

UNIVERSIDADE FEDERAL DE PELOTAS
Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção
Agrícola Familiar



Dissertação

**Fauna Edáfica em Diferentes Sistemas de Manejo:
Avaliações sob a Ótica Acadêmica e do
Conhecimento Local**

Greice de Almeida Schiavon

Pelotas, 2012

Greice de Almeida Schiavon

**Fauna Edáfica em Diferentes Sistemas de Manejo: Avaliações sob a Ótica
Acadêmica e do Conhecimento Local**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar da Universidade Federal de Pelotas, como requisito parcial à obtenção do título de Mestre em Agronomia (área do conhecimento: Ambiente Físico e Dinâmica de Agroecossistemas).

Orientadora: Dr.^a Ana Cláudia Rodrigues de Lima

Coorientador: Dr. Gustavo Schiedeck

Pelotas, 2012

Dados de catalogação na fonte:
(Marlene Cravo Castillo – CRB-10/744)

S329f Schiavon, Greice de Almeida

Fauna edáfica em diferentes sistemas de manejo : avaliações sob a ótica acadêmica e do conhecimento local / Greice de Almeida Schiavon ; orientador Ana Cláudia Rodrigues de Lima; co-orientador Gustavo Schiedeck. Pelotas,2012.-97f. .-
Dissertação (Mestrado) –Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Faculdade de Agronomia Eliseu Maciel . Universidade Federal de Pelotas. Pelotas, 2012.

1.Ecologia do solo 2.Dinâmica de agroecossistemas
3.Etnoecologia 4.Enchytraeidae 5.Oligochaeta I.Lima, Ana Cláudia Rodrigues de(orientador) II Título.

CDD 631.42

BANCA EXAMINADORA:

Prof.^a Dr.^a Ana Cláudia Rodrigues de Lima
(Departamento de Solos/FAEM/UFPEL)

Prof. Dr. Hélio Debli Casalinho
(Departamento de Solos/FAEM/UFPEL)

Prof.^a Dr.^a Zaida Ines Antonioli
(Departamento de Solos/UFSM)

Dr.^a Daniela da Rocha Vitória Krolow
(Pesquisadora Voluntária da FEPAGRO)

AGRADECIMENTOS

Primeiro, gostaria de agradecer aos meus pais (Davi e Gilma) que sempre estiveram ao meu lado, com apoio, conselhos, carinho, amizade, amor e orações. Obrigada, também, por compreender os momentos em que não consegui compartilhar com vocês. Amo vocês!

Aos meus irmãos (Amanda, Jone e Rafael) pela amizade, carinho e amor. A toda a minha família, só tenho a agradecer e retribuir com muito amor!

Ao meu namorado (José Ernani), a pessoa que me ajudou muito a desenvolver essa dissertação. Em todos os momentos ele esteve como um “coorientador extraoficial”, na definição do projeto, no desenvolvimento da parte prática, nas correções da parte escrita e, principalmente, por compartilhar minhas angústias. Só posso te agradecer e dizer que te amo! Obrigada por estar ao meu lado!

À minha querida orientadora e grande amiga, Ana Cláudia. Só tenho a agradecer pelos ensinamentos, pelo apoio nos momentos difíceis, pelas sábias palavras de incentivo e pela grande amizade que construímos no nosso dia-a-dia. Obrigada por tudo e saiba que pode contar sempre comigo!

Ao meu coorientador, Gustavo Schiedeck, foram mais de seis anos de convívio na Estação Experimental Cascata. Devo sempre agradecer pela orientação, carinho e amizade. Obrigada!

Aos agricultores ecologistas que acompanharam e fizeram parte deste trabalho, em especial a família Scheer e a família Schiavon. Não tenho palavras para agradecer por todos os ensinamentos, pela amizade e pela disponibilidade em me receber na casa de vocês. A cada visita me senti um pouco parte destas duas famílias. Vocês são demais!

Ao professor Hélivio, que também posso chamar de um “coorientador” nessa minha trajetória, pois tive o prazer de partilhar minhas conversas com a professora Ana Cláudia e, sempre que possível, era chamado para nos dar um auxílio. Obrigada querido professor!

Aos meus colegas do Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar (Samira, Jurandir e Manoela), meus grandes amigos, pessoas maravilhosas, que estarão para sempre guardados no meu coração. Adoro vocês!

Ao SPAF (Sistemas de Produção Agrícola Familiar), professores e demais colegas, pela oportunidade de realizar o mestrado com esse grupo diferenciado, onde sempre existem boas discussões sobre os mais diversos temas e áreas do nosso programa e, ao mesmo tempo, aquela alegria em saber que estamos num programa de pós-graduação, onde as relações humanas são essenciais e primordiais.

Aos meus amigos e companheiros de trabalho (Fabiana, Caroline, Ryan, Maristela, Beth, Roger, Thobias, Alexandre e Beбето) que acompanharam minhas coletas e as longas viagens de solo e, principalmente, obrigada por tornarem estes momentos mais agradáveis e cheios de gargalhadas no apoio ao campo. Obrigada meus amigos!

A todos os colegas e amigos da Estação Experimental Cascata (Embrapa Clima Temperado) foi extremamente prazeroso fazer parte desta Estação por seis anos. Sinto saudades meus amigos!

Ao CNPq e FAPESC pela aprovação do projeto intitulado “Tecnologias para o desenvolvimento sustentável de sistemas de produção de hortaliças”, coordenado pela pesquisadora Tatiana da Silva Duarte. Neste projeto, temos um subprojeto em parceria com EEC (Embrapa) e UFPEL, onde está inserida a minha dissertação.

Obrigada, também, ao CNPq pela concessão da bolsa de estudo.

EPÍGRAFE

“De uma coisa sabemos: a terra não pertence ao homem, é o homem que pertence à terra. Disto temos certeza. Todas as coisas estão interligadas, como o sangue que une uma família. Tudo está relacionado entre si. Tudo quanto agride a terra, agride os filhos da terra. Não foi o homem quem teceu a trama de vida: ele é meramente um fio da mesma. Tudo que ele fizer à trama, a si próprio fará”.

(Cacique Seattle, em carta enviada ao Governador de Washington, 1856)

RESUMO

SCHIAVON, Greice de Almeida. **Fauna Edáfica em Diferentes Sistemas de Manejo: Avaliações sob a Ótica Acadêmica e do Conhecimento Local**. 2012. 97f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

Este trabalho foi desenvolvido na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado no município de Pelotas e em uma propriedade agrícola familiar no município de Morro Redondo. O objetivo geral do estudo foi avaliar o conhecimento local e acadêmico sobre as influências das práticas de manejo na fauna edáfica nos sistemas de produção de base ecológica. A metodologia para a coleta da fauna edáfica, a cada estação do ano, foi baseada no programa TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility). O conhecimento local foi avaliado a partir de entrevista semiestruturada com a família agricultora. Para avaliação dos dados foram utilizados como ferramentas explicativas, os índices ecológicos, e a análise multivariada, conhecida como Análise de Componentes Principais (ACP) para correlação das influências das práticas de manejo na fauna edáfica. No primeiro capítulo foi possível observar no sistema de produção de base ecológica de hortaliças da Estação Experimental Cascata, que os tratamentos com compostagem laminar com esterco bovino (CE) e cobertura morta sobre o solo (CM) apresentaram os melhores valores de diversidade da fauna edáfica, enquanto o tratamento com mecanização frequente do solo (MF) obteve uma forte correlação com os enquitreídeos em todas as estações do ano. No segundo capítulo, realizado através de entrevista com a família agricultora, foi ressaltada a função das minhocas no solo, além da compreensão que as práticas de manejo influenciam a presença da fauna edáfica. Com isso, foi possível concluir que o conhecimento local é um importante aliado ao conhecimento acadêmico para avaliar a influência das práticas de manejo na fauna edáfica. Além disso, os tratamentos CE e CM demonstraram sua importância para a manutenção da diversidade do solo e diminuição da mão-de-obra nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças.

Palavras-chave: Ecologia do Solo. Dinâmica de agroecossistemas. Etnoecologia. Enchytraeidae. Oligochaeta.

ABSTRACT

SCHIAVON, Greice de Almeida. **Soil Fauna in Different Management Systems: Evaluation under the Academic Optics and Local Knowledge**. 2012. 97f. Dissertação (Mestrado) - Programa de Pós-Graduação em Sistemas de Produção Agrícola Familiar. Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

This study was conducted on Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, in Pelotas, and on one family farm, in Morro Redondo. The objective of the study was to evaluate the scientific and local knowledge about the influences of management practices on soil fauna in ecological production systems. The methodology for samples of soil fauna, in each season, was done using the TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility). Local knowledge was assessed using semi-structured interviews. The data analysis was done using the ecological indices as explanatory tools, and also the multivariate analysis (Principal Component Analysis - PCA) to evaluate the influence of management practices on soil fauna. In the first chapter, the ecological horticultural production systems cultivated under laminar composting with manure (CE) and mulch on the soil (CM), at Embrapa, showed the best values of soil fauna diversity, while treatment with frequent soil mechanization (MF) obtained a strong correlation with enchytraeids in all seasons. In the second chapter, results from interviews showed that the studied family recognize the role of earthworms in soil and understand the influence of the soil practices on soil fauna. It's possible to conclude that local knowledge is a valuable contribution to scientific knowledge to assess the influence of management practices on soil fauna. Moreover, the treatments CE and CM demonstrated their importance for to maintaining the soil diversity and for decreasing the hand labor in ecological horticultural production systems.

Keywords: Soil Ecology. Dinamic Agroecosystems. Ethnoecology. Enchytraeidae. Oligochaeta.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Localização espacial dos municípios que integram o Território Zona Sul do Rio Grande do Sul, Brasil.....	23
Figura 2. Localização espacial dos agroecossistemas que estão inseridos no projeto: “Rede de pesquisa participativa para a transição agroecológica da agricultura familiar do território Sul do Rio Grande do Sul”, Rio Grande do Sul, 2012.....	27
Figura 3. Efeito do manejo agrícola na população e diversidade de meso e macrofauna do solo. A posição das práticas de manejo no eixo y é uma contribuição relativa ao aumento e a diminuição das populações e diversidade da fauna edáfica.	33
Figura 4. Esquema de classificação da fauna do solo por tamanho..	34
Figura 5. Vista geral da área de sistema de produção de base ecológica de hortaliças. (A) Na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, em Pelotas; (B) Na propriedade da família Scheer, em Morro Redondo, RS, 2011.....	39
Figura 6. Vista geral da feira de produtos ecológicos na cidade de Pelotas, RS, 2011..	39
Figura 7. Procedimentos da coleta para avaliação da fauna edáfica. Pelotas, RS, 2011..	40
Figura 8. Entrevista realizada na propriedade da família agricultora. Morro Redondo, RS, 2011..	42
Figura 9. Gráfico dos índices de precipitação pluviométrica e o número de dias de chuva mensais de setembro de 2010 a setembro de 2011, de acordo com os dados da estação climatológica da Embrapa – EEC. Pelotas, RS, 2011.....	47
Figura 10. Gráfico das temperaturas mínimas, máximas e as médias mínimas e máximas mensais de setembro de 2010 a setembro de 2011, de acordo com os dados da estação climatológica da Embrapa – EEC. Pelotas, RS, 2011.....	48
Figura 11. (A) Vista geral da área de realização do trabalho; (B) canteiros com compostagem laminar com esterco (CE); (C) canteiros com cobertura morta (CM); (D) canteiros com mecanização frequente do solo (MF). EEC, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2011.	49
Figura 12. Frequência relativa da fauna edáfica nos tratamentos com compostagem laminar de esterco (CE), cobertura morta do solo (CM) e mecanização frequente do solo (MF) na primavera (E1), verão (E2), outono (E3) e inverno (E4). Pelotas, RS, 2011.	55
Figura 13. Relação entre os eixos 1 e 2 da ACP, discriminando as áreas avaliadas em diferentes épocas do ano (setas vermelhas) e as variáveis de densidade dos diferentes grupos taxonômicos e os parâmetros ecológicos (setas azuis). Pelotas, RS, 2011.	56

Figura 14. Vista geral da área dos canteiros de produção de hortaliças da família agricultora. Morro Redondo, RS, 2011.....	65
Figura 15. A) Sistema de produção de hortaliças em Morro Redondo. B) Delimitação da área de coleta com a utilização de pás de corte. C) Monolito de solo do sistema de produção de hortaliças. Morro Redondo, RS, 2011.....	66
Figura 16. Frequência relativa dos principais grupos taxonômicos da fauna edáfica encontrados no sistema de produção de base ecológica de hortaliças para a média das quatro estações do ano. Morro Redondo, RS, 2011.....	74
Figura 17. Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna edáfica no sistema de produção de base ecológica de hortaliças no Morro Redondo, em cada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno). Morro Redondo, RS, 2011.....	75
Figura 18. Relação entre os eixos 1 e 2 da ACP, discriminando as variáveis de densidade dos diferentes grupos taxonômicos e os parâmetros ecológicos (linhas azuis) e as propriedades químicas do solo (linhas vermelhas). Morro Redondo, RS, 2011.	76

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Fornecimento médio anual de produtos orgânicos ao Programa de Aquisição de Alimentos Doação Simultânea no Território Zona Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, 2009.	25
Tabela 2. Funções ecológicas dos grupos taxonômicos pertencentes a meso e macrofauna do solo.	35
Tabela 3. A importância dos diferentes grupos da fauna edáfica na ciclagem de nutrientes e estrutura do solo.	36
Tabela 4. Classificação dos grupos funcionais em categorias de abundância.	43
Tabela 5. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, na primavera. Pelotas, RS, 2010.	52
Tabela 6. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, no verão. Pelotas, RS, 2011.	53
Tabela 7. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, no outono. Pelotas, RS, 2011.	54
Tabela 8. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, no inverno. Pelotas, RS, 2011.	55
Tabela 9. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, no tratamento de compostagem laminar, nas quatro estações avaliadas. Pelotas, RS, 2011.	57
Tabela 10. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, no tratamento de cobertura morta, nas quatro estações avaliadas. Pelotas, RS, 2011.	58
Tabela 11. Densidade, biomassa total, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, no tratamento de mecanização frequente do solo, nas quatro estações avaliadas. Pelotas, RS, 2011.	59

Tabela 12. Análises físicas da superfície do solo realizado na estação da primavera, no sistema de produção de base ecológica de hortaliças em Morro Redondo. Morro Redondo, RS, 2010.	70
Tabela 13. Análises químicas do solo, na profundidade de 0-30 cm, em diferentes estações (primavera, verão, outono e inverno), no sistema de produção de base ecológica de hortaliças em Morro Redondo. Morro Redondo, RS, 2011.	71
Tabela 14. Avaliação dos indicadores químicos do solo, na profundidade de 0-30 cm, em diferentes estações (primavera, verão, outono e inverno), no sistema de produção de base ecológica de hortaliças em Morro Redondo. Morro Redondo, RS, 2011.	71
Tabela 15. Densidade, riqueza, diversidade, equitabilidade, dominância da comunidade de fauna coletada no solo até a profundidade de 30 cm em diferentes estações, no sistema de produção de base ecológica de hortaliças. Morro Redondo, RS, 2011.	73

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO GERAL.....	16
2.	REVISÃO DA LITERATURA.....	19
	2.1 Agricultura Familiar	19
	2.2 Agroecologia	21
	2.3 Agroecossistemas familiares do Território Zona Sul do Rio Grande do Sul: uma contribuição aos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças .	23
	2.4 Qualidade do solo na perspectiva agroecológica.....	28
	2.4.1 Conhecimento local e a fauna edáfica.....	29
	2.4.2. Manejo do solo e seus efeitos sobre a fauna edáfica	32
	2.4.3. Fauna edáfica e as propriedades do solo.....	33
3.	METODOLOGIA GERAL	38
	3.1 Área de Estudo	38
	3.2 Avaliação das Propriedades Biológicas do Solo	40
	3.3 Avaliação das Propriedades Físicas e Químicas do Solo	41
	3.4 A percepção do agricultor sobre a importância da fauna edáfica na qualidade do solo.....	41
	3.5 Índices Ecológicos	42
	3.6 Análise estatística	43
4.	CAPÍTULO 1: Influência de diferentes práticas de manejo na fauna edáfica: uma contribuição à construção de sistemas de produção de base ecológica	45
	4.1 Introdução.....	45
	4.2 Material e Métodos	47
	4.2.1 Local de Estudo.....	47
	4.2.3 Índices Ecológicos e Análise Estatística.....	50
	4.3 Resultados e Discussão.....	51
	4.4 Conclusões	60
5.	CAPÍTULO 2: O conhecimento local sobre a fauna edáfica e suas relações com o solo em agroecossistema de base familiar e em transição agroecológica	63
	5.1 Introdução.....	63
	5.2 Material e Métodos	64

5.2.1 Características gerais do agroecossistema estudado, seu sistema de produção e de manejo	64
5.2.2 Investigando a percepção dos agricultores	66
5.2.3 Avaliação da fauna edáfica.....	66
5.2.4 Avaliação das propriedades físicas e químicas do solo	67
5.2.5 Avaliação dos índices ecológicos e análise estatística.....	67
5.3 Resultados e Discussão.....	68
5.3.1 A percepção do agricultor sobre a fauna edáfica	68
5.3.2. Diversidade da fauna edáfica em sistema de produção de base ecológica de hortaliças	73
5.4 Conclusões	77
6. DISCUSSÃO GERAL	79
7. CONCLUSÕES GERAIS.....	82
8. REFERÊNCIAS.....	84
9. APÊNDICES.....	95

1. INTRODUÇÃO GERAL

Os agroecossistemas de base ecológica procuram agregar características, processos e estruturas de funcionamento dos ecossistemas naturais e tentam aperfeiçoar as interações nestes sistemas, incorporando algumas características como resiliência, estabilidade, produtividade e equilíbrio dinâmico (GLIESSMAN, 2000; ALTIERI, 2002). Segundo Caporal e Costabeber (2004), existem vários estilos de agriculturas de base ecológica que utilizam as bases conceituais da Agroecologia, sendo que esta ciência pode auxiliar na transição de modelos agrícolas convencionais para agriculturas sustentáveis.

Nos agroecossistemas de base ecológica, a qualidade do solo é considerada fundamental para o bom desempenho dos diferentes estilos de agriculturas, sendo necessária a utilização de práticas de manejo mais adequadas para a manutenção das interações bióticas e abióticas no solo. Com isso, procura-se perceber o solo não apenas como um meio abiótico, de suporte para plantas, mas como um local com diversas formas de vida, com interações entre estas e com trocas de matéria e energia com o meio (FEIDEN, 2001). Assim, o solo deve ser compreendido como um importante sistema de avaliação e monitoramento das inter-relações existentes entre as plantas, a matéria orgânica, as variações climáticas e os seres vivos que compõem este ambiente (CASALINHO, 2003).

A avaliação e o monitoramento da qualidade do solo visam compreender o sistema solo através do estudo das relações entre uma série de indicadores físicos, químicos e biológicos (DORAN; SARRANTONIO; LIEBIG, 1996), além dos indicadores relacionados ao conhecimento local (BARRIOS; TREJO, 2003). O conhecimento local, repassado de geração em geração e aperfeiçoado com a observação e interação dos agricultores com o meio, integrado ao conhecimento

acadêmico, pode auxiliar na melhor compreensão dos processos ecológicos no solo e na tomada de decisão dos agricultores em relação ao manejo sustentável dos agroecossistemas (BARRIOS; TREJO, 2003).

A produção de hortaliças está, em sua maioria, embasada nos chamados sistemas convencionais de cultivo, porém, verifica-se um aumento significativo desses cultivos em “sistemas orgânicos” (BRASIL, 2003; BRASIL, 2011). Alguns aspectos interessantes das hortaliças advêm do fato de constituir um grupo diversificado de plantas e 60% da produção é realizada em propriedades familiares que apresentam menos de 10 hectares (MELO; VILELA, 2011). São escassos os trabalhos realizados em relação ao manejo do solo em consonância com os princípios da Agroecologia, principalmente nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças (FEIDEN, 2005; PADOVAN, 2006; CESAR; PADOVAN, 2007). A utilização de práticas de manejo do solo mais adequadas, que contribuam para o aumento da diversidade dos agroecossistemas, podem trazer benefícios para as propriedades do solo (PRIMAVESI, 1990; FEIDEN, 2005), principalmente para a fauna edáfica que poderá cumprir as suas funções no solo de forma mais efetiva. A fauna edáfica pode, assim, contribuir para o funcionamento e estabilidade do sistema solo, exercendo influência na ciclagem de nutrientes e na estrutura do solo, principalmente pela diversidade de grupos taxonômicos (HENDRIX et al., 1990; LAVELLE et al., 2006).

No entanto, apesar de existir um esforço considerável em avaliar e definir a fauna edáfica em diversos agroecossistemas (CORREIA; PINHEIRO, 1999; CORDEIRO et al., 2004; ALVES; BARETTA; CARDOSO, 2006; BARETTA et al., 2006; NUNES; ARAÚJO FILHO; MENEZES, 2009; KLENK, 2010; LIMA; BRUSSAARD, 2010; SCHIAVON et al., 2011) sua relação com o manejo do solo e com o conhecimento local ainda são assuntos que merecem destaque e mais aprofundamento, principalmente em agroecossistemas de base ecológica de hortaliças. Assim, esta dissertação se alicerça na seguinte questão:

“Qual é a fauna edáfica existente em sistemas de produção de base ecológica de hortaliças e qual sua relação com o manejo do solo segundo o conhecimento acadêmico e localmente desenvolvido?”

Nesse sentido, todo o trabalho foi realizado com o objetivo geral de avaliar e identificar os diferentes grupos taxonômicos da fauna edáfica, encontrados nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças, como estes grupos podem ser influenciados por práticas de manejo segundo o conhecimento acadêmico e o conhecimento localmente desenvolvido.

Estruturalmente, a dissertação está assim dividida:

Revisão da Literatura: retrata o estado da arte dos principais temas desenvolvidos nos dois capítulos, como a fauna edáfica, as práticas de manejo e a percepção local de agricultores sobre os organismos do solo encontrados nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças.

Metodologia Geral: apresenta às especificações da metodologia aplicadas nos dois capítulos, desde a caracterização das áreas de estudo, coleta das amostras de solo, informações obtidas pela entrevista à análise de resultados.

Capítulo 1: aborda um estudo experimental com o intuito de avaliar a fauna edáfica em diferentes estações do ano e como estes organismos podem ser influenciados pelas práticas de manejo e pelas características do solo nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças. Para a análise dos dados foram utilizados índices ecológicos para descrever a fauna edáfica, além de análise multivariada para correlacionar os dados dos organismos com as propriedades do solo.

Capítulo 2: avalia um agroecossistema familiar de base ecológica na região sul do Rio Grande do Sul, no município de Morro Redondo, na perspectiva da avaliação da fauna edáfica e suas relações com o manejo do solo, através do conhecimento acadêmico e do conhecimento localmente desenvolvido pela família agricultora. A análise dos dados ocorreu através da utilização de índices ecológicos e de análise multivariada, além da avaliação do conhecimento local da família agricultora.

Discussão Geral: retoma os principais resultados trabalhados em cada capítulo para uma discussão integrada.

E por fim, são apresentadas as *Conclusões Gerais*.

2. REVISÃO DA LITERATURA

2.1 Agricultura Familiar

A agricultura familiar pode ser caracterizada pela gestão da propriedade agrícola pela própria família, onde o trabalho é realizado pela mesma com ou sem ajuda de terceiros. Além disso, a propriedade agrícola é considerada um espaço de produção e consumo, como também, de reprodução social (DENARDI, 2001). A Lei 11.326/2006 estabelece os requisitos para ser considerada agricultura familiar, descrito no artigo 3:

Art.3º Para os efeitos desta Lei, considera-se agricultor familiar e empreendedor familiar rural aquele que pratica atividades no meio rural, atendendo, simultaneamente, aos seguintes requisitos:

I - não detenha, a qualquer título, área maior do que 4 (quatro) módulos fiscais;

II - utilize predominantemente mão-de-obra da própria família nas atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;

III - tenha renda familiar predominantemente originada de atividades econômicas do seu estabelecimento ou empreendimento;

IV- dirija seu estabelecimento ou empreendimento com sua família.
(BRASIL, 2006)

Segundo o Censo Agropecuário realizado pelo Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE, 2006), foram identificados 4.367.902 estabelecimentos de agricultores familiares, que representam 84,4% do total dos estabelecimentos no Brasil. Estes estabelecimentos ocupam uma área de 80,25 milhões de hectares, o que representa apenas 24,3% do total. Os estabelecimentos não familiares ocupam 75,7% do total de área agrícola e representam apenas 15,6% do total dos estabelecimentos. Os agricultores familiares apresentam em média propriedades com 18,37 hectares, enquanto as propriedades não familiares

apresentam em média uma área de 309,18 hectares. Esses dados demonstram uma concentração de terra no País por estabelecimentos chamados não familiares.

