alta (Tabela 15 e anexo 7).

Em concordância com o presente estudo, Rowe et al. (2011), estudando sistemas de rotação de culturas envolvendo a espécie arborea

salgueiro no Reino Unido, concluiu que a rotação de culturas fornece um importante recurso para os grupos Hymenoptera e Hemíptera. Ainda segundo estes autores o grupo Hymenoptera exerce um importante papel microbiológicos, através da predação ou estimulação das populações. Marchão et al. (2009) em estudo com rotação entre pastagens e lavouras no Cerrado brasileiro concluiu que a rotação incrementa o número de indivíduos do grupo Coleóptera. Em estudos que incluíam rotação de culturas nos Estados Unidos, O'Rourke et al. (2008), concluiu que houve um alto número e atividade de Coleopteras da família Carabidae nos tratamentos de rotação.

Tabela 8 - Análise de contraste multivariado da fauna edáfica num Cambissolo sob preparo convencional e plantio direto em Lages (SC). Média por pitfall

Preparo	Collem	Hem	Hym	Coleop	Dip	Aça	Ara	Jov	Outros	Riq	Abu	Equ	Div	Dom	
PC	22,06	0,82	4,51	1,33	1,83	3,86	0,38	2,15	0,28	5,36	37,23	0,58	1,24	0,63	<b>A</b>
PD	21,94	0,88	4,99	1,73	2,68	9,04	0,82	2,39	0,93	6,59	45,41	0,57	1,5	0,55	<b>B</b>
Campo	15,17	1,48	12,17	2,48	1,7	20,87	2,43	3,48	0,57	7,3	60,39	0,6	2,37	0,47	<b>C</b>
<b>Pós-manejo das culturas de cobertura de inverno</b>															
PC	10,79	0,42	8,38	1,96	1,08	5,54	0,42	3,17	0,17	6,46	31,92	0,71	1,63	0,41	<b>A</b>
PD	7	0,39	10,57	2,78	0,91	7,35	1,35	3,43	0,35	7,35	34,13	0,7	1,83	0,4	<b>B</b>
<b>Durante cultura de verão</b>															
PC	27,68	1,37	7,53	1,47	2,21	8,74	0,79	3	0,63	6,79	53,53	0,51	1,45	0,56	<b>A</b>
PD	29,39	0,67	7,11	1,17	2,5	20,17	1	3,83	2,17	7,61	68	0,52	1,57	0,45	<b>B</b>
<b>Pós-colheita da cultura de verão</b>															
PC	30	0,12	0,59	0,53	2,88	0,18	0	0,24	0	3,12	34,47	0,55	0,6	0,87	<b>A</b>
PD	30	0,53	0,6	0,4	4,93	1,6	0,07	0,93	0,4	4,53	39,47	0,5	0,95	0,77	<b>A</b>
<b>Durante cultura de cobertura de inverno</b>															
PC	19,75	1,38	1,56	1,38	1,13	1	0,31	2,19	0,31	5,06	29	0,56	1,28	0,68	<b>A</b>
PD	21,38	1,94	1,69	2,56	2,38	7,06	0,88	1,38	0,81	6,88	40,06	0,55	1,65	0,58	<b>B</b>

Teste de contraste Hotelling a  $p > 0,05$ . PC: preparo convencional; PD: plantio direto; Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemíptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

A rotação de culturas favorece a diversificação vegetal, exploração radicular em profundidades e densidades diferentes, exsudação radicular com composição variada e matéria orgânica advinda de uma variação de plantas. A maior complexidade pode favorecer a abundância e diversificação das populações (Carter et al., 2009). A utilização de diversos tipos de plantas em rotação pode quebrar o ciclo dos organismos indesejáveis, reduzindo o problema com pragas (Gomes et al., 2010; Matos et al., 2010; Santos et al., 2011; Chen, 2009) e diminuindo a necessidade de agroquímicos que prejudicam a fauna do solo. Para Carter et al. (2009), a rotação de culturas

pode fornecer resiliência ao solo, ou seja, a capacidade de restaurar as funções biológicas logo após grandes perturbações. Segundo Bourassa et al. (2008) a intensificação agrícola e a monocultura tem mostrado efeitos negativos na estrutura fauna dos agroecossistemas com redução da biodiversidade. Entretanto, segundo Cividanes (2002) a diversificação vegetal pode ser controversa devido a enorme complexidade das interações entre as plantas e a fauna. Segundo este autor muitos fatores podem estar envolvidos nesta interação como umidade do solo e microclima das culturas.

Tabela 9 - Análise de contraste multivariado da fauna edáfica num Latossolo sob preparo convencional e plantio direto em Eldorado do Sul, RS. Média por pitfall

<b>Preparo</b>	Ort	Hem	Hym	Coleop	Dip	Aca	Ara	Jov	Collem	Outros	Riq	Abu	Equ	Div	Dom		
PC	0,69	0,79	2,49	0,56	2,31	4,58	0,58	1,53	12,83	0,52	5,32	26,9	0,69	1,42	0,52	<b>A</b>	
PD	0,67	0,77	3,19	1	3,91	8,7	0,82	2,44	19,17	1,06	6,97	41,92	0,55	1,61	0,57	<b>B</b>	
<b>Cultivo</b>																	
A/M	0,6	1,08	3,16	0,84	2,81	6,94	0,56	1,7	14,74	0,55	6	32,97	0,63	1,49	0,55	<b>A</b>	
E/M	0,76	0,49	2,51	0,72	3,41	6,35	0,84	2,28	17,26	1,03	6,28	35,85	0,61	1,54	0,53	<b>B</b>	
<b>PrepxCult</b>																	
PD	E/M	0,67	0,31	2,49	1,07	4,04	6,68	0,85	3,17	21,5	1,38	7,17	42,54	0,54	1,65	0,57	<b>A</b>
PD	A/M	0,67	1,24	3,89	0,93	3,78	10,72	0,79	1,72	16,83	0,74	6,76	41,31	0,56	1,58	0,56	<b>B</b>
PC	E/M	0,86	0,67	2,54	0,38	2,78	6,01	0,83	1,39	13,01	0,68	5,4	29,15	0,69	1,43	0,5	<b>C</b>
PC	A/M	0,53	0,92	2,43	0,75	1,85	3,15	0,32	1,68	112,65	0,36	5,24	24,64	0,69	1,41	0,54	<b>C</b>
<b>Pós manejo das culturas de cobertura de inverno</b>																	
PC	A/M	0	0	0,83	1,5	0,17	5,5	1	1	18,67	0,17	4,33	28,83	0,64	1,01	0,66	<b>A</b>
PC	E/M	0	0,33	2	0,83	0,17	20,17	1	0,5	20,83	0,33	4,83	46,17	0,59	1,02	0,54	<b>B</b>
PD	A/M	0,17	0,17	2,67	1,5	0,67	9,17	1,5	0,33	30	0,67	6,67	46,83	0,44	1,48	0,65	<b>C</b>
PD	E/M	0,5	0,17	1,83	1	1,33	10,5	1,83	0,83	30	1,17	7,17	49,17	0,46	1,58	0,61	<b>C</b>
<b>Durante a cultura de verão</b>																	
PC	A/M	0,33	0,5	5,17	0,33	0	5,33	0	2,33	1,17	0,33	5	15,5	0,77	1,52	0,46	<b>A</b>
PC	E/M	2,33	0,17	4	0,17	0,33	2,17	0,17	1,67	0,83	0,17	4,67	12	0,85	1,51	0,4	<b>A</b>
PD	A/M	1,17	0,33	5,17	0,17	0,83	24,67	0,17	2,83	1,67	0,17	5,5	37,17	0,54	1,24	0,66	<b>B</b>
PD	E/M	1	0,33	3,33	0,83	1,33	13,67	0,17	2,67	2,67	0,67	5,83	26,67	0,69	1,47	0,52	<b>C</b>
<b>Pós-colheita da cultura de verão</b>																	
PC	A/M	1,11	2,33	2,56	1	4,56	0,44	0,11	2,89	24,44	0,78	6,44	40,22	0,57	1,48	0,59	<b>A</b>
PC	E/M	0,78	0,67	3	0,33	6,44	0,22	0,67	2,89	28,56	0,89	6,44	44,44	0,49	1,43	0,65	<b>A</b>
PD	A/M	1	2,11	3,56	0,89	4,11	2,22	0,33	2,22	19	1,11	7,22	36,56	0,63	1,82	0,5	<b>A</b>
PD	E/M	0,67	0,56	2,78	1,44	7,33	1,22	0,56	2,33	23,33	1,67	7,33	42	0,53	1,69	0,57	<b>A</b>
<b>Durante a cultura de inverno</b>																	
PC	A/M	0,67	0,83	1,17	0,17	2,67	1,33	0,17	0,5	6,33	0,17	5,17	14	0,8	1,64	0,45	<b>A</b>
PC	E/M	0,33	1,5	1,17	0,17	4,17	1,5	1,5	0,5	1,83	1,33	5,67	14	0,82	1,77	0,4	<b>A</b>
PD	A/M	0,33	2,33	4,17	1,17	9,5	6,83	1,17	1,5	16,67	1	7,67	44,67	0,63	1,76	0,44	<b>B</b>
PD	E/M	0,5	0,17	2	1	6,17	1,33	0,83	6,83	30	2	8,33	52,33	0,48	1,86	0,58	<b>C</b>

Teste de contraste Hotelling a  $p > 0,05$ . PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho; Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemiptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

Com relação aos períodos de manejo, em Lages o preparo convencional do solo e plantio direto apresentaram ambientes diferentes para a fauna no pós-manejo das coberturas de inverno, durante as culturas de verão e durante as culturas de inverno (Tabela 13 e Figura 11a, 11b, 11d e anexo 8). Nestas épocas o plantio direto ocasionou os maiores os índices de abundância, diversidade, riqueza e mais grupos funcionais com maior número de organismos quando comparado ao preparo convencional. No pós-colheita das culturas de verão não houveram diferenças entre os preparos (Tabela 13). Durante pos manejo das culturas de cobertura a igualdade entre preparos decorre do distanciamento do evento de preparo do solo. Entretanto, durante as culturas de inverno a diferença volta a ocorrer devido a falta de cobertura no preparo convencional e o cultivo de cobertura no plantio direto (Tabela 10 e anexo 8).

Em Eldorado do Sul, no pós manejo das culturas, o preparo convencional ocasionou ambiente diferente do plantio direto. De forma semelhante ao que ocorreu em Lages, o plantio direto resultou em maiores índices de abundância, diversidade, riqueza além de proporcionar sete grupos contra apenas três do preparo convencional. Entretanto, as culturas de coberturas só demonstram ser diferentes para a fauna quando combinada com preparo convencional (Tabela 14 e Figura 12a e anexo 7).

Este resultado contraria o que foi encontrado no capítulo I da presente tese, sendo na mesma área amostral e época do manejo, um ano antes (2009). No referido capítulo, as coberturas de inverno só diferem a fauna edáfica sob condições de plantio direto. Vários fatores podem ter contribuído para que os dados fossem contrários em dois anos sequentes. No primeiro ano (2009) do Capítulo I, houve grande intensidade de chuva no pós manejo das coberturas, atrasando o período da coleta. Sendo que a coleta de fauna foi feita 23 dias após a rolagem das culturas de inverno. A interação da chuva que intensifica as diferenças nos manejos com o decorrer do tempo antecipou o que ocorreu somente no período seqüente deste Capítulo.

