

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

**ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
MANEJO E DE CULTURAS NA REGIÃO PRODUTORA DE FUMO**

**Jackson Freitas Brilhante de São José
(Dissertação)**

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

**ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE
MANEJO E DE CULTURAS NA REGIÃO PRODUTORA DE FUMO**

JACKSON FREITAS BRILHANTE DE SÃO JOSÉ
ENGENHEIRO FLORESTAL (UFV)

Dissertação apresentada como um
dos requisitos para obtenção do Grau
de Mestre em Ciência do Solo

Porto Alegre (RS) Brasil
Julho de 2009

Aos meus pais José Antônio Brilhante
de São José e Maria da Conceição
Freitas de São José por sempre me
incentivarem nos estudos.

Dedico

Ao meu amor Fernanda da Costa Silva
pelo amor, compreensão e paciência nos
momentos de dificuldade.

Ofereço

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar e guiar sempre minha vida.

À Universidade Federal do Rio Grande do Sul e ao Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo pela oportunidade da realização do curso.

Ao SINDIFUMO pela concessão de bolsas de estudo.

Ao professor e orientador Enilson Luiz Saccol de Sá, por sua orientação, e constante apoio e gentileza.

Aos professores Flavio Anastácio de Oliveira Camargo, Fátima Menezes Bento e Ana Paula Ott que apresentaram comentários e sugestões durante a defesa de dissertação.

Aos colegas do Laboratório de Microbiologia do Solo: Marcos Stroschein, Gleidson Rieff, Camile Granada, Brenda Tonon, Marcelo Wallau, Andréia Binz, Benjamin, Adriana Giondo, Mariel Bizarro e Marcio Silveira, pela amizade, auxílio nas análises e pelo agradável convívio no dia-a-dia.

Aos meus pais, José Antônio e Maria da Conceição, pelo carinho, amor, exemplo de vida e apoio em todas as decisões de minha vida, e à minha irmã Jackline Freitas Brilhante de São José pelo incentivo à volta dos meus estudos.

Ao meu sogro Walter Adão Silva e sogra Edilva da Costa Silva, pelo constante apoio, amor e carinho sempre serei grato.

À minha cunhada Vanessa da Costa Silva e co-cunhado Cassiano Trevisan Pires, que partilharam comigo momentos difíceis, mas, principalmente, momentos de grande alegria e descontração.

Ao meu amigo Paulo Dornel pela amizade.

À minha família mesmo de longe me incentivaram.

À minha querida Fernanda da Costa Silva, pelo carinho, apoio, companheirismo e eterna paixão

ATIVIDADE BIOLÓGICA DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO E DE CULTURAS NA REGIÃO PRODUTORA DE FUMO¹

Autor: Jackson Freitas Brilhante de São José

Orientador: Prof. Enilson Luiz Saccol de Sá

RESUMO

Nos últimos tempos, o questionamento sobre a sustentabilidade da produção agrícola está cada vez mais evidente e vem despertando interesse da comunidade científica na realização de trabalhos relacionados com os impactos das atividades agrícolas na qualidade de solo. Este trabalho visou avaliar o impacto de diferentes sistemas de manejo do solo e de culturas, empregados no cultivo de fumo, sobre a atividade microbiana, mesofauna do solo e a população de oligoquetas do solo. O estudo foi realizado em três localidades com diferentes características climáticas e geo-topográficas do Estado do Rio Grande do Sul. Em cada local foram avaliadas áreas sob plantio direto (PD), sob cultivo mínimo (CM), (com seis sistemas de manejo de culturas), cultivo convencional (CONV) e mata nativa (MATA). Para avaliação de cada área sob diferente manejo, foram coletadas oito amostras de solo na profundidade de 0 a 7 cm com auxílio de anéis metálicos, em diferentes períodos do ano. Metade das amostras foi utilizada para determinação da atividade da microbiota do solo avaliada pela liberação de CO₂ pela respiração microbiana, pela atividade esterase e pelo teor de carbono da biomassa. Nas outras amostras os organismos componentes da mesofauna do solo foram extraídos, Utilizando-se o método de Berlese-Tullgreen modificado, quantificados e classificados. Também se avaliou a população de oligoquetas. Os solos submetidos aos sistemas de cultivo mínimo ou plantio direto apresentaram aumento na atividade da biota do solo em comparação com os sob cultivo convencional, que apresentaram menor teor de carbono da biomassa microbiana, menor liberação de CO₂, baixa atividade de esterase e menor população de ácaros oribatídeos e colêmbolos. A atividade da microbiota do solo, avaliada nos diferentes locais e sistemas de cultivo, foi influenciada pela época de coleta das amostras. A população de ácaros oribatídeos e famílias de colêmbolos são sensíveis às alterações ocorridas em função do manejo do solo empregado e podem ser parâmetros úteis para monitorar ambientes em recuperação e/ou degradação. A contagem do número de oligoquetas, neste trabalho, não foi um parâmetro eficiente para avaliação dos impactos dos sistemas de manejo do solo.

¹ Dissertação de Mestrado em Ciência do Solo, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (67p.) Julho, 2009

SOIL BIOLOGICAL ACTIVITY UNDER DIFFERENTS MANAGEMENT SYSTEMS AND CROPS IN PRODUCTION REGION OF TABACCO²

Author: Jackson Freitas Brilhante de São José

Adviser: Prof. Enilson Luiz Saccol de Sá

ABSTRACT

In the recent years the concern about the sustainability of agricultural production is more evident and has been attracting interest from the scientific community in carrying out work related to the impacts of agricultural activities on soil quality. This study aimed to evaluate the impacts of different soil management systems and cultures, of tobacco crops, on microbial activity, soil mesofauna and populations of soil oligochaeta. The study was conducted in three locations of the state of Rio Grande do Sul with different climatic and geotopographical characteristics. In each location were evaluated areas under no tillage (NT), minimum tillage (MT), with six systems of crop management, under conventional tillage (CONV) and forest (MATA). Eight soil samples from 0 to 7 cm of soil depth, using metal cylinders during different times of the year. Half of these samples was used to determine the activity of soil microorganisms of CO₂ by microbial respiration, the activity of esterase and the carbon content of biomass. In the other samples the organisms of soil mesofauna were extracted, using the modified Berlese-Tulgreen method, quantified and classified. It was also evaluated the population of Oligochaeta. In general, the soils subjected to no tillage or minimum tillage systems showed increased activity of soil biota in comparison with soils under conventional tillage, which had lower carbon content of microbial biomass, lower release of CO₂, low activity of esterase and lower population of oribatids mites an collembolans. The activity of soil microbiota and cropping systems, was influenced by season of soil sampling. The population of oribatids mites and families of collembolans are sensitive to changes in the soil management utilized and can be auseful parameter for monitoring environments under recovery and/ or degradation. The counting of the number of Ogigochaeta, is this work, was not an efficient parameter to evaluate the impacts of soil management systems.

² M. Sc. Dissertation in Soil Science, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, Brasil. (67p) Julho de 2009.