Na agricultura familiar, 45% da área é ocupada por pastagens, 28% com a manutenção das florestas e sistemas agroflorestais e apenas 22% em lavouras. Mesmo com uma pequena área agrícola com lavouras e pastagens, reconhece-se a importância da agricultura familiar no Brasil como produtora de alimentos que garantem a segurança alimentar. Na cesta básica, a agricultura familiar é responsável por: 87% da produção de mandioca, 70% da produção de feijão, 46% do milho, 38% do café, 34% do arroz, 21% do trigo. Na pecuária, 58% do leite, 59% do plantel de suínos, 50% das aves e 30% dos bovinos (IBGE, 2006).

Em um contexto histórico, a agricultura familiar no Brasil começa a ser delineada com a imigração dos europeus, estimulada pelo governo com o intuito de formar uma camada social de homens que fornecessem ao país os produtos que eram importados ou produzidos em pequena escala. Com isso, o governo queria estabelecer pequenos agricultores para produzir e fornecer alimentos para as cidades. Os imigrantes aos poucos foram se sucedendo e transformando a paisagem agrícola, estabelecendo no estado a agricultura de pequena propriedade e a produção do artesanato (COSTA, 1922).

Na região de Pelotas-RS, os primeiros imigrantes chegaram ao final do século XIX, formando principalmente colônias alemãs, italianas e francesas, que em pequenas propriedades produziam alimentos para a subsistência e para as cidades e as charqueadas. Na zona rural, foram desenvolvidas uma série de atividades que serviam de fontes de renda para as unidades rurais familiares como, a produção artesanal de doces, os moinhos coloniais, oficinas, marcenarias, ferrarias, carpintarias, entre outras (COSTA, 1922).

As técnicas tradicionais de cultivo, praticadas desde o estabelecimento dos imigrantes em terras brasileiras, foram sendo substituídas com a disseminação dos pacotes tecnológicos da “Revolução Verde” em meados da década de 60, o que gerou profundas mudanças na produção e na vida dessas pessoas, que antes produziam para o auto-consumo e venda dos excedentes. A agricultura passa a ser feita de forma intensiva, com objetivo de aumentar a produção de alimentos e condicionada à indústria. Com isso, os agricultores foram abandonando práticas

adquiridas através de sucessivas gerações, passando a receber e aplicar os chamados pacotes tecnológicos.

Assim, a partir da década de 60, com o conseqüente processo de “modernização” no setor agrícola, muitos agricultores familiares foram expulsos das propriedades, por ser um processo seletivo e excludente de agricultura. A partir dos anos 90, as discussões acerca da agricultura familiar ganham relevância devido aos problemas ocasionados por esse modelo de agricultura, como a concentração fundiária, o que fortalece a luta dos trabalhadores pelo direito a reconquistar a terra. Com isso, as discussões sobre a importância econômica, cultural, social e ambiental da agricultura familiar com a Agroecologia ganham relevância.

Neste contexto, a agricultura familiar é considerada um importante lócus para o desenvolvimento sustentável da Agroecologia, devido à diversificação de cultivos, a geração de empregos, a redistribuição de renda com baixo custo de produção, a melhoria da qualidade de vida e a soberania alimentar no campo e na cidade (CARMO, 1998; BURG; LOVATO, 2007).

2.2 Agroecologia

A Agroecologia e as “Agriculturas Alternativas” surgiram da necessidade de aplicar princípios ecológicos aos sistemas de produção agrícola. As “Agriculturas Alternativas” são compostas por vários estilos de agriculturas de base ecológica com alguns modelos de práticas agrícolas, como Agricultura Natural, Agricultura Orgânica, Agricultura Biodinâmica, Permacultura, Agricultura Sustentável, entre outras (EMBRAPA, 2006). Porém, nas “Agriculturas Alternativas” não são necessariamente aplicados todos os conceitos e princípios da Agroecologia (CANUTO, 1998).

A Agroecologia apresenta a sua importância em um contexto maior que sua teoria, com isso precisa ser compreendida como uma ciência, mas também, como um movimento realizado pelos ambientalistas e pelos movimentos sociais. Além disso, a Agroecologia deve ser identificada como uma prática realizada por agricultores ecologistas, agricultores preocupados com a sustentabilidade do

sistema agrícola (WEZEL et al., 2009). Enquanto ciência é pautada nas multidimensões social, econômica, ecológica, cultural, política e ética e tem o intuito de aproximar a agricultura dos conceitos da sustentabilidade (CAPORAL; COSTABEBER, 2002). Para isso, é necessário compreender a dinâmica dos agroecossistemas, com suas relações internas e externas, aplicando princípios da Ecologia à agricultura, como também, compreender as relações sociais e a realidade de cada local. Portanto, a contribuição da Agroecologia como ciência, deve ser pautada pelo respeito aos conhecimentos locais e, ao mesmo tempo, não desprezando o conhecimento acadêmico (EMBRAPA, 2006).

Cabe ressaltar que não existe um nível ideal e único de sustentabilidade, este vai depender do local e das multidimensões de cada sistema. Com isso, uma agricultura sustentável, deve ter no redesenho do agroecossistema uma aproximação com o ecossistema natural em que está inserido. O processo de transição agroecológica, focado na sustentabilidade em longo prazo dos sistemas agrícolas, não pode ocorrer apenas no sistema de produção, mas deve acontecer através de um processo gradual em todo o agroecossistema. Essa transição, para Gliessman (2000), acontece em três passos ou níveis, onde no primeiro passo, há a redução ou racionalização do uso de insumos químicos, no segundo, a substituição do uso de insumos químicos sintéticos por insumos ecológicos e no terceiro, o foco está no manejo da biodiversidade e redesenho dos sistemas agrícolas, com intuito de melhorar o equilíbrio dinâmico através do aumento da biodiversidade e da capacidade de resiliência dos sistemas.

No entanto, na prática esses passos acontecem simultaneamente em diferentes níveis de complexidade das interações. O gerenciamento dos sistemas agrícolas através da compreensão das suas relações é fundamental para o desenho e manejo destes, sendo necessárias características como a observação, o cuidado e o conhecimento localmente desenvolvido pelos agricultores, o que no contexto da agricultura familiar, são mais adequadas (GLIESSMAN, 2000; EMBRAPA, 2006).

2.3 Agroecossistemas familiares do Território Zona Sul do Rio Grande do Sul: uma contribuição aos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças

O agroecossistema deve ser analisado considerando os princípios ecológicos dos ecossistemas naturais. Portanto, o agroecossistema é conhecido como o local de produção agrícola com ações antrópicas, que pode ser analisado em diferentes níveis: sistema de produção, propriedade ou bacia hidrográfica. Nos agroecossistemas de base ecológica objetiva-se alcançar características semelhantes aos ecossistemas naturais, com a necessidade de um redesenho e manejo dos agroecossistemas, adquirindo resiliência, estabilidade, produtividade e equidade (GLIESSMAN, 2000).

O território Zona Sul do Rio Grande do Sul, composto por vinte e cinco municípios (Fig. 1), possui uma população total (rural e urbana) de 871.733 habitantes em uma área de 38.067 Km². A densidade demográfica do território de 23 hab/Km² contrasta com a do Estado que aumenta para 37,6 hab/Km² (IBGE, 2006).

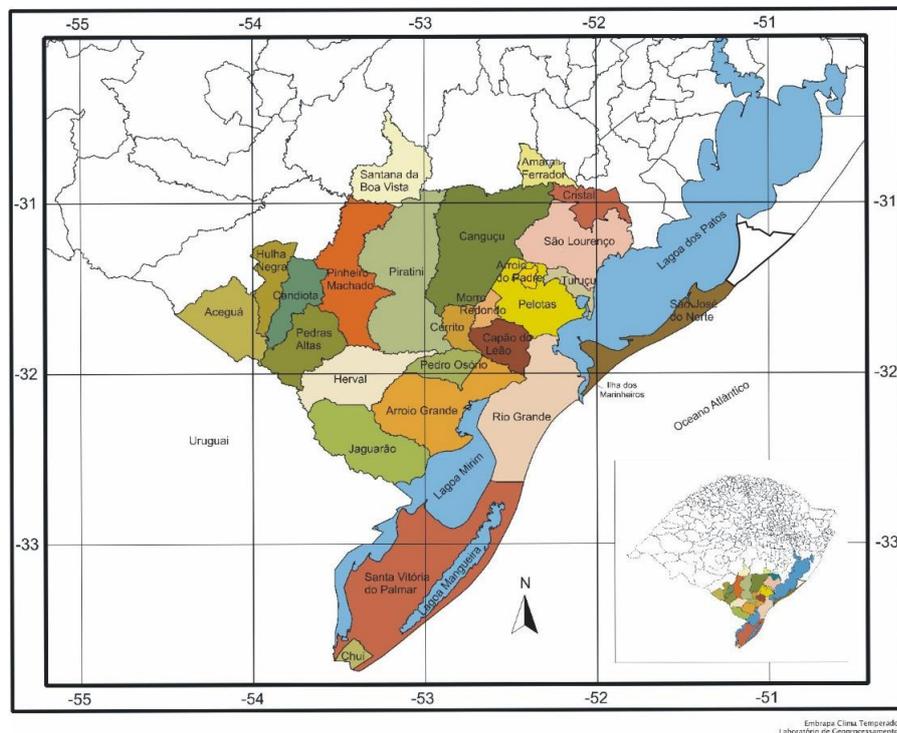


Figura 1. Localização espacial dos municípios que integram o Território Zona Sul do Rio Grande do Sul, Brasil. Fonte: CENTRO DE APOIO AO PEQUENO AGRICULTOR; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2009.

Os municípios de Pelotas e Rio Grande concentram mais de 60% do total da população deste Território, quando se desconsidera estes dois municípios, a densidade demográfica diminui para 13,2 hab/Km², ou seja, um número baixo de habitantes por área, predominando no território as áreas de pecuária extensiva e produção de arroz (CENTRO DE APOIO AO PEQUENO AGRICULTOR; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2009).

No Território Zona Sul pode se destacar três categorias de sistemas de produção: sistema pastoril convencional, sistema de lavoura empresarial e sistema de lavoura e pecuária familiar. Essas divisões demonstram que o território, apesar de possuir grandes propriedades (acima de 100 ha, ocupando 77,6% da área agrícola), também apresenta um grande número de propriedades familiares (cerca de 32.500 propriedades, incluindo as áreas de reforma agrária com áreas inferiores a 100 ha), ocupando 22,4% da área agrícola (IBGE, 2004).

A produção de hortaliças possui uma grande importância nos agroecossistemas familiares, sendo utilizada tanto para a subsistência da família como para a comercialização dos excedentes. Como a produção de hortaliças pode ser trabalhada em pequenas áreas dentro das propriedades, geralmente menos de 10 hectares, sua principal via de produção (60%) é desenvolvida pela agricultura familiar, garantindo assim a sustentabilidade e o desenvolvimento local destas famílias (FAULIN; AZEVEDO, 2003; MELO; VILELA, 2007).

Segundo o Centro de Apoio ao Pequeno Agricultor; Ministério do Desenvolvimento Agrário (2009), os agroecossistemas familiares do Território Zona Sul apresentam tradição na produção de hortaliças, principalmente os municípios de Pelotas, Rio Grande e Arroio do Padre. As principais formas de comercialização das hortaliças nestes municípios ocorrem através de feiras livres, atravessadores ou em Centrais de Hortifrutigranjeiros. A maioria dos produtores de hortaliças não estão organizados em cooperativas ou associações de produtores, com exceção dos agricultores pertencentes à Associação Regional dos Produtores da Região Sul (ARPA-Sul) e à Cooperativa Sul Ecológica. Essa falta de organização favorece a presença dos intermediários ou atravessadores.

A produção de hortaliças ainda apresenta dificuldades relacionadas ao manejo do solo, a grande exigência de mão de obra familiar, ao controle de plantas

espontâneas e as “pragas”, tanto nos sistemas convencionais como nos sistemas de base ecológica.

A Agroecologia vem ganhando força e reconhecimento público no território Zona Sul através da prática realizada por vários agricultores ecologistas na região, como movimento realizado pelos trabalhos de assessoria técnica de ONGs e extensão rural oficial as propriedades, bem como em nível de pesquisa científica através dos órgãos de ensino e pesquisa (CENTRO DE APOIO AO PEQUENO AGRICULTOR; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2009; WEZEL et al., 2009). A Agroecologia se apresenta, portanto, como estratégia para o desenvolvimento rural sustentável, através da produção de alimentos “limpos”, da conservação dos recursos naturais e culturais, da superação da pobreza e da soberania alimentar, tendo, as agriculturas de base ecológica como ferramenta. No território Zona Sul são cerca de 290 famílias de agricultores de base familiar (assentados de reforma agrária, quilombolas e agricultores familiares) que trabalham com sistemas de produção de base ecológica, distribuídos em nove municípios da região. Através do Programa de Aquisição de Alimentos, esse sistema de produção foi impulsionado, com destaque para a produção de hortaliças (Tab. 1) (CENTRO DE APOIO AO PEQUENO AGRICULTOR; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2009).

Tabela 1. Fornecimento médio anual de produtos orgânicos ao Programa de Aquisição de Alimentos Doação Simultânea no Território Zona Sul, Rio Grande do Sul, Brasil, 2009.

Produtos	Volume (Kg)
Feijão preto	94.700
Batata	85.800
Abóbora	79.000
Repolho	43.000
Arroz	31.600
Cebola	29.700
Farinha de milho	20.500
Cenoura	17.500
Beterraba	12.500
Total	414.300

Fonte: CENTRO DE APOIO AO PEQUENO AGRICULTOR; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO, 2009.

A partir da organização em rede da agricultura familiar no território Sul do Rio Grande do Sul, uma série de processos foi desencadeada, como a criação do Fórum da Agricultura Familiar em 1996 que se reúne sistematicamente nas dependências da Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata. O Fórum é composto por representantes de cooperativas e associações de agricultores familiares e pescadores artesanais, os conselhos municipais de desenvolvimento rural, as prefeituras, os movimentos sociais, os sindicatos de trabalhadores rurais, os dirigentes de ONG's relacionadas ao desenvolvimento rural, os centros de pesquisa, ensino e extensão rural e os estudantes. É possível observar no fórum a integração de diversos atores sociais comprometidos com o debate a respeito do desenvolvimento sustentável, onde se dão as discussões e a implementação de políticas públicas de apoio a agricultura familiar no território, como o PRONAF, o Programa de Aquisição de Alimentos (PAA), políticas afirmativas (quilombolas, pescadores, jovens, mulheres) e políticas de governança (território da cidadania e território rural) (CARDOSO; AUDEH, 2010; FÓRUM DA AGRICULTURA FAMILIAR DA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL, 2012).

Com as discussões que ocorrem no Fórum da Agricultura Familiar surgem uma série de demandas na área de pesquisa e desenvolvimento voltados a agricultura familiar e a transição agroecológica no território. Visando contribuir com essas demandas, a Embrapa aprova, em 2001, um projeto de pesquisa contratada através do programa RS Rural. Nesta fase do projeto foram realizados ensaios de síntese em quinze propriedades de referência em transição agroecológica, visando a construção do conhecimento e a transferência de tecnologia. Em 2005, a Embrapa aprova, através de edital interno, o projeto intitulado "Pesquisa participativa em rede de propriedades de referência para a agricultura familiar de base ecológica na Região Sul do RS", dando continuidade ao projeto anterior e priorizando ações de pesquisa em rede. Nesta etapa, as quinze propriedades continuaram sendo utilizadas como referências, nas quais foram realizados diversos trabalhos de avaliação da sustentabilidade (VERONA, 2008). Em 2009 foi aprovada uma nova versão do projeto, conhecido como "Rede de Pesquisa Participativa para a transição agroecológica da agricultura familiar do território Sul do Rio Grande do Sul", na qual se assume uma forte ênfase no trabalho de rede de unidades familiares em

transição agroecológica e na necessidade do enfoque no território (CARDOSO; AUDEH, 2010; SCHWENGBER et al., 2007).

Estes 15 agroecossistemas que fizeram parte destes projetos estão distribuídos em sete municípios do território Sul do Rio Grande do Sul: Pelotas, Rio Grande, São José do Norte, Morro Redondo, Canguçu, Turuçu e São Lourenço do Sul (Fig. 2). Esses agroecossistemas de base ecológica se destacam por apresentar cultivos diversificados como, hortaliças, frutas (pêssego, uva, morango), algumas culturas anuais (feijão, milho, mandioca, arroz, entre outros) e pecuária familiar, garantindo a geração de renda para as famílias durante o ano. A maioria dos agricultores participantes do projeto está engajada em cooperativas da região, como ARPA-Sul e Sul Ecológica, e apresentam um papel fundamental na comercialização local dos produtos orgânicos, principalmente, através de feiras ecológicas (CARDOSO; AUDEH, 2010; SCHWENGBER et al., 2007). Portanto, essa sequência de projetos gerou uma série de trabalhos de pesquisa nos agroecossistemas familiares de base ecológica em estudo, principalmente ressaltando a importância dos pomares de pêssego e da produção de hortaliças para algumas regiões (CORRÊA, 2007; VERONA, 2008; SCHIAVON et al., 2011, AUDEH et al., 2011).

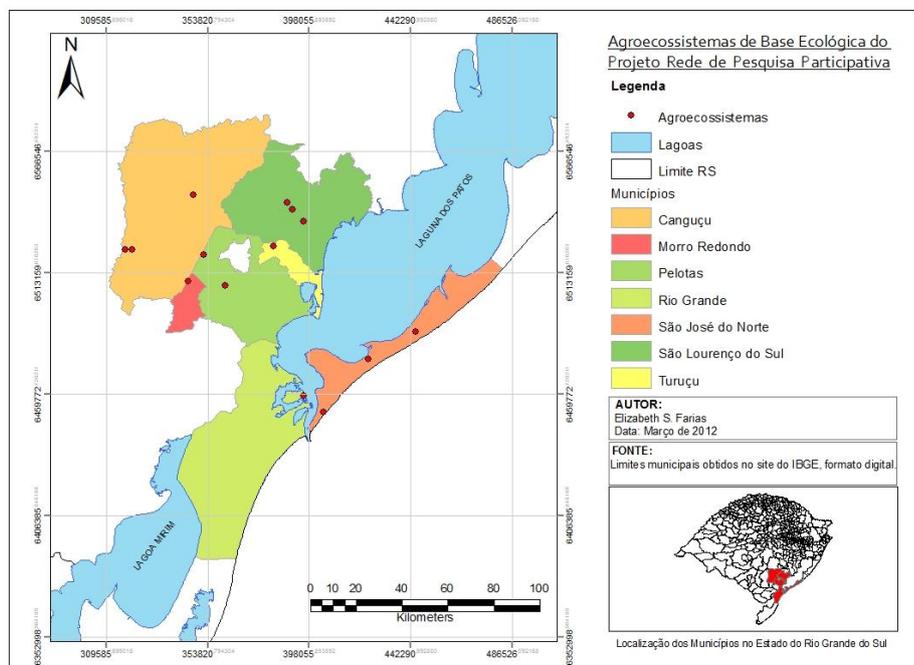


Figura 2. Localização espacial dos agroecossistemas que estão inseridos no projeto: “Rede de pesquisa participativa para a transição agroecológica da agricultura familiar do território Sul do Rio Grande do Sul”, Rio Grande do Sul, 2012.

2.4 Qualidade do solo na perspectiva agroecológica

O solo, muitas vezes, é considerado apenas como suporte físico para o crescimento e desenvolvimento das plantas no sistema de manejo convencional (PRIMAVESI, 2008). No entanto, este sistema de manejo tem se mostrado inadequado, pois pode interferir negativamente nas inúmeras funções que ele exerce como a reciclagem de nutrientes e resíduos orgânicos, o habitat para a fauna do solo, o sistema de suprimento e purificação da água, e o meio para obras de engenharia (BRADY; WEIL, 1999).

O aumento da consciência de que o solo não apresenta somente o enfoque na produção de alimentos, mas também por ser importante para a manutenção da qualidade ambiental em nível local, regional e mundial, fez com que despertasse o interesse de pesquisadores, extensionistas, ambientalistas, políticos e agricultores pelo tema da qualidade do solo ou saúde do solo (DORAN, 2002).

Com isso, desde o início da década de 90, surgiram alguns conceitos de qualidade do solo que buscam integrar aquelas funções do solo, como:

Capacidade de um tipo específico de solo funcionar como ecossistema natural ou manejado para sustentar a produtividade animal e vegetal, manter a qualidade da água e do ar e suportar o crescimento humano (KARLEN et al., 1994).

Capacidade do solo em exercer funções relacionadas à sustentação da produtividade e da diversidade biológica, à manutenção da qualidade do ambiente, à promoção da saúde das plantas e dos animais e à sustentação de estruturas sócio-econômicas e habitação humana (DORAN; SAFLEY, 1997). Ou simplesmente:

Apto para o uso (LARSON; PIERCE, 1991).

Para avaliação da qualidade do solo é necessário à escolha de um conjunto mínimo de indicadores que devem integrar as propriedades químicas, físicas e biológicas. Esse conjunto mínimo de indicadores pode ser medido através de variáveis quantitativas e/ou qualitativas. Porém, os indicadores precisam apresentar algumas características que os definem como sendo os melhores para avaliar e monitorar a qualidade do solo como: a facilidade de avaliação, capacidade de integração dos dados, sensibilidade às variáveis de manejo do solo e clima, entre outras (DORAN; SARRANTONIO; LIEBIG, 1996; USDA, 2001; CASALINHO et al., 2007). Para a análise desse conjunto complexo de dados, muitas vezes, é necessária a utilização da análise estatística multivariada, de forma que essa rede

de dados físicos, químicos e biológicos possa ser compreendida considerando a sua totalidade (BARETTA et al., 2006; LIMA et al., 2007; BARETTA et al., 2010).

Na perspectiva da Agroecologia, a qualidade do solo é considerada um importante indicador de sustentabilidade dos agroecossistemas. Porém, para a determinação e avaliação dessa qualidade, a percepção do agricultor é essencial para as tomadas de decisões relacionadas ao manejo e uso do solo, bem como o entendimento destas relações com o meio onde vivem (BARRIOS; TREJO, 2003; CASALINHO et al., 2007).

2.4.1 Conhecimento local e a fauna edáfica

O conhecimento é a maneira como as pessoas interpretam o mundo a sua volta, como compreendem essa interação e de que maneira dão significado as experiências vividas. Cabe ressaltar, que o conhecimento está diretamente relacionado ao contexto social, ambiental e institucional de cada pessoa ou grupo de pessoas. Além disso, o conhecimento não está pronto e sim está em constante transformação e amadurecimento das informações (FAO, 2013).

O conhecimento local é todo o conhecimento que é adquirido da interação do homem com o ambiente, ou seja, é a informação que uma população desenvolveu ao longo dos anos, baseado na experiência. Este conhecimento é utilizado para a sustentação da comunidade, de sua cultura e da sua sobrevivência através da manutenção dos recursos genéticos, principalmente nas comunidades rurais (ALTIERI, 1999; BARRIOS; TREJO, 2003; FAO, 2013).

A pesquisa participativa realizada por instituições de ensino, pesquisa e extensão tem crescido nos últimos anos, principalmente, pesquisas participativas que utilizam a integração e o diálogo entre o conhecimento local de famílias agricultoras e o conhecimento acadêmico (BARRIOS; TREJO, 2003; BARRIOS et al., 2011).

O conhecimento local sobre o solo vem sendo reconhecido e resignificado nos últimos anos, devido à importância da relação dos agricultores com seu solo (BARRIOS; TREJO, 2003). Esta resignificação advinda através da valorização da

interação do agricultor com a sua terra resulta na emergência, enquanto ciência, da Etnopedologia, que segundo Alves e Marques (2004), refere-se a um estudo interdisciplinar com o intuito de compreender as relações existentes entre o solo, o ambiente e o homem, incluindo a forma de utilização dos recursos naturais para a agricultura.

Os agricultores utilizam o seu conhecimento que, em muitos casos, é passado de geração em geração, para a definição de uso e manejo do solo, através de diferentes indicadores, principalmente aqueles mais visíveis aos olhares dos agricultores, como as plantas (BARRIOS, 2007). Porém, os indicadores que definem a qualidade do solo precisam ser identificados e aprimorados, com a interação entre o conhecimento localmente desenvolvido com o acadêmico, na busca de sistemas de produção e de práticas de manejo do solo mais sustentáveis (BARRIOS; TREJO, 2003; CASALINHO et al., 2007).

Diversos trabalhos relacionados ao tema de qualidade do solo tem demonstrado a importância do diálogo e da relação entre o conhecimento local e o conhecimento acadêmico, principalmente no que tange ao uso e manejo do solo em áreas agrícolas. As pesquisas sobre qualidade do solo buscam a utilização de um conjunto mínimo de indicadores, preferencialmente indicadores de fácil utilização e visualização pelos agricultores. Sendo que em geral, são os próprios agricultores que através de seus conhecimentos ressaltam os principais indicadores da qualidade do solo que são observados ao longo dos anos com o uso de práticas agrícolas que possam tornar melhor a qualidade de um solo (BARRIOS; TREJO, 2003; ALVES, 2005; CARLESI, 2008; LIMA; BRUSSAARD, 2010; LIMA et al., 2010; AUDEH et al., 2011; BARRIOS et al., 2011).