Tabela 3– Análise de contraste multivariado da fauna edáfica num Latossolo sob preparo convencional e plantio direto em Cruz Alta (RS). Número médio de organismo ou índice ecológico por pitfall

Preparo	Ort	Colle		Coleo							Riq	Abu	Equ	Div	Dom		
		m	Hem	Hym	p	Dip	Aca	Ara	Jov	Outros							
PC	1,52	22,47	0,43	2,87	4,74	2,13	3,73	0,51	1,77	0,32	5,89	40,49	0,59	1,36	0,61	<b>A</b>	
PD	1,77	17,84	0,53	2,83	4,66	2,42	11,84	1,58	1,28	0,64	6,75	45,39	0,59	1,54	0,52	<b>B</b>	
<b>Culturas</b>																	
M	1,27	20,19	0,35	2,25	4,23	1,77	5,65	0,83	1,44	0,6	6,27	38,58	0,6	1,49	0,58	<b>A</b>	
RI	1,81	17,6	0,35	3,17	2,99	2,1	9,78	0,65	1,52	0,34	6,05	40,34	0,59	1,42	0,56	<b>C</b>	
RVI	1,85	22,67	0,73	3,12	6,88	2,96	7,93	1,65	1,61	0,49	6,65	49,88	0,58	1,44	0,55	<b>B</b>	
<b>PrepxCult</b>																	
PD	RVI	0,93	17,65	0,75	3,22	7	2,86	12,82	2,65	0,96	0,81	7,11	49,64	0,6	1,54	0,49	<b>A</b>
PD	RI	2,54	14,95	0,42	3,22	3,27	2,45	13,48	0,88	0,88	0,52	6,3	42,64	0,58	1,49	0,54	<b>B</b>
PC	M	0,71	19,46	0,29	2,46	4,75	1,58	2,08	0,46	0,87	0,63	5,71	33,29	0,63	1,39	0,62	<b>C</b>
PC	RVI	2,78	27,69	0,71	3,02	6,77	3,07	3,03	0,64	2,26	0,17	6,18	50,13	0,55	1,33	0,62	<b>D</b>
PD	M	1,83	20,92	0,42	2,04	3,71	1,96	9,21	1,21	2	0,58	6,83	43,88	0,57	1,6	0,54	<b>E</b>
PC	RI	1,08	20,25	0,29	3,13	2,71	1,75	6,08	0,42	2,17	0,17	5,79	38,04	0,6	1,36	0,58	<b>E</b>
<b>Pós-manejo das culturas de cobertura</b>																	
PC	M	0,5	30	0,33	2,67	2,17		4,67	1	0	0,67	6,33	43	0,45	1,42	0,71	<b>A</b>
PC	RI	0	20,17	0,67	1,83	1,5	3,83	13,83	0,33	1,17	0	6	43,33	0,61	1,34	0,51	<b>B</b>
PC	RVI	0,5	60	0,33	1,17	1,5	2	5,17	0,5	0,33	0,33	6,5	71,83	0,31	1,29	0,84	<b>C</b>
PD	M	1,17	21,5	0,67	1,83	1,33	0,83	2,83	3,17	0,17	1,17	7,5	34,67	0,51	1,87	0,62	<b>D</b>
PD	RI	1,5	5,17	0,5	0,83	1,83	1	3	1,33	0,33	0,17	5,83	15,67	0,72	1,79	0,48	<b>E</b>
PD	RVI	0,17	8	0	1,5	3,5	0,5	3,33	6,33	0	1	6,67	24,33	0,69	1,41	0,45	<b>F</b>
<b>Durante culturas de verão</b>																	
PC	M	2,17	2	0,33	3,67	6,33	0,33	1,67	0,67	1,33	1,83	7,5	20,33	0,76	2,16	0,39	<b>A</b>
PC	RI	10	1,17	0,5	4,5	11,17	2,67	2,17	0,67	1,5	0,33	6,83	34,67	0,79	1,65	0,37	<b>A</b>
PC	RI	4,33	0,83	0	4,83	4	0,67	5,83	0,83	2	0,33	7	23,67	0,78	1,95	0,35	<b>A</b>
PD	M	5,33	3	0,5	3,17	7,33	2	5,17	0,67	1,67	0,67	7,67	29,5	0,81	2,05	0,31	<b>A</b>
PD	RI	8,5	1,83	0,83	8,33	5,83	1,33	20,33	1,67	0,5	1	8	50,33	0,63	1,8	0,44	<b>B</b>
PD	RVI	1,33	4	0,33	2,33	5,5	5,5	15,33	1	0,5	1,33	7,67	37,17	0,68	1,86	0,41	<b>C</b>
<b>Pós-colheita das culturas de verão</b>																	
PC	M	0	30	0	0,33	0,83	0,67	0,17	0,17	0,17	0	2,67	32,33	0,65	0,47	0,93	<b>A</b>
PC	RI	0	30	0,17	0,33	1,67	0,67	0,33	0,17	1,5	0,33	4	35,17	0,46	0,84	0,86	<b>AB</b>
PC	RVI	0	30	0,2	1,4	0,2	0,6	0,2	0,4	0,2	0	3,6	33,2	0,44	0,74	0,91	<b>AB</b>
PD	M	0,17	29,17	0	0,33	2,33	1,17	1	0,67	0,17	0	4,67	35	0,42	1,02	0,84	<b>B</b>
PD	RI	0	25,8	0	0,2	2,4	2,8	0,6	0,2	0	0,4	4,2	32,4	0,46	0,92	0,8	<b>B</b>
PD	RVI	0,4	28,6	0	1,2	2	0,6	2,6	0,6	0	0,4	5,6	36,4	0,42	1,27	0,79	<b>B</b>
<b>Durante culturas de cobertura de inverno</b>																	
PC	M	0,17	15,83	0,5	3,17	9,67	4,33	1,83	0	2	0	6,33	37,5	0,66	1,5	0,44	<b>A</b>
PC	RI	0	30	0,33	5,5	3,67	1,83	4,33	0,33	4	0	6,17	50	0,56	1,32	0,61	<b>B</b>
PC	RVI	0,6	19,6	1,8	5	14,2	7	4,6	1	7	0	7,8	60,8	0,66	1,66	0,37	<b>C</b>
PD	M	0,67	30	0,5	2,83	3,83	3,83	27,83	0,33	6	0,5	7,5	76,33	0,56	1,46	0,39	<b>D</b>
PD	RI	0,17	27	0,33	3,5	3	4,67	30	0,33	2,67	0,5	7,17	72,17	0,52	1,44	0,42	<b>D</b>
PD	RVI	1,83	30	2,67	7,83	17	4,83	30	2,67	3,33	0,5	8,5	100,67	0,64	1,62	0,29	<b>E</b>

Teste de contraste Hotelling a  $p > 0,05$ . PC-M: preparo convencional com monocultura; PC-RI: preparo convencional com rotação no inverno; PC-RVI: preparo convencional com rotação de verão e inverno; PD-M: plantio direto com monocultura; PD-RI: plantio direto com rotação de inverno; PD-RVI: plantio direto com rotação de inverno e verão. Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Colle: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemiptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleo: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

Neste ano de 2010, a coleta de fauna foi realizada uma semana após a rolagem das coberturas de inverno. O recente revolvimento do solo com a mistura de material orgânico e aeramento do solo no preparo convencional ativou os micro-organismos. Essa ativação, por sua vez, pode ter provocado diferenças na cobertura com aveia ou ervilhaca neste preparo, e por conseqüência, na comunidade microbiana. Através de relações de predação e estimulação a fauna pode ser afetada pelos micro-organismos, o que pode ter causado essa diferença no preparo convencional. Por outro lado, a permanência dos resíduos sobre o solo diminui a velocidade da decomposição no plantio direto, não aparecendo a diferença entre o cobertura de aveia ou ervilhaca em curto espaço de tempo.

Durante o cultivo de verão com milho em Eldorado do Sul, as formas de preparo do solo continuam a ser diferentes. Entretanto, apenas os índices abundância, dominância, riqueza e cinco grupos foram favorecidos pelo plantio direto (Tabela 14 e Figura 12b e anexo 7). Com relação as coberturas de inverno, estas se invertem nesta época, tornam-se diferente no plantio direto e iguais no preparo convencional. Com o distanciamento do evento de preparo do solo e o cultivo de milho em todos os tratamentos as diferenças entre preparos começam a diminuir através da redução de grupos funcionais que o plantio direto favorece. Até que no pós manejo da cultura, os preparos do solo e culturas de cobertura não apresentaram diferenças (Tabela 14 e Figura 12c e anexo 7).

Durante as coberturas de inverno em Eldorado do Sul, novamente os preparos do solo apresentaram diferenças na composição da fauna edáfica. Nesta época, o plantio direto favoreceu a abundância, diversidade, riqueza e mais oito grupos funcionais da fauna edáfica. As culturas de cobertura promoveram ambientes diferente somente sob plantio direto. A combinação do plantio direto com a cobertura de aveia promoveu maiores quantidades de organismos em seis ordens. Por outro lado a combinação do plantio direto com a cobertura de ervilhaca favoreceu abundância, riqueza, diversidade e mais dois grupos funcionais da fauna (Tabela 14 e Figura 12d e anexo 7)

A aveia possui alta capacidade de produção de fitomassa (Heinrichs, 2001), possui hábito de crescimento ereto, baixo teor nutricional. Por outro lado a ervilhaca possui baixa capacidade de produção de fitomassa, hábito de

crescimento prostrado e alto teor nutricional (Heinrichs, 2001). Essas diferenças fizeram com que a combinação entre o plantio direto e essas culturas exibissem ambientes distintos para a fauna. Entretanto, o efeito principal do preparo convencional do solo suprimiu as diferenças entre as coberturas de inverno.

Em Cruz Alta, durante o pós-manejo das culturas de inverno, o preparo convencional e o plantio direto apresentaram ambientes diferentes para a fauna edáfica quando combinado com a rotação de culturas. O sistema de monocultivo ocasionou ambiente semelhante, independente do preparo do solo (Tabela 15 e Figura 13a e anexo 9a e 9b) e no cultivo contínuo, prolongado e intensivo pode causar mudanças no solo como aumento da densidade e microporosidade e redução da porosidade total e macroporosidade (Oliveira et al., 1995) prejudicando a mobilidade dos organismos da fauna.

Durante o ciclo das culturas de verão, o plantio direto combinado com os dois sistemas de rotação de culturas proporcionaram ambiente diferente para a fauna quando comparado com os demais preparos e sistemas de culturas (Tabela 15 e Figura 13b e anexo 9a e 9b). A utilização do plantio direto combinado com a rotação, seja ela só de inverno ou de inverno e verão, promoveu a abundância e riqueza dos grupos funcionais da fauna do solo além de favorecer oito dos dez grupos funcionais.