SUMÁRIO

	PÁGINA
1.INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	3
2.1. Mesofauna do solo.....	4
2.1. 1. Sub-classe Acari.....	5
2.1.2. Ordem Collembola.....	6
2.1.3. Macrofauna do solo.....	6
2.1.4. O manejo do solo e a dinâmica populacional de microartrópodes.....	7
2.1.5. A Mesofauna como bioindicadora do solo.....	8
2.2. Indicadores de qualidade do solo.....	9
2.3. Atributos do solo como indicadores da qualidade do solo.....	10
2.3.1. Atividade biológica do solo.....	10
2.3.2. Atividade das enzimas do solo.....	11
3. HIPÓTESES E OBJETIVOS.....	13
4. MATERIAL E MÉTODOS.....	14
4.1. Caracterização das áreas de estudo.....	14
4.1.1. Locais de implantação dos experimentos e das coletas de solo.....	14
4.2. Coleta e preparo das amostras.....	16
4.3. Avaliação da Atividade Biológica do Solo.....	17
4.3.1. Carbono da Biomassa Microbiana.....	17
4.3.2. Respiração Microbiana.....	18
4.4. Avaliação da Atividade Enzimática.....	19
4.4.1. Hidrólise do Diacetato de Fluoresceína.....	19
4.5. Extração da Mesofauna do Solo.....	20
4.5.1. Contagem e classificação da mesofauna do solo....	20
4.6. Atributos químicos e físicos.....	21
4.7. Análise estatística dos dados.....	21

	PÁGINA
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	22
5.1. Carbono da Biomassa Microbiana (CBM).....	22
5.2. Respiração da biota do solo (RB).....	27
5.3. Avaliação da atividade de esterase.....	32
5.4. Mesofauna do Solo.....	37
5.5. População de Oligoquetas.....	51
6. CONCLUSÕES.....	54
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	55
8. APÊNDICES.....	63

RELAÇÃO DE TABELAS

	PÁGINA
1. Descrição dos sistemas de manejo do solo e de culturas.....	15
2. Número de indivíduos dos principais grupos da mesofauna do solo, coletados em março de 2008 em Agudo nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Médias de 4 repetições).....	38
3. Número de indivíduos da mesofauna do solo, coletados em setembro de 2008 em Agudo nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Médias de 4 repetições).....	38
4. Número médio de indivíduos da mesofauna do solo coletados em fevereiro de 2008 em Santa Cruz do Sul nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Média de 4 repetições).....	39
5. Número médio de indivíduos da mesofauna do solo coletados em setembro de 2008 em Santa Cruz do Sul nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Média de 4 repetições).....	39
6. Número médio de indivíduos da mesofauna do solo coletado em março de 2008 (após a cultura de verão) em Arvorezinha nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas.....	40
7. Número médio de Acari (Oribatida e outros) e Collembola (Poduridae, Hipogastruridae, Entomobrydae e Onychiuridae) em sistemas de manejo do solo e de culturas em dois períodos (março e setembro/2008) em Agudo. Média seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).....	42

8. Número médio de Acari (Oribatida e outros) e Collembola (Poduridae, Hipogastruridae, Entomobrydae e Onychiuridae) em sistemas de manejo do solo e de culturas em dois períodos (fevereiro e setembro/2008) em Santa Cruz do Sul. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)..... 45
9. Número médio de Acari (Oribatida e outros) e Collembola (Poduridae, Hipogastruridae, Entomobrydae e Onychiuridae) em sistemas de manejo do solo e de culturas em março/2008 (Após a cultura de verão) em Arvorezinha. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$)..... 48

RELAÇÃO DE FIGURAS

	PÁGINA
1. Carbono da biomassa microbiana (CBM) em amostras de solo de Agudo/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (março/2008) e após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm.....	23
2. Carbono da biomassa microbiana em amostras de solo de Santa Cruz do Sul/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (fevereiro/2008) e após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm.....	25
3. Carbono da biomassa microbiana em amostras de solo de Arvorezinha/RS, coletadas antes da implantação do fumo (setembro/2007); na presença das culturas de verão (março/2008), na profundidade de 0 a 7 cm.....	26
4. Liberação de CO ₂ pela respiração da biota do solo em amostras de Agudo, coletadas antes da implantação da cultura do fumo (agosto/2007) (A); após a cultura de verão (março/2008) (B) e após a implantação da cultura do fumo (setembro/2008) (C); incubadas por 30 dias.....	28
5. Liberação de CO ₂ pela respiração da biota do solo em amostras de Santa Cruz do Sul, coletadas antes da implantação da cultura do fumo (Agosto/2007) (A); após a cultura de verão (fevereiro/2008) (B) e após a implantação da cultura do fumo (setembro/2008) (C), incubada por 30 dias.....	30
6. Liberação de CO ₂ pela respiração da biota do solo em amostras de Arvorezinha, coletadas antes da implantação da cultura do fumo (setembro/2007) (A) e na presença das culturas de verão (março/2008) (B), incubadas por 30 dias.....	31

- | | | |
|-----|---|----|
| 7. | Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína em amostras de solo de Agudo/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (março/2008) e após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%... | 34 |
| 8. | Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína em amostras de solo de Santa Cruz do Sul/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (fevereiro/2008) após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... | 35 |
| 9. | Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína em amostras de solo de Arvorezinha/RS, coletadas antes da implantação do fumo (setembro/2007) e na presença das culturas de verão (março/2008) na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... | 36 |
| 10. | Exemplar de Acari pertencente a subordem Cryptostigmata (Oribatida) coletado em Arvorezinha março/2008..... | 40 |
| 11. | Exemplares de Colembolos (A-D) pertencente às famílias (A) Entomobridae (Agudo- set/2008); (B) Hipogastruridae (Agudo- mar/2008); (C) Onychiuridae (Santa Cruz do Sul- fev/2008) e (D) Poduridae (Agudo-mar/2008)..... | 41 |
| 12. | Índices de Shannon (H) e de Equitabilidade (E) em Agudo na presença das culturas de verão (março/2008) após implantação do fumo (setembro/2008)..... | 44 |
| 13. | Índices de Shannon (H) e de Equitabilidade (E) em Santa Cruz do Sul na presença das culturas de verão (março/2008) após implantação do fumo (setembro/2008)..... | 47 |
| 14. | Índices de Shannon (H) e de Equitabilidade (E) em sistemas de manejo do solo e de culturas em Arvorezinha na presença das culturas de verão (março/2008)..... | 50 |

- | | |
|--|----|
| 15. Número médio de oligoquetas em amostras de solo de Agudo, coletadas em março/2008 (Após implantação das culturas de verão) e setembro/2008 (Após implantação do fumo). Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... | 51 |
| 16. Número médio de oligoquetas em amostras de solo de Santa Cruz do Sul, coletadas em fevereiro/2008 (Após implantação das culturas de verão) e setembro/2008 (Após implantação do fumo). Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... | 52 |
| 17. Número médio de oligoquetas em amostras de solo de Arvorezinha, coletadas em março/2008 (Após implantação das culturas de verão). Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%..... | 53 |

RELAÇÃO DE APÊNDICES

	PÁGINA
1. Características químicas e teor de argila de solos coletados na profundidade de 0-7 cm em Agudo.....	64
2. Características químicas e teor de argila de solos coletados na profundidade de 0-7 cm em Santa Cruz do Sul.....	65
3. Características químicas e teor de argila de solos coletados na profundidade de 0-7 cm em Arvorezinha.....	66
4. Liberação de CO ₂ em solos de três localidades do Rio Grande do Sul, em áreas cultivadas e de vegetação nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 7 cm. (Média de 3 repetições).....	67

1. INTRODUÇÃO

A crescente demanda por alimentos tem impulsionado a expansão de fronteiras agrícolas para áreas, onde a aptidão de uso é bastante limitada. Nesses casos, se torna importante a adoção de manejos e de técnicas conservacionistas de solos que minimizem a degradação. Aliado a isso, o aumento da pressão do mercado externo na compra de produtos oriundos da atividade agrícola tem se tornado cada vez mais comum, principalmente com relação aos impactos dos sistemas de manejo do solo no meio ambiente.

Nos últimos tempos, o questionamento sobre a sustentabilidade da produção agrícola está cada vez mais evidente e vem despertando interesse da comunidade científica na realização de trabalhos relacionados com os impactos das atividades agrícolas na qualidade de solo. Vários trabalhos têm sido realizados por institutos de pesquisa no mundo com o objetivo de monitorar o impacto dessas atividades no meio ambiente.