Segundo Lavelle (1994), o conhecimento local em relação à fauna edáfica e sua relação com a qualidade do solo são dados necessários e precisam ser avaliados para uma melhor compreensão destas relações. É necessário estudar se os agricultores utilizam e como utilizam os grupos taxonômicos da fauna edáfica como possíveis indicadores da qualidade do solo e na definição de práticas de manejo. A utilização da fauna edáfica para estas definições é considerada uma técnica de fácil aplicação e economicamente viável. Porém, até os dias de hoje, poucos trabalhos (LIMA; BRUSSAARD, 2010; LIMA et al., 2010; MARQUES, 2008;

SCHIAVON et al., 2011; SCHIEDECK et al., 2009; VERONA, 2008) foram explorados na perspectiva de compreender o conhecimento local a respeito da fauna edáfica.

As publicações citadas anteriormente (LIMA et al., 2010a; LIMA et al., 2010b; VERONA, 2008) diz respeito, principalmente, a trabalhos relacionados com a qualidade do solo, onde foram enfatizados pelos agricultores, o grupo das minhocas (Oligochaeta) como um possível indicador biológico, com exceção de Marques (2008) que enfatiza a importância dos cupins (Isoptera) como um indicador ecológico de qualidade ambiental, porém os pecuaristas não reconhecem a importância deste grupo e somente os associam como “pragas”. Em geral, os agricultores reconhecem a importância das minhocas no solo e citam o seu papel na decomposição da matéria orgânica e na aeração do solo através das galerias (SCHIEDECK et al., 2009; SCHIAVON et al., 2011), além associarem as minhocas a solos “fortes” e mais escuros, ou seja, com mais matéria orgânica, o que para eles está associado a um maior número de minhocas e outros organismos do solo (LIMA et al., 2010a; LIMA et al., 2010b).

No entanto, alguns trabalhos de conhecimento local ressaltam a problemática de alguns grupos taxonômicos, principalmente, os grupos pertencentes aos insetos, como é o caso das formigas, sendo muitas vezes consideradas “pragas” em alguns sistemas de produção. Nesse contexto, o principal foco dos trabalhos de conhecimento local está na busca ou disseminação de práticas de manejo ecológico utilizadas pelos agricultores para o controle de insetos, como as formigas (ALMEIDA, 2008; BOFF et al., 2011).

Por este reconhecimento da importância das minhocas no solo pelos agricultores (VERONA, 2008; SCHIEDECK et al., 2009; LIMA et al., 2010a; LIMA et al., 2010b; SCHIAVON et al., 2011) e com todo o conhecimento acadêmico relacionado a este grupo (PAOLETTI, 1999; AQUINO et al., 2005b; BROWN; FRAGOSO, 2007; BARTZ et al., 2009; BROWN, LAVELLE et al., 2007), os mesmos trabalhos veem demonstrando a utilização deste grupo taxonômico, como um dos indicadores da qualidade do solo e tem buscado aprofundar o conhecimento nessa área para obter resultados que sejam de fácil utilização pelos agricultores para a tomada de decisão de uso e manejo do solo nos agroecossistemas, principalmente,

nos sistemas de produção de base ecológica que visam resgatar características dos ecossistemas naturais para sua propriedade, o equilíbrio dinâmico e a resiliência destes sistemas.

2.4.2. Manejo do solo e seus efeitos sobre a fauna edáfica

Com os pressupostos da Agroecologia, se faz necessário repensar as práticas de manejo do solo, com intuito de agregar a estes características dos ecossistemas naturais, respeitando as relações que envolvem o solo, as plantas, a matéria orgânica, o clima e os seres vivos em cada ambiente. Portanto, é fundamental a busca por alternativas de manejo do solo considerando-se as práticas realizadas por agricultores ecologistas e a percepção dos mesmos para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas.

Nos sistemas de produção de base ecológica, os solos devem ser considerados como sistemas vivos, ou seja, que apresentam uma diversidade de organismos interagindo entre si e com as outras propriedades do solo (físicas e químicas). Através dessa interação, os organismos do solo apresentam a capacidade de decompor a matéria orgânica, mobilizar os nutrientes (minerais e orgânicos) e disponibilizá-los para as plantas (PRIMAVESI, 2008). A fauna do solo é capaz de modificar propriedades físicas, químicas e biológicas do solo (PANKHURST; LYNCH, 1994), no entanto, pode ser afetada pelo uso e manejo do solo.

A comunidade da macrofauna edáfica é um parâmetro sensível ao impacto de diferentes sistemas de produção (CORREIA; OLIVEIRA, 2000; CORREIA, 2002; BARETTA et al., 2006; SILVA et al., 2006; PIMENTEL et al., 2006; BARETTA, 2007), o que possibilita o seu uso como instrumento na determinação de opções de manejo sustentável nos sistemas de produção de base ecológica.

As práticas de manejo do solo podem influenciar a fauna edáfica de forma direta ou indireta. Os impactos considerados diretos são causados por ação mecânica, gradagem, aração e a utilização de agroquímicos com efeitos tóxicos para a fauna edáfica, enquanto que os efeitos indiretos estão relacionados às

modificações na estrutura do habitat destes organismos e nos recursos alimentares disponíveis no solo (GIRACCA et al., 2003; GODOY et al., 2007).

Conforme a figura 3 é possível observar as práticas de manejo do solo que podem aumentar ou diminuir as populações de, por exemplo, invertebrados do solo.



Figura 3. Efeito do manejo agrícola na população e diversidade de meso e macrofauna do solo. A posição das práticas de manejo no eixo y é uma contribuição relativa ao aumento e a diminuição das populações e diversidade da fauna edáfica. (modificado de EDWARDS; LOFTY, 1969).

2.4.3. Fauna edáfica e as propriedades do solo

O solo é habitado por uma grande variedade de organismos, como a microfauna, a mesofauna e a macrofauna, que formam a biota do solo (Fig. 4). A microfauna compreende organismos cujo diâmetro corporal varia de 4µm a 100µm e é composta por protozoários, nematoides, rotíferos, copépodes, tardígrados, entre outros. A mesofauna apresenta um diâmetro corporal entre 100µm e 2mm (SWIFT; HEAL; ANDERSON, 1979), estando representada pelos principais grupos taxonômicos: Acari (ácaros), Collembola (colêmbolos) e Enchytraeidae (enquitreídeos). A macrofauna do solo compreende os animais que são facilmente visíveis a olho nu, com o tamanho corporal maior que 1cm (LAVELLE et al., 1994) e/ou com o diâmetro do corpo entre 2mm e 20mm (SWIFT et al., 1979). Podem ainda ser classificados com base em seus aspectos funcionais, como os saprófagos que se alimentam diretamente de resíduos vegetais, enquanto os predadores

alimentam-se de outros organismos ou, ainda, podem exercer ambas as funções (MOÇO et al., 2005).

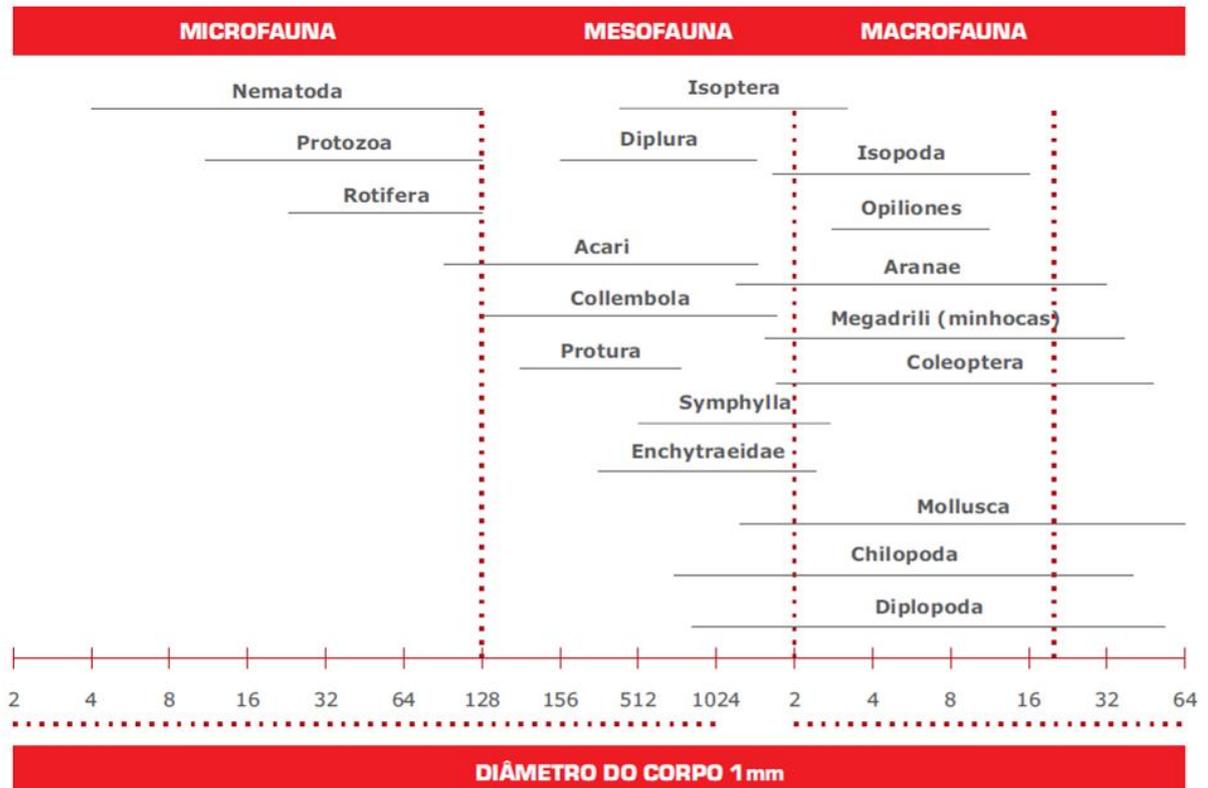


Figura 4. Esquema de classificação da fauna do solo por tamanho (SWIFT et al., 1979).

A fauna do solo está interligada por uma teia alimentar, na qual cada nível trófico serve de alimento para o próximo nível. A teia alimentar do solo se baseia, principalmente, na degradação de raízes e resíduos orgânicos mortos. Portanto, a estabilidade no desempenho das funções ecológicas dos diversos organismos do solo é dependente da estabilidade dessa teia alimentar. As diferentes classes de organismos do solo apresentam funções ecológicas diferentes (BREURE, 2004). Na tabela 2, podem ser visualizadas as principais funções ecológicas no sistema solo dos diferentes grupos da meso e macrofauna edáfica.

Tabela 2. Funções ecológicas dos grupos taxonômicos pertencentes a meso e macrofauna do solo.

Categorias da Fauna/Tamanho	
Nomes científicos	Funções ecológicas
Mesofauna	
Acari	Predador, detritívoro, hematófago
Collembola	Detritívoro, fungívoro
Enchytraeidae	Detritívoro, fungívoro
Macrofauna	
Orthoptera	Fitófagos, predadores
Blattodea	Onívoro, detritívora
Isoptera	Detritívoro, fungívoro, fitófago, rizófago, humívoro, xilófago
Dermaptera	Fitófagos, predadores, detritívoros, rizófago
Hemiptera	Predadores, fitófagos e hematófagos
Coleoptera	Predador, detritívoro, onívoro, fitófago, rizófago
Formicidae	Predador, detritívoro, onívoro, fitófago, fungívoro
Chilopoda	Predador
Diplopoda	Detritívoro, fitófago
Opiliones	Predador
Araneae	Predador
Isopoda	Detritívoro
Oligochaeta	Detritívoro, geófago
Hirudinae	Predador

Modificado de MELO et al. (2009).

A fauna edáfica exerce papéis fundamentais no funcionamento do solo, participando de vários processos de engenharia do ecossistema através da diversidade de grupos taxonômicos existentes no solo (Tab. 3). Entre os papéis fundamentais da fauna edáfica que contribuem para a melhoria das propriedades físicas e químicas do solo pode se ressaltar alguns como:

- No aumento na infiltração da água e criação da porosidade estrutural nos solos (LAVELLE et al., 1997, LAVELLE et al., 2006);
- Na ciclagem de nutrientes, principalmente, com a trituração, mineralização e humificação dos resíduos orgânicos. Além disso, os invertebrados do solo criam estruturas biogênicas que atuam como ativadoras da atividade microbiana (SWIFT et al., 1979; BLANCHART et al., 1999; LAVELLE et al., 2005; LAVELLE et al., 2006). Os principais efeitos estudados na ciclagem de nutrientes são relacionados com o carbono (C), nitrogênio e fósforo (P);
- Na formação e caracterização do solo. No entanto, esta atividade, especificamente, dos invertebrados do solo é pouco estudada, por ser um

processo que ocorre em longo prazo. Existem alguns trabalhos (AQUINO; CORREIA, 2005; BARROS et al., 2001) reconhecendo o papel das minhocas na formação de húmus e a evidência de microagregados em latossolos formados por cupins (Isoptera). Porém, os trabalhos mais conhecidos nesta área são relacionados a florestas que sofreram desmatamento, onde pode se observar a mudança significativa no perfil do solo em um curto espaço de tempo. Um exemplo é o da Amazônia, com a invasão da espécie de minhoca *Pontoscolex corenthurus* em áreas desmatadas para a produção de pastagens (CHAUVEL et al., 1999; BARROS et al., 2001; LAVELLE et al., 2006).

Tabela 3. A importância dos diferentes grupos da fauna edáfica na ciclagem de nutrientes e estrutura do solo.

	Ciclagem de Nutrientes	Estrutura do Solo
Microfauna	<ul style="list-style-type: none"> • Regula as populações de bactérias e fungos; • Altera a ciclagem de nutrientes. 	<ul style="list-style-type: none"> • Pode afetar a agregação do solo através das interações com a microflora;
Mesofauna	<ul style="list-style-type: none"> • Regula as populações de fungos e da microfauna; • Alteram a ciclagem de nutrientes; • Fragmentam detritos vegetais. 	<ul style="list-style-type: none"> • Produz pelotas fecais; • Criam bioporos; • Promovem a humificação;
Macrofauna	<ul style="list-style-type: none"> • Regulam as populações de fungos e da microfauna; • Estimulam a atividade microbiana. • Fragmentam os resíduos de plantas; 	<ul style="list-style-type: none"> • Misturam partículas minerais e orgânicas; • Redistribuem matéria orgânica e microrganismos; • Cria bioporos; • Promovem a humificação; • Produzem pelotas fecais.

Modificado de HENDRIX et al. (1990).

Além das alterações mais diretas nas propriedades do solo existem outras alterações que influenciam nestes aspectos, como na produção primária e na regulação do clima (LAVALLE et al., 2006). A produção primária pode ser afetada pelas atividades dos invertebrados do solo, de forma direta ou indireta. Existem alguns trabalhos que demonstram melhorias na produção de plantas com a presença de protistas, nematoides, enquitreídeos, colêmbolos, cupins, formigas e minhocas (HARRIS; BOERNER, 1990; BROWN et al., 1999; BONKOWSKI, 2004; LAVALLE et al., 2006). As minhocas auxiliam principalmente de forma indireta com a ciclagem de nutrientes e com a melhoria da estrutura do solo, que permite o desenvolvimento das plantas. Os processos de co-evolução entre as plantas e os

organismos do solo são resultados de milhões de anos e a pesquisa está recém começando a desvendar e, acima de tudo, entender algumas destas interações. Até os dias de hoje o foco da pesquisa está vinculado aos invertebrados do solo considerados, muitas vezes, “pragas” nos sistemas agrícolas, desta forma os sistemas convencionais utilizam práticas que reduzem a diversidade de invertebrados no solo (LAVELLE et al., 2006). Porém, o grande desafio da pesquisa nesta área é aprimorar práticas de manejo do solo que favoreçam as atividades dos competidores e dos inimigos naturais destes organismos que causam prejuízos para algumas culturas.

A regulação do clima também pode ser influenciada pela fauna edáfica, porém os seus efeitos somente são perceptíveis ao longo do tempo, como os processos de agregação e humificação. Nos processos de agregação ocorre o sequestro de carbono nos agregados compactos, desta forma o carbono se acumula e a liberação é realizada de forma lenta para a atmosfera (MARTIN, 1991; LAVELLE et al., 2006). Nos processos de humificação, ocorre a transformação de grandes quantidades de carbono em formas mais resistentes à decomposição, liberando-o lentamente para a atmosfera. Outro ponto importante está relacionado a matéria orgânica, a qual necessita da interação com os invertebrados do solo, principalmente a macrofauna para sua transformação e absorção de alguns nutrientes com a criação de agregados mais estáveis (BLANCHART et al., 1999; LAVELLE et al., 2006);

Cabe ressaltar o papel da macrofauna edáfica no solo na transformação da matéria orgânica (minhocas, enquitreídeos, piolhos-de-cobra, formigas, cupins e caracóis), na predação de outros organismos do solo (aranhas, formigas) e na criação da estrutura do solo (minhocas e cupins). Na degradação da matéria orgânica, as minhocas auxiliam na incorporação desta ao solo, no aumento de poros da estrutura do solo, o que auxilia na infiltração de água e na penetração das raízes, além de estimular a atividade microbiana. Desta maneira, as minhocas modificam as propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, o que influi no desenvolvimento das plantas (FRAGOSO et al., 1997; BREURE, 2004).

3. METODOLOGIA GERAL

3.1 Área de Estudo

O estudo foi realizado em duas localidades: uma área experimental em Pelotas e uma propriedade agrícola familiar no município de Morro Redondo/RS.

A pesquisa em área experimental foi desenvolvida na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado em um sistema de produção de base ecológica para hortaliças (Fig. 5A), com avaliações relacionadas à fauna edáfica, as práticas de manejo e a utilização de resíduos orgânicos neste sistema. A Estação Experimental Cascata está localizada no 5º distrito de Pelotas, conhecido como Cascata, a uma distância de 25 Km da sede do município de Pelotas.

Além da pesquisa em uma área experimental foi realizado um estudo em um agroecossistema familiar em transição agroecológica, com o intuito de relacionar o conhecimento acadêmico com o conhecimento local de uma família de agricultores, em relação à fauna edáfica. O estudo foi feito na propriedade da família Scheer, no distrito Rincão da Caneleira, localizada no município de Morro Redondo. Em 2001, esta família adotou os sistemas de produção de base ecológica com uma diversificação de cultivos anuais, frutíferas e hortaliças, além de avicultura colonial, leite e produtos processados (Fig. 5B). Seus produtos são comercializados através de feiras de produtos ecológicos (Fig. 6). Esta propriedade fez parte do grupo das 15 propriedades de referência inseridas no projeto: “Rede de pesquisa participativa para a transição agroecológica da agricultura familiar no território Sul do Rio Grande do Sul” liderado pela Embrapa Clima Temperado – Pelotas/RS.



Figura 5. Vista geral da área de sistema de produção de base ecológica de hortaliças. (A) Na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, em Pelotas; (B) Na propriedade da família Scheer, em Morro Redondo, RS, 2011. Fonte: Acervo da autora, 2011.



Figura 6. Vista geral da feira de produtos ecológicos na cidade de Pelotas, RS, 2011. Autoria: Souza, 2011.

Os municípios em estudo localizam-se no sul do Rio Grande do Sul e estão inseridos no domínio geomorfológico do Escudo Sul-Riograndense, com altitudes acima de 180 m (VIEIRA; RANGEL, 1984; ROSA, 1985). Apresentam um relevo suave ondulado a forte ondulado contendo o ARGISSOLO como a principal classe de solo da região (KER et al., 1986; EMBRAPA, 2006). O clima dos municípios é classificado como subtropical úmido ou temperado úmido (Cfa), com um índice alto de umidade do ar e com formações de geada nas estações outono e inverno (MORENO, 1961; ROSA, 1985).

3.2 Avaliação das Propriedades Biológicas do Solo

Para avaliar as propriedades biológicas do solo foi feito um estudo da fauna edáfica, principalmente a macrofauna. Em todas as áreas estudadas, as coletas foram realizadas nas quatro estações do ano, iniciando na primavera (2010), no verão (2011), no outono (2011) e no inverno (2011), respectivamente.

As amostragens da fauna edáfica ocorreram através da metodologia descrita por Anderson e Ingram (1993), com a utilização do método recomendado pelo programa Tropical Soil Biology and Fertility (TSBF), onde foram retirados monolitos (blocos) de solo (25 cm x 25 cm de largura x 30 cm de profundidade). Após, os monolitos de solo foram embalados em sacos plásticos para a posterior triagem na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado (Fig. 7).



Figura 7. Procedimentos da coleta para avaliação da fauna edáfica. Pelotas, RS, 2011. Fonte: Acervo da autora, 2011.

Os blocos de solo passaram pela triagem em bandejas para a separação dos organismos da fauna edáfica visíveis a olho nu, com auxílio de pinças. Os organismos foram acondicionados em frascos plásticos e preservados em álcool etílico 70%, com exceção das minhocas (*Oligochaeta*) que foram preservadas em formol a 4%. A fauna edáfica foi avaliada com o auxílio de microscópio estereoscópico trinocular e de balança analítica de precisão, onde foram realizadas a identificação, contagem e medição de massa dos grupos taxonômicos.

Para a classificação da fauna edáfica foi utilizado o termo grupo taxonômico que pode significar Classe, Ordem ou Família. Os principais grupos taxonômicos que podem ser identificados com este método são os organismos pertencentes aos insetos (*Orthoptera*, *Blattodea*, *Isoptera*, *Dermaptera*, *Hemiptera*, *Formicidae*),

miriápodes (Chilopoda e Diplopoda), aracnídeos (Araneae e Opilionida), crustáceos (Isopoda e Amphipoda), anelídeos (Oligochaeta, Enchytraeidae e Hirudinae) e organismos imaturos. Os enquitreídeos pertencem a mesofauna edáfica, enquanto os outros grupos identificados pertencem a macrofauna do solo. A família Enchytraeidae foi também avaliada devido a grande quantidade de indivíduos encontrados.

3.3 Avaliação das Propriedades Físicas e Químicas do Solo

Os solos dos locais de estudo foram analisados quanto as suas propriedades físicas e químicas, sendo estas realizadas no laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas (UFPeI). As propriedades físicas avaliadas, a partir de uma estrutura preservada, foram a densidade do solo (DS), a macroporosidade (Ma) e a microporosidade do solo (Mi), de acordo com os procedimentos descritos no Manual de Análises de Solos (EMBRAPA, 2011). Para as análises químicas, as amostras foram coletadas em todas as estações avaliadas utilizando-se amostras deformadas e compostas, na profundidade de 0-30 cm. As propriedades químicas avaliadas foram: pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), potássio (K), acidez trocável (H+Al), sódio (Na), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO), fósforo (P), saturação de bases (Bas), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn), segundo Tedesco et al. (1995).

3.4 A percepção do agricultor sobre a importância da fauna edáfica na qualidade do solo

Para identificar a percepção foi avaliado o conhecimento local com o intuito de identificar qual a importância dos organismos do solo para a família agricultora. Como técnica de coleta de informações foi realizada uma entrevista aberta e semiestruturada (Fig. 8), no verão de 2011, sobre as experiências da família agricultora no manejo dessa área e de que forma, eles percebem a importância da

fauna edáfica e a influência de algumas práticas na diversidade dos organismos. A entrevista apresentou os seguintes tópicos norteadores:

1. Que organismos da fauna edáfica você reconhece?
2. Qual a função da fauna no solo?
3. As práticas de manejo influenciam na presença da fauna edáfica? Se sim, como? Se não, por quê?
4. Quais características do solo são condicionantes para a vida no solo?



Figura 8. Entrevista realizada na propriedade da família agricultora. Morro Redondo, RS, 2011. Fonte: Acervo da autora, 2011.

3.5 Índices Ecológicos

A comunidade da fauna edáfica foi avaliada através de alguns índices ecológicos como a densidade (indivíduos por metro quadrado), a biomassa (gramas de indivíduos por metro quadrado), a riqueza de grupos taxonômicos (S), a frequência relativa dos grupos taxonômicos (FR), a diversidade de Shannon-Wiener (H), a equitabilidade de Shannon (J) e a dominância de Berger-Parker (Dbp). Cabe ressaltar que os três últimos índices foram desenvolvidos no programa DiVes – Diversidade de espécies (RODRIGUES, 2007).

A riqueza corresponde ao número de grupos taxonômicos observados em cada local avaliado. A frequência relativa foi calculada em porcentagem a partir do número de indivíduos por metro quadrado de cada grupo taxonômico pelo número total de indivíduos em cada amostra, sendo que os grupos foram classificados de acordo com a abundância (Tab. 4).

Tabela 4. Classificação dos grupos funcionais em categorias de abundância (SANTOS, 2000; MERLIN, 2005).