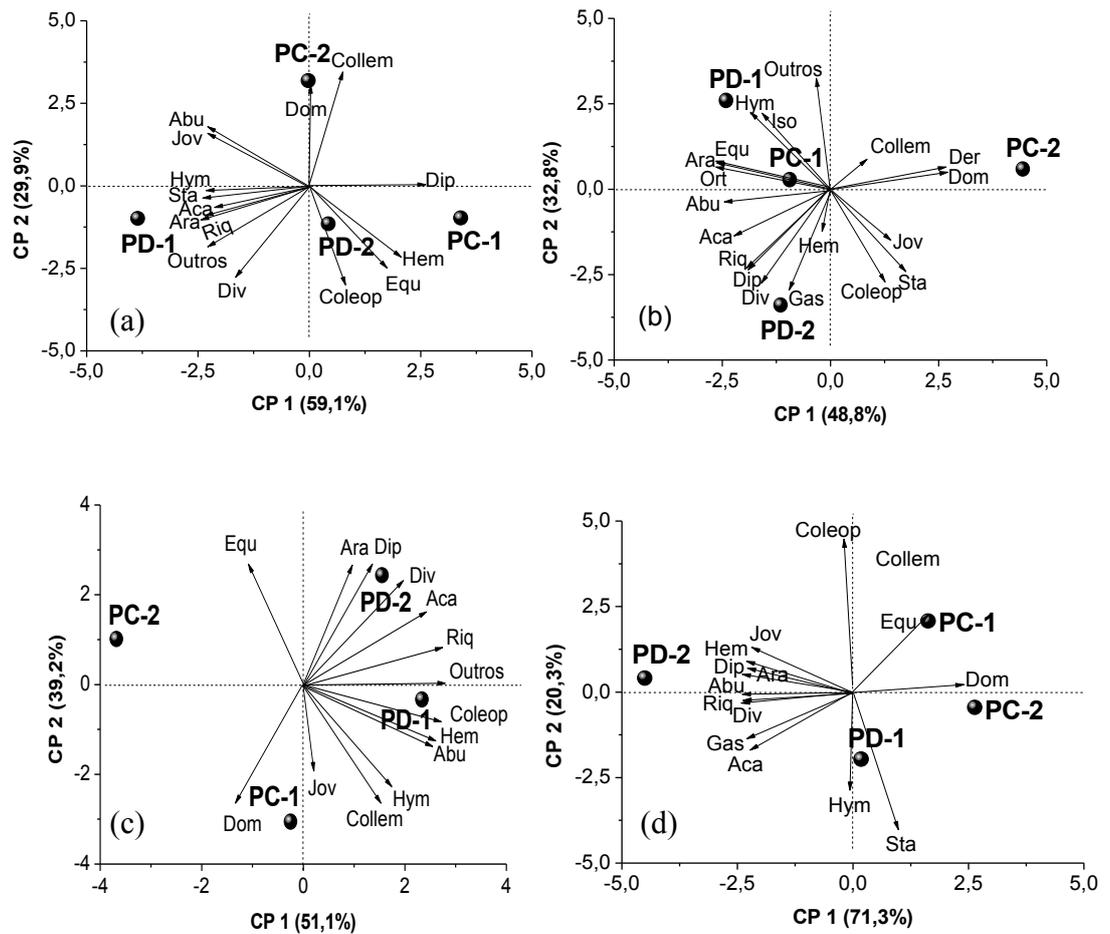


Figura 11 - Análise de componentes principais da fauna epiedáfica sob preparo convencional e plantio direto num Cambissolo em Lages: (a) No pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b) Durante a cultura de verão; (c) No pós-colheita da cultura de verão; (d) Durante as culturas de coberturas de inverno. Ver lista de abreviações. Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemíptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

Na pós-colheita da cultura de verão, os preparos do solo e sistemas de culturas mostraram semelhança para a fauna edáfica. Somente o preparo convencional com monocultura mostrou ser diferente do plantio direto com todas as suas combinações. A combinação do preparo convencional com monocultura desfavoreceu a fauna edáfica ao ponto de promover as menores quantidades de indivíduos nos grupos funcionais e menores índices de abundância e riqueza (Tabela 15 e Figura 13c e 9a e 9b). Como ocorreu em Lages e Eldorado do Sul, a medida em que se distanciou do evento de preparo do solo, as diferenças diminuíram. A deposição limitada de resíduos causada pela combinação de preparo convencional com monocultura resultam em diversidade biológica pobre com diminuição da fertilidade e perda gradual da produtividade (Hungria et al, 2009).

Durante as culturas de cobertura de inverno, a monocultura e rotação de culturas somente no inverno demonstraram não propiciar diferenças para a fauna edáfica quando conduzido sob plantio direto. As demais combinações de preparo do solo e sistemas de culturas resultaram em fauna diferente. A rotação de inverno e verão resultou em maiores quantidades de grupos funcionais e de organismos nestes grupos comparativamente aos outros sistemas de culturas dentro de seus respectivos preparos. Entretanto, a combinação do plantio direto com a rotação de inverno e verão favoreceu maiores índices de abundância, riqueza e maior número de organismos em seis grupos funcionais quando comparado aos demais preparos e sistemas de culturas (Tabela 15 e Figura 13d e anexo 9a e 9b).

Na rotação de verão e inverno há possibilidade de se incluir uma leguminosa em cada estação de cultivo e aumentar a diversidade vegetal com ganhos nutricionais. Para O'Rourke et al. (2008) o incremento da diversidade vegetal pode sustentar maior diversidade de organismos.

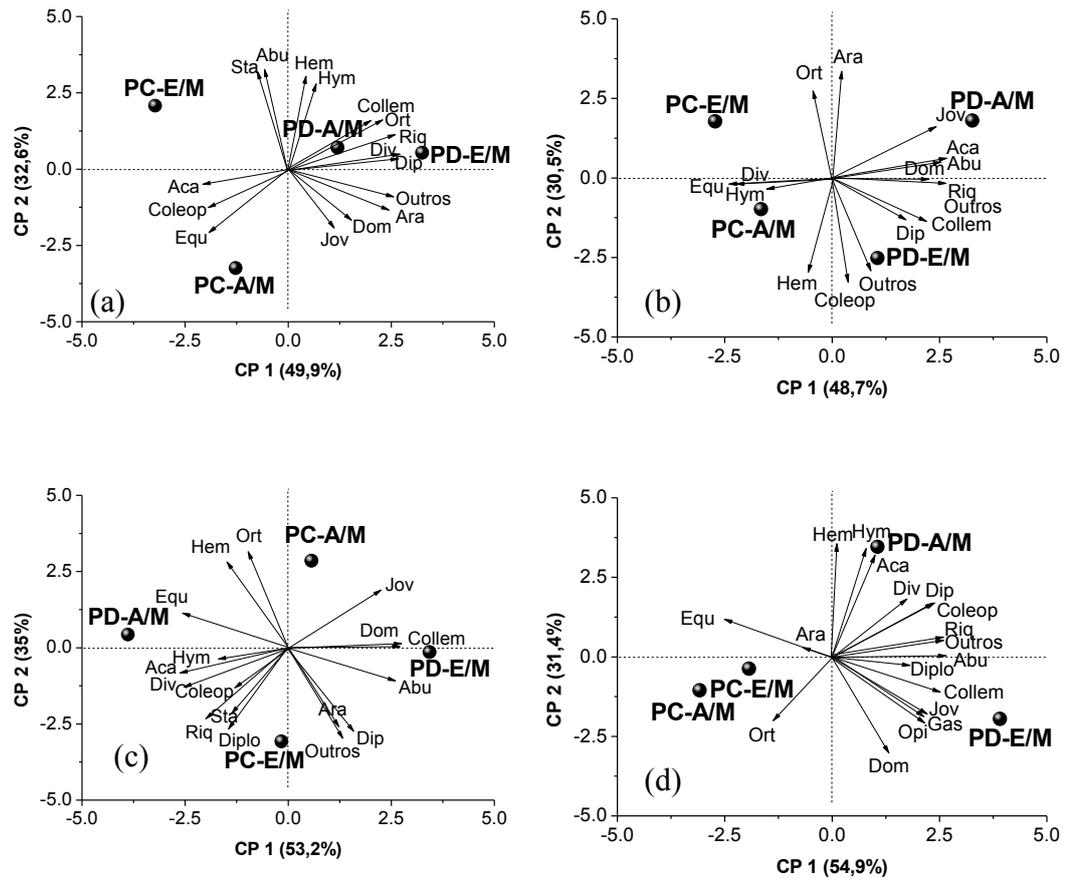


Figura 12– Análise dos componentes principais da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto com cobertura de aveia e ervilhaca num Argissolo em Eldorado do Sul (RS) nos períodos: (a) pós-colheita das culturas de cobertura de inverno; (b) durante cultura de verão; (c) pós-colheita da cultura de verão; (d) durante culturas de cobertura de inverno. PC-A/M: preparo convencional com aveia e milho; PC-E/M: preparo convencional com ervilhaca e milho; PD-A/M: plantio direto com aveia e milho; PD-E/M: plantio direto com ervilhaca e milho; Div: diversidade de margalef; Riq: riqueza de grupos; Abu: abundância de organismos; Dom: dominância de Berger-Parker; Equ: equitabilidade de Pielou; Aca: Acarina; Ara: Araneae; Ort: Orthoptera; Collem: Collembola; Hym: Hymenoptera; Hem: Hemiptera; Dip: Díptera; Sta: Staphylinidae; Oli: Oligochaeta; Coleop: Coleóptera; Gas: Gastropoda; Iso: Isopoda; Diplo: diplopoda; Jov: formas jovens; Outros: outras ordens mais raramente encontradas.

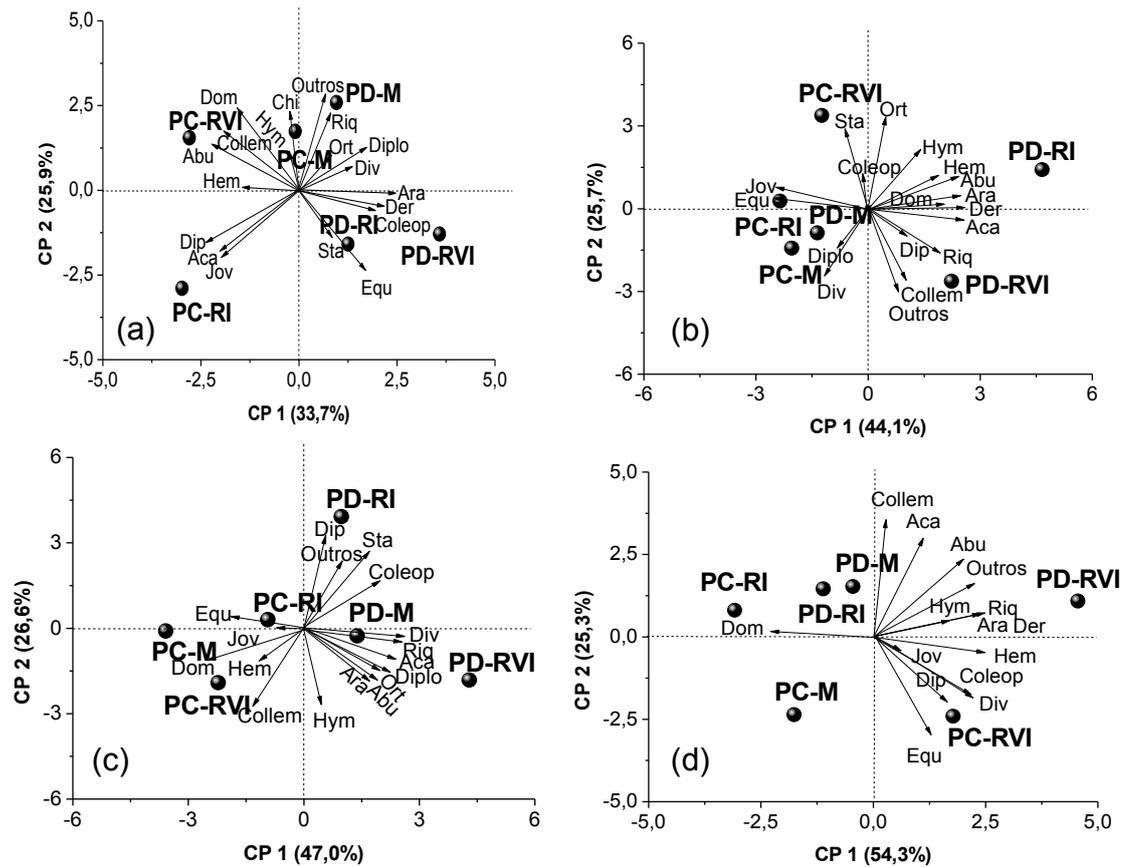


Figura 13 – Análise dos componentes principais da fauna edáfica sob preparo convencional e plantio direto com rotação e sucessão de culturas num Latossolo em Cruz Alta (RS) nos períodos: (a) pós manejo das culturas de cobertura de inverno; (b) Durante cultura de verão; (c) Pós-colheita da cultura de verão; (d) Durante cobertura de inverno. Ver lista de abreviações

## 7.5 Conclusões

Considerando os três locais estudados do sul do Brasil:

- Os maiores efeitos do manejo sobre fauna do solo são devidos em primeiro nível aos preparos de solo e em segundo nível aos sistema de culturas.
- O plantio direto proporciona melhores condições para a fauna epiedáfica em relação ao preparo convencional.
- A fauna epiedáfica se apresenta semelhante entre as cultura de cobertura sob preparo convencional.
- Os efeitos dos preparos e culturas são mais evidentes no período do evento do preparo do solo.
- O sistema de rotação de culturas promove melhor ambiente para a fauna edáfica em relação a monocultura.
- A combinação que proporciona melhor ambiente para a fauna edáfica é o plantio direto com rotação de culturas no verão e inverno.