Nesse sentido, o monitoramento do manejo do solo, principalmente, por meio da avaliação de atributos biológicos, tem se tornado uma ferramenta muito utilizada para avaliação dos sistemas de produção, podendo dar uma idéia da recuperação ou da degradação de solos. Existem técnicas com avaliação de atributos físicos, químicos e biológicos do solo que permitem estabelecer indicadores que podem definir o “status” de um determinado ambiente.

Apesar dos métodos serem trabalhosos e demandarem muito tempo para obtenção de resultados, os atributos biológicos do solo vem sendo adotados por pesquisadores do mundo inteiro para avaliação das condições dos sistemas agrícolas e atividades de mineração, uma vez que respondem rapidamente a qualquer alteração ocasionada pelos sistemas de manejo do solo. Existem várias metodologias que podem ser empregadas para avaliar a atividade biológica do solo, seja pela respiração da população microbiana aeróbia do solo, por meio da liberação de CO₂, ou pela atividade de enzimas do

solo. Também é possível quantificar a biota do solo por meio do carbono da biomassa microbiana, pela contagem de microartrópodes (ácaros e colêmbolos) e contagem da mesofauna do solo. Esses últimos vêm sendo adotados como indicadores biológicos de qualidade do solo, sendo um instrumento não só para avaliar sua qualidade, como também o próprio funcionamento do sistema de produção, já que esta se encontra intimamente associada aos processos de decomposição e de ciclagem de nutrientes.

No entanto, ainda existem poucos trabalhos no Brasil nesta área de pesquisa. Não há dados suficientes sobre a avaliação de atividade biológica do solo em diferentes sistemas de manejo, principalmente relacionados com a mesofauna do solo.

Neste trabalho realizou-se um estudo da atividade biológica do solo, da mesofauna do solo em diferentes sistemas de manejo e de culturas realizados em áreas cultivadas com fumo em microbacias no Rio Grande do Sul.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

A produção de fumo continua sendo uma atividade agrícola relevante no Brasil que ocupa o segundo lugar na produção de fumo em folha com 14,1% da produção mundial, em 2004, atrás somente da China que produz 36,5% do total produzido no mundo (SINDIFUMO 2007). Apresenta uma área de 493.761 hectares de produção de fumo, dos quais 466.535 localizam-se na região sul. A região sul é responsável por 96 % da produção nacional, sendo o fumo cultivado em 682 municípios, mais da metade deles no Rio Grande do Sul (BIOLCHI, 2005). Dentre os cultivares plantados no Brasil, destacam-se: Virgínia, com 87 % da produção; Burley, 17%; Comum, 0,8% e outros 12%. Para elaboração do cigarro utiliza-se 40% do fumo Virginia, 35% do fumo Burley, 15% de fumo Oriental e cerca de 10% de talos (Medeiros, 2005).

O fumo é cultivado em pequenas propriedades agrícolas em média com 16,8 ha, em que aproximadamente 16% da área total da propriedade é destinada à cultura do fumo. O tamanho das propriedades, o relevo acidentado e pelo fato destas estarem inseridas em regiões de solos jovens dificulta a mecanização da cultura (Streck et al., 2002).

O manejo do fumo utiliza intensa exploração desses ambientes frágeis utilizando altas quantidades de agroquímicos com o objetivo de obtenção de alta produtividade e excelente qualidade, necessária à exportação para países ricos. (Gonçalves, 2003).

Na implantação da cultura do fumo, a maioria dos agricultores utiliza o sistema convencional de preparo do solo, visando o combate a infestação de plantas invasoras e a construção de camalhões para incorporação da adubação de base e plantio das mudas. A adoção desta prática ano após ano, leva à remoção do horizonte A desses solos rasos e, conseqüentemente, ao abandono da área (Pellegrini et al., 2005).

Nos últimos anos têm crescido a adoção de práticas conservacionistas do solo que causam menos impacto, como o plantio direto e o cultivo mínimo podendo reduzir perdas de solo e dos pesticidas aplicados (Pellegrini, 2006). Não existem pesquisas sobre o impacto dos sistemas conservacionistas de manejo do solo sobre a atividade biológica do solo na cultura do fumo.

2.1. Mesofauna do solo

A mesofauna do solo compreende animais de diâmetro corporal entre 100 µm e 2 mm e é constituída pelos grupos Acari, Collembola, Hymenoptera, Diptera, Protura, Diplura, Symphyla, Annelida, Isoptera, Chilopoda, Diplopoda e Mollusca, podendo incluir pequenos indivíduos do grupo Coleoptera. Dentre as atividades tróficas deste grupo, destaca-se sua contribuição significativa na regulação da população microbiana (Swift et al., 1979).

Os mais numerosos são os Oribatei (Acari: Cryptostigmata) e os Collembola, que juntos constituem de 72 a 97%, do número de indivíduos da fauna total de artrópodes do solo (Singh & Pillai, 1975). Estes influenciam diretamente a fertilidade do solo, por meio da estimulação da atividade microbiana do solo que contribuem para a formação do solo (Butcher & Snider, 1971; Primavesi, 1990), fazendo o transporte de matéria orgânica em avançado nível de decomposição para níveis mais profundos do solo. Dessa forma, a fauna do solo pode interferir nas condições estruturais do solo e na movimentação de partículas de corretivos, quando estes são aplicados em semeadura direta (Almeida et. al., 2007).

O importante papel da mesofauna no ciclo biogeoquímico resulta da aumentada mineralização de nutrientes durante a sua alimentação sobre a microflora e microfauna, da fragmentação de detritos orgânicos que aumenta a superfície para o ataque microbiano, além da dispersão de esporos e da liberação de constituintes solúveis em água (Butcher & Snider, 1971; Seadsted, 1984).

Nos ecossistemas em que houve algum tipo de intervenção na cobertura vegetal ocorrem alterações na densidade e na diversidade da fauna. Nesse sentido, mudanças na abundância relativa de espécies de invertebrados no solo constituem um bom indicador para monitorar alterações em um sistema

(Curry & Good, 1996; Giller et al. 1997). Por abundância, entende-se a relação entre uma medida de importância (quantidade ou biomassa) de uma determinada espécie ou grupo presente associada a alguma unidade de espaço (m² ou ha), enquanto a diversidade está associada a uma relação entre o número de espécies ou grupos (riqueza) e a distribuição do número de indivíduos entre as espécies ou grupos (equitabilidade) (Correia & Oliveira, 2000; Walker, 1989).

Pouco se conhece sobre as diferenças espécie-específicas na contribuição dos microartrópodes do solo para a ciclagem de nutrientes (Beare et al., 1995). Muitos microartrópodes alimentam-se de fungos, outros de bactérias e outros predam componentes da micro e mesofauna.

2.1. 1. Sub-classe Acari

Os ácaros representam o grupo de artrópodes de maior diversidade, o que leva a grande diversidade de hábitos alimentares. Dentre os ácaros (Acari: Cryptostigmata), das mais de 10 mil espécies conhecidas, cerca de metade são habitantes do solo. Esta variedade de formas é conjugada com populações freqüentemente densas. Em solos de florestas temperadas, as populações edáficas chegam a ser de 100 mil a 400 mil indivíduos por metro quadrado, sendo que 70% destes são Acari da subordem Oribatida (Wallwork, 1976).

Os ácaros oribatídeos (Acari: Cryptostigmata), são o grupo que apresenta maior abundância de indivíduos e maior diversidade de espécies entre artrópodes de solos (Schue & Schulz, 1996, Wallwork, 1983). Podem ser classificados em três principais grupos alimentares: a) microfitófagos, alimentando-se de hifas de fungos e esporos; b) macrofitófagos, alimentando-se de fragmentos de plantas superiores; c) panfitófagos, alimentando-se de fragmentos de plantas e fungos (Luxton, 1972; Kaneko, 1988; Wallwork, 1983).