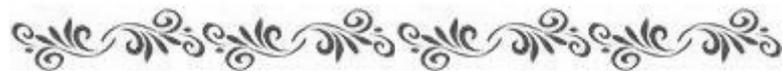
Faixa de abundância relativa	Classes
< 2 %	Raros
2 a 10 %	Ocasionais
10 a 50 %	Abundantes
> 50 %	Dominantes

O índice de diversidade de Shannon foi estimado pela equação ($H = - \sum p_i \text{Log } p_i$), onde p_i é a proporção de cada grupo em relação ao número total de grupos. A equitabilidade (J) é calculada através do cálculo $J = H' / H_{\text{max}'}$, onde H' é o índice de Shannon e $H_{\text{max}'}$ é calculado através da equação $H_{\text{max}'} = \text{Log } S$. Sendo que, a equitabilidade (J) faz referência a distribuição dos indivíduos entre os grupos taxonômicos, este índice é proporcional a diversidade de Shannon e inversamente proporcional a dominância dos grupos taxonômicos. A dominância de Berger-Parker (Dbp) é dada pela relação $\text{Dbp} = N_{\text{max}} / N_t$, onde se considera o número de indivíduos do grupo mais abundante (N_{max}) dividido pelo número total de indivíduos (N_t) na área avaliada (RODRIGUES, 2007).

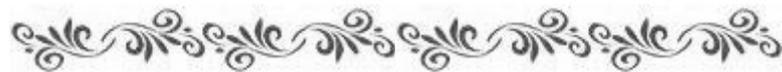
3.6 Análise estatística

Para avaliação de análise estatística foram realizadas comparações de médias e análise multivariada. A comparação de médias foi feita pelo teste de Duncan a 5%, referentes às variáveis de densidade, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância foram realizadas no programa Statistica 7.0. A análise estatística multivariada ocorreu através da Análise de Componentes Principais (ACP), com o auxílio do programa CANOCO versão 4.0 (TER BRAAK; SMILAUER, 1998) e também com o programa Statistica 7.0.

4. CAPÍTULO 1



**INFLUÊNCIA DE DIFERENTES PRÁTICAS DE MANEJO NA FAUNA EDÁFICA:
UMA CONTRIBUIÇÃO À CONSTRUÇÃO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO DE
BASE ECOLÓGICA**



Capítulo 1: Influência de diferentes práticas de manejo na fauna edáfica: uma contribuição à construção de sistemas de produção de base ecológica

4.1 Introdução

Os agroecossistemas familiares geralmente apresentam uma diversidade de cultivos, inclusive com atividades de pecuária o que acaba gerando uma boa quantidade de resíduos orgânicos que podem ser reaproveitados nos sistemas de produção. Neste sentido existem diversas práticas de manejo que podem ser incorporadas nos sistemas de produção. A compostagem é um processo bem conhecido e utilizado para a degradação da matéria orgânica com o auxílio de micro-organismos, principalmente a técnica de compostagem orgânica pelo método “indore” com a realização de pilhas de resíduos (SOUZA; RESENDE, 2003). Hoje, nos sistemas de produção de base ecológica tem-se uma nova técnica conhecida por compostagem laminar, onde os resíduos orgânicos são reaproveitados sobre o próprio canteiro de produção, esta prática visa imitar os processos dos ecossistemas naturais (SOUZA; RESENDE, 2003; SCHWENGBER et al., 2007). A compostagem laminar pode gerar uma economia na mão de obra, pois não precisa revirar e incorporar o material orgânico no solo, além da adubação ser realizada no próprio local de plantio com a diminuição de plantas espontâneas, apenas necessita esperar o tempo necessário para a decomposição dos resíduos (SCHWENGBER et al., 2007).

Ao mesmo tempo, a atividade das minhocas na reciclagem de resíduos orgânicos nas propriedades familiares é bem conhecida e utilizada por muitos agricultores (SCHIEDECK et al., 2009; SCHIAVON et al., 2011). A técnica de

minhocultura utilizada para a produção de húmus de minhoca, após a estabilização do material orgânico, pode ser utilizada nos sistemas de produção de base ecológica de diversas formas, principalmente com a incorporação do húmus nos canteiros e, também, através da irrigação com o húmus líquido (SCHIEDECK et al., 2006; SCHIEDECK et al., 2008)

A adubação verde e a cobertura morta sobre o solo são práticas que, também, podem ser realizadas nos sistemas de produção de base ecológica e apresentam uma série de funções no solo, como a proteção, aumento da infiltração e retenção de água, maior aporte de fitomassa, atenua as oscilações de temperatura, recupera solos degradados, cria condições ambientais para as atividades biológicas no solo, além da redução de algumas práticas agrícolas como a capina manual para a retirada de plantas espontâneas, principalmente com a utilização de cobertura morta (SOUZA; RESENDE, 2003; PRIMAVERESI, 2008).

A fauna edáfica apresenta um importante papel nas propriedades do solo, auxiliando principalmente na ciclagem de nutrientes e na estrutura do solo (HENDRIX et al., 1990). Porém estes organismos sofrem influências diretas e indiretas das práticas de manejo e das variações climáticas (GIRACCA et al., 2003; BARETTA, 2006; GODOY et al., 2007), o que possibilita o seu uso como um instrumento na definição de práticas de manejo mais adequadas nos sistemas de produção de base ecológica.

No entanto, são escassos os estudos que analisem e identifiquem a relação entre as práticas de manejo e a fauna edáfica nos sistemas de produção de base ecológica. Neste contexto, o presente trabalho teve como objetivo verificar se os sistemas de manejo interferem na diversidade da fauna edáfica, identificando-se os grupos taxonômicos que se destacam em cada tipo de manejo e em diferentes épocas de coleta.

4.2 Material e Métodos

4.2.1 Local de Estudo

O estudo foi realizado na Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado, que possui uma área de aproximadamente 150 ha, situada na Cascata, 5º distrito de Pelotas, Rio Grande do Sul (31°37' S; 052°31' W).

A Estação Experimental Cascata apresenta uma altitude média de 180 m a.n.m. e pertence ao domínio geomorfológico do Escudo Sul-Rio-Grandense (VIEIRA; RANGEL, 1984; ROSA, 1985). O solo encontrado na região é classificado como Argissolo e está assentado sobre um relevo suave ondulado a ondulado (KER et al., 1986; EMBRAPA, 2006). O clima de Pelotas é classificado como subtropical úmido ou Cfa (temperado úmido) com alto índice de umidade relativa do ar (MORENO, 1961; ROSA, 1985).

Durante o período do estudo (setembro de 2010 a setembro de 2011), foram registrados os dados climáticos obtidos na estação climatológica da Estação Experimental Cascata. Na primavera foi registrado um total de 154,6 mm de precipitação, no verão 308,7 mm e no outono e inverno foram catalogados 368,3 e 281,2 mm de precipitação, respectivamente. Portanto, a primavera foi a estação que apresentou os menores índices de precipitação durante o trabalho (Fig. 9).

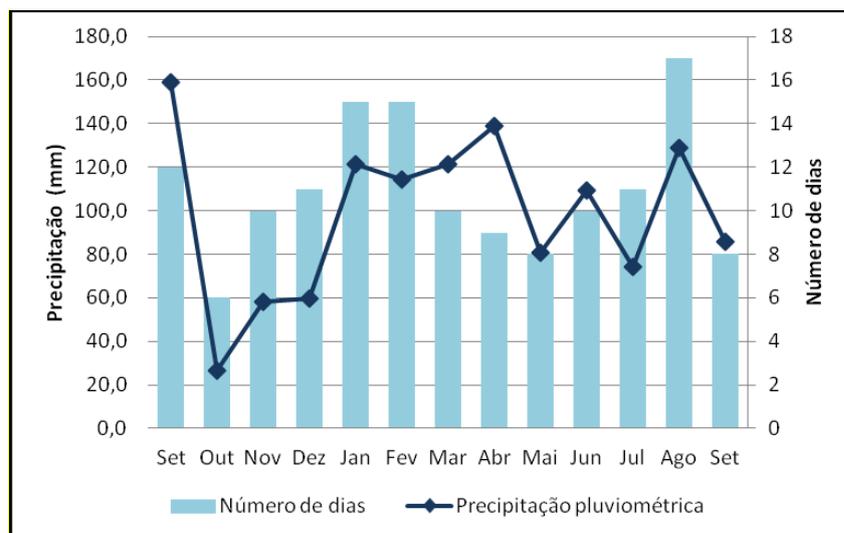


Figura 9. Gráfico dos índices de precipitação pluviométrica e o número de dias de chuva mensais de setembro de 2010 a setembro de 2011, de acordo com os dados da estação climatológica da Embrapa – EEC. Pelotas, RS, 2011.

Na primavera, a média das temperaturas mínima e máxima foi de 9,7 a 27,8°C, respectivamente. No verão as médias subiram, passando para 15,5 a 28°C. No outono, os dados demonstram proximidade com as médias das temperaturas encontradas na primavera, com a mínima de 8,9°C e a máxima de 26,5°C. No inverno, as médias das temperaturas foram as mais baixas, com a mínima de 7,7 e máxima de 20,6 (Fig. 10).

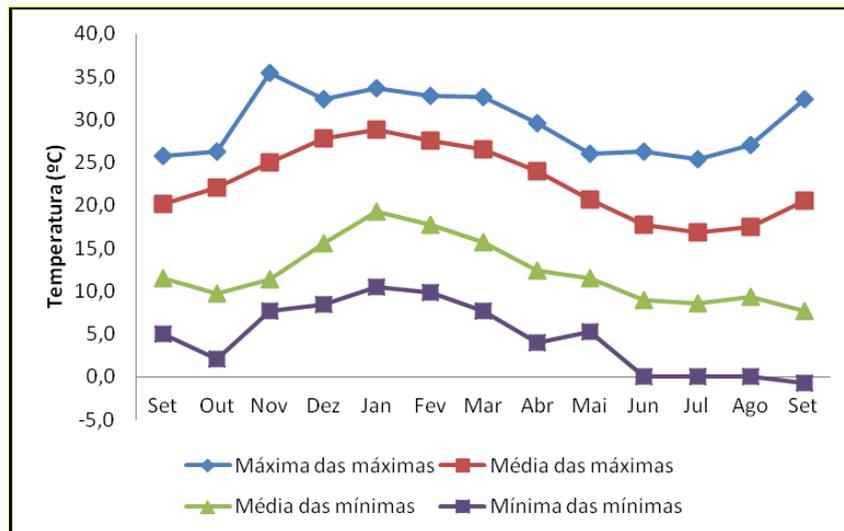


Figura 10. Gráfico das temperaturas mínimas, máximas e as médias mínimas e máximas mensais de setembro de 2010 a setembro de 2011, de acordo com os dados da estação climatológica da Embrapa – EEC. Pelotas, RS, 2011.

O trabalho foi desenvolvido em canteiros para a produção hortaliças em sistema de produção de base ecológica, nos quais foram avaliadas diferentes práticas de manejo e fontes orgânicas de adubação sobre a fauna edáfica em quatro estações do ano. Os tratamentos avaliados foram: a) compostagem laminar com esterco (CE); b) cobertura morta com adubação verde e palhada (CM); c) mecanização frequente do solo com enxada rotativa (MF). Os canteiros foram preparados com enxada rotativa encanteiradora um ano antes do começo das avaliações da fauna edáfica, seguida da semeadura de adubação verde de verão com milho (*Pennisetum typhoideum*) e feijão miúdo (*Vigna unguiculata*). No inverno seguinte semeou-se adubação verde com aveia preta (*Avena strigosa*) e ervilhaca (*Vicia sativa*). A adubação verde foi roçada e utilizada para a instalação dos tratamentos em outubro de 2010. Cada tratamento foi composto por canteiros com 1,20 de largura e 25 m de comprimento e três repetições (Fig. 11A).

Os canteiros com compostagem laminar com esterco (CE) foram preparados colocando-se uma camada de palha (5 cm) sobre o solo, oriunda da adubação verde semeada na estação anterior. Sobre a palhada foi colocada uma camada de esterco fresco de bovinos, correspondente a 20 Mg ha⁻¹ de M.S., e como cobertura, uma camada de 5 cm de palha picada e seca de capim elefante (*Pennisetum purpureum* Schumach.) (Fig. 11B). Os canteiros compostos por cobertura morta (CM) foram preparados com os mesmos componentes e da mesma forma que o CE, com exceção do esterco, o qual não foi utilizado (Fig. 11C). Nos canteiros com mecanização frequente do solo (MF) foi realizado o preparo convencional do solo com uso de enxada rotativa encanteiradora em cada estação, três semanas antes das coletas. Estes canteiros foram adubados com húmus de minhoca, na quantidade de 20 Mg ha⁻¹ de M.S., porém sem adubação verde ou qualquer tipo de cobertura com palhada (Fig. 11D).



Figura 11. (A) Vista geral da área de realização do trabalho; (B) canteiros com compostagem laminar com esterco (CE); (C) canteiros com cobertura morta (CM); (D) canteiros com mecanização frequente do solo (MF). EEC, Embrapa Clima Temperado, Pelotas, RS, 2011.

4.2.2 Fauna edáfica

Após a instalação dos tratamentos nos canteiros para produção de hortaliças, em outubro de 2010, começaram as avaliações da fauna edáfica. As coletas da fauna de invertebrados do solo foram realizadas em quatro estações: primavera de 2010 e verão, outono e inverno de 2011.

A avaliação da fauna edáfica foi realizada através do método TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), com a retirada de um monólito de solo de 25 x 25 cm e 30 cm de profundidade em cada tratamento com três repetições (ANDERSON & INGRAM, 1993). Os monólitos foram armazenados em sacos plásticos para a posterior triagem manual da fauna edáfica. A preservação de minhocas foi realizada em formol a 4% e os outros organismos foram conservados em álcool 70%. A identificação da fauna edáfica foi realizada em grandes grupos taxonômicos, como Classe, Ordem ou Família, com auxílio de microscópio estereoscópico trinocular e com a utilização de balança analítica para avaliação da biomassa de cada grupo.

Os principais grupos taxonômicos da fauna edáfica que pode-se avaliar por este método pertencem aos insetos (Orthoptera, Blattodea, Isoptera, Dermaptera, Hemiptera, Formicidae), miriápodes (Chilopoda e Diplopoda), aracnídeos (Opilionida e Araneae), crustáceos (Isopoda e Amphipoda), anelídeos (Oligochaeta, Enchytraeidae, Hirudinae) e indivíduos imaturos (larvas).

4.2.3 Índices Ecológicos e Análise Estatística

Os dados de densidade de cada grupo taxonômico da fauna edáfica foram transformados de 0,0625 m² para 1 m². A partir do resultado do número de indivíduos por metro quadrado foram calculados os parâmetros ecológicos de riqueza de grupos taxonômicos (S), frequência relativa dos grupos taxonômicos (FR), dominância de Berger-Parker (Dbp), diversidade de Shannon-Wiener (H) e equitabilidade de Shannon (J). Os três últimos parâmetros foram realizados com a utilização do programa DiVes – Diversidade de espécies (RODRIGUES, 2007).

As avaliações de densidade total, biomassa total, S, Dbp, H e J foram avaliados por comparação de médias, pelo teste de Duncan à 5%, através do programa Statistica 7.0.

A densidade de indivíduos por metro quadrado nos diferentes tratamentos foi submetida à análise multivariada com auxílio do programa CANOCO versão 4.0 (TER BRAAK; SMILAUER, 1998) para o cálculo do comprimento do gradiente. Após a obtenção do comprimento do gradiente definido como menor de três, considerado uma resposta linear, optou-se pela utilização da análise de componentes principais (ACP). Para melhor explicar as correlações existentes entre os pares de variáveis foram utilizados os dados acima de 0,7 na matriz de correlação, considerados como forte correlação.

4.3 Resultados e Discussão

A partir da época de coleta das amostras e dos diferentes tratamentos foi possível avaliar as diferenças nos índices ecológicos da fauna edáfica e analisar os grupos taxonômicos que se destacaram em cada prática de manejo.

Na primavera, o tratamento CE resultou na maior densidade de indivíduos, diferindo significativamente do tratamento MF, enquanto o tratamento CM não diferiu de CE e MF. A biomassa não apresentou diferenças significativas entre os tratamentos. O valor mais alto de riqueza de grupos taxonômicos ocorreu no tratamento CE, com diferença estatística significativa do tratamento MF, no entanto CM não demonstrou diferença dos tratamentos anteriores. Os índices de diversidade, equitabilidade e dominância não apresentaram diferença estatística significativa (Tab. 5). Pode-se dizer que nessa estação houve uma estabilidade entre os tratamentos avaliados, ou seja, todos os locais avaliados apesar de apresentarem diferenças em termos de densidade e riqueza, mantiveram a diversidade de grupos taxonômicos e uma baixa dominância entre estes.

Tabela 5. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, na primavera. Pelotas, RS, 2010.

Tratamentos	Primavera											
	Ind m ⁻²		g m ⁻²		S		H		J		Dbp	
CE	2971	a	93,9	ns	12	a	0,8277	ns	0,7526	ns	0,3789	ns
CM	1595	ab	79,8	ns	11	ab	0,848	ns	0,8196	ns	0,3036	ns
MF	981	b	16	ns	8	b	0,7449	ns	0,8274	ns	0,3453	ns

* Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre os tratamentos, pelo teste de Duncan a 5%;

** CE: compostagem laminar com esterco; CM: cobertura morta; MF: mecanização frequente do solo; Ind.m⁻²: indivíduos por metro quadrado (densidade total); g.m⁻²: gramas por metro quadrado (biomassa total) S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; ns: não significativo.

As práticas de manejo na primavera podem ter sido influenciadas principalmente, pela baixa precipitação e pelas temperaturas máximas altas para o período. Com isso, pode se enfatizar o tratamento CE e CM devido à presença de cobertura morta sobre o solo, que pode ter amenizado as consequências das altas temperaturas e baixa umidade no solo, conforme aponta Souza e Resende (2003). Além disso, a presença do esterco bovino no tratamento CE pode gerar um aumento na densidade de organismos, pois este material serve como alimento para a maioria dos organismos da fauna edáfica.

Na primavera a frequência relativa, no tratamento CE, destacou os grupos taxonômicos considerados abundantes (Formicidae, Oligochaeta e Enchytraeidae) e ocasionais (Isopoda). Em CM, os grupos abundantes foram Chilopoda e Oligochaeta, enquanto Isopoda avaliado como ocasional. Em MF, os grupos abundantes foram Oligochaeta, Enchytraeidae e Coleoptera (Fig. 12).

No verão, a densidade e a biomassa de indivíduos não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos, mesmo assim CE apresentou os maiores valores brutos. Nesta estação, pode-se ressaltar a importância de CM e CE, os quais apresentaram a maior riqueza, diversidade, equitabilidade e a menor dominância dos grupos taxonômicos (Tab. 6), ou seja, estes tratamentos apresentaram vários grupos taxonômicos, sem perder a uniformidade na distribuição dos organismos e sem a dominância de certos grupos. MF apresentou a menor riqueza, diversidade e equitabilidade, e a maior dominância, demonstrando ser uma

área com pouca diversidade entre os grupos da fauna edáfica, provavelmente, devido ao revolvimento do solo que degrada o habitat de muitos grupos (Tab. 6).

O verão apresentou um bom índice de precipitação (308,7 mm), quando comparado às outras épocas avaliadas, porém apresentou os maiores valores de temperaturas mínimas (15,5° C) e máximas (28°C), o que pode causar um aumento da temperatura do solo. Porém estas condições ambientais não refletiram na densidade da fauna edáfica, tanto que houve um aumento no número de indivíduos por metro quadrado em todos os tratamentos. Este fato pode ser explicado, principalmente, pela quantidade de chuva neste período o que pode ter aumentado a umidade dos canteiros de hortaliças, enquanto a primavera foi considerada uma estação seca, com menor densidade da fauna edáfica.

Tabela 6. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, no verão. Pelotas, RS, 2011.

Tratamentos	Verão							
	Ind m ⁻²		g m ⁻²		S	H	J	Dbp
CE	3200	ns	97	ns	12 a	0,7601 a	0,7097 a	0,4233 a
CM	2736	ns	66,6	ns	12 a	0,8231 a	0,7711 a	0,3745 a
MF	2459	ns	31,5	ns	7 b	0,3785 b	0,4653 b	0,6908 b

* Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre os tratamentos, pelo teste de Duncan a 5%;

** CE: compostagem laminar com esterco; CM: cobertura morta; MF: mecanização frequente do solo; Ind.m⁻²: indivíduos por metro quadrado (densidade total); g.m⁻²: gramas por metro quadrado (biomassa total) S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; ns: não significativo.

Os grupos da fauna edáfica considerados abundantes no tratamento CE, durante o período do verão, de acordo com a frequência relativa, foram Isopoda e Oligochaeta. No tratamento CM, os grupos abundantes foram Isopoda, Formicidae e Enchytraeidae. No MF se destacaram Enchytraeidae avaliados como dominantes e Oligochaeta considerado ocasional (Fig. 12).

No outono, os dados de densidade da fauna edáfica não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos. Quanto à biomassa, CM se mostrou superior, diferindo significativamente de MF, enquanto CE não diferiu dos dois tratamentos. A riqueza e a diversidade dos grupos pertencentes à fauna do solo foram maiores em CE e CM com diferença estatística significativa quando comparado ao MF, conforme o ocorrido na estação anterior. Através do cálculo da

equitabilidade pode se perceber que o tratamento CE apresentou a melhor uniformidade dos grupos taxonômicos diferindo novamente de MF, porém CM não diferiu destes tratamentos. O tratamento MF apresentou a maior dominância, diferindo dos outros tratamentos avaliados (Tab. 7).

No outono, as respostas das condições ambientais na fauna edáfica através das práticas de manejo foram semelhantes à primavera, porém nessa estação foi registrado mais do que o dobro de precipitação. Com isso, os tratamentos com cobertura do solo apresentaram os melhores valores brutos de densidade.

Tabela 7. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, no outono. Pelotas, RS, 2011.

Tratamentos	Outono											
	Ind m ⁻²		g m ⁻²		S	H		J		Dbp		
CE	3141	ns	28	ab	11	a	0,8095	a	0,7685	a	0,3877	a
CM	2965	ns	68,2	a	10	a	0,6912	a	0,684	ab	0,5841	a
MF	1637	ns	1,9	b	6	b	0,3921	b	0,5465	b	0,6881	b

* Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre os tratamentos, pelo teste de Duncan a 5%;

** CE: compostagem laminar com esterco; CM: cobertura morta; MF: mecanização frequente do solo; Ind.m⁻²: indivíduos por metro quadrado (densidade total); g.m⁻²: gramas por metro quadrado (biomassa total) S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; ns: não significativo.

Na frequência relativa dos grupos taxonômicos no outono (Fig. 12), o tratamento CE apresentou, principalmente, os grupos Isoptera, Enchytraeidae e Isopoda avaliados como abundantes neste local. CM apresentou Enchytraeidae, Formicidae e Oligochaeta, também, considerados abundantes. No tratamento MF, o grupo dominante foi Enchytraeidae e o grupo Oligochaeta, abundante.

No inverno, MF apresentou a maior densidade de indivíduos por metro quadrado, porém obteve a menor biomassa diferindo significativamente de CM e CE. A riqueza e a diversidade de grupos da fauna edáfica foi maior em CE, com diferenças significativas dos outros tratamentos. A equitabilidade foi maior em CE e CM com diferença significativa do tratamento MF. MF apresentou também a maior dominância entre os grupos taxonômicos (Tab. 8).

Tabela 8. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, nos tratamentos de compostagem laminar, cobertura morta e mecanização frequente, no inverno. Pelotas, RS, 2011.

Tratamentos	Inverno											
	Ind m ⁻²		g m ⁻²		S	H		J		Dbp		
CE	2699	a	108,8	a	11	a	0,732	a	0,703	a	0,4452	a
CM	2837	a	130	a	9	b	0,5866	b	0,6265	a	0,5492	a
MF	8245	b	16,8	b	5	c	0,0941	c	0,1427	b	0,9584	b

* Letras iguais minúsculas na coluna não diferem entre os tratamentos, pelo teste de Duncan a 5%;

** CE: compostagem laminar com esterco; CM: cobertura morta; MF: mecanização frequente do solo; Ind.m⁻²: indivíduos por metro quadrado (densidade total); g.m⁻²: gramas por metro quadrado (biomassa total) S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; ns: não significativo.

A frequência relativa no inverno (Fig. 12) nos tratamentos CE e CM evidenciaram os grupos abundantes como, Isopoda, Enchytraeidae e Oligochaeta. No tratamento MF, a frequência relativa foi maior para o grupo Enchytraeidae avaliado como dominante.