## 9. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABARY, B.; SALL, S.; LETOURMY, P.; HUSSON, O.; RALAMBOFETRA, E.; MOUSSA, N.; CHOTTE, J.L. Effects of living mulches or residue amendments on soil microbial properties in direct seeded cropping systems of Madagascar. **Applied Soil Ecology**, v.39, p.236 – 243, 2008

ABAWI, G.S.; WIDMER, T.L. Impact of soil health management practices on soilborne pathogens, nematodes and root diseases of vegetable crops. **Applied Soil Ecology**, v.15, p.37–47, 2000

ACOSTA-MARTÍNEZ, V.; MIKHA, M.M.; VIGIL, M.F. Microbial communities and enzyme activities in soils under alternative crop rotations compared to wheat–fallow for the Central Great Plains. **Applied Soil Ecology**, v.37, p.41-52, 2007

ALMEIDA, D.O.; KLAUBERG, O.; ALMEIDA, H.C.; GEBLER, L.; FELIPE, A.F. Soil microbial biomass under mulch types in an integrated apple orchard from Southern Brazil. **Scientia Agricola**, v.68, n.2, p.217-222, 2011

ALVES, M.V.; BARETTA, D.; CARDOSO, E.J.B.N. Fauna edáfica em diferentes sistemas de cultivo no estado de São Paulo. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.1, p.33-43, 2006.

ANDERSON, J.M. Food Web Functioning and Ecosystem Processes: Problems and Perceptions of Scaling p.3-24. *In: Invertebrates as webmasters in ecosystems*. Coleman, D.C. and Hendrix, P.F. eds. CAB publishing, 2000.

AMADO, T. J. C.; BAYER, C.; ELTZ, F. L. F.; BRUM, A. C. R. Potencial de culturas de cobertura em acumular carbono e nitrogênio no solo no plantio direto e a melhoria da qualidade ambiental. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.189-197, 2001

AQUINO, A.M.; SILVA, R.F.; MERCANTE, F.M.; CORREIA, M.E.F.; GUIMARÃES, M.F.; LAVELLE, P. Invertebrate soil macrofauna under different ground cover plants in the no-till system in the Cerrado. **European Journal of Soil biology**, v.44, p. 191–197, 2008

ATLAS, R. M.; BARTHA, R. **Microbial Ecology: fundamentals and applications**. 4<sup>th</sup> ed. Addison Wesley Longman. The Benjamin/Cumming Publishing Company, Inc., 1997, 694p.

BARETTA, D.; SANTOS, J.C.P.; BERTOL, I.; ALVES, M.V.; MANFOI, A.F.; MALUCHE-BARETTA, C.R.D. Efeito do cultivo do solo sobre a diversidade da fauna edáfica no planalto sul catarinense. **Revista de Ciências Agroveterinárias**, Lages, v.5, n.2, pg.108-117, 2006.

BARROS, E.; NEVES, A.; BLANCHART, E.; FERNANDES, E.C.M.; WANDELLI, E.; LAVELLE, P. Development of the soil macrofauna community under silvopastoral and agrosilvicultural systems in Amazonia. **Pedobiologia**, v.47, p.273–280, 2003

BAYER, C.; MIELNICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Gênese, 2008.

BEDANO, J.C.; CANTÚ, M.P.; DOUCET, M.E. Influence of three different land management practices on soil mite (Arachnida: Acari) densities in relation to a natural soil. **Applied Soil Ecology**, v.32, p.293–304, 2006.

BENINTENDE, S.M.; BENINTENDE, M.C.; STERREN, M.A.; DE BATTISTA, J.J. Soil microbiological indicators of soil quality in four rice rotations systems. **Ecological indicators**, v.8, p.704–708, 2008.

BIRKHOFFER, K.; BEZEMER, T. M.; BLOEM, J.; BONKOWSKI, M.; CHRISTENSEN, S.; DUBOIS, D.; EKELUND, F.; FLIEßBACH, A.; GUNST, L.;

HEDLUND, K.; MÄDER, P.; MIKOLA, J.; ROBIN, C.; SETÄLÄ, H.; TATINFROUX, F.; PUTTEN, W.H.V.; SCHEU, S. Long-term organic farming fosters below and aboveground biota: Implications for soil quality, biological control and productivity. **Soil Biology & Biochemistry**, vol.40, p.2297–2308, 2008

BOSSCHE, A.V.D.; BOLLE, S.; NEVE, S.; HOFMAN, G. Effect of tillage intensity on N mineralization of different crop residues in a temperate climate. **Soil & Tillage Research**, vol.103, p. 316–324, 2009.

BRADFORD, M. A.; TORDOFF, G. M.; BLACK, H. I. J.; COOK, R.; EGGERS, T.; GARNETT, M. H.; GRAYSTON, S. J.; HUTCHESON, K. A.; INESON, P.; NEWINGTON, J. E.; OSTLE, N.; SLEEP, D.; STOTT, A.; HEFIN JONES, T. Carbon dynamics in a model grassland with functionally different soil communities. **Functional Ecology**, v.21, p.690–697, 2007

BRAIDA, J.A.; REICHERT, J.M.; VEIGA, M.; REINERT, D.J. Resíduos vegetais na superfície e carbono orgânico do solo e suas relações com a densidade máxima obtida no ensaio proctor. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.605-614, 2006.

BRÉVAULT, T.; BIKAY, S.; MALDÈS, J.M.; NAUDIN, K. Impact of a no-till with mulch soil management strategy on soil macrofauna communities in a cotton cropping system. **Soil & Tillage Research**, vol.97, p.140–149, 2007.

BRIONES, M.J.I., CARREIRA, J., INESON, P. *Cognettia sphagnetorum* (Enchytraeidae) and nutrient cycling in organic soils: a microcosm experiment. **Applied Soil Ecology**, v.9, p.289–294, 1998

BROOKES, D.S.; POWLSON, D.S. & JENKINSON, D.S. Measurement of microbial biomass in phosphorus in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 14, p.319-329, 1982.

CHEN, M.; WEIWEI LI, W.; SHELTON, A.M. Simulated crop rotation systems control swede midge, *Contarinia nasturtii*. **Entomologia Experimentalis et Applicata**, v.133, n.1, p. 84–91, 2009

CIVIDANES, F.J. Efeitos do sistema de plantio e da consorciação soja-milho sobre artrópodes capturados no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n. 1, p. 15-23, jan. 2002.

COLE, L., BARDGETT, R.D., INESON, P., HOBBS, P.J.. Enchytraeid worm (Oligochaeta) influences on microbial community structure, nutrient dynamics and plant growth in blanket peat subjected to warming. **Soil Biology & Biochemistry**, v.34, p.83–92, 2002

CORREIA, M.E.F. AQUINO, A.M.; AGUIAR-MENEZES, E.L. **Aspectos ecológicos dos Isopoda terrestres**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 249). 23 p. 2008

CORREIA, M.E.F. AQUINO, A.M. **Os Diplópodes e suas associações com microrganismos na ciclagem de nutrientes**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 199). 41 p. 2005

CORTET, J.; RONCE, D.; POINSOT-BALANGUER, N.; BEAUFRETON, C.; CHABERT, A.; VIAUX, P.; FONSECA, J.P.C. Impacts of different agricultural practices on the biodiversity on microarthropod communities in arable crop systems. **European Journal of Soil Biology**, vol.38, p.239–244, 2002.

COÛTEAUX, M.M.; ALOUI, A.; KURZ-BESSON, C. *Pinus halepensis* litter decomposition in laboratory microcosms as influenced by temperature and a millipede, *Glomeris marginata*. **Applied Soil Ecology**, vol.20, p.85–96, 2002

CZARNETZKI, A.B.; TEBBE, C.C. Diversity of bacteria associated with Collembola – a cultivation-independent survey based on PCR-amplified 16S rRNA genes. **FEMS Microbiology Ecology**, v.49 (2004) 217–227

DAGET, J. 1976. **Les modèles mathématiques en écologie**. Masson, Paris. 172p. Figueiredo, J. L. & N. A. Menezes. 1978. Manual

DE-POLLI, H.; GUERRA, J.G.M. C, N e P na biomassa microbiana do solo. In: SANTOS, G.A.; SILVA, L. S.; CANELLAS, L.P.; CAMARGO, F.A.O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2.ed. Porto Alegre: Gênese, 2008.

DERPSCH, R.; FRIEDRICH, T. **18th Triennial Conference of the International Soil Tillage Research Organization (ISTRO)**. Proceedings on CD, Izmir, Turkey, June 15-19, 2009.

DOMÍNGUEZ, A.; BEDANO, J.C.; BECKER, A.R. Negative effects of no-till on soil macrofauna and litter decomposition in Argentina as compared with natural grasslands. **Soil & Tillage Research**, vol.110, p.51–59, 2010.

DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; CORREIA, M.E.F.; RODRIGUES, K.M.; FRANCO, A.A. Efeito de leguminosas arbóreas sobre a macrofauna do solo em pastagem de *Brachiaria brizantha* cv. marandu. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, vol.37, n.1, p.38-44, 2007

DRAKE, H. L.; HORN, M. A. Earthworms as a transient heaven for terrestrial denitrifying microbes: a review. **Eng. Life Science**, vol.6, n. 3, 2006.

EIVAZI, F.; TABATABAI, M.A. Glucosidases and galactosidases in soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.20, p.601-606, 1988.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Sistema Brasileiro de Classificação de solos. Brasília: Embrapa Produção de Informação, 1999. 412p.

ERROUSSI, F.; MOUSSA-MACHRAOUI, S.B.; BEN-HAMMOUDA, M.; NOUIRA, S. Soil invertebrates in durum wheat (*Triticum durum* L.) cropping system under Mediterranean semi arid conditions: A comparison between

conventional and no-tillage management. **Soil & Tillage Research**, vol.112, p.122–132, 2011

FERRARO, D.O.; GHERSA, C.M. Exploring the natural and human-induced effects on the assemblage of soil microarthropod communities in Argentina. **European Journal of Soil Biology**, vol.43, p.109–119, 2007.

FERREIRA, C.; TORRES, B.B.; TERRA, W.R. Substrate specificities of midgut b-glycosidases from insects of different orders. **Comp. Biochem. Physiol.** vol. 119B, n. 1, p. 219–225, 1998

FIORETTO, A.; PAPA, S.; PELLEGRINO, A.; FERRIGNO, A. Microbial activities in soils of a Mediterranean ecosystem in different successional stages. **Soil Biology & Biochemistry**, vol.41, p.2061–2068, 2009.