Os ácaros da subordem Mesostigmata (ou Gamasida) caracterizam-se por apresentar tamanho médio (0,2–2 mm) e cutícula pouco esclerotizada. São encontrados em todo o mundo, em associação com o solo, matéria orgânica, plantas e animais (Paschoal et al., 1996), ocorrendo em maior percentagem em uma profundidade de quatro a seis centímetros (Krantz, 1978). Alguns mesostigmatas parasitas são importantes predadores de um ou

mais estágios de seu inseto transportador e de outros microartrópodes; outros se alimentam de enquitreídeos e de nematóides no substrato de seu hospedeiro (Krantz, 1978; Lopes Assad, 1997; Paschoal et al., 1996) e algumas poucas espécies são fungívoras (Coleman & Crossley, 1996).

2.1.2. Ordem Collembola

Os colêmbolos são pequenos insetos sem asas diferenciados em grupos ecomorfológicos de ocorrência específica em diferentes horizontes do solo. A maior parte é altamente especializada na predação de fungos, bactérias, actinomicetos e algas do solo (Canhos, 1998),

Esses insetos possuem uma distribuição que abrange desde os picos do Himalaia, florestas equatoriais, até desertos gelados do antártico. A sua alta população os torna biologicamente importante para o solo. Os colêmbolos são caracterizados por apresentar um abdômen dividido em seis segmentos com apêndices ventrais medianos, que são o tubo ventral, o tenáculo e a fúrcula. A fúrcula ou tenáculo podem ser reduzidas, ou mesmo ausentes em algumas famílias como Onychiuridae e Neanuridae (Wallwork, 1976).

O ciclo de vida médio dos Collembola é de dois meses, podendo estender-se a cinco e, em alguns casos, até 10 meses (Hale, 1971). Christiansen (1964) cita que a maioria das espécies tem ciclo de quatro a cinco meses, sendo que algumas podem viver até mais de um ano.

2.1.3. Macrofauna do solo

Os animais da macrofauna do solo apresentam diâmetro corporal entre 2 e 20 mm e podem pertencer a quase todas as ordens encontradas na mesofauna, excetuando-se ácaros, colêmbolos, proturos e dipluros. Acima de 20 mm de diâmetro corporal, os invertebrados do solo passam a pertencer à categoria de megafauna compostos por algumas espécies de oligoquetas, diplópodes, quilópodes e coleópteros. Estes dois últimos grupos exercem papéis na fragmentação dos restos vegetais e modificação da estrutura do solo. São animais de grande mobilidade que exercem importante papel no transporte de materiais, tanto para confecção de ninhos e tocas, quanto para construção de galerias que alcançam profundidades variáveis no solo (Swift et al., 1979).

2.1.4. O manejo do solo e a dinâmica populacional de microartrópodes

A retirada da cobertura vegetal, o manejo agrícola e a formação de pastagens afetam a fauna e os microorganismos tanto devido às modificações nas propriedades do solo, como pela ação direta destas práticas (Guerra et al., 1982; Teixeira & Schubart, 1988; Lopes Assad, 1997). Essas alterações exercem influência não só no número, como também nos tipos de organismos do solo (Brady, 1983).

O trabalho de Rodrigues et al., (1997) mostrou que em dois campos cultivados com milho, sendo um campo manejado intensivamente e outro com baixo uso de insumos, a população de microartrópodes presentes no campo sob cultivo intensivo sofreu queda abrupta, sendo eliminadas praticamente no segundo mês de estabelecimento da cultura. Também existem evidências que algumas espécies de leguminosas arbóreas poderiam aumentar a densidade de alguns grupos de fauna, principalmente Oligochaeta, Coleoptera, Araneae e Formicidae (Dias et al., 2006).

A ação antrópica exercida sobre o solo por meio de práticas agrícolas afeta em maior ou menor grau a fauna do solo, que o utilizam como habitat (Lavelle et al, 1989). O uso intensivo dessas atividades em um mesmo local pode alterar o equilíbrio e a diversidade da fauna edáfica (Assad, 1997). A aplicação de herbicidas é uma prática que vem sendo utilizada em grande escala no setor agrícola, e isto tem uma implicação direta na abundância de alguns grupos que compõem a fauna do solo. De fato isto foi relatado por Lins et al., (2007) aplicando três tipos de herbicidas em áreas de plantio direto de sequeiro em solos com cobertura de milho sobre a flutuação populacional de Collembolas e verificou que os tratamentos com os tratamentos com 2,4-D, Atrazina reduziram a sua população. Isso mostra o efeito inibidor nas populações da fauna do solo, causada pela redução da cobertura viva proporcionado pelas plantas daninha do que a intoxicação da fauna com o insumo.

Em trabalhos realizados por Silva et al, (2007) avaliaram a macrofauna invertebrada edáfica do solo em cultivo de mandioca, utilizando mucuna-cinza (*Stizolobium cinereum* Piper e Tracy), sorgo-granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) e milheto (*Pennisetum americanum* L.) verificando que

sistemas com cobertura de resíduos influenciaram a densidade e riqueza de grupos de comunidade de macrofauna edáfica, durante o desenvolvimento da cultura da mandioca. Isso mostra a que a utilização de plantas de cobertura no cultivo de mandioca influencia positivamente na qualidade do solo.

De acordo com Giracca et al, (2003), realizando estudos em uma microbacia hidrográfica, onde a cultura do fumo é predominante, com objetivo de avaliar a distribuição da fauna do solo, o grupo de maior ocorrência era de Himenoptera (formigas), seguidas de Collembola (colêmbolos) e Coleóptera (besouros).

2.1.5. A Mesofauna como bioindicadora do solo

Os artrópodes do solo, por apresentarem maior sensibilidade às mudanças ambientais, são considerados bons indicadores de condições e alterações de ecossistemas (Van Straalen, 1997; Paoletti & Hassall, 1999).

Os estudos sobre a mesofauna têm sido dirigidos à análise da influência das práticas agrícolas e de manejo do solo sobre as principais unidades taxonômicas como um todo, mais particularmente, sobre os grupos numericamente mais representativos, como ácaros e colêmbolos (Primavesi, 1990; Bzuneck & Santos, 1991; Lopes Assad, 1997), que podem ser usados como bioindicadores das condições ambientais.

Dentre os grupos importantes como bioindicadores do solo, por seu número, diversidade, abundância de espécies e atividade, destacam-se os Acari Oribatei e os Collembola. A relevância de ambos é devida principalmente a sua participação em processos como a decomposição da matéria orgânica e na reciclagem de nutrientes do solo, além de funcionarem como indicadores das condições do meio (Ponge, 1993). Outros autores também consideram estes grupos como indicadores biogeográficos e ecológicos devido à sua grande aptidão para a especiação, sua estenotopia, seu ciclo de vida curto e o baixo poder de dispersão das espécies adaptadas à vida edáfica e ao nível trófico que ocupam (Lal, 1988).

Segundo Davies (1928) e Agrell (1941) o fator mais importante que influencia a distribuição dos colêmbolos é a umidade, e assim se pode empregar os Collembola como indicadores das condições hídricas do solo. Em trabalhos realizados por Murphy (1963) e Hale (1971) demonstrou-se que

mudanças nas populações de colêmbolos parecem ser determinadas por fatores físicos que produzem alterações na quantidade de água do habitat, e por isso a composição pode estar relacionada com o conteúdo hídrico do solo.