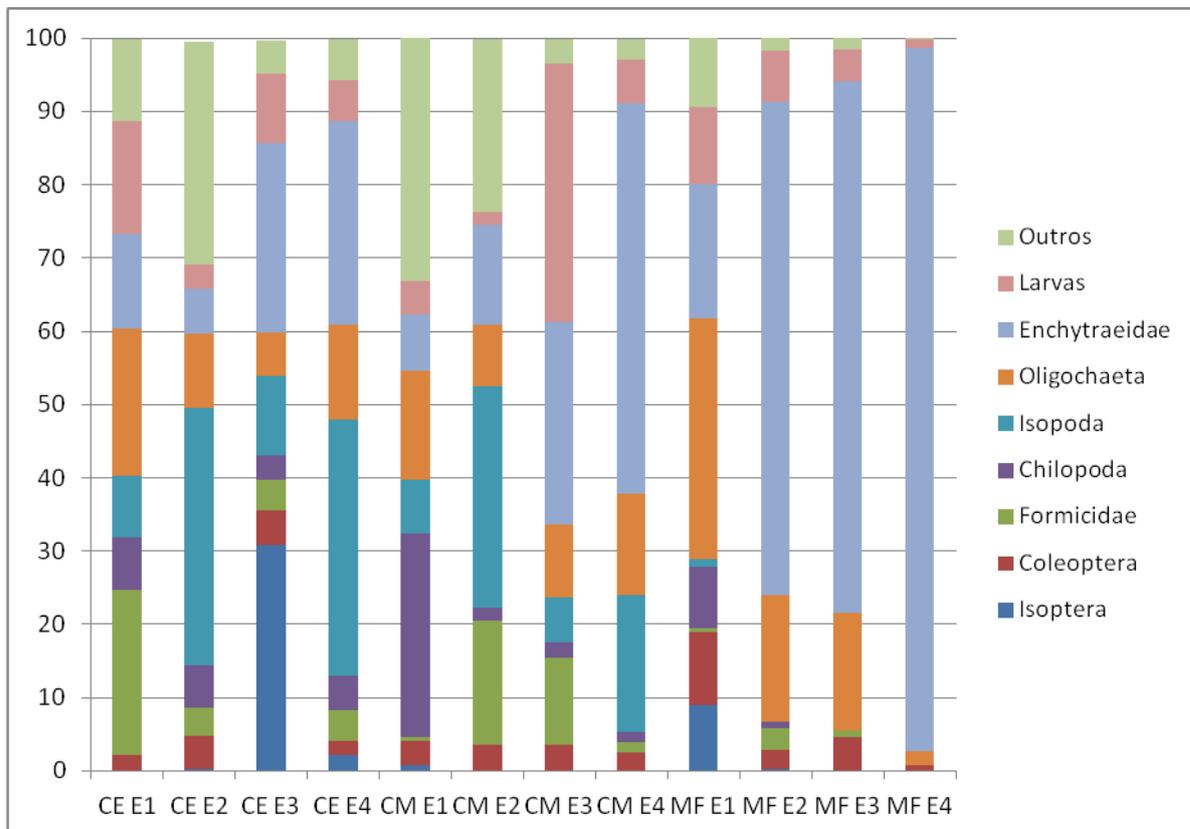


Figura 12. Frequência relativa da fauna edáfica nos tratamentos com compostagem laminar de esterco (CE), cobertura morta do solo (CM) e mecanização frequente do solo (MF) na primavera (E1), verão (E2), outono (E3) e inverno (E4). Pelotas, RS, 2011.

A partir da análise completa dos dados a análise de componentes principais (ACP) explicou 36,4% no eixo 1 e 12 % no eixo 2, totalizando 48,4% da variabilidade dos dados (Fig. 13). É possível perceber principalmente a distinção entre os tratamentos CE e CM em relação ao MF.

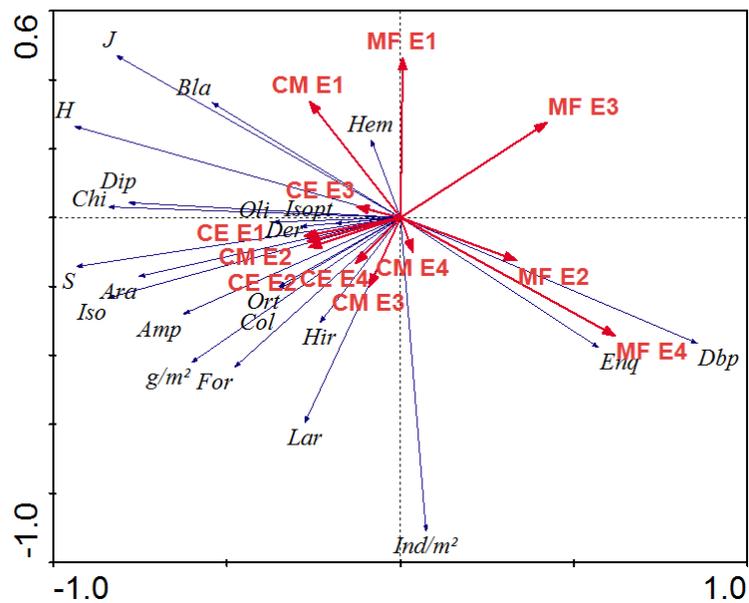


Figura 13. Relação entre os eixos 1 e 2 da ACP, discriminando as áreas avaliadas em diferentes épocas do ano (setas vermelhas) e as variáveis de densidade dos diferentes grupos taxonômicos e os parâmetros ecológicos (setas azuis). Pelotas, RS, 2011.

*CE: compostagem laminar com esterco; CM: cobertura morta; MF: mecanização frequente do solo; Ort: Orthoptera; Bla: Blattodea; Isopt: Isoptera; Der: Dermaptera; Hem: Hemiptera; For: Formicidae; Chi: Chilopoda; Dip: Diplopoda; Ara: Araneae; Iso: Isopoda; Amp: Amphipoda; Oli: Oligochaeta; Hir: Hirudinae; Enq: Enchytraeidae; Lar: larvas de indivíduos imaturos; Ind/m²: indivíduos da fauna edáfica por metro quadrado; g/m²: biomassa da fauna edáfica por metro quadrado; S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância.

Pode-se perceber nas quatro épocas de coleta que o tratamento MF ficou separado na ACP dos tratamentos CE e CM (Fig. 13). Esta separação pode ser explicada, principalmente, pela quantidade e qualidade de cobertura vegetal morta adicionada ao solo nos tratamentos CE e CM. No tratamento CE, o esterco bovino acrescentado na compostagem laminar, também pode ser uma explicação para a maior diversidade neste local, principalmente dos organismos responsáveis pela decomposição da matéria orgânica.

Conforme aponta Barros et al. (2002), a camada de serapilheira proporciona habitats adequados para a maioria dos grupos taxonômicos de invertebrados do solo, não sendo utilizada apenas como alimento. Além disso, a quantidade e a

qualidade da serapilheira, assim como os resíduos orgânicos adicionados ao solo, provocam efeitos sobre os organismos que compõem este ambiente, inclusive afetando os grupos taxonômicos que normalmente iriam colonizar aquele local. O tempo de permanência dos resíduos orgânicos sobre a superfície do solo também é um fator que pode influenciar a fauna edáfica (CANTO, 1996).

Pelo resultado indicado na ACP (Fig. 13), nos tratamentos CE e CM, pode-se verificar uma grande quantidade de grupos taxonômicos relacionados aos dois locais em todas as estações (Oligochaeta, Isopoda, Chilopoda, Araneae, Formicidae, Diplopoda, Isoptera), assim como os índices ecológicos (S, H, J). Por outro lado, no tratamento MF, percebe-se em todas as estações, uma estreita relação do índice de dominância (Dbp) aos enchytraédeos (Enchytraeidae), com exceção da primavera.

Conforme os índices ecológicos foram realizadas avaliações de cada tratamento nas diferentes estações. O tratamento CE não apresentou diferenças significativas nos índices ecológicos avaliados nas diferentes estações (Tab. 9). Desta forma, este tratamento manteve a densidade, a biomassa, a riqueza, a diversidade e a equitabilidade, com um baixo índice de dominância de grupos taxonômicos, durante todo o ano. Pode-se ressaltar, principalmente, neste local a importância dos grupos Isopoda, Oligochaeta e Enchytraeidae.

Tabela 9. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, no tratamento de compostagem laminar, nas quatro estações avaliadas. Pelotas, RS, 2011.

Variáveis	CE							
	Primavera		Verão		Outono		Inverno	
Ind m ⁻²	2971	NS	3200	NS	3141	NS	2699	NS
g m ⁻²	93,9	NS	97	NS	28	NS	108,8	NS
S	12	NS	12	NS	11	NS	11	NS
H	0,8277	NS	0,7601	NS	0,8095	NS	0,732	NS
J	0,7526	NS	0,7097	NS	0,7685	NS	0,703	NS
Dbp	0,3789	NS	0,4233	NS	0,3877	NS	0,4452	NS

* Letras iguais maiúsculas na linha não diferem para as diferentes estações do ano, pelo teste de Duncan a 5%;

** CE: compostagem laminar com esterco; Ind.m⁻²: indivíduos por metro quadrado (densidade total); g.m⁻²: gramas por metro quadrado (biomassa total) S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; NS: não significativo.

A densidade, a biomassa e a riqueza de espécies continuaram estáveis nas diferentes estações no tratamento CM, não apresentando diferença estatística

significativa (Tab. 10). Porém, os índices de diversidade e equitabilidade apresentaram-se altos na primavera e no verão, diminuindo principalmente no inverno, com diferenças estatísticas (Tab. 10). A dominância no inverno diferiu estatisticamente das outras épocas avaliadas, com exceção do outono (Tab. 10).

Tabela 10. Densidade total, biomassa, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, no tratamento de cobertura morta, nas quatro estações avaliadas. Pelotas, RS, 2011.

Variáveis	CM							
	Primavera		Verão		Outono		Inverno	
Ind m ⁻²	1595	NS	2736	NS	2965	NS	2837	NS
g m ⁻²	79,8	NS	66,6	NS	68,2	NS	130	NS
S	11	NS	12	NS	10	NS	9	NS
H	0,848	A	0,8231	A	0,6912	AB	0,5866	B
J	0,8196	A	0,7711	A	0,684	B	0,6265	B
Dbp	0,3036	A	0,3745	A	0,5841	AB	0,5492	B

* Letras iguais maiúsculas na linha não diferem para as diferentes estações do ano, pelo teste de Duncan a 5%;

** CM: cobertura morta; Ind.m⁻²: indivíduos por metro quadrado (densidade total); g.m⁻²: gramas por metro quadrado (biomassa total) S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; NS: não significativo.

A partir dos índices ecológicos encontrados na área CE e CM sabe-se que em praticamente todas as épocas avaliadas, os valores destes não diferiram estatisticamente. Isto enfatiza a importância da cobertura morta sobre o canteiro, pois provavelmente a palhada manteve as condições ambientais adequadas para a fauna edáfica, independentemente da estação do ano, além de servir como fonte de alimento para estes organismos. De acordo com Menezes et al. (2004), a utilização da palhada sobre o solo proporciona a manutenção das propriedades biológicas do solo. Ao mesmo tempo, a cobertura morta protege o solo contra os impactos das gotas de chuva, favorece ao aumento da umidade do solo, evitando perdas por evaporação (SOUZA; RESENDE, 2003; PRIMAVESI, 2008), além de favorecer as comunidades da fauna edáfica, impedindo perdas na diversidade de organismos (BARROS et al., 2003; SANTOS et al., 2008), que apesar das avaliações sazonais relatadas neste trabalho, a fauna edáfica não apresentou diferenças nos seus índices ecológicos nas áreas CE e CM.

No tratamento MF se obteve as menores densidades na primavera, verão e outono, sendo que no inverno, o número de indivíduos aumentou muito, diferindo significativamente das outras estações (Tab. 11). Os índices de riqueza, diversidade

e equitabilidade foram superiores estatisticamente na primavera em relação às demais estações do ano (Tab. 11). Entre as diferentes estações, observou-se a dominância dos enquitreídeos (Tab. 11; Fig. 17), demonstrando assim, a baixa diversidade, riqueza e uniformidade da fauna edáfica neste tratamento.

Tabela 11. Densidade, biomassa total, riqueza, diversidade, equitabilidade e dominância da fauna edáfica no perfil de 0 a 30 cm de profundidade, no tratamento de mecanização frequente do solo, nas quatro estações avaliadas. Pelotas, RS, 2011.

Variáveis	MF							
	Primavera		Verão		Outono		Inverno	
Ind m ⁻²	981	A	2459	A	1637	A	8245	B
g m ⁻²	16	NS	31,5	NS	1,9	NS	16,8	NS
S	8	A	7	AB	6	B	5	B
H	0,7449	A	0,3785	B	0,3921	B	0,0941	C
J	0,8274	A	0,4653	B	0,5465	B	0,1427	C
Dbp	0,3453	A	0,6908	B	0,6881	B	0,9584	C

* Letras iguais maiúsculas na linha não diferem para as diferentes estações do ano, pelo teste de Duncan a 5%;

** MF: mecanização frequente do solo; Ind.m⁻²: indivíduos por metro quadrado (densidade total); g.m⁻²: gramas por metro quadrado (biomassa total) S: riqueza de grupos taxonômicos; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; NS: não significativo.

Os resultados deste trabalho evidenciaram o aumento na frequência relativa dos enquitreídeos a cada estação do ano avaliada, nos diferentes tratamentos (Fig. 17). O tratamento MF apresentou um aumento significativo deste grupo, com uma frequência de 96%, refletindo um índice de dominância ficou muito alto neste local. Estes dados corroboram com os apresentados por Klenk (2010), que encontrou em áreas de pastagens, o aumento crescente deste grupo, principalmente no inverno. Segundo Aquino e Correia (2005), os enquitreídeos apresentam uma alta capacidade de se recuperar após distúrbios no solo, o que justifica seu aumento em densidade justamente no tratamento MF. Silva (2006) observou uma correlação positiva na densidade de enquitreídeos com a quantidade de matéria orgânica do solo.

Cabe ressaltar que no tratamento MF foi utilizado húmus de minhoca para a adubação dos canteiros de hortaliças, que é considerado um material mais degradado e estabilizado, com melhor assimilação para as plantas, porém pode atrair um menor número de grupos taxonômicos da fauna edáfica. No entanto, nota-se um grande aumento no número de indivíduos por metro quadrado no inverno

principalmente, de enquitreídeos. A estação do inverno apresenta as menores temperaturas, quando comparada as outras estações do ano e ao mesmo tempo, um bom índice de precipitação, o que segundo Lavelle et al. (2006) e Baretta et al. (2007), a temperatura e umidade são fatores determinantes para a fauna edáfica e nesta estação é provável que as condições ambientais estivessem mais adequadas para os enquitreídeos. Além disso, a falta de cobertura no solo no tratamento MF deixa a área mais suscetível às oscilações de temperatura e umidade do solo, o que afeta diretamente na fauna edáfica.

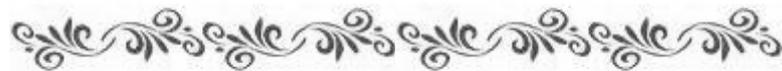
Segundo Cole et al. (2006), existem alguns relatos da existência de antagonismo entre as minhocas e os enquitreídeos, seja por competição de alimento ou por diferenças de pH, pois minhocas preferem ambientes com pH mais alcalino, enquanto enquitreídeos suportam ambientes com pH mais ácidos. Porém, esta competição é considerada um pouco controversa, devido ocorrer mais por causa de fatores edáficos do que fatores biológicos e, dependendo da quantidade de recursos disponíveis no solo, esta competição pode não ocorrer (COLE et al., 2006). Vale ressaltar que existem ainda poucos estudos sobre o papel dos enquitreídeos no solo, porém acredita-se que atuem na ciclagem de nutrientes e na decomposição da matéria orgânica (AQUINO; CORREIA, 2005; VAN VLIET et al., 1995). De acordo com os dados obtidos neste trabalho seriam interessantes mais estudos sobre os enquitreídeos, tanto na área de Biologia quanto Ecologia e na sua possível utilização como bioindicadores de qualidade do solo. Além disso, trabalhos fitotécnicos para a consolidação dessas práticas de manejo são necessários, além da continuidade da avaliação da fauna edáfica relacionando com as propriedades do solo.

4.4 Conclusões

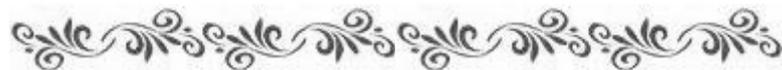
1. As épocas de coleta das amostras (primavera, verão, outono e inverno) interferiram nos índices ecológicos e na frequência relativa dos grupos taxonômicos.

2. A mecanização frequente do solo prejudicou a densidade, a diversidade, a equitabilidade da fauna edáfica favorecendo a dominância dos enquitreídeos em todas as estações do ano.
3. Os grupos taxonômicos presentes na compostagem laminar com esterco e de cobertura morta foram Isopoda, Oligochaeta, Enchytraeidae e Formicidae. Na mecanização frequente do solo, o grupo destaque foi dos enquitreídeos.
4. A compostagem laminar com esterco e de cobertura morta mantiveram, em todas as estações do ano, a diversidade de grupos da fauna edáfica, provavelmente favorecidos pela palha e alimento disponível.

5. CAPÍTULO 2



**O CONHECIMENTO LOCAL SOBRE A FAUNA EDÁFICA E SUAS RELAÇÕES
COM O SOLO EM AGROECOSSISTEMA DE BASE FAMILIAR E EM TRANSIÇÃO
AGROECOLÓGICA**



Capítulo 2: O conhecimento local sobre a fauna edáfica e suas relações com o solo em agroecossistema de base familiar e em transição agroecológica

5.1 Introdução

A associação entre o conhecimento acadêmico e o conhecimento localmente desenvolvido pelo agricultor é fundamental para a qualificação das práticas de manejo do solo em sistemas de produção de base ecológica, permitindo o avanço do conhecimento acadêmico e apropriação destas práticas pelos agricultores (BARRIOS; TREJO, 2003; CASALINHO et al., 2007; AUDEH et al., 2011).

Entretanto, estudos nas áreas de Etnopedologia, que considera o conhecimento local sobre o manejo do solo, o ambiente, o homem e suas práticas agrícolas (ALVES; MARQUES, 2005), e de Etnoentomologia que estuda o conhecimento local sobre os organismos considerados indicadores biológicos (COSTA NETO, 2004), ainda são escassos (MARQUES, 2008; VERONA, 2008; LIMA et al., 2010; SCHIAVON et al., 2011; SCHIEDECK et al., 2009).

O solo nos sistemas de produção de hortaliças, em geral, é utilizado de forma intensiva, quando comparado a outras atividades agrícolas. A utilização frequente de algumas práticas como o uso do arado e da enxada rotativa ocasiona a desestruturação superficial do solo e a sua compactação subsuperficial, influenciando fortemente suas propriedades físicas, químicas e biológicas (SOUZA; RESENDE, 2003). Essas práticas de manejo são tradicionalmente utilizadas tanto no sistema de produção convencional como nos de base ecológica.

Os efeitos das práticas de manejo nas propriedades biológicas do solo podem ser visualizados de forma mais rápida, principalmente através da análise de alguns grupos pertencentes aos macroinvertebrados do solo sensíveis as modificações no ambiente (PAOLETTI, 1999; WINK et al., 2005; FIALHO et al., 2006; LAVELLE et al., 2006; BARETTA, 2007). Com isso, os organismos pertencentes à este grupo podem ser utilizados como bioindicadores da qualidade do solo, como por exemplo as minhocas (Oligochaeta), os isópodes (Isopoda), os cupins (Isoptera), as formigas (Formicidae), entre outros (STORK, EGGLETON, 1992; EDWARDS, BOHLEN, 1996; BROWN et al., 1999; PAOLETTI, 1999; WINK et al., 2005; LAVELLE et al., 2006; CORREIA et al., 2008; MARQUES, 2008). A presença de macrofauna edáfica pode também influenciar as características químicas e físicas do solo, contribuindo para a manutenção da estrutura do mesmo e auxiliando na decomposição e na mineralização da matéria orgânica (DECÄENS, MARIANI, LAVELLE, 1999; LAVELLE et al., 2006).

Diante deste contexto, o presente trabalho teve como objetivo identificar os grupos taxonômicos de organismos pertencentes à fauna edáfica em um sistema de produção de base ecológica de hortaliças e compreender a percepção de uma família agricultora quanto à diversidade da fauna edáfica e sua relação com o manejo e com as propriedades físicas e químicas do solo.

5.2 Material e Métodos

5.2.1 Características gerais do agroecossistema estudado, seu sistema de produção e de manejo

O desenvolvimento do presente trabalho foi feito em um agroecossistema familiar em transição agroecológica localizada no distrito Rincão da Caneleira, Morro Redondo, Rio Grande do Sul (31° 32'S; 52° 37'W). Este agroecossistema da família Scheer possui 37 ha, inseridos no domínio geomorfológico do Escudo Sul-Rio-Grandense, com relevo suave ondulado a forte ondulado.

Este agroecossistema foi uma das quinze unidades familiares que integraram o projeto de pesquisa, intitulado "Rede de Pesquisa Participativa para a transição

agroecológica da agricultura familiar do território Sul do Rio Grande do Sul”, coordenado pela Embrapa Clima Temperado, com o apoio de várias instituições e organizações não governamentais (EMATER/RS, UFPEL, CAPA, FEPAGRO, COOPAR, ARPA-SUL, entre outras parceiras), que ao longo de onze anos apoiam o processo de transição agroecológica (SCHWENGBER et al., 2007; CARDOSO; AUDEH, 2010).

Desde 2001, o agroecossistema está no processo de transição agroecológica. A família desenvolve os seus trabalhos com sistemas diversificados de produção de base ecológica, onde os principais sistemas de produção compreendem os cultivos anuais, hortaliças e frutíferas. Sendo a comercialização dos produtos realizada diretamente pela família agricultora através de feiras de produtos ecológicos nos municípios de Pelotas e Canguçu.

Nos sistemas de produção realizados neste agroecossistema, utilizam-se algumas práticas de manejo como rotação, consórcio, cultivo protegido, pousio. No sistema de produção de base ecológica de hortaliças (principalmente de alface, couve, chicória e repolho), onde foi desenvolvido as avaliações da fauna edáfica, pode-se observar algumas práticas de manejo, como a rotação de cultivares de hortaliças, a adubação dos canteiros com esterco bovino compostado e farinha de osso, a utilização de um composto orgânico (comercial), além do mais o pousio é uma prática comum em determinadas épocas, por falta de mão-de-obra para a produção de hortaliças (Fig. 14).



Figura 14. Vista geral da área dos canteiros de produção de hortaliças da família agricultora. Morro Redondo, RS, 2011.

5.2.2 Investigando a percepção dos agricultores

Para investigar a percepção do agricultor e obtenção de informações correlatas utilizou-se uma entrevista aberta e semiestruturada com todos os membros da família agricultora ao mesmo tempo, para compreender a experiência de trabalho da família e captar a percepção do conhecimento local quanto à diversidade da fauna edáfica e sua relação com o manejo e as propriedades do solo.

A entrevista abordou principalmente os seguintes tópicos:

- a) Que organismos da fauna edáfica você reconhece?
- b) Qual a função da fauna no solo?
- c) As práticas de manejo influenciam na presença da fauna edáfica? Se sim, como? Se não, por quê?
- d) Quais características do solo são condicionantes para a vida no solo?

5.2.3 Avaliação da fauna edáfica

Os levantamentos da fauna edáfica ocorreram na primavera de 2010 e no verão, outono e inverno de 2011, em sete canteiros de produção de hortaliças. Para isso, foi utilizada a metodologia descrita por Anderson e Ingram (1993) conhecida por TSBF (Tropical Soil Biology and Fertility), onde são retirados blocos de solo de 25 x 25 cm até os 30 cm de profundidade, em cada um dos sete canteiros avaliados, ou seja, repetições do local de estudo (Fig. 15).



Figura 15. A) Sistema de produção de hortaliças em Morro Redondo. B) Delimitação da área de coleta com a utilização de pás de corte. C) Monolito de solo do sistema de produção de hortaliças. Morro Redondo, RS, 2011. Fonte: Acervo da autora, 2011.

Os monolitos de solo foram encaminhados ao laboratório da Embrapa Clima Temperado, Estação Experimental Cascata (EEC), para a triagem manual dos organismos presentes no solo. A fauna edáfica foi identificada e contabilizada em diferentes grupos taxonômicos como, Orthoptera, Blattodea, Isoptera, Hymenoptera (Formicidae), Dermaptera, Hemiptera, Formicidae, Chilopoda, Diplopoda, Opilionida, Araneae, Isopoda, Amphipoda, Oligochaeta, Hirudinae e animais imaturos (larvas). Além destes, foi avaliado a família Enchytraeidae pertencente à mesofauna do solo, devido ao grande número de indivíduos que, normalmente, são encontrados no local.

5.2.4 Avaliação das propriedades físicas e químicas do solo

No laboratório do Departamento de Solos da Universidade Federal de Pelotas foram realizadas as análises químicas e físicas do solo. As propriedades físicas foram analisadas na primeira coleta realizada na estação da primavera, com a retirada de duas amostras, em cada canteiro, de estrutura preservada para avaliação da densidade, macroporosidade e microporosidade, segundo procedimentos descritos no Manual de Análises de Solos (DONAGEMA, 2011).