FLIEßBACH, A.; OBERHOLZER, H.R.; GUNST, L.; MÄDER, P. Soil organic matter and biological soil quality indicators after 21 years of organic and conventional farming. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.118, p.273–284, 2007

FOX, C.A.; FONSECA, E.J.A.; MILLER, J.J.; TOMLIN, A.D. The influence of row position and selected soil attributes on Acarina and Collembola in no-till and conventional continuous corn on a clay loam soil. **Applied Soil Ecology**, vol.13, p.1-8, 1999.

FOX, O.; VETTER, S.; EKSCHMITT, K.; WOLTERS, W. Soil fauna modifies the recalcitrance-persistence relationship of soil carbon pools. **Soil Biology & Biochemistry**, vol.38:1353–1363, 2006.

FRAZÃO, L.A.; PICCOLO, M.C.; FEIGL, B.J.; CERRI, C.C.; CERRI, C.E.P. Inorganic nitrogen, microbial biomass and microbial activity of a sandy Brazilian Cerrado soil under different land uses. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, vol.135, p.161–167, 2010

GABRIEL, J.L.; QUEMADA, M. Replacing bare fallow with cover crops in a maize cropping system: yield, N uptake and fertiliser fate. **European Journal of Agronomy**, vol.34 p.133–143, 2011

GARCÍA-RUIZ, G.; OCHOA, V.; HINOJOSA, M.B.; CARREIRA, J.A. Suitability of enzyme activities for the monitoring of soil quality improvement in organic agricultural systems. **Soil Biology & Biochemistry**, v.40, p.2137–2145, 2008

GOMES, J. **Tese de Doutorado - Emissão de gases do efeito estufa e mitigação do potencial de aquecimento por sistemas conservacionistas de manejo do solo**. Porto Alegre: PPGCS/UFRGS, 2006. 126p.

GOMES, C.B.; CARVALHO, F.L.C.; CASAGRANDE JÚNIOR, J.G.; RADMANN, E.B.; Avaliação do potencial de coberturas verdes e de sistemas de rotações de cultura na supressão do nematoide anelado (*Mesocriconea xenoplax*) EM pré-plantio ao pessegueiro. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v. 32, n. 1, p.074-081, 2010

GOSAI, K.; ARUNACHALAM, A.; DUTTA, B.K. Tillage effects on soil microbial biomass in a rainfed agricultural system of northeast India. **Soil & Tillage Research**, v.109, p.68–74, 2010.

HEINRICHS, R.; AITA, C. AMADO, T. J. C.; FANCELLI, A. L. Cultivo consorciado de aveia e ervilhaca: relação c/n da fitomassa e produtividade do milho em sucessão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.25, p.331-340, 2001

HERNANDES, R.; CAZETTA, J.O. Método Simples e Acessível para Determinar Amônia Liberada pela Cama Aviária. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v.3, n.3, p.824-829, 2001

HUNGRIA, M.; FRANCHINI, J.C.; BRANDÃO-JUNIOR, O.; KASCHUK, G.; SOUZA, R.A. Soil microbial activity and crop sustainability in a long-term

experiment with three soil-tillage and two crop-rotation systems. **Applied Soil Ecology**, v.42, p.288–296, 2009

JIN, K.; SLEUTEL, S.; BUCHAN, D.; NEVE, S.; CAI, D.X.; GABRIELS, D.; JIN, J.Y. Changes of soil enzyme activities under different tillage practices in the Chinese Loess Plateau. **Soil & Tillage Research**, v.104, p.115–120, 2009.

KAMMANN, C.; HEPP, S.; LENHART, K.; MÜLLER, C. Stimulation of methane consumption by endogenous CH<sub>4</sub> production in aerobic grassland soil. **Soil Biology & Biochemistry**, v.41, p.622–629, 2009

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Three decades of soil microbial biomass studies in Brazilian ecosystems: Lessons learned about soil quality and indications for improving sustainability. **Soil Biology & Biochemistry**, v.42, p.1–13, 2010.

KASCHUK, G.; ALBERTON, O.; HUNGRIA, M. Quantifying effects of different agricultural land uses on soil microbial biomass and activity in Brazilian biomes: inferences to improve soil quality. **Plant Soil**, v.338, p.467–481, 2011.

KAUTZ, G.; TOPP, W. Acquisition of microbial communities and enhanced availability of soil nutrients by the isopod *Porcellio scaber* (Latr.) (Isopoda: Oniscidea). **Biology Fertility of Soils**, v.31, p.102–107, 2000

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen inorganic forms. In: Page, A.L. (ed.) *Methods of soil analysis. Part 2*. Madison: **American Society of Agronomy**, 1982. p.643-698.

KETTERINGS, Q. M.; BLAIR, J. M.; MARINISSEN, J. C. Y. Effects of earthworms on soil aggregate stability and carbon and nitrogen storage in a legume cover crop agroecosystem. **Soil Biology & Biochemistry**, v. 29, n.3/4, p. 401-408, 1997

KLADIVKO, E.J. Tillage Systems and soil ecology. **Soil & Tillage Research**, v.61, p.61-76, 2001.

KÖPPEN, W. **Climatologia: con un estudio de los climas de la tierra**. Fondo de Cultura Econômica. México. 479p., 1948

LAOSSI, K.R.; BAROT, S.; CARVALHO, D.; DESJARDINS, T.; LAVELLE, P.; MARTINS, M.; MITJA, D.; RENDEIRO, A.C.; ROUSSEAU, G.; SARRAZIN, M.; VELASQUEZ, E.; GRIMALDI, M. Effects of plant diversity on plant biomass production and soil macrofauna in Amazonian pastures. **Pedobiologia**, v.51, n.5-6, p.397-407, 2008

LAVELLE, P. Ecological challenges for soil science. **Soil Science**, v.165, n. 1, p. 73-86, 2000.

LANGE, D.; FERNANDES, W.D.; RAIZER, J.; FACCENDA, O. Predacious Activity of Ants (Hymenoptera: Formicidae) in Conventional and in No-till Agriculture Systems. **Brazilian Archives of Biology and Technology**. v.51 n.6: p.1199-1207, 2008

LIMA, E.A.; MATTOS, J.K.; MOITA, A.W.; CARNEIRO, R.G.; CARNEIRO, R.M.D.G. Host status of different crops for *Meloidogyne ethiopica*. **Control Tropical Plant Pathology**, v.34, n.3, 2009

LIMA, S.S.; AQUINO, A.M.; LEITE, L.F.C.; VELÁSQUEZ, E.; LAVELLE, P. Relação entre macrofauna edáfica e atributos químicos do solo em diferentes agroecossistemas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.45, n.3, p.322-331, 2010.

LOPES, A.S.; WIETHÖLTER, S.; GUILHERME, L.R.G.; SILVA, C.A. **Sistema plantio direto: bases para o manejo da fertilidade do solo**. ANDA Associação Nacional para Difusão de Adubos, São Paulo – SP, 2004.

LOWE, C.N.; BUTT, K.R. Influence of organic matter on earthworm production and behaviour: a laboratory-based approach with applications for soil restoration. **European Journal of Soil Biology**, v.38, p.173-176, 2002

MAIRE, N.; BORCARD, D.; LACZKÓ, E.; MATTHEY, W. Organic matter cycling in grassland soils of the Swiss Jura mountains: biodiversity and strategies of the living communities. **Soil Biology and Biochemistry**, v.31, p.1281±1293, 1999

MAGURRAN, A.E. **Ecological diversity and its measurement**. MAGURRAN, A.E., eds. 1988, 177 p.

MALKOMES, H.P. Allelopathy of middle European agricultural weeds - an overview. **Journal of Plant Diseases and Protection**, v.20, p.435-445, 2006

MARASAS, M.E.; SARANDÓN, S.J.; CICCHINO A.C. Changes in soil arthropod functional group in a wheat crop under conventional and no tillage systems in Argentina. **Applied Soil Ecology**, v.18, p.61–68, 2001.

MARCHÃO, R.L.; LAVELLE, P.; CELINI, L.; BALBINO, L.C.; VILELA, L.; BECQUER, T. Soil macrofauna under integrated crop livestock systems in a Brazilian Cerrado Ferralsol. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.44, n.8, p.1011-1020, 2009

MARTIN, A.; MARINISSEN, J. C. Y. Biological and physico-chemical processes in excrements of soil animals. **Geoderma**, Amsterdam, v.56, p. 331-347, 1993.

MARTINS, M.I.C.F.; CIVIDANES, F.J.; BARBOSA, J.C.; ARAÚJO, E.S.; HADDAD, G.Q. Análise de fauna e flutuação populacional de Carabidae e Staphylinidae (Coleoptera) em sistemas de plantio direto e convencional. **Revista Brasileira de Entomologia**, v. 53, n.3, p.432–443, 2009.

MELERO, S.; PANETTIERI, M.; MADEJÓN, E.; GÓMEZ MACPHERSON, H.; MORENO, F.; MURILLO, J.M. Implementation of chiselling and mouldboard

ploughing in soil after 8 years of no-till management in SW, Spain: Effect on soil quality. **Soil & Tillage Research**, v.112, p.107–113, 2011

MENDES, S.M.; SANTOS, J.; FREITAS, H.; SOUSA, J.P. Assessing the impact of understory vegetation cut on soil epigeic macrofauna from a cork-oak Montado in south Portugal. **Agroforest System**, v.82, p.139–148, 2011

MILCU, A.; PARTSCH, S.; SCHERBER, C.; WEISSER, W.W.; SCHEU, S. Earthworms and legumes control litter decomposition in a plant diversity gradient. **Ecology**, v.89, n.7, p.1872-1882, 2008

MONOKROUSOS, N.; PAPTAEODOROU, E. M.; DIAMANTOPOULOS, J.D. et al. Soil quality variables in organically and conventionally cultivated field sites. **Soil Biology & Biochemistry**. v.38, p.1282–1289, 2006.

MONTECCHIA, M.S.; CORREA, O.S.; SORIA, M.A.; FREY, S.D.; GARCÍA, A.F., GARLAND, J. L. Multivariate approach to characterizing soil microbial communities in pristine and agricultural sites in Northwest Argentina. **Applied Soil Ecology**, v.47, 176–183, 2011

MOORE, J.C. & DE RUITER, P.C. Invertebrates in detrital food webs along gradients of productivity. In: Coleman, D.C. & Hendrix, P.F. **Invertebrates as Webmasters in Ecosystems**.. CABI Publishing, Oxford, UK, p. 161–175, 2000.

MORA, P.; MIAMBI, E.; JIMÉNEZ, J.J.; DECAËNS, T.; ROULAND, C. Functional complement of biogenic structures produced by earthworms, termites and ants in the neotropical savannas. **Soil Biology & Biochemistry**, v.37, p.1043–1048, 2005.

MORI, K.; BERNIER, N.; KOSAKI, T.; PONGE, J.F. Tree influence on soil biological activity: What can be inferred from the optical examination of humus profiles? **European Journal of Soil Biology**, v.45, p.290–300, 2009

NEBERT, L.D.; BLOEM, J.; LUBBERS, I.M.; GROENIGEN, J.W.V. Association of Earthworm-Denitrifier Interactions with Increased Emission of Nitrous Oxide from Soil Mesocosms Amended with Crop Residue. **Applied and Environmental Microbiology**, v.77, p.4097-4104, n.12, 2011

NEHER, D. Role of nematodes in soil health and their use as indicators. **Journal of Nematology**, v.33, p.161–168, 2001.