De fato os colêmbolos são claros indicadores de mudanças no ecossistema em situações sucessionais devido à sua grande diversidade específica (Lavelle & Spain, 2001).

Os ácaros Oribatei possuem uma sensibilidade às condições químicas-físicas do solo, exibindo um padrão comportamental para essas alterações. Esse grupo indica condições microclimáticas específicas, conferindo o status de bioindicadores ambientais. Estes ácaros têm sido reconhecidos como indicadores do conteúdo de carbono nos ecossistemas (Banerjee & Sanyal, 1991). Oribatei é considerado bioindicador de restauração de florestas tropicais, tendo em vista que alguns estudos têm reconhecido sua importância no funcionamento ecológico e sensibilidade a mudanças ambientais (Behan-Pelletier, 1999). Em particular, Acari Oribatei tem sido utilizado como indicador em áreas de mineração restauradas (Cuccovia & Kinnear, 1999).

2.2. Indicadores de qualidade do solo

A manutenção da sustentabilidade da produção agrícola está diretamente relacionada com a adoção de algumas práticas agrícolas (plantio direto, rotação de culturas, manejo integrado de pragas e doenças, plantio em nível e terraceamento) conservacionistas. Qualquer alteração em uma dessas características poderá provocar uma alteração física, química e biológica dos solos, e conseqüentemente implicará em maior ou menor impacto ambiental causado pela agricultura.

Para Doran et al. (1996), qualidade do solo é a capacidade deste em sustentar a produtividade biológica dentro das fronteiras do ecossistema, mantendo o equilíbrio ambiental e promovendo a saúde das plantas e animais e do próprio ser humano. Por outro lado, Karlen et al., (1997) definem qualidade do solo como a capacidade deste solo exercer em um ecossistema para sustentar as plantas e animais, resistir à erosão e reduzir os impactos negativos associados aos recursos água e ar.

Segundo Doran & Parking (1994), os atributos indicadores da qualidade do solo são definidos como propriedades mensuráveis que influenciam a capacidade do solo na produção das culturas ou no desempenho de funções ambientais. A relação entre manejo e qualidade do solo pode ser avaliada pelo comportamento das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. As propriedades físicas e químicas do solo são fáceis de serem avaliadas em comparação com as biológicas.

2.3. Atributos do solo como indicadores da qualidade do solo

2.3.1. Atividade biológica do solo

A medição da respiração microbiana do solo é uma forma de estimar o nível de atividade dos microorganismos do solo, a qual reflete a velocidade de decomposição da matéria orgânica do solo ou de algum material a ele adicionado. Quando um material orgânico é adicionado ao solo, os microorganismos realizam sua decomposição, a qual pode ocorrer de forma rápida se houver fatores propícios como umidade, pH, temperatura, mas principalmente nutrientes e cadeias de carbono (fonte de energia). A ocorrência de alta atividade microbiana indica que a decomposição do material adicionado é rápida e os nutrientes são mineralizados e disponibilizados para as plantas em menor tempo, o que muitas vezes é uma característica buscada em um adubo orgânico. Alef (1995) já conceitua a respiração basal (RB) como sendo a respiração sem adição de substratos orgânicos no solo, e pode ser avaliada através da produção de CO₂, o qual utilizam O₂ como acceptor final de elétrons.

De acordo com Moreira & Siqueira (2006), a avaliação pode ser feita tanto pelo consumo de O₂ por cromatografia gasosa ou eletrorespirômetro, quanto pela produção de CO₂ por titulação ou condutividade elétrica e, ainda, em campo, pela medição de interferências bióticas e abióticas diretamente *in situ*.

A respiração microbiana é dada pela atividade de todos os organismos do solo (bactérias, fungos, algas e protozoários do solo) de ambos os metabolismos aeróbico e anaeróbico (Anderson, 1982). A medida da taxa respiratória ou atividade microbiana, determinada pela evolução de CO₂ oriundo da respiração de microrganismos heterotróficos aeróbicos durante a

oxidação de compostos orgânicos, é uma das mais utilizadas (Kennedy & Smith, 1995).

A interpretação dos resultados da atividade biológica deve ser feita com critério, uma vez que os valores nem sempre indicam condições desejáveis: uma alta taxa de respiração pode significar, em curto prazo, liberação de nutrientes para as plantas e, em longo prazo, perda de carbono orgânico do solo para a atmosfera (Parking, et al, 1996). Além dos valores de respiração microbiana do solo, a biomassa microbiana também é um atributo biológico que auxilia na interpretação de resultados de atividade biológica.

A biomassa microbiana é a parte viva da matéria orgânica do solo, atuando como agente e transformação da matéria orgânica na ciclagem de nutrientes e no fluxo de energia sendo um compartimento de armazenamento de carbono em solos (Jenkinson & Ladd, 1981).

Segundo Tótola & Chaer (2002), o teor de carbono da biomassa é como um alerta sobre mudanças no estado da matéria orgânica do solo devido às alterações no manejo, muito antes que possam ser percebidas por avaliação da matéria orgânica total, possibilitando-se a adoção de medidas de correção antes que a redução da qualidade do solo seja mais severa. As bactérias e fungos representam 90% da atividade da biomassa microbiana (Siqueira, 1994). Destes, os fungos contribuem significativamente em termos de peso para a biomassa microbiana, em que podemos encontrar comunidades variando de 10^4 a 10^6 organismos por grama de solo, e podem ser responsabilizados por 70% da matéria seca (Brandao, 1992).

Segundo Powlson et al., (1997) a avaliação da biomassa microbiana é importante para prever informações rápidas sobre as propriedades orgânicas do solo, detectar mudanças causadas por cultivos, de devastação de florestas, ou determinar regeneração de solos após a remoção da camada superficial e avaliar os efeitos da poluição com metais pesados e pesticidas.

2.3.2. Atividade das enzimas do solo

A atividade biológica do solo transforma-o em um grande incinerador biológico capaz de decompor, através da ação enzimática, os componentes da matéria orgânica e outros compostos orgânicos depositados no solo, resultando em compostos simples (Siqueira, 1994). As enzimas responsáveis por estas

atividades podem ser intracelulares (no interior de organismos vivos ou mortos), ou extracelulares, podendo estar livres ou ligadas aos colóides do solo (Lynch, 1986).

A atividade enzimática tem potencial de indicar a integração biológica estimada do solo pela sua relação com a sua biologia, facilidade de medição e resposta rápida a mudanças no manejo (Bandick & Dick, 1999).

A hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) pode ser realizada por um número diferente de enzimas como proteases, lípases e esterases. A atividade enzimática no solo pode catalisar inúmeras reações necessárias ao ciclo de vida dos microrganismos, na decomposição de resíduos orgânicos durante o ciclo de nutrientes e na formação da matéria orgânica e estrutura do solo (Burns, 1978). Geralmente mais de 90% do fluxo de energia no solo passa através de decompositores microbiológicos e, portanto, uma análise que mede a atividade desses microrganismos fornecerá uma boa estimativa da atividade microbiológica total (Ghini et al., 1998). A hidrólise do diacetato de fluoresceína é instrumento eficaz como indicador da qualidade de solos de áreas degradadas, recuperadas e nativas do cerrados brasileiros (Godoi, 2001).

Existe uma boa correlação entre o método da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA) com a respiração do solo (Schnurer & Rosswall, 1982, Araújo, 2002). Porém, Carvalho (2005) não verificou correlação entre os dois métodos de avaliação da atividade microbiana.

3. HIPÓTESES E OBJETIVOS

Hipótese

Os sistemas conservacionistas de manejo e rotação de culturas na cultura do fumo apresentam menor impacto sobre a biota do solo em comparação com o sistema de cultivo convencional.