As análises químicas do solo foram realizadas a cada estação do ano, com a retirada de uma amostra composta (sete sub-amostras, uma de cada canteiro) por estação, na profundidade de 0-30 cm. Foram analisadas as seguintes propriedades químicas do solo: pH, cálcio (Ca), magnésio (Mg), alumínio (Al), potássio (K), acidez trocável (H+Al), sódio (Na), capacidade de troca catiônica (CTC), matéria orgânica (MO), fósforo (P), saturação de bases (Bas), cobre (Cu), zinco (Zn), manganês (Mn) (TEDESCO et al., 1995).

5.2.5 Avaliação dos índices ecológicos e análise estatística

Os dados da fauna edáfica obtidos com as coletas passaram pela análise dos principais índices ecológicos, como riqueza de espécies (S), frequência relativa dos grupos taxonômicos (FR), dominância de Berger-Parker (Dbp), diversidade de Shannon-Wiener (H) e equitabilidade de Shannon (J). Os índices Dbp, H, J foram

realizados através do programa DiVes – Diversidade de espécies (RODRIGUES, 2007).

A fauna edáfica avaliada através da densidade e dos índices ecológicos foi submetida à análise multivariada e as propriedades químicas do solo foram utilizadas como variáveis explicativas. Para isso, se utilizou a análise de componentes principais (ACP), através do programa Statistica 7.0. Foram consideradas as correlações existentes entre os pares de variáveis acima de 0,6 na matriz de correlação, considerados como forte correlação.

5.3 Resultados e Discussão

5.3.1 A percepção do agricultor sobre a fauna edáfica

A família agricultora reconhece em seu agroecossistema onze grupos taxonômicos pertencentes tanto à mesofauna como à macrofauna do solo. Os organismos relatados foram: minhocas (Classe Oligochaeta); cachorrinho da terra (Ordem Orthoptera); aranha (Ordem Araneae); cascudo, vaquinha, joaninha e coró (Ordem Coleoptera); percevejo (Ordem Hemiptera); formigas, abelhas e marimbondo (Ordem Hymenoptera); tatu-bola (Ordem Isopoda); caracol (Classe Gastropoda); borboleta (Ordem Lepidoptera); ácaro (Ordem Acari); pulgão (Ordem Hemiptera). Dois pontos interessantes foram ressaltados pelos entrevistados:

“Bichos, a gente reconhece alguns, mas enxergar a gente enxerga poucos”.
“Depende de cada ciclo, muda um pouco a variedade de inseto que aparece. A maior parte dos insetos se vê mais no verão. Por causa do frio ou da época de reprodução ou dormência tu não vê tanto no inverno, eles ficam mais escondidos. Conforme, começa a primavera e o verão, tu começa a ver os insetos. A minhoca, também, começa a ver mais no verão do que no inverno. Não sei se porque estão mais na superfície, mas se enxerga mais no verão”.

O primeiro relato diz respeito ao conhecimento e identificação da fauna edáfica pela família, porém eles dizem que não conseguem visualizar todos os organismos em sua propriedade. O segundo comentário reflete a percepção dos agricultores quanto à variação na densidade dos organismos do solo, dependendo

da estação do ano, ressaltando, principalmente, a presença dos insetos na estação mais quente.

Quanto à função da fauna edáfica no solo, a família agricultora ressaltou, principalmente, a função das minhocas (Oligochaeta) no solo, que seria a decomposição da matéria orgânica e a aeração do solo, o que reflete principalmente nas características físicas e químicas do mesmo. A população de minhocas pode ser um dos indicadores de uso, manejo e qualidade do solo (BROWN; DOMINGUES, 2010), principalmente, em agroecossistemas, pois os agricultores reconhecem a importância destes organismos no sistema solo e, assim como constatado por Schiedeck et al., 2009; Lima; Brussaard, 2010; Schiavon et al., 2011 reconhecem também que este grupo é de fácil visualização no solo. Porém, eles não reconhecem a função de outros grupos taxonômicos no solo, mas acreditam que cada organismo tem o seu papel na natureza e ainda enfatizam que nem todos os grupos taxonômicos citados trazem benefícios para o sistema de produção, pelo contrário, alguns podem ser considerados “pragas”.

“A minhoca faz a aeração e alguns desses bichos são pragas. Eles têm a função deles na natureza, a gente matar todos não pode, tem que deixar sobreviver”.

Salientou-se, ainda, que as práticas de manejo influenciam na presença da fauna edáfica, principalmente aquelas que modificam a estrutura do solo, o que pode causar um desequilíbrio na diversidade de organismos. Realmente, algumas práticas podem influenciar a comunidade de organismos do solo, essa influência pode ser positiva ou negativa, ou seja, pode diminuir ou aumentar a abundância e diversidade dos grupos taxonômicos. No caso das minhocas sabe-se que as espécies epígeas e anécicas podem sofrer influência negativa a partir de práticas como o preparo do solo, compactação e queimadas (HENDRIX et al., 1990; BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010). De acordo com a família agricultora, o preparo do sistema em estudo pode influenciar negativamente a qualidade do solo e conseqüentemente as populações de minhocas, pois é realizado com enxada rotativa encanteiradora (incorporação da adubação orgânica no solo), além de práticas comuns como a capina manual.

Por outro lado, algumas práticas são capazes de influenciar positivamente as populações de minhocas, como a adubação orgânica, a manutenção de coberturas

verdes e cobertura morta sob o solo (HENDRIX et al., 1990; BROWN; DOMÍNGUEZ, 2010). Observou-se que nas práticas de manejo realizados no sistema avaliado, onde é feita a adubação nos canteiros com esterco bovino compostado, farinha de osso, composto orgânico (comercial). Além disso, em determinadas épocas, alguns canteiros ficam em pousio, principalmente devido à falta de mão de obra para a produção de hortaliças, o que também pode auxiliar na diversidade dos organismos no solo.

Além das atividades de manejo no sistema, a família agricultora ressaltou que a característica do solo que eles reconhecem como condicionantes para a existência da fauna edáfica são, principalmente, a quantidade de matéria orgânica e a estrutura física do solo. Sabe-se que as propriedades físicas do solo podem influenciar também as químicas e biológicas do mesmo, principalmente aquelas relacionadas à estrutura do solo, que podem ser um fator limitante para a atividade da fauna edáfica, assim como para a disponibilidade de água e nutrientes para as plantas. Para um bom desenvolvimento das plantas, o solo precisa ter uma estrutura adequada para disponibilizar água e nutrientes, além de uma boa porosidade para fornecer oxigênio e espaço para os organismos do solo (LIMA, 2007). Assim, a qualidade do solo pode ser analisada de acordo com a capacidade que um solo tem em exercer suas funções, como: fornecer nutrientes para as plantas, dar suporte ao crescimento e desenvolvimento de raízes, ter uma adequada atividade biológica, acumular água nos poros, resistir à erosão, entre outros (DORAN; PARKIN, 1994). Neste estudo, os resultados das análises físicas do solo (Tab. 12) refletem uma alta porosidade e baixa densidade do solo, o que deve ser explicado pelas constantes práticas de revolvimento nos canteiros nos primeiros centímetros do solo e, além disso, por ser uma classe de solo que costuma apresentar uma textura superficial mais arenosa.

Tabela 12. Análises físicas da superfície do solo realizado na estação da primavera, no sistema de produção de base ecológica de hortaliças em Morro Redondo. Morro Redondo, RS, 2010.

Área de estudo	Macroporosidade	Microporosidade	Densidade
%gcm ⁻³
Sistema de produção de hortaliças	25,7	27,6	1,06

De acordo com os dados encontrados das análises químicas do solo e com a interpretação baseada no manual de fertilidade do solo (COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO, 2004) pode se constatar que os valores de pH, saturação de bases (Bas) e CTC apresentam-se dentro dos padrões considerados médios. A saturação de alumínio (Al) variou de baixo a muito baixo. A matéria orgânica (MO) apresentou teores baixos. O fósforo (P-Mehlich) e o potássio (K) variam de alto a muito alto. Os teores de cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), zinco (Zn) e manganês (Mn) foram considerados altos (Tab. 13 e 14).

Tabela 13. Análises químicas do solo, na profundidade de 0-30 cm, em diferentes estações (primavera, verão, outono e inverno), no sistema de produção de base ecológica de hortaliças em Morro Redondo. Morro Redondo, RS, 2011.

	pH	Ca	Mg	CTC pH7	Al	Bas	MO	P	K	Cu	Zn	Mn
Épocas de coleta	água 1:1cmolc/dm ³%.....	mg/dm ³					
Primavera	5,6	7,1	2,2	13,2	0,7	74	2,4	>50,5	145	1,7	4,1	11
Verão	5,5	5,8	1,5	11,3	1,7	66	2,4	>50,5	99	1,6	3,5	12
Outono	5,8	5,3	1,5	9,9	0	71	2,7	>50,5	108	1,4	3,5	13
Inverno	5,6	5,6	1,6	10,2	1	72	2,2	>50,5	61	1,5	3,5	17

pH: potencial hidrogeniônico em água; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; CTC pH7: Capacidade de troca de cátions; Al: Saturação do alumínio; Bas: Saturação de bases; MO: Matéria Orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Cu: Cobre; Zn: Zinco; Mn: Manganês.

Tabela 14. Avaliação dos indicadores químicos do solo, na profundidade de 0-30 cm, em diferentes estações (primavera, verão, outono e inverno), no sistema de produção de base ecológica de hortaliças em Morro Redondo. Morro Redondo, RS, 2011.

	pH	Ca	Mg	CTC pH7	Al	Bas	MO	P	K	Cu	Zn	Mn
Épocas de coleta	água 1:1cmolc/dm ³%.....	mg/dm ³					
Primavera	M	A	A	M	MB	M	B	MA	MA	A	A	A
Verão	M	A	A	M	B	M	B	MA	A	A	A	A
Outono	M	A	A	M	MB	M	B	MA	A	A	A	A
Inverno	M	A	A	M	B	M	B	MA	A	A	A	A

pH: potencial hidrogeniônico em água; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; CTC pH7: Capacidade de troca de cátions; Al: Saturação do alumínio; Bas: Saturação de bases; MO: Matéria Orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Cu: Cobre; Zn: Zinco; Mn: Manganês; A: Alto; B: Baixo; M: Médio; MA: Muito alto; MB: Muito baixo.

A família agricultora demonstra a importância da relação entre a matéria orgânica e a fauna edáfica (relato abaixo), ressaltando a necessidade desse resíduo orgânico para a manutenção e alimentação desses organismos que, ao mesmo tempo, auxiliam na decomposição da matéria orgânica, influenciando, conseqüentemente, nas características químicas do solo.

“Se você usar só adubo químico, eu acho que não vai ter nenhum tipo de vida na terra, não tem vida pra eles, não tem como eles fazerem a movimentação. Quando a gente coloca mais matéria orgânica no solo, os próprios bichos fazem a decomposição dessa matéria orgânica e acaba criando mais viço no solo, com que haja uma produção até mesmo de adubação na própria área”.

Porém, o teor de matéria orgânica dos solos coletados tiveram teores baixos (na faixa de 2,5%) e utilizando a análise multivariada, a matéria orgânica ficou correlacionada apenas com as propriedades químicas como o pH e o alumínio (Fig. 22; Tab. 13). Mesmo assim, a importância da matéria orgânica para os organismos do solo é frequentemente ressaltada em vários trabalhos. De acordo com Lavelle et al. (1997), a fauna edáfica com ênfase aos engenheiros do ecossistema apresenta relação direta com a matéria orgânica, seja pela decomposição, pela proteção através de estruturas biogênicas e sua distribuição no perfil do solo. Como exemplo, as minhocas apresentam a habilidade em proteger a matéria orgânica através da ingestão, aumentando a atividade microbiana e liberando a matéria orgânica decomposta envolvida por estruturas biogênicas nos coprólitos e nas galerias, e distribuição do húmus no solo (LAVELLE; SPAIN, 2001; BARETTA, 2007).

A família enfatizou, também, a questão das “pragas agrícolas”, pois o manejo do sistema de produção pode causar um desequilíbrio aumentando a população de um organismo, o qual pode vir a se tornar uma “praga” para o sistema. A proliferação de determinados insetos que se tornam “pragas” no sistema agrícola, demonstra a instabilidade dos agroecossistemas, fato que pode ser explicado pelo aumento de monocultivos em detrimento da vegetação natural, o que diminui o habitat para a diversidade local (ALTIERI, 1999; ALTIERI; NICHOLLS, 2010). Com isso, fica evidente a necessidade de se repensar algumas práticas de manejo, mesmo aquelas adotadas nos sistemas de produção de base ecológica, para que, com o passar do tempo, se consiga atingir o equilíbrio dinâmico e a sustentabilidade nos agroecossistemas.

5.3.2. Diversidade da fauna edáfica em sistema de produção de base ecológica de hortaliças

Pôde-se observar que a densidade de indivíduos (ind. m⁻²) foi maior no inverno, diferindo significativamente da primavera e do verão. Enquanto isso, a riqueza de grupos taxonômicos permaneceu a mesma, não apresentando diferença significativa entre as estações. Porém, a diversidade de organismos da fauna edáfica foi maior nas estações mais quentes (primavera e verão), diminuindo significativamente nas estações mais frias (outono e inverno) (Tab. 14).

A dominância de alguns grupos taxonômicos da fauna edáfica foi maior no outono e inverno, principalmente os enquiteídeos, com diferença significativa da primavera e verão (Tab. 15). Estes resultados podem ser corroborados com o capítulo anterior, que demonstrou um aumento na densidade da fauna a cada estação avaliada (verão, outono e inverno) no tratamento de manejo frequente do solo, porém com uma queda na diversidade e equitabilidade, além de um aumento na dominância de alguns grupos. A densidade total da fauna edáfica nas diferentes estações, também, pode ser corroborado por Klenk (2010) em áreas de pastagens com preparo orgânico, onde a densidade foi maior no outono e no inverno, porém não apresentou diferença estatística significativa.

Tabela 15. Densidade, riqueza, diversidade, equitabilidade, dominância da comunidade de fauna coletada no solo até a profundidade de 30 cm em diferentes estações, no sistema de produção de base ecológica de hortaliças. Morro Redondo, RS, 2011.

	Primavera		Verão		Outono		Inverno	
Densidade (ind.m ⁻²)	590	C	922	BC	2151	AB	2528	A
Riqueza	7	NS	7	NS	5	NS	7	NS
Diversidade	0,59547	A	0,60766	A	0,31716	B	0,2954	B
Equitabilidade	0,74104	A	0,7442	A	0,44389	B	0,36161	B
Dominância	0,5099	A	0,46544	A	0,75829	B	0,82019	B

*Letras maiúsculas na mesma linha representam a diferença estatística do mesmo item avaliado em diferentes estações, pelo teste de Duncan a 5%. **NS: não significativo.

A partir da análise de todos os dados da frequência relativa dos grupos taxonômicos, sem a separação pelas estações do ano, pode-se constatar que os principais organismos dominantes encontrados foram os enquiteídeos (Enchytraeidae). As formigas (Formicidae) foram consideradas abundantes, seguidas das minhocas (Oligochaeta) que podem ser avaliadas como ocasionais

(Fig.16). Estes dados podem ser corroborados pelo capítulo anterior, onde os dados encontrados na prática com manejo frequente do solo em canteiros de hortaliças apresentou dados similares de frequência relativa dos enquitreídeos, sendo considerados também dominantes no local avaliado, com 82% de frequência.

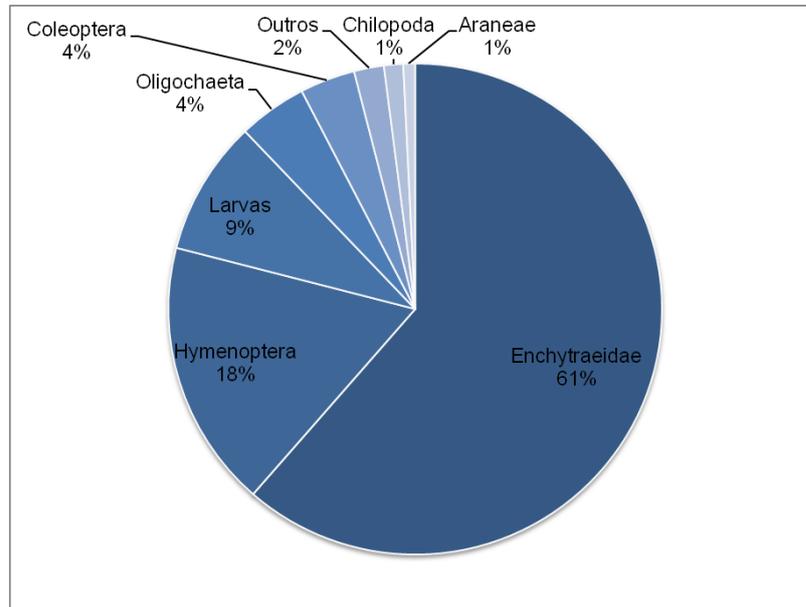


Figura 16. Frequência relativa dos principais grupos taxonômicos da fauna edáfica encontrados no sistema de produção de base ecológica de hortaliças para a média das quatro estações do ano. Morro Redondo, RS, 2011.

Na primavera, a frequência relativa dos grupos taxonômicos ressaltou os organismos considerados abundantes na área, como os enquitreídeos (Enchytraeidae), as minhocas (Oligochaeta) e as formigas (Formicidae), enquanto as centopéias (Chilopoda) foram avaliadas como ocasionais. No verão, os grupos da fauna edáfica abundantes foram as formigas, os enquitreídeos e os besouros (Coleoptera). No outono, os dois principais organismos foram os enquitreídeos e as formigas, o primeiro considerado dominante e o segundo grupo abundante. No inverno o grupo que dominou as amostras foram os enquitreídeos com 84% (Fig. 17). Assim, como no tratamento de manejo frequente do solo avaliado no capítulo anterior, neste sistema de produção de hortaliças obteve-se maior frequência relativa do grupo dos enquitreídeos em todas as estações avaliadas.

Pode-se destacar três grupos com maior relevância neste trabalho em todas as estações, como os enquitreídeos, dominantes na área de estudo, as formigas e as minhocas que foram os organismos com maior frequência relativa. Esses grupos da fauna edáfica são considerados os “engenheiros do ecossistema”, pois atuam na

modificação do ambiente físico e químico onde habitam influenciando não somente a dinâmica do solo, mas também o ecossistema (JONES, 1994; LAVELLE et al., 1997; JOUQUET et al., 2006). Assim, ao mesmo tempo em que estes organismos interferem as características do solo, também são por elas influenciados (CORREIA, 2002). A cobertura vegetal e as alterações antrópicas também modificam a distribuição da fauna edáfica, principalmente quando essas práticas alteram a disponibilidade de recursos alimentares (GIRACCA et al., 2003; GODOY et al., 2007; MELO et al., 2009).

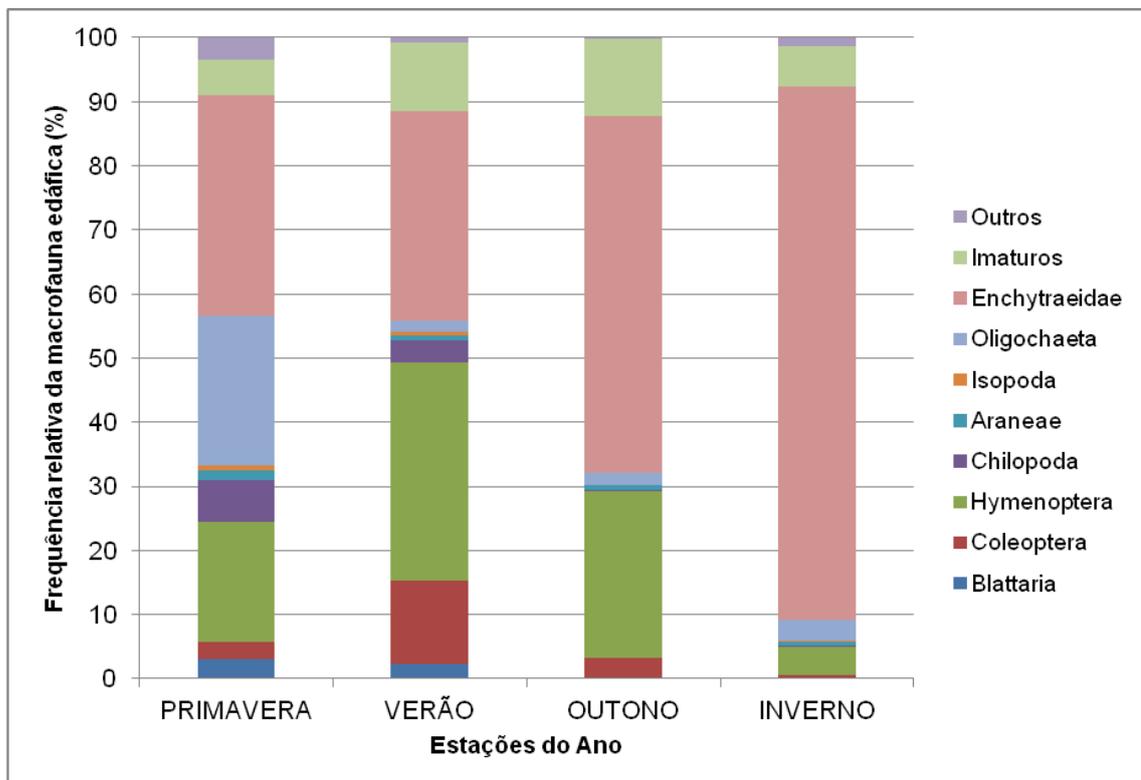


Figura 17. Frequência relativa dos grupos taxonômicos da fauna edáfica no sistema de produção de base ecológica de hortaliças no Morro Redondo, em cada estação do ano (primavera, verão, outono e inverno). Morro Redondo, RS, 2011.

Com a análise de componentes principais (ACP) realizada com os dados da fauna edáfica e as propriedades químicas do solo (Fig. 18), foi possível descrever 61,9% da variação total (Eixo 1: 40,3%; Eixo 2: 21,6%). O eixo 1 foi descrito pelas variáveis biológicas (Enchytraeidae, Chilopoda, dominância, diversidade de Shannon e equitabilidade) e químicas (Mn, H+Al, CTC, Cu e Na) (Tab. 15). As variáveis melhor correlacionadas e que compõem o eixo 2 (Tab. 15) são Formicidae, Araneae, densidade de organismos e riqueza.

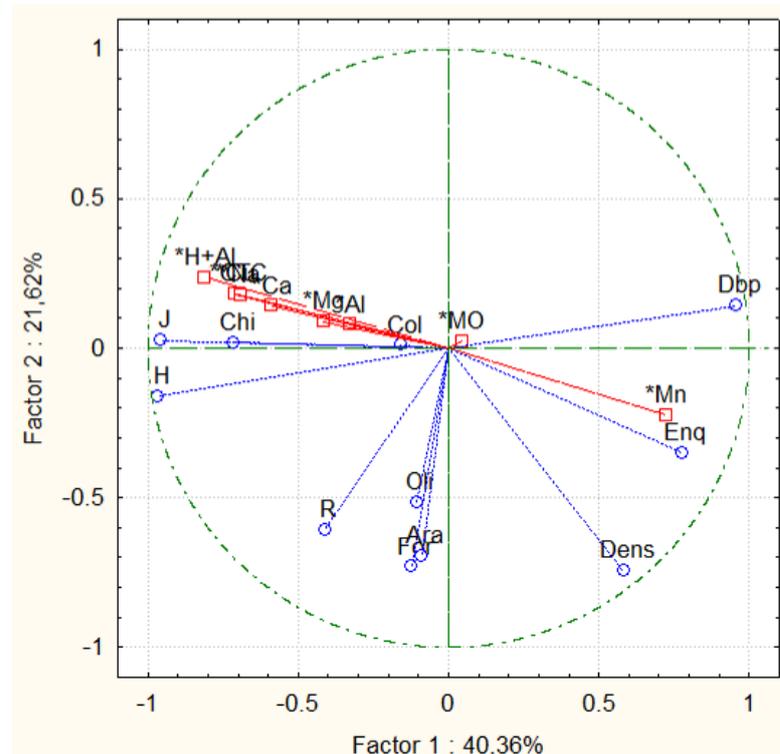


Figura 18. Relação entre os eixos 1 e 2 da ACP, discriminando as variáveis de densidade dos diferentes grupos taxonômicos e os parâmetros ecológicos (linhas azuis) e as propriedades químicas do solo (linhas vermelhas). Morro Redondo, RS, 2011.

*Col: Coleoptera; For: Formicidae; Chi: Chilopoda; Ara: Araneae; Oli: Oligochaeta; Enq: Enchytraeidae; D: densidade; S: riqueza; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; pH: potencial hidrogeniônico em água; CTC pH7: Capacidade de troca de cátions; Bas: Saturação de bases; MO: Matéria Orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Mn: Manganês.