OLIVEIRA, J.C.M.; VAZ, M.P.; REICHARDT, K. EFEITO DO CULTIVO CONTÍNUO DA CANA-DE-AÇÚCAR EM PROPRIEDADES FÍSICAS DE UM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO. **Scientia Agrícola**, v.52, n.1, p.50-55, 1995

O'ROURKE, M.E.; LIEBMAN, M.; RICE, M.E. Ground beetle (Coleoptera: Carabidae) assemblages in conventional and diversified crop rotation systems. **Environmental Entomology**, v.37, n.1, p.121-130. 2008.

PAJARES, S.; GALLARDO, J.F.; MASCIANDARO, G.; CECCANTI, B.; MARINARI, S.; ETCHEVERS, J.D. Biochemical indicators of carbon dynamic in an Acrisol cultivated under different management practices in the central Mexican highlands. **Soil & Tillage Research**, v.105, p.156–163, 2009

PARRA, J.R.P.; PANIZZI, A.R.; HADDAD, M.L. Índices nutricionais para medir consumo e utilização de alimento por insetos. In: Panizzi, A.R.; Parra, J.R.P. **Bioecologia e nutrição de insetos – Base para o manejo integrado de pragas**. 1 ed. Brasília -DF: EMBRAPA/CNPq, p.21-78, 2009

PICAUD, F.; BONNET, E.; GLOAGUEN, V.; PETIT, D. Decision Making for Food Choice by Grasshoppers (Orthoptera: Acrididae): Comparison Between a Specialist Species on a Shrubby Legume and Three Graminivorous Species **ENVIRONMENTAL ENTOMOLOGY**, v.32, n.3, p.680-688, 2003.

QIN, S.; HU, C.; HE, X.; DONG, W.; CUI, J.; WANG, Y. Soil organic carbon, nutrients and relevant enzyme activities in particle-size fractions under

conservational versus traditional agricultural management. **Applied Soil Ecology**, v.45, p.152–159, 2010.

QIN, S.; HE, X.; HU, C.; ZHANG, Y.; DONG, W. Responses of soil chemical and microbial indicators to conservational tillage versus traditional tillage in the north china plain. **European Journal of Soil Biology**, v.46, p.243-247, 2010.

QUEMADA, M., CABRERA, M.L. Characteristic moisture curves and maximum water content of two crop residues. **Plant Soil**, v.238, p.295–299, 2002.

RABARY, B.; SALL, S.; LETOURMY, P.; HUSSON, O.; RALAMBOFETRA, E.; MOUSSA, N.; CHOTTE, J.L. Effects of living mulches or residue amendments on soil microbial properties in direct seeded cropping systems of Madagascar. **Applied Soil Ecology**, v.39, p.236–243, 2008.

SANAULLAH, M.; BLAGODATSKAYA, E.; CHABBI, A.; RUMPEL, C.; KUZYAKOV, Y. Drought effects on microbial biomass and enzyme activities in the rhizosphere of grasses depend on plant community composition. **Applied Soil Ecology**, v.48, p.38–44, 2011

SANTOS, G.G.; SILVEIRA, P.M.; MARCHÃO, R.L.; BECQUER, T.; BALBINO, L.C. Macrofauna edáfica associada a plantas de cobertura em plantio direto em um Latossolo Vermelho do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.43, n.1, p.115-122, 2008

SANTOS, M.R.; SEDIYAMA, M.A.N.; SANTOS, I.C.; SALGADO, L.T.; VIDIGAL, S.M. Produção de milho-verde em resposta ao efeito residual da adubação orgânica do quiabeiro em cultivo subsequente. **Revista Ceres**, v. 58, n.1, p.77-83, 2011

SAYER, E.J.; SUTCLIFFE, LAURA M.E.; ROSS, R.I.C.; TANNER, E.V.J. Arthropod Abundance and Diversity in a Lowland Tropical Forest Floor in

Panama: The Role of Habitat Space vs. Nutrient Concentrations. **Biotropica**, v.42, n.2, p.194–200, 2010

SILESHI, G.; MAFONGOYA, P.L.; CHINTU, R.; AKINNIFESI, F.K.; Mixed-species legume fallows affect faunal abundance and richness and N cycling compared to single species in maize-fallow rotations. **Soil Biology & Biochemistry**, v.40, p.3065–3075, 2008

SILVA, R.F.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Populações de oligoquetos (Annelida: Oligochaeta) em um Latossolo Vermelho submetido a sistemas de uso do solo. **Ciência Rural**, v.36, n.2, p.673-677, 2006

SILVA, R.F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C.R., AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M. Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa agropecuária brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.865-871, 2007.

SILVA, A.P.; BABUJIA, L.C.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, R.A.; HUNGRIA, M. Microbial biomass under various soil- and crop-management systems in shortand long-term experiments in Brazil. **Field Crops Research**, v.119, p.20–26, 2010.

SILVA, R.R.; SILVA, M.L.N.; CARDOSO, E.L.; MOREIRA, F.M.S.; CURI, N.; ALOVISI, A.M.T. Biomassa e atividade microbiana em solo sob diferentes sistemas de manejo na região fisiográfica campos das vertentes – MG. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.34, p.1585-1592, 2010

SMITH, V.C.; BRADFORD, M.A. Litter quality impacts on grassland litter decomposition are differently dependent on soil fauna across time. **Applied Soil Ecology**, v.24, p.197–203, 2003

TABAGLIO, V.; GAVAZZI, C.; MENTA, C. Physico-chemical indicators and microarthropod communities as influenced by no-till, conventional tillage and

nitrogen fertilization after four years of continuous maize. **Soil & Tillage Research**, v.105, p.135–142, 2009.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Assay of urease activity in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.4, p.479-487, 1972

TEJADA, M.; GONZALEZ, J.L.; GARCÍA-MARTÍNEZ, A.M.; PARRADO J. Effects of different green manures on soil biological properties and maize yield. **Bioresource Technology**, v.99, p.1758–1767, 2008

TIMOSSI, P.C.; DURIGAN, J.C.; LEITE, G.J. Formação de palhada por braquiárias para adoção do sistema plantio direto. **Bragantia**, v.66, n.4, p.617-622, 2007

VANCE, E.D.; BROOKS, P.C. & JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biol. Biochem.**, v.19, p.703-707, 1987.

WALKLEY, A. & BLACK, A.. An Examination of Degtjareff Method for Determining Soil Organic Matter and a Proposed Modification of the Chromic Acid Titration Method. **Soil Sci.**, v.37, p.29-37, 1934.

WANG, Q.; BAI, Y.; GAO, H.; HE, J.; CHEN, H.; CHESNEY, R.C.; KUHN, N.J.; LI, H. Soil chemical properties and microbial biomass after 16 years of no-tillage farming on the Loess Plateau, China. **Geoderma**, v.144, p.502–508, 2008

WEBER, M. **Tese de Doutorado – Parametrização e validação do ciclo do carbono e nitrogênio do modelo Century 4.5 com experimentos de longa duração em um argissolo do sul do Brasil**. Porto Alegre: PPGCS/UFRGS, 2010. 152p.

ZANGERLÉ, A.; PANDO, A.; LAVELLE, P. Do earthworms and roots cooperate to build soil macroaggregates? A microcosm experiment. **Geoderma**, v.167-168, p.303–309, 2011

## 10. APÊNDICES

Anexo 1 - Significância da distância ACP pelo teste de Mahalanobis. \* Significante ( $p < 0,1$ ). Ver lista de abreviações.

Sistemas de Manejo	Fauna Edáfica			
	PC-A/M	PC-E/M	PD-A/M	PD-E/M
PC-A/M	1	0,456	0,021	0,015
PC-E/M	0,456	1	0,001	0,037
PD-A/M	0,021	0,04	1	0,001
PD-E/M	0,015	0,037	0,04	1
Sistemas de Manejo	Atributos Microbiológicos			
	PC-A/M	PC-E/M	PD-A/M	PD-E/M
PC-A/M	1	0,001	0,001	0,001
PC-E/M	0,001	1	0,001	0,001
PD-A/M	0,001	0,001	1	0,001
PD-E/M	0,001	0,001	0,001	1

Anexo 2 - Significância da distância ACP pelo contraste Hotelling. \* Significante ( $p < 0,1$ ). Ver lista de abreviações.

Sistema de Manejo	Fauna Edáfica				
	A/M	E/M	AE/MC	AE/M	L/M
A/M	-	*	ns	*	*
E/M	*	-	ns	*	*
AE/MC	ns	ns	-	ns	ns
AE/M	*	*	ns	-	*
L/M	*	*	ns	*	-
Sistema de Manejo	Atributos Microbiológicos				
	A/M	E/M	AE/MC	AE/M	L/M
A/M	-	*	*	*	*
E/M	*	-	*	*	*
AE/MC	*	*	-	*	*
AE/M	*	*	*	-	*
L/M	*	*	*	*	-

Anexo 3 – Fauna edáfica em diferentes tipos de manejo sob Argissolo Vermelho em quatro épocas, Eldorado do Sul, RS. Soma dos organismos. Ver lista de abreviações.

Fauna	Pós manejo cobertura				Durante cultura do milho				Pós manejo milho				Durante cultura cobertura				Total do Ciclo			
	PC		PD		PC		PD		PC		PD		PC		PD		PC		PD	
	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M
<b>Índices de Diversidade</b>																				
Abu	60	74	189	194	85	155	332	207	252	240	321	212	260	223	281	322	<b>657</b>	<b>692</b>	<b>1123</b>	<b>935</b>
Div	2,0	2,5	2,4	2,6	1,8	1,7	1,9	2,1	1,2	1,4	1,5	1,9	0,5	0,6	0,5	0,4	<b>1,4</b>	<b>1,5</b>	<b>1,6</b>	<b>1,</b>
Dom	0,3	0,3	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,3	0,7	0,5	0,5	0,4	0,5	0,4	0,5	0,6	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>
Equ	0,8	0,8	0,6	0,5	0,8	0,7	0,6	0,7	0,4	0,6	0,6	0,6	2,3	2,3	2,1	2,1	<b>1,1</b>	<b>1,1</b>	<b>1,0</b>	<b>1,0</b>
Riq	7	9	11	12	8	8	9	9	6	7	8	9	11	11	10	11	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Artrhopoda</b>																				
<b>Aracnida</b>																				
Aca	17	12	29	54	10	28	80	66	3	26	21	15	14	14	31	33	<b>44</b>	<b>80</b>	<b>161</b>	<b>168</b>
Ara	3	2	6	6	7	8	14	7	4	2	9	5	8	48	10	20	<b>22</b>	<b>60</b>	<b>39</b>	<b>38</b>
<b>Insecta</b>																				
Coleop	4	7	9	9	1	5	9	10	1	9	8	17	10	8	9	21	<b>16</b>	<b>29</b>	<b>35</b>	<b>57</b>
Dípt	7	11	5	12	1	8	6	4	48	49	73	51	15	11	19	20	<b>71</b>	<b>79</b>	<b>103</b>	<b>87</b>
Hem	3	1	3	3	1	1	6	3	0	5	14	10	38	19	15	6	<b>42</b>	<b>26</b>	<b>38</b>	<b>22</b>
Hym	10	12	40	39	8	29	49	26	2	16	37	14	9	8	20	6	<b>29</b>	<b>65</b>	<b>146</b>	<b>85</b>
Ort	0	2	1	2	13	15	25	20	1	0	0	1	1	3	0	1	<b>15</b>	<b>20</b>	<b>26</b>	<b>24</b>
Sta	2	1	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	3	<b>2</b>	<b>1</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
Collem	10	14	63	40	30	45	121	49	186	126	149	78	139	84	147	197	<b>365</b>	<b>269</b>	<b>480</b>	<b>364</b>
<b>Myriapoda</b>																				
Diplo	2	3	13	2	0	0	0	0	0	0	0	0	6	9	15	2	<b>8</b>	<b>12</b>	<b>28</b>	<b>4</b>
<b>Crustacea</b>																				
Iso	0	2	4	1	0	0	0	2	0	0	0	0	1	1	0	0	<b>1</b>	<b>3</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Mollusca</b>																				
Gas	0	0	2	3	0	0	0	0	0	0	0	1	0	2	0	1	<b>0</b>	<b>2</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>Annelida</b>																				
Oli	0	2	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	2	4	1	1	<b>2</b>	<b>6</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
<b>Outros</b>																				
Jov	2	4	11	10	12	15	20	19	7	7	8	19	16	11	5	10	<b>37</b>	<b>37</b>	<b>44</b>	<b>58</b>
Outros	1	1	1	2	2	1	3	3	0	0	2	1	1	0	4	0	<b>4</b>	<b>2</b>	<b>10</b>	<b>6</b>

Anexo 4 – Fauna edáfica em diferentes tipos de manejo sob Argissolo Vermelho em quatro épocas do ciclo 2009/2010, Eldorado do Sul, RS. Soma dos organismos. Ver lista de abreviações.