Objetivos

- Avaliar a população de microartrópodes pelo método do funil de Berlese-Tulgreen em solo de áreas submetidas a diferentes manejos.
- Estimar o impacto do sistema de manejo do solo pela avaliação da atividade da microbiota aeróbia do solo pelo método de incubação e quantificação da liberação de CO₂.
- Avaliar, ao longo do tempo, a atividade da microbiota do solo de áreas submetidas a diferentes manejos pelo método de hidrólise de diacetato de Fluoresceína.

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Caracterização das áreas de estudo

Em cada local, foram coletadas amostras de solo de áreas sob vegetação de mata nativa, para serem utilizadas como referenciais, e de áreas cultivadas, tanto sob sistema convencional como sob sistemas de manejo conservacionista.

4.1.1. Locais de implantação dos experimentos e das coletas de solo

Os experimentos foram implantados em Janeiro de 2005 pelos produtores, sob orientação da equipe de técnicos da EMATER e do SINDIFUMO-RS, com o objetivo de se estudar o efeito de diferentes sistemas de manejo do solo e de culturas sobre a lavoura de fumo. As parcelas experimentais possuíam área total de 200 m². Nestes experimentos foram realizadas as amostragens estudadas neste trabalho.

Na localidade de Agudo (29° 38' S e 52° 21' O), o experimento foi realizado na propriedade 1 e implantado em área sobre Neossolo Litólico (mesmo local do experimento realizado por Minella et al., 2007), na localidade de Santa Cruz do Sul (29° 37' S e 51° 21' O), o experimento foi instalado na propriedade 2 sobre Neossolo Regolítico e na localidade de Arvorezinha (28° 52' S e 52° 05' O), o experimento foi instalado na propriedade 3 sobre Neossolo Litólico.

Os tratamentos eram compostos pelos diferentes sistemas de cultivo e sucessão de culturas são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1: Descrição dos sistemas de manejo do solo e de culturas.

Trat.	2007			2008		
	Jan/Fev	Abr	Ago/Set	Jan/Fev	Abr	Ago/Set
CM1	C. spec	Av.+Vic	M	C. spec	Cent.	Fumo
CM2	M+ Muc	Av.+Vic	Feijão	M+ Muc	Cent.	Fumo
CM3	M+F.Miu	Av.	Fumo	M+F.Miu	Cent.	Fumo
CM4	Muc.	Av.+Vic	M	Muc.	Cent.	Fumo
CM5	F.P	Cent.	Fumo	F.P	Cent.	Fumo
CM6	C. juncea	Av.+Vic	M	C. juncea	Cent.	Fumo
CONV+A	M	Av.	Fumo	M	Cent.	Fumo
CONV	M	Pousio	Fumo	M	Pousio	Fumo
PD	M	Av+Nf+e	Fumo	M	Av+Nf+e	Fumo
MATA						

Legenda: **CM (1 a 6)**: cultivo mínimo; **CONV+A**: cultivo convencional + Aveia; **CONV**: cultivo convencional; **PD**: plantio direto; **MATA**: mata nativa; C. spec: *Crotalaria spectabilis*; C. juncea: *Crotalaria juncea*; M+Muc.: Milho (*Zea mays*) + Mucuna (*Stizolobium aterrimum*); M+F.Miu.: Milho + feijão miúdo (*Vigna unguiculata*); F.P: feijão-de porco (*Canavalia ensiformis*); M: Milho; Av.+Vic: Aveia (*Avena strigosa*) + Ervilhaca (*Vicia sativa*); Av.:Aveia; Cent.: Centeio (*Secale cereale*); Feijão (*Phaseolus vulgaris* L.); Av+Nf+e: Aveia + Nabo-forrageiro (*Raphanus sativus*) + Ervilhaca; Fumo (*Nicotiana tabacum*)

Para servir como controle foram coletadas amostras de solo em áreas de vegetação espontânea, em geral com regeneração natural da vegetação, devido à ausência de áreas sob mata nativa.

Na localidade de Santa Cruz do Sul (SCS), não foi implantado o tratamento **CONV** (cultivo convencional) como foi implantado em Agudo e Arvorezinha. No entanto, implantou-se uma parcela sob cultivo convencional mais cultivo de Aveia (**CONV+A**).

Na localidade de Arvorezinha (ARV), foram implantados os mesmos tratamentos utilizados na área de Agudo com a adição de parcela sob plantio direto (**PD**).

Para os três locais nos tratamentos sob cultivo mínimo (CM) o preparo do solo foi realizado com aração e gradagem para o plantio da cultura de inverno. Já para a implantação da cultura de verão, foi realizada aração apenas nas linhas que receberam as mudas de fumo, abrindo-se uma cova onde foi adicionada a adubação de base (400 kg/ha de Salitre do Chile e 800 kg/ha de NPK, formulação 08-16-16). Em seguida, realizou-se a gradagem apenas na linha, de maneira que a cova foi fechada, formando o camalhão, onde foi plantado o fumo.

No tratamento com sistema de Plantio Convencional (CONV) realizou-se a aração seguida de gradagem em dois períodos no ano, na implantação da cultura de inverno e na implantação da cultura de verão.

Na área sob plantio direto (PD), as culturas foram semeadas a lanço e realizada uma pequena cova para implantação das mudas de fumo.

4.2. Coleta e preparo das amostras

Em cada parcela experimental, foram efetuadas amostragens do solo em profundidade de 0 a 7 cm. Foram coletadas quatro amostras indeformadas, para avaliação da mesofauna do solo, utilizando-se cilindros metálicos de 7 cm de diâmetro e 7 cm de altura que foram cravados no solo com auxílio de martelo de amostragem (Correia, 2000). Os cilindros com solo foram colocados em sacos plásticos e trazidos para o laboratório para extração dos microartrópodes.

Para a avaliação da população de oligoquetas, em cada parcela, foram coletadas amostras de solo em três pontos a uma profundidade de 0 a 20 cm utilizando-se uma pá de corte. Destas amostras, uma fração com aproximadamente 500g foi separada para a realização das demais análises.

Para análise da atividade da biota do solo, pela hidrólise do acetato de fluoresceína, as amostras de solo foram colocadas em sacos plásticos e transportadas até o laboratório, onde foram homogeneizadas, peneiradas (2 mm), com umidade de campo, até o dia seguinte para realização das análises de hidrólise de Fluoresceína (FDA).

Para a realização das análises de respiração da biota do solo (liberação de CO₂) e carbono da biomassa microbiana (CBM), as amostras

foram homogeneizadas e peneiradas em peneiras de 4mm de malha. Foi retirada uma porção de 50 g de solo de cada amostra para a determinação do teor de umidade por secagem em estufa a 105 °C até peso constante.

A avaliação da atividade da biota do solo, por hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), respiração da biota do solo e do carbono da biomassa microbiana (CBM), foram determinadas nas amostras coletadas em três épocas: no final do inverno (Agosto e Setembro/2007), no final do verão (Fevereiro e Março de 2008) e no final do inverno de 2008 (Setembro), sendo que esta última coleta na localidade de Arvorezinha não foi realizada porque o experimento foi destruído pelo proprietário da área. Para a avaliação da mesofauna do solo foram realizadas coletas em duas épocas no final do verão (Fevereiro e Março/ 2008) e final do inverno (Setembro/2008). Para a realização das análises dos parâmetros químicos e físicos do solo foram utilizadas as amostras coletadas na primeira coleta.