Através da ACP podem-se ressaltar as variáveis biológicas e químicas altamente correlacionadas entre si, como: Formicidae e Araneae; Chilopoda e capacidade de troca de cátions; Enchytraeidae e manganês. Os grupos taxonômicos de formigas e aranhas podem ser considerados organismos sensíveis as práticas de manejo do solo, sendo que a utilização de práticas inadequadas de manejo refletem na comunidade de aranhas (MARC; CANARD; YSNEL, 1999; ANDERSEN et al., 2002; BARETTA, 2007) e este grupo realmente apresentou uma baixa densidade de organismos no sistema de produção avaliado. A presença de formigas pode refletir na fase de recuperação do solo (ANDERSEN et al., 2002), apresentando uma variabilidade de hábitos alimentares e geralmente vivem em agregados com alta densidade de indivíduos (MENEZES et al., 2009; KROLOW, 2011). Portanto, a grande densidade de formigas na área de estudo pode ser devido à resiliência desse grupo aos impactos de manejo, ao mesmo tempo em que possui a capacidade de diversificação alimentar.

Os enquitreídeos são responsáveis por atuar nos processos de decomposição da matéria orgânica, na ciclagem de nutrientes e apresentam sua importância nas áreas com solos ácidos e pobres em nutrientes, principalmente em áreas de clima temperado, onde este grupo é, em geral, o mais dominante da fauna do solo (MARALDO, 2009). Contudo, o resultado deste trabalho que revela uma forte correlação deste grupo com micronutrientes, como é o caso do Manganês (Mn), precisa de estudos mais aprofundados, pois esse resultado sugere que o Mn pode ser considerado como um fator determinante para a dominância de enquitreídeos na região.

Além disso, são necessários mais esforços acadêmicos para aprimorar os conhecimentos referentes à fauna edáfica nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças, no sentido de melhor compreender a sua relação com as práticas de manejo e identificar os possíveis organismos indicadores da qualidade do solo, contribuindo assim para a sustentabilidade destes sistemas de produção.

5.4 Conclusões

1. Os grupos taxonômicos que se destacaram no sistema de produção de base ecológica de hortaliças foram os enquitreídeos, as formigas e as minhocas;
2. A família agricultora reconhece vários grupos taxonômicos da fauna edáfica. No entanto, a principal compreensão diz respeito ao grupo das minhocas (*Oligochaeta*) na decomposição da matéria orgânica e na estrutura física do solo;
3. Quanto às práticas de manejo realizadas no sistema de produção de base ecológica de hortaliças, a família, em estudo, acredita que tem influência na fauna edáfica, porém não utiliza essa informação para a tomada de decisão de uso e manejo do solo;
4. A família descreve na entrevista uma informação amplamente reconhecida na comunidade científica, que é a importância da relação entre matéria orgânica

e a fauna edáfica, embora essa informação não tenha sido ressaltada com os dados encontrados;

5. O conhecimento local representa um importante aliado ao conhecimento acadêmico na busca por melhores práticas de manejo nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças;

6. DISCUSSÃO GERAL

Os dois capítulos apresentados nesta dissertação procuraram avaliar a utilização de práticas mais adequadas neste sistema, que não siga apenas a lógica da substituição de insumos de uma agricultura convencional para uma agricultura orgânica, mas que incorpore as características do ecossistema natural e, ao mesmo tempo, busque a utilização do conhecimento localmente desenvolvido pelos agricultores.

Devido à literatura apresentar a sensibilidade da fauna edáfica aos impactos dos sistemas de produção (CORREIA; OLIVEIRA, 2000; CORREIA, 2002; BARETTA et al., 2006; SILVA et al., 2006; PIMENTEL et al., 2006; BARETTA, 2007), a utilização dos mesmos pode ser um método para determinar práticas de manejo mais sustentáveis nos sistemas de produção de base ecológica, principalmente, de hortaliças.

Os sistemas de produção de base ecológica de hortaliças, na maioria dos casos, ainda utilizam as mesmas práticas de manejo realizadas no sistema de produção convencional (SOUZA; RESENDE, 2003; SCHELBAUER et al., 2009; SAMINÉZ; RESENDE, 2010). No entanto, com os pressupostos da Agroecologia é necessário repensar essas práticas e, de preferência, agregando características dos ecossistemas naturais, em direção ao equilíbrio dinâmico e resiliência das relações entre o solo, as plantas, a matéria orgânica, o clima e os seres vivos de cada local (PRIMAVESI, 2002; GLIESSMAN, 2000; ALTIERI, 2002).

No primeiro capítulo foi possível perceber os resultados positivos quanto à fauna edáfica nos tratamentos CE e CM, que mantiveram os valores a cada estação do ano, de densidade, riqueza, diversidade, equitabilidade e uma baixa dominância.

Estes tratamentos demonstram a importância da cobertura do solo para, por exemplo, a manutenção da umidade do solo e de uma temperatura mais adequada para os organismos do solo (SOUZA; RESENDE, 2003; MENEZES et al., 2004; LAVELLE et al., 2006; BARETTA et al., 2007; PRIMAVESI, 2008). Além disso, o esterco bovino utilizado no tratamento CE e a palhada nos dois tratamentos (CE e CM) pode servir como fonte de alimento para a fauna edáfica e este fato pode atrair um maior número de indivíduos para o local (BARROS et al., 2002). A utilização da camada de palha ainda pode trazer outros benefícios para o agricultor, como a adubação no próprio canteiro e a diminuição da mão-de-obra, pois essa camada pode diminuir o aparecimento de plantas espontâneas, o que por consequência diminui o esforço de capina manual, prática muito utilizada nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças (SCHWENGBER et al., 2007).

No tratamento MF com mecanização frequente do solo, que é uma prática também realizada na propriedade familiar, estudada no segundo capítulo, foi enfatizado o aumento na frequência relativa dos enquitreídeos a cada estação do ano avaliada, e ao mesmo tempo, aumento no valor da dominância deste grupo nos locais. Este resultado também foi verificado por Klenk (2010). Este grupo ainda precisa de mais estudos, porém algumas bibliografias evidenciam a capacidade de recuperação destes após distúrbios (AQUINO; CORREIA, 2005), porém a dominância é problemática para o aumento da diversidade do solo nos sistemas de produção. Cabe ressaltar que a diminuição da diversidade da fauna edáfica nestes locais pode ser devido à utilização do húmus de minhoca que é um adubo orgânico estabilizado, atraindo um menor número de espécies e, ao mesmo tempo, a falta de cobertura do solo deixou os canteiros mais suscetíveis as oscilações de temperatura e umidade.

Pode-se ressaltar também, nos dois capítulos a importância dos engenheiros do ecossistema que pertencem ao grupo dos Oligochaeta, Formicidae, Isoptera. Embora, o grupo Isoptera tenha sido pouco encontrado. A importância desses organismos nos sistemas de produção e no solo em geral está na influência destes grupos nos ecossistemas, principalmente com a capacidade de alterar as propriedades físicas e químicas do solo (LAVELLE et al., 1997; JOUQUET et al., 2006).

Os agricultores ao longo das gerações foram passando os seus conhecimentos sobre os mais diversos assuntos relacionados às agriculturas, principalmente, a utilização de plantas como indicadores de alguma deficiência ou excesso de determinado nutriente no solo (BARRIOS, 2007; BARRIOS; TREJO, 2003; CASALINHO et al., 2007). Além disso, existem vários trabalhos com a utilização de plantas para controle de “pragas” nas lavouras. Porém, são poucos os trabalhos que relacionam o conhecimento local dos agricultores em relação a fauna edáfica e as práticas de manejo do solo (LIMA et al., 2010a; LIMA et al., 2010b; MARQUES, 2008; SCHIAVON et al., 2011; SCHIEDECK et al., 2009; VERONA, 2008) e com certeza, este conhecimento tem muito a contribuir para o entendimento da fauna edáfica (LAVELLE, 1994).

Embora a família agricultora em estudo não utilize os organismos do solo como indicadores biológicos ou para a definição de práticas de manejo, eles conseguem reconhecer a importância das minhocas para os agroecossistemas, principalmente, na decomposição da matéria orgânica. Agora este desafio está para os pesquisadores da área, em encontrar formas que incentivem a utilização destes organismos e de outros grupos taxonômicos como indicadores para a definição de uso e manejo do solo em seus agroecossistemas.

Contudo, existe a necessidade de trabalhos de fitotecnia nas práticas de manejo realizadas neste trabalho e que não sejam apenas trabalhos pontuais. É provável, de que, com o passar do tempo, a qualidade do solo se altere negativamente para a produção de hortaliças, havendo a necessidade de novas práticas para amenizar este efeito, evidenciando, portanto, a necessidade de uma avaliações em longo prazo, na busca de práticas de manejo mais adequadas e sustentáveis aos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças.

7. CONCLUSÕES GERAIS

A avaliação das influências das práticas de manejo na fauna edáfica presente nos sistemas de produção de hortaliças ocorreu com base no conhecimento acadêmico e no conhecimento local. A partir da metodologia utilizada e das discussões dos resultados encontrados foi possível concluir:

1. Alguns grupos da fauna edáfica são realmente sensíveis às práticas de manejo realizadas no sistema de produção de hortaliças. No primeiro capítulo foi possível observar o destaque dos grupos Isopoda, Oligochaeta, Enchytraeidae e Formicidae nos tratamentos CE e CM, enquanto o tratamento MF apresentou em todas as avaliações uma forte correlação com Enchytraeidae. No segundo capítulo, a ênfase no sistema de produção avaliado foi também para os grupos Enchytraeidae, Formicidae e Oligochaeta. Percebeu-se uma forte influência do aumento na densidade de enquitreídeos em solos mais impactados por práticas de manejo como o revolvimento e incorporação da matéria orgânica.
2. A compostagem laminar com esterco bovino (CE) e a utilização de cobertura morta (CM) demonstraram uma ótima opção nos sistemas de produção de base ecológica de hortaliças, pelo aumento da diversidade de grupos da fauna edáfica, pela diminuição da mão-de-obra na propriedade, além de serem práticas que influenciam o mínimo possível na estrutura do solo, aproveitando as características dos ecossistemas naturais. Para respaldar esta afirmação são necessários trabalhos fitotécnicos para a consolidação destas duas práticas nos sistemas de produção de base ecológica.

3. Os índices ecológicos e a análise de componentes principais se mostraram ótimas ferramentas para avaliar as relações da fauna edáfica e das práticas de manejo em diferentes estações do ano. Além disso, o conhecimento local pode auxiliar na busca de práticas mais sustentáveis nestes sistemas, além do aumento no conhecimento acadêmico quanto à fauna edáfica e definições de possíveis bioindicadores nestes agroecossistemas, podem auxiliar na tomada de decisão do agricultor quanto ao uso e manejo do solo.

8. REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, J.A.F. Disseminando práticas de manejo ecológico de formigas cortadeiras no sul da Bahia. *Agriculturas*, v.5, n.1, p.25-28, 2008.
- ALTIERI, M.A. The ecological role of biodiversity in agroecosystems. ***Agriculture, Ecosystems and Environment***, Califórnia, v. 74, p. 19-31,1999.
- ALTIERI, M. **Agroecologia**: bases científicas para uma agricultura sustentável. Guaíba: Agropecuária Editora, 2002. 592p.
- ALTIERI, M.A; NICHOLLS, I.C. **Diseños Agroecológicos**: para incrementar la biodiversidad de entomofauna benéfica em agroecosistemas. 1.ed., Colombia: Sociedade Científica Latinoamericana de Agroecologia (SOCLA), 2010. 83p.
- ALVES, A.G.C. Conhecimento local e uso do solo: uma abordagem etnopedológica. **INCI**, v.30, n.9, Caracas, p.524-528, 2005.
- ALVES, A.G.C.; MARQUES, J.G.W. Etnopedologia: uma nova disciplina? **Tópicos em Ciência do Solo**, v.4, p.321-344, 2005.
- 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.
- ANDERSEN, A.; BENJAMIN, D.H.; MULLER, W.; GRIFFITHS, A.D. Using ants as bioindicators in land management: simplifying assessment of ant community responses. **Journal of Applied Ecology**, v. 39, p. 8-17, 2002.
- ANDERSON, J.M.; INGRAM, J.S. **Tropical Soil Biology and Fertility**, a handbook of methods. 2ª ed. Wallingford: Commonwealth Agricultural Bureau, 1993. 221p.
- AQUINO, A.M.; CORREIA, M.E.F. **Invertebrados edáficos e o seu papel nos processos do solo**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005. 52p.
- AQUINO, A.M.; DIONÍSIO, J.A.; RESSETI, R.R.; CORREIA, M.E.F.; NUNES, D.H.; PASINI, A. **Minhocas**: aspectos gerais e ecológicos em sistemas agrícolas. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2005b. 42p.
- AUDEH, S. J. S.; LIMA, A. C. R.; CASALINHO, H. D.; SCHIAVON, G. A.; SILVA, J. B.; CARDOSO, J. H. Uso das terras e o desenvolvimento da agricultura familiar de base ecológica no território Sul do Rio Grande do Sul. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, p.1-7, 2011.

- AYUKE, F.O.; BRUSSAARD, L.; VANLAUWE, B.; LELEI, D.K.; KIBUNJA, C.N.; PULLEMAN, M.M. Soil fertility management: impacts on soil macrofauna, soil aggregation and soil organic matter allocation. **Applied Soil Ecology**, Wageningen, v.48, p.53-62, 2011.
- BARETTA, D.; MAFRA, A. L.; SANTOS, J. C. P.; AMARANTE, C. V. T.; BERTOL, I. Análise multivariada da fauna edáfica em diferentes sistemas de preparo e cultivo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.11, p.1675-1679, 2006.
- BARETTA, Dilmar. **Fauna do solo e outros atributos edáficos como indicadores da qualidade ambiental em áreas com *Araucaria angustifolia* no Estado de São Paulo**. 2007. 159f. Tese (Doutorado em Agronomia). Universidade de São Paulo, São Paulo.
- BARETTA, D.; BROWN, G.G.; JAMES, S.W.; CARDOSO, E.J.B.N. Earthworms populations sampled using collection methods in Atlantic forests with *Araucaria angustifolia*. *Scientia Agricola*, v. 64, p.384-392, 2007.
- BARETTA, D.; BROWN, G. G.; CARDOSO, E. J. B. N. Potencial da macrofauna e outras variáveis edáficas como indicadores da qualidade do solo em áreas de *Araucaria angustifolia*. **Acta Zoológica Mexicana**, v.26, n.2, p.135-150, 2010.
- BARRIOS, E.; TREJO, M. T. Implications of soil knowledge for integrated soil management in Latin America. **Geoderma**, v.111, p.217-231, 2003.
- BARRIOS, E. Soil biota, ecosystem services and land productivity. *Ecological Economics*, v.64, p.269-285, 2007.
- BARRIOS, E.; COUTINHO, H.L.C.; MEDEIROS, C.A.B. **InPAC-S: Integração participativa de conhecimentos sobre indicadores de qualidade do solo – Guia metodológico**. World Agroforestry Centre (ICRAF), Embrapa, CIAT. Nairobi, 2011, 178 p.
- BARROS, E.; CURMI, P.; HALLAIRE, V.; CHAUVEL, A.; LAVELLE, P. The role of macrofauna in the transformation and reversibility of soil structure of an oxisol in the process of forest to pasture conversion. **Geoderma**, v.100, p.1193-1213, 2001.
- BARROS, E.; PASHANASI, B.; CONSTANTINO, R. LAVELLE. Effects of land use system on the soil macrofauna in Western Brazilian Amazônia. **Biology and Fertility of Soils**, v.35, p.338-347, 2002.
- 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.
- BARTZ, M.L.C.; BROWN, G.G.; PASINI, A.; LIMA, A.C.R.; GASSEN, D.N. As minhocas e o manejo do solo: o caso do plantio direto do arroz irrigado. **Revista Plantio Direto**, p.1-5, 2009.
- BLANCHART, E.; ALBRECHT, A.; ALEGRE, J.; DUBOISSET, A.; PASHANASI, B.; LAVELLE, P. Effects of earthworms on soil structure and physical properties. In: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Eds.). **Earthworm management in tropical agroecosystems**, CAB International, Wallingford, UK, 1999. p.139-162.
- BOFF, M.I.C; GIESEL, A.; FERNANDES, P.; BOFF, P.; ROSA, J.M. Percepção dos agricultores em relação as formigas cortadeiras no Planalto Serrano Catarinense. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, p.1-5, 2011.

- BONKOWSKI, M. Protozoa and plant growth: the microbial loop in soil revisited. **New Phytol**, v.162 , p.617-631, 2004.
- BRADY, N. C.; WEIL, R. R. **The nature and properties of soils**: twelfth edition. Upper Saddle River, NJ: Prentice Hall, 1999. 881 p.
- BRASIL. **Lei nº 11.326, de 24 de julho de 2006**. Estabelece as diretrizes para a formulação da Política Nacional da Agricultura Familiar e Empreendimentos Familiares Rurais. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, 25 jul. 2006.
- BRASIL. **Lei nº 10.831, de 23 de dezembro de 2003**. Dispõe sobre a agricultura orgânica. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 23 dez. 2003.
- BRASIL. **Instrução Normativa nº 46, de 06 de outubro de 2011**. Estabelece o regulamento técnico para os sistemas orgânicos de produção animal e vegetal. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Brasília, DF, 06 out. 2011.
- BREURE, Anton. Soil biodiversity: measurements, indicators, threats and soil functions. In: **International Conference Soil and Compost Eco-Biology**, 1., 2004, Spain. Anais do I International Conference Soil and Compost Eco-Biology. Leon: Spain, 2004.
- BROWN, G.; PASHANASI, B.; GILOT-VILLENAVE, C.; PATRON, J.C.; SENAPATI, B.K.; GIRI, S. Effects of earthworms on plant growth in the Tropics, in: LAVELLE, P.; BRUSSAARD, L.; HENDRIX, P. (Eds.). **The management of earthworms in tropical agroecosystems**. CAB International, Wallingford, UK, 1999. p.87–148.
- BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. Ecología y taxonomía de las lombrices de tierra em Latinoamérica: El primer Encuentro Latino-Americano de Ecología e Taxonomía de Oligoquetos (ELAERAO1). In: BROWN, G.G.; FRAGOSO, C. **Minhocas na América Latina: biodiversidade e ecologia**. Londrina: Embrapa Soja, 2007. p.25-68.
- BROWN, G.G.; DOMINGUES, J. Uso das minhocas como bioindicadoras ambientais: princípios e práticas – o 3º Encontro Latino Americano de Ecologia e Taxonomia de Oligoquetos (ELAETAO 3). **Acta Zoológica Mexicana**, v. 26, n.s. 2, p. 1-18, 2010.
- BRUSSAARD, L.; KUYPER, T.W.; DIDDEN, R.G.M.G.; BLOEM, J. Biological soil quality from biomass to biodiversity – Important and resilience to management stress and disturbance. In: **Managing Soil Quality: challenges in modern agriculture**. P. SCHJONNING, P.; ELMHOLT, S.; CHRISTENSEN, B.T. (Eds.). UK: CABI Publishing. 2004. p.139-161
- BURG, I. C.; LOVATO, P. E. Agricultura Familiar, Agroecologia e relações de gênero. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.1, p.1522-1528, 2007.
- CANTO, A.C. Alterações da mesofauna do solo causadas pelo uso de cobertura com plantas leguminosas na Amazônia Central. **Revista Ciências Agrárias**, v.4, n.5, p.79-94, 1996.
- CANUTO, João Carlos. **Agricultura ecológica em Brasil: perspectivas socioecológicas**. 1998. 200f. Tesis (Doctorado em Agronomía) – Universidad de Córdoba, Spain.
- CAPORAL, F. R.; COSTABEBER, J. A. Análise multidimensional da sustentabilidade: uma proposta metodológica a partir da Agroecologia.

Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável, Porto Alegre, v.3, n.3, p.70-85, 2002.

CAPORAL, F.R.; COSTABEBER, J.A. **Agroecologia**: alguns conceitos e princípios. Brasília: MDA/SAF/DATER-IICA, 2004. 24p.

CARDOSO, J. H.; AUDEH, S. J. S. **Rede de pesquisa participativa para a transição agroecológica**. Embrapa Clima Temperado. Local: Pelotas, 2010.

Disponível em:

<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/869151/1/Redeparticipativa.pdf>.

Acesso em 10 jan. 2012.

CARLESÍ, Sebastián Elola. **Construção participativa de indicadores de qualidade do solo para avaliação da sustentabilidade de unidades olerícolas no sul do Uruguai**. 2008. 85f. Dissertação (Mestrado em Agroecossistemas). Universidade Federal de Santa Catarina, Centro de Ciências Agrárias, Florianópolis.

CARMO, Maristela Simões. A produção familiar como *locus* ideal da agricultura sustentável. **Agricultura em São Paulo**, São Paulo, v.45, p.1-15, 1998.

CASALINHO, H. **Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas**. 2003. 192f. Tese (Doutorado em Ciências)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

CASALINHO, H. D.; MARTINS, S. R.; SILVA, J. B.; LOPES, A. S. Qualidade do solo como indicador de sustentabilidade de agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.13, n.2, p.195-203, 2007.

CENTRO DE APOIO AO PEQUENO AGRICULTOR; MINISTÉRIO DO DESENVOLVIMENTO AGRÁRIO. **Plano territorial de desenvolvimento rural sustentável**: território da cidadania zona sul do estado do rio grande do sul. Pelotas: Capa/MDA, 2009.

CESAR; M.N.Z.; PADOVAN, M.P. Estratégias de manejo de solos em sistemas de produção de base ecológica nos territórios do Cone Sul e Vale do Ivinhema, em Mato Grosso do Sul. In: **CONGRESSO BRASILEIRO DE SISTEMAS DE PRODUÇÃO**, 7., 2007, Fortaleza.

CHAUVEL, A.; GRIMALDI, M.; BARROS, E.; BLANCHART, E.; DESJARDINS, T.; SARRAZIN, M. Pasture damage by an Amazonian earthworm, **Nature**, France, v.389, p.32-33, 1999.

COLE, L.; MARK, A.B.; SHAW, P.J.A.; BARDGETT, R.D. The abundance, richness and functional role of soil meso and macrofauna in temperate grassland: a case study. **Applied Soil Ecology**, v.33, p.186-198, 2006.

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os Estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. 10.ed. Porto Alegre: SBCS-CQFS, 2004. 400p.

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

CORRÊA, Inez Varoto. **Indicadores de sustentabilidade para agroecossistemas em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul**. 2007. 89f.

Dissertação (Mestrado em Ciências)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

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

CORREIA, M.E.F. **Potencial de utilização dos atributos das comunidades da fauna do solo e de grupos chave de invertebrados como bioindicadores de manejo dos ecossistemas**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2002, 23p.

CORREIA, M.E.F; AQUINO, A.M.; MENEZES, E.L.A. **Aspectos ecológicos dos isopoda terrestres**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, n.249, 2008. 23p.

COSTA, Alfredo R. **O Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Globo, 1922. 522p.

COSTA NETO, E.M. Estudos etnoentomológicos no estado da Bahia, Brasil: uma homenagem aos 50 anos do campo de pesquisa. **Biotemas**, v.17, p.117-149, 2004.

DECAËNS, T.; MARIANI, L.; LAVELLE, P. Soil surface macrofaunal communities associated earthworms cast in grasslands of the Eastern Plains of Colômbia. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.13, n.1, p.97-100, 1999.

DECAËNS, T.; JIMÉNEZ, J.J.; GIOIA, C.; MEASEY, G.J.; LAVELLE, P. The values of soil animals for conservation biology. **European Journal of Soil Biology**, France, v.42, p.23-38, 2006.

DENARDI, Reni Antônio. Agricultura familiar e políticas públicas: alguns dilemas e desafios para o desenvolvimento rural sustentável. **Agroecologia e Desenvolvimento Rural Sustentável**, Porto Alegre, v.2, n.3, p.56-62, 2001.

DONAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Defining and assessing soil quality. In: DORAN, J.W.; COLEMAN, D.C.; BEZDICEK, D.F.; STEWART, B.A. (eds.). **Defining soil quality for a sustainable environment**. SSSAJ, Madison, v.35, 1994. p.3-22.

DORAN, J. W.; SARRANTONIO, M.; LIEBIG, M. A Soil health and sustainability. In: SPARKS, D.L. (Ed.), **Advances in Agronomy**, v.56. Academic Press, San Diego, 1996. p.1-54.

DORAN, J.W.; SAFLEY, M. Defining and assessing soil health and sustainable productivity. In: PANKHURST, C.; DOUBE, B.M.; GUPTA, V.V.S.R. (Eds.), **Biological Indicators of Soil Health**. CAB International, Wallingford, Oxon, UK, 1997. p.1-28.

DORAN, John W. Soil health and global sustainability: translating science into practice. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Nebraska, v.88, p.119-127, 2002.

EDWARDS, C.A., LOFTY, J.R. The influence of agricultural practice on soil microarthropod populations. In: SHEALS, J.G. (Ed.). **The Soil Ecosystem**. London: Systematics Association, n.8, 1969, p.237-247.