Atributos da fauna edáfica	Pós manejo coberturas					Durante cultura do milho					Pós Colheita do milho					Durante cobertura de inverno					Valores totais				
	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M
<b>Índice de Diversidade</b>																									
Abundância	257	32	282	189	194	254	374	248	332	207	234	161	220	321	212	246	355	339	281	322	<b>991</b>	<b>922</b>	<b>1089</b>	<b>1123</b>	<b>935</b>
Diversidade	1,9	2,2	2,1	2,4	2,6	1,7	1,8	2,1	1,9	2,1	1,7	1,9	1,6	1,5	1,9	2,1	1,8	2,1	0,5	0,4	<b>1,9</b>	<b>1,9</b>	<b>2</b>	<b>1,6</b>	<b>1,7</b>
Dominância	0,5	0,5	0,5	0,3	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,3	0,4	0,4	0,4	0,5	0,4	0,5	0,7	0,7	0,5	0,6	<b>0,4</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>0,4</b>	<b>0,4</b>
Equitabilidade	0,5	0,5	0,5	0,6	0,5	0,7	0,5	0,6	0,6	0,7	0,7	0,7	0,6	0,6	0,6	0,5	0,4	0,3	2,1	2,1	<b>0,6</b>	<b>0,5</b>	<b>0,5</b>	<b>1</b>	<b>1</b>
Riqueza	9	11	10	11	12	8	9	10	9	9	8	9	8	8	9	10	10	11	10	11	<b>9</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>	<b>10</b>
<b>Arthropoda</b>																									
<b>Arachnida</b>																									
Acarina	67	40	69	29	54	42	129	61	80	66	15	22	21	21	15	19	35	35	31	33	<b>143</b>	<b>226</b>	<b>186</b>	<b>161</b>	<b>168</b>
Araneae	45	13	5	6	6	26	39	9	14	7	11	2	7	9	5	16	6	8	10	20	<b>98</b>	<b>60</b>	<b>29</b>	<b>39</b>	<b>38</b>
Opiliones	0	1	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	1	4	3	2	0	1	<b>4</b>	<b>4</b>	<b>6</b>		
<b>Insecta</b>																									
Coleoptera	3	12	6	9	9	11	23	32	9	10	23	17	4	8	17	16	18	6	9	21	<b>53</b>	<b>70</b>	<b>48</b>	<b>35</b>	<b>57</b>
Diptera	4	13	12	5	12	7	2	4	6	4	25	12	16	73	51	14	20	22	19	20	<b>50</b>	<b>47</b>	<b>54</b>	<b>103</b>	<b>87</b>
Hemiptera	1	1	3	3	3	4	1	1	6	3	1	11	9	14	10	1	2	5	15	6	<b>7</b>	<b>15</b>	<b>18</b>	<b>38</b>	<b>22</b>
Hymenoptera	26	24	37	40	39	73	54	38	49	26	34	20	31	37	14	21	8	7	20	6	<b>154</b>	<b>106</b>	<b>113</b>	<b>146</b>	<b>85</b>
Orthoptera	8	2	1	1	2	26	13	29	25	20	1	0	0	0	1	0	0	1	0	1	<b>35</b>	<b>15</b>	<b>31</b>	<b>26</b>	<b>24</b>
Staphylinidae	0		7	1	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	5	2	6	3	<b>6</b>	<b>8</b>	<b>9</b>	<b>7</b>	<b>9</b>
Collembola	80	132	108	63	40	51	85	37	121	49	89	62	103	149	78	130	236	222	147	197	<b>350</b>	<b>515</b>	<b>470</b>	<b>480</b>	<b>364</b>
<b>Myriapoda</b>																									
Diplopoda	12	12	1	13	2	0	0	0	0	0	4	1	0	0	0	5	2	5	15	2	<b>21</b>	<b>15</b>	<b>6</b>	<b>28</b>	<b>4</b>
<b>Crustacea</b>																									
Isopoda	2	3	20	4	1	1	4	1	0	2	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	<b>3</b>	<b>8</b>	<b>24</b>	<b>4</b>	<b>3</b>
<b>Mollusca</b>																									
Gastropoda	1	0	2	2	3	0	1	0	0	0	4	1	0	0	1	0	1	1	0	1	<b>5</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>2</b>	<b>5</b>
<b>Annelida</b>																									
Oligochaeta	3	2	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	1	0	1	1	<b>4</b>	<b>3</b>	<b>1</b>	<b>2</b>	<b>6</b>
<b>Outros</b>																									
Formas jovens	3	2	8	11	10	10	20	31	20	19	27	12	24	8	19	13	17	21	5	10	<b>53</b>	<b>51</b>	<b>84</b>	<b>44</b>	<b>58</b>
Outros	2	1	0	1	2	3	2	2	3	3	0	0	1	2	1	0	1	2	4	0	<b>5</b>	<b>4</b>	<b>5</b>	<b>10</b>	<b>6</b>

Anexo 5 – Atributos microbianos em em diferentes tipos de manejo sob Argissolo Vermelho em quatro épocas, Eldorado do Sul, RS. Valores médios. Ver lista de abreviações.

Atributos	Pós manejo cobertura				Durante cultura do milho				Pós manejo milho				Durante cultura cobertura				Total do Ciclo			
	PC		PD		PC		PD		PC		PD		PC		PD		PC		PD	
	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M
<b>CCO2</b>	0,57	0,62	1,93	1,47	0,66	0,70	1,20	1,38	1,05	0,94	1,07	1,23	0,74	1,18	5,44	1,39	0,75	0,86	2,41	1,37
<b>Urease</b>	10,31	13,39	18,30	17,42	5,49	9,51	22,58	27,10	10,18	13,81	13,04	17,03	9,68	11,32	21,90	25,87	8,92	12,01	18,95	21,85
<b>Umidade</b>	13,28	14,24	12,03	15,36	8,99	9,55	8,55	10,51	12,18	14,45	14,52	16,34	9,22	8,89	8,94	10,62	10,92	11,78	11,01	13,21
<b>Amônia</b>	112,80	133,05	135,19	208,69	107,51	187,23	154,25	211,92	169,55	197,67	269,56	208,27	121,55	108,97	629,88	226,41	127,85	156,73	297,22	213,82
<b>Cmic</b>	178,56	177,32	246,10	337,37	164,59	222,30	246,90	336,02	167,98	169,15	227,62	186,44	145,41	195,81	309,69	316,36	164,14	191,14	257,58	294,05
<b>Cmic:Corg</b>	1,82	1,70	2,06	2,75	1,67	2,14	2,06	2,76	1,71	1,63	1,92	1,52	1,50	1,88	2,59	2,58	1,68	1,84	2,16	2,40
<b>Nmic:Norg</b>	1,56	1,61	2,07	2,21	0,83	1,19	1,73	2,18	1,31	1,63	1,79	1,60	1,50	1,64	2,00	2,08	1,30	1,52	1,90	2,02
<b>Nmic</b>	13,69	16,80	26,12	33,04	7,32	12,39	21,73	32,58	11,58	17,00	22,44	23,86	13,32	17,04	25,20	31,07	11,48	15,81	23,87	30,14
<b>qCO2</b>	3,19	3,50	7,76	4,35	4,00	3,19	4,94	4,20	6,27	5,90	4,78	6,61	5,12	6,02	17,60	4,38	4,65	4,65	8,77	4,88
<b>CNmic</b>	13,27	10,59	9,53	10,24	22,59	17,98	11,36	10,34	14,58	9,85	10,13	7,85	10,88	11,64	12,39	10,19	15,33	12,52	10,85	9,65
<b>B-gluco.</b>	33,61	46,49	83,45	79,03	32,75	35,25	68,76	74,26	18,18	29,76	33,88	43,28	32,13	41,51	77,19	76,73	29,17	38,25	65,82	68,33
<b>N2O</b>	17,46	154,27	5,47	49,22	11,58	15,43	7,76	1,92	6,02	8,25	1,09	8,17	2,12	4,99	3,77	1,39	9,29	45,73	4,52	15,17
<b>NH4</b>	4,12	7,15	5,03	12,35	10,68	5,54	8,84	8,25	7,58	6,39	6,59	8,38	11,92	11,96	12,23	12,55	8,58	7,76	8,17	10,38
<b>NO3</b>	4,82	8,65	3,20	12,91	5,40	2,87	4,60	3,68	6,30	6,67	7,41	8,02	8,72	7,64	6,75	7,30	6,31	6,46	5,49	7,98

Anexo 6 – Atributos microbianos em em diferentes tipos de manejo sob Argissolo Vermelho em quatro épocas, Eldorado do Sul, RS. Valores médios. Ver lista de abreviações.