4.3. Avaliação da atividade biológica do solo

4.3.1. Carbono da biomassa microbiana (CBM)

O CBM foi determinado utilizando-se o método descrito Jenkinson & Powlson (1976) de Fumigação-Incubação, utilizando-se o forno de microondas em substituição do clorofórmio. A eliminação dos microrganismos foi realizada pela exposição de cada amostra (40 g de solo) em forno de microondas (1350 W de potência, frequência de 2.450 Mhz) por dois minutos, conforme sugerido por Ferreira et al., (1999), baseado no princípio de que as células mortas da biomassa são usadas como substrato durante a recolonização da população através de inoculação durante um período padrão de 10 dias de incubação aeróbia.

Logo após as amostras terem sido submetidas à irradiação eletromagnética de microondas, elas foram transferidas para frascos de 800 ml acrescentando-se 5 g de solo não fumigado como inóculo. Com uma espátula, realizou-se a homogeneização de todas as amostras de solo e, em cada frasco, foi colocado um recipiente plástico com 20 ml de NaOH (0,1 M), sendo os

fracos hermeticamente fechados. Após 10 dias de incubação, foi realizada a determinação do CO₂ que corresponde ao CBM, por meio da titulação.

A quantidade de CO₂ liberada do solo foi determinada por titulação, após adição de 3,0 ml de BaCl₂ (30%) no frasco plástico contendo 20 mL de NaOH (0,1 M) com HCl (0,1 M), usando-se duas gotas de fenolftaleína (1%) como indicador. Foram utilizados, como controle, frascos de vidro vazios. Para o cálculo da quantidade de CO₂ liberada, tanto das amostras irradiadas, quanto das amostras não irradiadas, foi utilizada a equação $\text{mg C-CO}_2 = (C-A) \cdot M \cdot E$, proposta por Jenkinson & Powlson (1976), onde C= volume (ml) do ácido usado para titular a base referente ao controle; A= volume (ml) do ácido usado para titular a base referente a amostra irradiada ou não irradiada; M= molaridade do ácido; E= equivalente grama do carbono (6).

O carbono da biomassa microbiana (CBM) foi calculado pela diferença entre os valores de CO₂ liberado das amostras fumigadas (F_C) e o liberado das amostras não fumigadas (NF_C), utilizando-se um fator de correção de 1,73 para as amostras fumigadas e 0,56 para as amostras não fumigadas, conforme a fórmula $\text{CBM} = 1,73F_C - 0,56NF_C$, proposta por Horwath et al. (1994), onde CBM= carbono da biomassa microbiana; F_C= C-CO₂ liberado pelo solo irradiado no período de 10 dias; NF_C= C-CO₂ liberado pelo solo não irradiado no período de 10 dias. Os valores de carbono da biomassa microbiana foram expressos em mg C-CO₂ Kg⁻¹ de solo seco.

4.3.2. Respiração microbiana

A avaliação da respiração microbiana (RM) foi realizada juntamente com a avaliação do CBM, sendo estimada pela quantidade de CO₂ liberado do solo não irradiado durante 30 dias de incubação. As unidades experimentais constituíam-se de recipientes de vidro de 800 ml com tampas de fechamento hermético. Foram utilizadas amostras de 100 g de solo, incubadas em temperatura ambiente e com a umidade ajustada para 75% da capacidade de campo. Também foram utilizados quatro recipientes sem solo como controle.

O CO₂ produzido foi avaliado seguindo-se o procedimento descrito no item (4.3.1). Durante o período de incubação (30 dias), foram realizadas seis titulações, aos 3, 9, 14, 20, 26 e 30 dias, sendo, posteriormente, os valores somados para obter-se o valor referente ao total de CO₂ liberado no período de 30 dias de incubação. Os valores do CO₂ produzido pela respiração microbiana foram expressos em mg C-CO₂ kg⁻¹ solo seco.

4.4. Avaliação da atividade enzimática

Avaliou-se a atividade microbiana pela determinação da atividade enzimática de esterases do solo usando-se a medição da hidrólise do diacetato de fluoresceína (FDA), conforme a metodologia de Schuner & Rosswall (1982). Tal metodologia se baseia na quantificação da fluoresceína formada após a reação de lipases, proteases e esterases com o substrato, determinada por colorimetria.

4.4.1. Hidrólise do diacetato de fluoresceína

Amostras em duplicata de 2,0g de solo (destorreado e peneirado) foram colocadas em frascos plásticos de centrífuga de 50 ml e, em seguida, adicionou-se 15 ml de tampão fosfato (60 mM pH 7,6) em todos os frascos. Em seguida em um dos frascos adicionou-se 0,2 ml da solução de diacetato de fluoresceína (1000µg/ml) e o outro frasco, sem diacetato de fluoresceína, foi mantido como controle. Os frascos foram fechados, agitados manualmente, vigorosamente, por 1 min. e colocados em incubador a 30°C, com agitação orbital, por 20 minutos. Após este período, foram adicionados 15 ml de solução de clorofórmio/metanol (2:1 v/v) para finalizar a reação. Novamente os frascos foram tampados e agitados manualmente com força e, então, centrifugados a 2000 rpm por 3 min. Para precipitação dos sólidos. Posteriormente, o sobrenadante de cada amostra foi filtrado em papel filtro nº2 e coletado em frascos de 50 ml. A quantidade de fluoresceína formada, coloração verde do filtrado, foi determinada medindo-se a absorbância em espectrofotômetro a 490 nm. A absorbância foi medida também nas amostras controle, que não receberam adição de diacetato fluoresceína, para se medir a influência na

leitura causada pela coloração dos componentes do solo, sendo este valor da absorvância subtraído do valor obtido na amostra com fluoresceína.

A quantidade de fluoresceína formada em cada amostra foi determinada com base numa curva padrão preparada com concentrações conhecidas de fluoresceína (0, 1, 2, 3, 4, 5 μg de fluoresceína ml^{-1}). A curva foi feita a partir de solução padrão de 20 μg /ml de fluoresceína em tampão fosfato 60 mM pH 7,6, obtida pela diluição de 1 ml da solução estoque de 2000 μg /ml de fluoresceína (fluoresceína sódica-Merck, BDH Analar), em 100 ml de volume final. A atividade enzimática foi expressa em μg fluoresceína liberada por dia por grama de solo seco ($\mu\text{g F g}^{-1}$ solo seco hora^{-1}).

4.5. Extração da mesofauna do solo

A extração da mesofauna do solo foi realizada imediatamente após a coleta. Os cilindros contendo as amostras de solo foram colocados em Funis de Berlese-Tulgreen modificado (Oliveira, 1999), instalados em uma estante metálica cuja fonte de calor e luz eram lâmpadas de 60 W (Figura 2). As amostras permaneceram por uma semana expostas a temperatura de 35 a 40^o C. A radiação produzida pelas lâmpadas sobre a amostra de solo e a secagem progressiva do solo torna o ambiente desfavorável forçando o deslocamento dos organismos que procuram as camadas mais profundas do solo da amostra e com isto passam pelo funil e caem dentro dos frascos de vidro com solução conservante (70% de álcool 1% de glicerina).

Passado o período de extração na estante, os frascos foram etiquetados e o material contido em cada frasco foi transferido para placas de Petri realizando-se a triagem e a contagem dos diferentes grupos de mesofauna utilizando-se lupa com aumento de 40 vezes.

4.5.1. Contagem e classificação da mesofauna do solo

Os indivíduos amostrados foram separados, quantificados e classificados em grupos taxonômicos em nível de classe e ordem de organismos totalizando 16 grupos: **Arachnida** (Acari: (Cryptostigmata e outros; Scorpiones), **Apterigota** (Collembola; (Podurida, Entomobridae, Onychiuridae e Hipogastruridae), **Insecta** (Coleoptera; Hymenoptera; Thysanura; Isoptera;

Diptera; Protura; Chilopoda; Diplopoda), **Crustacea** (Isopoda) e **Molusca** (Gastropoda).