EDWARDS, C.A.; BOHLEN, P.J. The effect of toxic chemicals on earthworms. **Reviews on Environmental Contamination and Toxicology**, Verlag, v.125, p.23-99, 1996.

- EMBRAPA. **Marco Referencial em Agroecologia**. Brasília/DF: Embrapa Informações Tecnológicas. 2006. 70 p.
- EMBRAPA, Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 306p.
- FAO. Food and Agriculture Organization of the United States. *Interação do Gênero, da Agrobiodiversidade e dos Conhecimentos*. Disponível em: <<http://www.fao.org/docrep/009/y5956p/y5956p00.htm>>. Acesso em 10 jan. 2013.
- FAULIN, E.J.; AZEVEDO, P.F. Distribuição de hortaliças na agricultura familiar: uma análise das transações. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.33, n.11, p.24-37, 2003.
- FEIDEN, A. **Conceitos e Princípios para o Manejo Ecológico do Solo**. n.140. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2001. 21p.
- FEIDEN, A. Manejo Ecológico do Solo. In: PADOVAN, M. P.; URCHEI, M. A.; MERCANTE, F. M.; CARDOSO, S. **Agroecologia em Mato Grosso do Sul: Princípios, Fundamentos e Experiências**. Dourados: IDATERRA/Embrapa, 2005. p.57-65.
- FIALHO, J.S.; GOMES, V.F.F.; OLIVEIRA, T.S.; SILVA JUNIOR, J.M.T. Indicadores da qualidade do solo em áreas sob vegetação natural e cultivo de bananeiras na Chapada do Apodi-CE. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v.37, n.3, p.250-257, 2006.
- FÓRUM DA AGRICULTURA FAMILIAR DA REGIÃO SUL DO RIO GRANDE DO SUL. **Embrapa Clima Temperado**. Disponível em: <http://www.cpact.embrapa.br/forum/index2.php>. Acesso em: 10 jan. 2012.
- FRAGOSO, C.; BROWN, G.; BLANCHART, E.; LAVELLE, P.; PASHANASI, B.; SENAPATI, B.; KUMAR, T. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function in the tropics: the role of earthworms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.6, p.17-35, 1997.
- GE, T.; NIE, S.; WU, J.; SHEN, J.; XIAO, H.; TONG, C.; HUANG, D. HONG, Y. IWASAKI, K. Chemical properties, microbial biomass, and activity differ between soils of organic and conventional horticultural systems under greenhouse and open field management: a case study. **Journal Soils Sediments**, v.11, p.25-36, 2011.
- GIRACCA, E. M. N.; ANTONIOLLI, Z. I.; ELTZ, L. F.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S. F.; VENTURINI, E. F.; BENEDETTI, T. Levantamento da Meso e Macrofauna do solo na Microbacia do Arroio Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira de Agrociência**, Pelotas, v.9, n.3, p.257-261, 2003.
- GLIESSMAN, S. R. **Agroecologia: processos ecológicos em agricultura sustentável**. Porto Alegre: Ed. Universidade/UFRGS, 2000. 653p.
- GODOY, W. I.; SILVEIRA, E. R.; PAGLIOSA, E.; TROGELLO, E.; SIGNORINI, A.; CARNEIRO, M.; PLUCINSKI, L. C. F. Análise da macrofauna do solo presente em dois sistemas de manejo: orgânico e convencional. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 2, n. 2, p.1273-1276, 2007.
- HARRIS, K. K.; BOERNER, R.E.J. Effects of belowground grazing by collembola on growth, mycorrhizal infection, and P uptake of *Geranium robertianum*. **Plant Soil**, Netherlands, v.129, p. 203–210, 1990.

- HENDRIX, P.F.; CROSSLEY, D.A. J.; BLAIR, J.M.; COLEMAN, D.C. Soil biota as components of sustainable agroecosystems. In: EDWARDS, C.A.; LAL, R.; MADDEN, P.; MILER, R.H.; HOUSE, G. (Eds.). **Sustainable agricultural systems**. USA: Soil and Water Conservation Society, 1990, p.637-654.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Demográfico**. Brasil, 2004. Disponível em: www.ibge.gov.br/. Acesso em: dez. 2010.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). **Censo Agropecuário**. Rio de Janeiro, p.1-267, 2006.
- JONES, C.G. Organisms as ecosystem engineers. **Oikos**, v.69, p.373-386, 1994.
- JOUQUET, J.P.; DAUBER, J.; LAGERLÖF, J.; LAVELLE, P.; LEPAGE, M. Soil invertebrates as ecosystem engineers: intended and accidental effects on soil and feedback loops. **Applied Soil Ecology**, v.32, p.153-164, 2006.
- KARLEN, D. L., MAUSBACH, M. J., DORAN, J. W., CLINE, R. G., HARRIS, R. F., SCHUMAN, G. E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, p.4-10, 1997.
- KER, J.C.; ALMEIDA, J.A.; FASOLO, P.J.; HOCHMÜLLER, D.P. Pedologia. In: IBGE. **Levantamento dos Recursos Naturais**, v.3. Rio de Janeiro: IBGE, 1986. p.405-540.
- KLENK, Leila Aubrift. **Macrofauna invertebrada edáfica em pastagem com pastoreio rotativo sob diferentes preparos orgânicos em condições subtropicais no sul do Brasil**. 2010. 54p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo)-Ciências Agrárias, Universidade Federal do Paraná, Curitiba.
- KROLOW, I.R.C. **Efeito de fertilizantes mineral, organo-mineral e orgânico sobre a macrofauna e mesofauna do solo**. 2011. 162 f. Tese (Doutorado em Agronomia). Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- LARSON, W.E.; PIERCE, F.J. Conservation and enhancement of soil quality. In: **Evaluation on for Sustainable Land Management in the Developing Worlds**, International Board for Soil Research and Management, v.2, Bangkok, Tailândia, 1991.
- LAVELLE, P.; DANGERFIELD, M.; FRAGOSO, C.; ESCHENBRENNER, V.; LÓPEZ-HERNÁNDEZ, D.; PASHANASI, B; BRUSSAARD, L. The relationship between soil macrofauna and tropical soil fertility. In: WOOMER, P.L.; SWIFT, M.J. (Eds). **The Biological Management of Tropical Soil Fertility**. UK: Wiley & Sons, 1994. p.137-169.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; LEPAGE, M.; WOLTERS, V.; ROGER, P.; INESON, P.; HEAL, O. W.; DHILLION, S. Soil function in a changing world: the role of invertebrate ecosystem engineers. **European Journal Soil Biology**, New Jersey, v.33, p.159-193, 1997.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil Ecology**. Dordrecht: Kluwe Academic Pub, 2001. 654p.
- LAVELLE, P.; BIGNELL, D.; GILLER, P.S.; HAWKINS, S.; AUSTEN, M.; BEHAN-PELLETIER, V; BROWN, G.; ST JOHN, M.; HUNT, P.; PAUL, E. Vulnerability of ecosystem services at different scales: role of biodiversity and implications for

management. In: WALL, D.H. (Ed.). **Sustaining biodiversity and functioning in soils and sediments**, Washington: Island Press, 2005. p.193-224.

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

LAVELLE, P.; BAROT, S.; BLOUIN, M.; DECAËNS, T.; JIMENEZ, J.; J.; JOUQUET, P. Earthworms as key actors in self-organized soil systems. In: CUDDINGTON, K.; BYERS, J.; WILSON, W.; HASTINGS, A. **Ecosystem Engineers**: plants to protists, c.5. The Netherlands: Academic Press, 2007. p.77-107.

LIMA, H. V.; OLIVEIRA, T. S.; OLIVEIRA, M. M.; MENDONÇA, E. S.; LIMA, P. J. B. F. Indicadores de qualidade do solo em sistemas de cultivo orgânico e convencional no Semi-árido Cearense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.31, p.1085-1098, 2007.

LIMA, A.C.R. **Soil quality assessment in rice production systems**. 2007. 116f. Tese (Doutorado em Qualidade do Solo). Wageningen University, The Netherlands.

LIMA, A.C.R.; BRUSSAARD, L. Earthworms as soil quality indicators: local and scientific knowledge in rice management systems. **Acta Zoológica Mexicana**, México, v.26, n.s. 2, p.109-116, 2010.

LIMA, A.C.R.; HOOGMOED, W.B.; BRUSSAARD, L.; ANJOS, F.S. Farmer's assessment of soil quality in rice production systems. **Journal of Life Sciences**, Wageningen, v.58, p.31-38, 2010.

MARALDO, K. **Enchytraeidae (Oligochaeta) in a changing climate**: ecology and ecophysiology of enchytraeids exposed to climate changes. 2009. 131 f. Tese (PhD in Terrestrial Ecology). University of Copenhagen, Dinamarca.

MARC, O.; CANARD, A.; YSNEL, F. Spiders (Araneae) useful for pest limitation and bioindication. *Agriculture, Ecosystem and Environment*, Amsterdam, v.74, p. 229-273, 1999.

MARQUES, Alexsander Leandro. **Termitofauna associada a pastagens cultivadas**: parâmetros para a sua utilização como indicador ecológico na pecuária. 2008. 51f. Dissertação (Mestrado em Ciências Ambientais). Universidade do Estado de Mato Grosso, Mato Grosso.

MARTIN, A. Short- and long-term effects of the endogenic earthworm *Millsonia anomala* (Omodeo) (Megascolecidae, Oligochaeta) of tropical savannas, on soil organic matter. **Biology and Fertility of Soils**, v.11, p.234-238, 1991.

McNELLY, J.A.; SCHEER, S.J. **Ecoagricultura**: alimentação do mundo e biodiversidade. São Paulo: SENAC, 2009. 500p.

MELO, F.V.; BROWN, G.G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J.N.C.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, J.W.; ZANETTI, R. **A importância da meso e macrofauna do solo na fertilidade e como bioindicadores**. Boletim Informativo da Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, v.34, n.1, p.39-43, 2009.

MELO, P.C.; VILELA, N. J. **A importância da cadeia produtiva brasileira de hortaliças**. Brasília, 2007. Disponível em:

http://www.abhorticultura.com.br/downloads/cadeia_produtiva.pdf. Acesso em: 10 jan. 2011.

MENEZES, L.A.S.; LEANDRO, W.M. Avaliação de espécies de coberturas do solo com potencial de uso em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.34, p.173-189, 2004.

MENEZES, C.E.G.; BROWN, G.G.; CONSTANTINO, R.; LOUZADA, J.N.C.; LUIZÃO, F.J.; MORAIS, J.W.; ZANETTI, R. Macrofauna edáfica em estágios sucessionais de floresta estacional semidecidual e pastagem mista em Pinheiras (RJ). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.33, p. 1647-1656, 2009.

MERLIN, A.O. **Macrofauna edáfica em ecossistemas preservados e degradados de Araucaria no Parque Estadual de Campos do Jordão, SP**. 2005. 103f. Dissertação (Mestrado em Ecologia de Agroecossistemas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, São Paulo.

MOÇO, M. K.; GAMA-RODRIGUES, E. F.; GAMA-RODRIGUES, A. C.; CORREIA, M. E. F. Caracterização da fauna edáfica em diferentes coberturas vegetais na região Norte Fluminense. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, n.4, p.555-564, 2005.

MORENO, J.A. **Clima do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: Secretaria da Agricultura, 1961. 42p.

NUNES, L.A.P.; ARAÚJO FILHO, J.A.; MENEZES, R.I.Q. Diversidade da fauna edáfica em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo no semi-árido nordestino. **Scientia Agrícola**, Curitiba, v.10, n.1, p.43-49, 2009.

PADOVAN, M.P. **Conversão de Sistemas de Produção Convencionais para Agroecológicos**: Novos Rumos à Agricultura Familiar. Dourados: Edição do Autor, 2006. 118p.

PADOVAN, M.P. **Manual do Agricultor Agroecológico**. Dourados: Edição do Autor, 2007. 63p.

PANKHURST, C.E.; LYNCH, J.M. The role of the soil biota in sustainable agriculture. In: PANKHURST, C.E.; DOUBE, B.M.; GUPT, V.V.S.R.; GRACE, P.R. (Eds). **Soil Biota: management in sustainable farming systems**. Melbourne: CSIRO, 1994. 262p.

PAOLETTI, M.G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.74, p.1-18, 1999.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo**: a agricultura em regiões tropicais. São Paulo: Nobel, 2002. 549p.

PRIMAVESI, Ana Maria. Agroecologia e manejo do solo. **Revista Agriculturas**, Rio de Janeiro, v.5, n.3, p.1-4, 2008.

RODRIGUES, W.C. **DivEs - Diversidade de Espécies** - Guia do Usuário. Seropédica: Entomologistas do Brasil, 2007. 9p.

ROSA, Mario. **Geografia de Pelotas**. Pelotas: Ed. da Universidade Federal de Pelotas, 1985. 333p.

SAMINÊZ, T.C.O; RESENDE, F.V. 2010. **Manejo Ecológico do Solo**. Disponível em: <<http://www.unitins.br/ates/arquivos/Agricultura/Solos%20&%20Conserva%C3%A7%C3%A3o/Manejo%20Ecol%C3%B3gico%20do%20Solo.pdf>>. Acesso em: 12 fev. 2011.

- SANTOS, E.M.R. **Densidade, diversidade e biomassa da fauna do solo em serapilheira manipulada numa floresta secundária da Amazônia Central**. 2000. 68f. Dissertação (Mestrado) - Instituto Nacional de Pesquisa do Amazonas, Universidade do Amazonas.
- 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**, Brasília, v.43, n.1, p.115-122, 2008.
- SCHELBAUER, C.; PEREIRA, M.L.; GRACIA, K.A.; VENTURI, M.; LOVATO, P.E.; COMIN, J.J. Teste e difusão de sistemas agroecológicos de melhoramento do solo. **Revista Eletrônica de Extensão**, Santa Catarina, v.6, n.8, p.15-25, 2009.
- SCHIAVON, G. A.; LIMA, A. C. R.; SCHIEDECK, G.; AUDEH, S. J. S.; CASALINHO, H. D.; PEREIRA, C. V. Percepção de agricultores sobre a relação manejo do solo e fauna edáfica em agroecossistemas familiares de base ecológica. **Cadernos de Agroecologia**, v.6, n.2, p.1-4, 2011.
- SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M.M.; SCHWENGBER, J. **Minhocultura e produção de húmus para a agricultura familiar**. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Circular Técnica, n. 57, 2006. 12p.
- SCHIEDECK, G.; SCHWENGBER, J.; GONÇALVES, M.M.; SCHIAVON, G.A. **Preparo e uso de húmus líquido**: opção para adubação orgânica de hortaliças. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Comunicado Técnico, n. 195, 2008. 4p.
- SCHIEDECK, G.; SCHIAVON, G.A.; MAYER, F.A.; LIMA, A.C.R. Percepção de agricultores sobre o papel das minhocas nos agroecossistemas. **Revista Brasileira de Agroecologia**, Brasil, v.4, n.2, p.856-859, nov. 2009.
- SCHWENGBER, J. E.; SCHIEDECK, G.; CARDOSO, J. H.; REICHERT, L. Pesquisa participativa: o agricultor como sujeito de mudança. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.2, n.2, p.735-738, 2007.
- SCHWENGBER, J.E.; SCHIEDECK, G.; GONÇALVES, M.M. **Compostagem laminar** – uma alternativa para manejo dos resíduos orgânicos. Pelotas: Embrapa Clima Temperado, Comunicado Técnico, n. 169, 2007. 4p.
- SILVA, R.F.; AQUINO, A.M. MERCADANTE, F.M.; GUIMARÃES, M.F. Macrofauna invertebrada do solo sob diferentes sistemas de produção em Latossolo da Região do Cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, p.697-704, 2006.
- SOUZA, J.L.; RESENDE, P. **Manual de Horticultura Orgânica**. Viçosa: Aprenda Fácil, 2003. 564p.
- STORK, N.E.; EGGLETON, P. Invertebrates as determinants and indicators of soil quality. **American Journal of Alternative Agriculture**, Greenbelt, v.7, p.38-47, 1992.
- SWIFT, M. J.; HEAL, O. W.; ANDERSON, J. M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. Oxford: Blackwell, 1979, 379 p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BIASSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solo, UFRGS, 1995. 174p.

TER BRAAK, C.J.F.; SMILAUER, P. **CANOCO reference manual and user's guide to Canoco for Windows**: software for canonical community ordination, v.4, New York: Microcomputer Power, 1998

VAN VLIET, P.C.J; BEARE, M.H.; COLEMAN, D.C. Population dynamics and functional roles of Enchytraeidae (Oligochaeta) in a hardwood forest and agricultural ecosystems. **Plant and Soil**, v.170, n.1, p.199-207, 1995.

VERONA, Luiz Augusto Ferreira. **Avaliação de sustentabilidade de agroecossistemas de base familiar e em transição agroecológica na região sul do Rio Grande do Sul**. 2008. 250f. Tese (Doutorado em Ciências)-Faculdade de Agronomia, Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.

VIEIRA, E.F. & RANGEL, S.R.S. **Rio Grande do Sul: geografia física e vegetação**. Porto Alegre: Sagra, 1984. 184p.

UNITED STATES DEPARTMENT OF AGRICULTURE (USDA). **Guidelines for soil quality assessment in conservation planning**. NRCS/Soil Quality Institute. 2001. 37 p.

WEZEL, A.; BELLON, S.; DOR'E, T.; FRANCIS, C.; VALLOD, D.; DAVID, C. Agroecology as a science, a movement and a practice – a review. **Agronomy for Sustainable Development**, INRA, p.1-13, 2009.

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

9. APÊNDICES

Apêndice A

Matriz de correlação da análise de componentes principais em cada eixo na avaliação dos dados de todas as épocas, na área experimental da Estação Experimental Cascata, Embrapa Clima Temperado do capítulo 1.

	GT EX 1	GT EX 2	GT EX 3	GT EX 4	AMB EX 1	AMB EX 2	AMB EX 3	AMB EX 4	CE	CM	MF
GT EX 1	1.0000										
GT EX 2	0.0000	1.0000									
GT EX 3	0.0000	0.0000	1.0000								
GT EX 4	0.0000	0.0000	0.0000	1.0000							
AMB EX 1	0.8129	0.1663	0.0903	-0.1006	1.0000						
AMB EX 2	0.7520	0.1797	0.0585	-0.2395	0.9251	1.0000					
AMB EX 3	0.6565	0.0940	0.1119	0.1461	0.8076	0.5232	1.0000				
AMB EX 4	-0.2052	-0.1080	0.0410	0.3985	-0.2525	-0.6010	0.3667	1.0000			
CE	-0.4618	-0.1506	0.0030	0.3745	-0.5681	-0.8380	0.0265	0.9397	1.0000		
CM	-0.3484	-0.0096	-0.0983	-0.3052	-0.4286	-0.0535	-0.8790	-0.7660	-0.5000	1.0000	
MF	0.8102	0.1602	0.0954	-0.0692	0.9968	0.8915	0.8525	-0.1738	-0.5000	-0.5000	1.0000

GT EX1: grupo taxonômico do eixo 1; GT EX2: grupo taxonômico do eixo 2; GT EX3: grupo taxonômico do eixo 3; GT EX4: grupo taxonômico do eixo 4; AMB EX1: variáveis ambientais (índices ecológicos) do eixo 1; AMB EX2: variáveis ambientais (índices ecológicos) do eixo 2; AMB EX3: variáveis ambientais (índices ecológicos) do eixo 3; AMB EX4: variáveis ambientais (índices ecológicos) do eixo 4; CE: compostagem laminar com esterco; CM: cobertura morta; MF: mecanização frequente do solo.

Apêndice B

Análise de componentes principais com os indicadores da fauna edáfica e as propriedades químicas do solo (capítulo 2).

Variáveis	EIXO 1	EIXO 2
Coleoptera (Col)	-0,1583	0,0099
Formicidae (For)	-0,1222	-0,7315 *
Chilopoda (Chi)	-0,7137 *	0,0179
Araneae (Ara)	-0,0894	-0,6950 *
Oligochaeta (Oli)	-0,1046	-0,5177
Enchytraeidae (Enq)	0,7778 *	-0,3502
Densidade (ind.m ⁻²)	0,5834	-0,7448 *
Riqueza (R)	-0,4111	-0,6064 *
Diversidade de Shannon (H)	-0,9656 *	-0,1610
Equitabilidade (J)	-0,9548 *	0,0254
Dominância (Dbp)	0,9554 *	0,1414
Cálcio (Ca)	-0,5882	0,1410
Magnésio (Mg)	-0,4166	0,0879
Alumínio (Al)	-0,3285	0,0777
Acidez trocável (H+Al)	-0,8099 *	0,2361
Matéria Orgânica (MO)	0,0454	0,0239
Capacidade de Troca Catiônica (CTC)	-0,6974 *	0,1797
Cobre (Cu)	-0,7084 *	0,1805
Manganês (Mn)	0,7244 *	-0,2235
Sódio (Na)	-0,6904 *	0,1760

Apêndice C

Correlações entre os indicadores da fauna edáfica e as análises das propriedades químicas do solo do capítulo 2.

	Col	For	Chi	Ara	Oli	Enq	D	S	H	J	Dbp	pH	Ca	Mg	Al	HAI	Bas	MO	CTC	K	Cu	Zn	Mn	
Col	1,000																							
For	0,002	1,000																						
Chi	0,063	-0,046	1,000																					
Ara	-0,099	0,678	-0,051	1,000																				
Oli	-0,153	0,111	0,071	0,087	1,000																			
Enq	-0,041	-0,081	-0,384	-0,048	0,152	1,000																		
D	0,025	0,463	-0,345	0,350	0,252	0,836	1,000																	
S	0,129	0,177	0,366	0,215	0,460	0,070	0,210	1,000																
H	0,164	0,168	0,633	0,162	0,177	-0,642	-0,430	0,561	1,000															
J	0,113	0,144	0,599	0,084	0,054	-0,737	-0,543	0,270	0,937	1,000														
Dbp	-0,197	-0,224	-0,644	-0,115	-0,172	0,642	0,399	-0,440	-0,958	-0,944	1,000													
pH	-0,078	0,240	-0,277	0,132	0,041	0,105	0,212	-0,332	-0,381	-0,319	0,343	1,000												
Ca	-0,183	-0,247	0,540	-0,129	0,339	-0,452	-0,506	0,267	0,537	0,557	-0,475	-0,214	1,000											
Mg	-0,269	-0,238	0,418	-0,074	0,395	-0,327	-0,390	0,214	0,370	0,389	-0,304	-0,001	0,960	1,000										
Al	0,100	-0,222	0,262	-0,131	-0,068	-0,100	-0,199	0,318	0,371	0,310	-0,338	-0,998	0,162	-0,057	1,000									
HAI	0,185	-0,095	0,630	-0,221	-0,007	-0,639	-0,605	0,239	0,759	0,788	-0,749	-0,589	0,601	0,358	0,583	1,000								
Bas	-0,398	-0,149	-0,070	0,096	0,387	0,157	0,076	0,017	-0,215	-0,215	0,270	0,473	0,477	0,703	-0,524	-0,412	1,000							
MO	0,110	0,320	-0,083	0,049	-0,083	-0,169	0,008	-0,335	-0,115	-0,025	0,052	0,880	-0,201	-0,103	-0,862	-0,217	0,097	1,000						
CTC	-0,099	-0,215	0,609	-0,162	0,276	-0,550	-0,577	0,268	0,638	0,667	-0,587	-0,288	0,978	0,887	0,244	0,749	0,295	-0,176	1,000					
K	-0,015	0,017	0,486	-0,112	0,190	-0,597	-0,507	0,021	0,492	0,575	-0,487	0,312	0,735	0,717	-0,340	0,524	0,321	0,491	0,771	1,000				
Cu	-0,082	-0,244	0,617	-0,173	0,254	-0,530	-0,575	0,309	0,661	0,676	-0,605	-0,441	0,955	0,834	0,399	0,799	0,201	-0,318	0,987	0,667	1,000			
Zn	-0,226	-0,215	0,472	-0,095	0,370	-0,404	-0,447	0,209	0,439	0,467	-0,379	-0,008	0,977	0,992	-0,047	0,449	0,628	-0,050	0,927	0,787	0,872	1,000		
Mn	-0,123	-0,049	-0,564	0,163	-0,070	0,698	0,583	-0,043	-0,627	-0,711	0,637	-0,095	-0,642	-0,530	0,108	-0,744	0,030	-0,421	-0,748	-0,935	-0,680	-0,630	1,000	

*Col: Coleoptera; For: Formicidae; Chi: Chilopoda; Ara: Araneae; Oli: Oligochaeta; Enq: Enchytraeidae; D: densidade; S: riqueza; H: diversidade de Shannon; J: equitabilidade; Dbp: dominância; pH: potencial hidrogeniônico em água; Ca: Cálcio; Mg: Magnésio; CTC pH7: Capacidade de troca de cátions; Al: Saturação do alumínio; HAI: acidez potencial; Bas: Saturação de bases; MO: Matéria Orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Cu: Cobre; Zn: Zinco; Mn: Manganês.