Atributos	Pós manejo cobertura					Durante cultura do milho					Pós-colheita cultura de verão					Durante cultura cobertura					Total do Ciclo				
	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M	A/M	E/M	L/M	AE/MC	AE/M
<b>CCO2</b>	1,93	1,47	2,89	1,56	1,35	1,2	1,38	1,53	1,46	1,41	1,07	1,23	1,86	1,09	0,94	5,44	1,39	2,52	2,31	2,02	2,41	1,37	2,2	1,61	1,43
<b>Urease</b>	18,3	17,42	24,52	18,04	18,84	22,58	27,1	21,54	22,97	26,04	13,04	17,03	17,60	20,04	16,16	21,9	25,87	30,88	28,09	22,67	18,95	21,85	23,64	22,29	20,93
<b>Umidade</b>	12,03	15,36	16,26	18,13	16,42	8,55	10,51	12,25	10,89	10,81	14,52	16,34	15,78	19,26	17,87	8,94	10,62	10,05	11,51	10,36	11,01	13,2	13,59	14,95	13,87
<b>Amônia</b>	135,19	208,69	132,41	143,65	159,72	154,25	211,92	80,13	157,66	133,78	269,56	208,27	138,47	211,85	104,97	629,88	226,41	163,32	222,16	123,34	297,22	213,82	128,58	183,83	130,45
<b>Cmic</b>	246,1	337,37	290,73	301,81	309,22	246,9	336,02	329,51	318,22	369,3	227,62	186,44	209,89	151,42	162,3	309,69	316,36	317,96	396,39	369,35	257,57	294,04	287,03	291,96	302,55
<b>Cmic:Corg</b>	2,06	2,75	1,82	2,3	2,72	2,06	2,76	2,05	2,43	3,26	1,92	1,52	1,3	1,163	1,43	2,59	2,58	1,77	3,02	3,23	2,157	2,4	1,74	2,23	2,66
<b>Nmic:Norg</b>	2,07	2,21	2,24	2,2	1,61	1,73	2,18	1,47	1,83	1,79	1,79	1,6	1,73	2,21	1,42	2	2,08	1,76	2,05	1,75	1,89	2,01	1,8	2,07	1,65
<b>Nmic</b>	26,12	33,04	36,99	33,95	27,98	21,73	32,58	25,2	28,26	31,64	22,44	23,86	29,86	33,94	24,88	25,2	31,07	30,87	31,42	30,48	23,87	30,13	30,73	31,89	28,75
<b>qCO2</b>	7,76	4,35	9,93	5,18	4,37	4,94	4,2	4,68	4,57	3,82	4,78	6,61	8,88	7,6	5,78	17,6	4,38	9,02	5,87	5,56	8,76	4,88	8,13	5,81	4,88
<b>CNmic</b>	9,53	10,24	7,9	8,92	11,05	11,36	10,34	13,36	11,31	12,12	10,13	7,85	7,2	4,48	6,6	12,39	10,19	9,56	12,56	12,09	10,85	9,65	9,51	9,32	10,47
<b>β-gluco.</b>	83,45	79,03	107,21	63,75	57,91	68,76	74,26	38,96	42,25	64,24	33,88	43,28	61,47	48,53	55,38	77,19	76,73	103,84	82,57	61,44	65,81	68,32	77,87	59,28	59,74
<b>N2O</b>	5,47	49,22	14,85	124,85	54,76	7,76	1,92	3,69	10,94	4,91	1,09	8,17	5,55	50,2	28,34	3,77	1,39	5,15	8,65	1,23	4,52	15,17	7,31	48,66	22,31
<b>NH4</b>	5,03	12,35	10,48	11,69	14,65	8,84	8,25	8,64	9,4	9,15	6,59	8,38	7,12	7,19	12,07	12,23	12,55	16,48	12,75	15,94	8,17	10,38	10,68	10,26	12,95
<b>NO3</b>	3,2	12,91	10,26	9,53	11,23	4,6	3,68	2,24	6,33	4,83	7,41	8,02	7,63	7,07	10,47	6,75	7,3	14,82	12,48	15,32	5,48	7,97	8,74	8,85	10,46

Anexo 7 – Fauna edáfica em diferentes tipos de manejo sob Argissolo Vermelho em quatro épocas do ciclo 2010/2011, Eldorado do Sul, RS. Soma dos organismos. Ver lista de abreviações

Fauna	Pós manejo cobertura				Durante cultura de verão				Pós manejo verão				Durante cultura cobertura				Total do Ciclo			
	PC		PD		PC		PD		PC		PD		PC		PD		PC		PD	
	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M	A/M	E/M
	<b>Índices de Diversidade</b>																			
Abu	173	277	281	295	93	72	223	160	362	400	329	378	84	84	268	314	712	833	1101	1147
Div	1,01	1,02	1,48	1,58	1,52	1,51	1,24	1,47	1,48	1,43	1,82	1,69	1,63	1,77	1,76	1,86	3,46	1,43	1,58	1,65
Dom	0,66	0,54	0,65	0,61	0,46	0,40	0,66	0,52	0,59	0,65	0,50	0,57	0,45	0,40	0,44	0,58	1,10	0,50	0,56	0,57
Equ	0,64	0,59	0,44	0,46	0,77	0,85	0,54	0,69	0,57	0,49	0,63	0,53	0,79	0,82	0,63	0,48	1,69	0,69	0,56	0,54
Riq	4,33	4,83	6,67	7,17	5,00	4,67	5,50	5,83	6,44	6,44	7,22	7,33	5,16	5,67	7,67	8,33	11,69	5,40	6,76	7,17
	<b>Arthropoda</b>																			
<b>Aracnida</b>																				
Aca	33	121	55	63	32	13	148	82	4	2	20	11	8	9	41	8	77	145	264	164
Ara	6	6	9	11	0	1	1	1	1	6	3	5	1	9	7	5	8	22	20	22
<b>Insecta</b>																				
Coleop	9	5	9	6	2	1	1	5	9	3	8	13	1	1	7	6	21	10	25	30
Dípt	1	1	4	8	0	2	5	8	41	58	37	66	16	25	57	37	58	86	103	119
Hem	0	2	1	1	3	1	2	2	21	6	19	5	5	9	14	1	29	18	36	9
Hym	5	12	16	11	31	24	31	20	23	27	32	25	7	7	25	12	66	70	104	68
Ort	0	0	1	3	2	14	7	6	10	7	9	6	4	2	2	3	16	23	19	18
Collem	112	125	180	180	7	5	10	16	220	257	171	210	38	11	100	180	377	398	461	586
	<b>Outros</b>																			
Jov	6	3	2	5	14	10	17	16	26	26	20	21	3	3	9	41	49	42	48	83
Outros	1	2	4	7	2	1	1	4	7	8	10	15	1	8	6	12	11	19	21	38

Anexo 8 – Fauna edáfica em em diferentes tipos de manejo sob Cambissolo em quatro épocas, Lages, SC. Soma dos organismos. Ver lista de abreviações.

Fauna	Pós Manejo das Cultura de Inverno		Durante Cultura de Verão		Pós-colheita da Cultura de Verão		Durante Cultura de Cobertura		Total do Ciclo		
	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	PC	PD	Campo
<b>Índices Ecológicos</b>											
Abundancia	766	785	965	1224	586	592	464	641	2781	3242	1389
Diversidade	1,63	1,83	1,42	1,57	0,60	0,95	1,28	1,65	1,23	1,20	2,37
Dominancia	0,41	0,40	0,56	0,45	0,87	0,77	0,68	0,58	0,63	0,44	0,47
Equitabilidade	0,71	0,70	0,51	0,52	0,55	0,50	0,56	0,55	0,58	0,45	0,60
Riqueza	6,46	7,35	6,67	7,61	3,12	4,53	5,06	6,88	5,33	5,27	7,30
<b>Arthropoda</b>											
<b>Aracnida</b>											
Acarina	133	169	162	363	3	24	16	113	314	669	480
Araneae	10	31	13	18	0	1	5	14	28	64	56
<b>Insecta</b>											
Coleoptera	47	64	23	21	9	6	22	41	101	132	57
Diptera	26	21	41	45	49	74	18	38	134	178	39
Hemiptera	10	9	26	12	2	8	22	31	60	60	34
Hymenoptera	201	243	137	128	10	9	25	27	373	407	280
Collembola	259	161	496	529	510	450	316	342	1581	1482	349
<b>Outras</b>											
Jovens	76	79	55	69	4	14	35	22	170	184	80
Outros	4	8	11	39	0	6	5	13	20	66	13

Anexo 9a – Fauna Edáfica em em diferentes tipos de manejo sob Latossolo em quatro épocas, Cruz Alta, RS. Soma dos organismos. Ver lista de abreviações.

Atributos da fauna edáfica	Pós manejo culturas inverno						Durante cultura verão					
	PC-M	PC-RI	PC-RIV	PD-M	PD-RI	PD-RIV	PC-M	PC-RI	PC-RIV	PD-M	PD-RI	PD-RIV
<b>Índice de Diversidade</b>												
Abundância	258	260	431	208	94	146	122	142	208	177	302	223
Diversidade												
Margalef	1,42	1,34	1,29	1,87	1,79	1,41	2,16	1,95	1,65	2,05	1,80	1,86
Dominância												
Berger-Parker	0,71	0,51	0,84	0,62	0,48	0,45	0,39	0,35	0,37	0,31	0,44	0,41
Equitabilidade	6,33	6,00	6,50	7,50	5,83	6,67	7,50	7,00	6,83	7,67	8,00	7,67
Riqueza	0,45	0,61	0,31	0,51	0,72	0,69	0,76	0,78	0,79	0,81	0,63	0,68
<b>Arthropoda</b>												
<b>Arachnida</b>												
Acarina	28	83	31	17	18	20	10	35	13	31	122	92
Araneae	6	2	3	19	8	38	4	5	4	4	10	6
<b>Insecta</b>												
Coleoptera	13	9	9	8	11	21	38	24	67	44	35	33
Diptera	6	23	12	5	6	3	2	4	16	12	8	33
Hemiptera	2	4	2	4	3	0	2	0	3	3	5	2
Hymenoptera	16	11	7	11	5	9	22	29	27	19	50	14
Orthoptera	3	0	3	7	9	1	13	26	60	32	51	8
Collembola	180	121	360	129	31	48	12	5	7	18	11	24
<b>Outros</b>												
Formas jovens	0	7	2	1	2	0	8	12	9	10	3	3
Outros	4	0	2	7	1	6	11	2	2	4	6	8

Anexo 9b – Fauna Edáfica em em diferentes tipos de manejo sob Latossolo em quatro épocas, Cruz Alta, RS. Soma dos organismos. Ver lista de abreviações.

Atributos da fauna edáfica	Pós manejo milho						Durante cultura cobertura						Total do ciclo*					
	PC-M	PC-RI	PC-RIV	PD-M	PD-RI	PD-RIV	PC-M	PC-RI	PC-RIV	PD-M	PD-RI	PD-RIV	PC-M	PC-RI	PC-RIV	PD-M	PD-RI	PD-RIV
<b>Índice de Diversidade</b>																		
Abundância	194	211	166	210	162	182	225	300	304	458	433	604	799	1084	1109	1053	991	1155
Diversidade	0,47	0,84	0,74	1,02	0,92	1,27	1,50	1,32	1,66	1,46	1,44	1,62	1,39	1,35	1,33	1,60	1,49	1,54
Margalef	0,93	0,86	0,91	0,84	0,80	0,79	0,44	0,61	0,37	0,40	0,42	0,30	0,62	0,66	0,62	0,54	0,54	0,49
Dominância	2,67	4,00	3,60	4,67	4,20	5,60	6,33	6,17	7,80	7,50	7,17	8,50	5,71	6,33	6,18	6,83	6,30	7,11
Berger-Parker	0,65	0,46	0,44	0,42	0,46	0,42	0,66	0,56	0,66	0,56	0,52	0,64	0,63	0,53	0,55	0,57	0,58	0,60
Riqueza	<b>Arthropoda</b>																	
<b>Arachnida</b>																		
Acarina	1	2	1	6	3	13	11	26	23	167	180	180	50	94	68	221	323	305
Araneae	1	1	2	4	1	3	0	2	5	2	2	16	11	11	14	29	21	63
<b>Insecta</b>																		
Coleoptera	5	10	1	14	12	10	58	22	71	23	18	102	114	65	148	89	76	166
Diptera	4	4	3	7	14	3	26	11	35	23	28	29	38	31	66	47	56	68
Hemiptera	0	1	1	0	0	0	3	2	9	3	2	16	7	5	15	10	10	18
Hymenoptera	2	2	7	2	1	6	19	33	25	17	21	47	59	71	66	49	77	76
Orthoptera	0	0	0	1	0	2	1	0	3	4	1	11	17	29	66	44	61	22
Collembola	180	180	150	175	129	143	95	180	98	180	162	180	467	725	615	502	333	395
<b>Outros</b>																		
Formas jovens	1	9	1	1	0	0	12	24	35	36	16	20	21	47	47	48	21	23
Outros	0	2	0	0	2	2	0	0	0	3	3	3	15	6	4	14	12	19

Ver lista de abreviações