Para a classificação dos diferentes grupos foram empregadas as chaves contidas em Balogh (1972), Balogh & Balogh (1988, 1990), Dindal (1990) e Eisenbeis & Whitchard (1987).

4.6. Atributos químicos e físicos

As análises químicas e físicas realizadas nas amostras foram: teores de argila, carbono orgânico, P, K, Ca, Al e Mg, pH, umidade gravimétrica e capacidade de troca de cátions. Os procedimentos metodológicos para estas análises, com exceção do carbono orgânico, foram realizados conforme descrito em Tedesco et al. (1995).

4.7. Análise estatística dos dados

Para cada atributo biológico avaliado os resultados foram submetidos à análise de variância (ANOVA). As médias de cada atributo dentro de cada local foram comparadas entre si utilizando-se o teste de Tukey, ao nível de significância de 5%. Para estas análises foi utilizado o programa SISVAR (Ferreira, 2000).

Para a análise dos resultados da mesofauna foram calculados a densidade (indivíduos por amostra), a riqueza da mesofauna (n° de grupos identificados) e os índices de diversidade Shannon e índice de equitabilidade de Pielou em cada sistema de manejo utilizando o programa Bio-Dap (Thomas & Clay, 1998).

O Índice de Diversidade de Shannon (H) leva em consideração a riqueza de espécies e sua abundância relativa, sendo definido por:

$$H = - \sum p_i \times \log p_i$$

onde $p_i = n_i/N$; n_i = valor de importância de cada espécie ou grupo; N = total dos valores de importância.

O Índice de Uniformidade de Pielou (e) é um índice em que a uniformidade refere-se ao padrão de distribuição dos indivíduos entre as espécies, sendo definido por:

$$e = H/\log S$$

Sendo H = Índice de Shannon; S = Número de espécies ou grupos

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A avaliação dos efeitos dos diferentes manejos de culturas e de solo nas áreas estudadas mostrou que apenas o solo sob manejo convencional apresentou redução da atividade da biota do solo. Nos demais tratamentos, observou-se aumento na atividade da biota do solo.

5.1. Carbono da Biomassa Microbiana (CBM)

Os resultados obtidos com a avaliação do carbono da biomassa microbiana (CBM) mostram que os diferentes sistemas de preparo do solo (convencional, mínimo e plantio direto) e as diferentes espécies de plantas, utilizadas nos sistemas de rotação/sucessão de culturas estudados, influenciaram a biota do solo.

Os valores de CBM obtidos nas amostras de solo de Agudo são apresentados na Figura 1, os de Santa Cruz do Sul na Figura 2 e os de Arvorezinha na Figura 3. De maneira geral, os maiores valores do CBM foram obtidos nas amostras de solo sob MATA e os menores nas amostras dos solos das parcelas submetidas aos sistemas convencionais de preparo do solo (Figura 1, 2 e 3).

Em Agudo nas amostras coletadas em agosto 2007 (Figura 1) antes da implantação do fumo, os valores de CBM entre os tratamentos variaram de 25,2 a 93,9 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco, sendo o maior valor obtido na amostra de solo sob MATA e o menor sob tratamento com cultivo convencional (CONV). Nas amostras de solo das parcelas sob sistemas de cultivo mínimo (CM), apenas os valores de CBM do tratamento CM1 diferiu dos demais produzindo 68,2 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco. Este foi o único sistema dentre os sistemas de cultivo mínimo, que apresentou superioridade em relação aos sistemas de cultivo convencional (CONV e CONV+AVEIA).

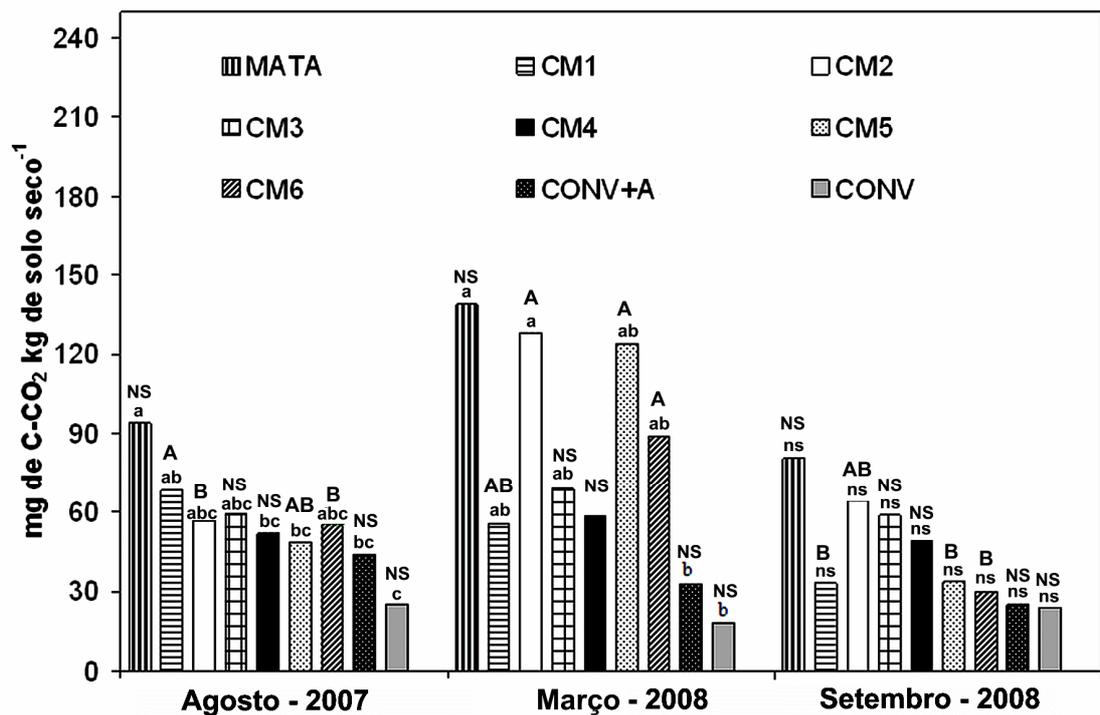


Figura 1: Carbono da biomassa microbiana (CBM) em amostras de solo de Agudo/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (março/2008) e após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Com relação aos sistemas CONV+AVEIA e CONV, observou-se que não houve diferença nos valores de CBM. O tratamento CONV+AVEIA é um sistema de cultivo em que a aveia é semeada no inverno e incorporada ao solo antes da implantação da cultura do fumo. Por outro lado, no sistema CONV, há ausência da cultura de inverno, sendo realizado o revolvimento total do solo.

Nas amostras coletadas em março de 2008, em Agudo, na presença das culturas de verão, os valores de CBM obtidos variaram de 18,3 a 138,7 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco (Figura 1). Observou-se que, as amostras de solos dos sistemas com cultivo mínimo com rotação/sucessão de culturas, milho e mucuna (CM2), os valores de CBM foram superiores em relação aos obtidos em solos sob cultivo convencional.

Os valores do CBM obtidos nas amostras de solo coletadas em três épocas em Santa Cruz do Sul são apresentados na Figura 2. Observa-se que os valores de CBM nas amostras coletadas em agosto de 2007 (Figura 2), antes da implantação do fumo, variaram de 16,0 a 67,3 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco.

Na amostragem realizada em fevereiro/2008 em Santa Cruz do Sul, na presença da cultura de verão, os valores de CBM variaram entre 34,3 a 129,1 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco⁻¹, sendo o menor valor observado nas amostras de solo do tratamento CM3 e os maiores nas de MATA.

As amostras de solo coletadas em fevereiro/2008 dos tratamentos CM1, CM2 e CM5, foram obtidas durante o cultivo de crotalária, no tratamento CM1, milho+mucuna, no tratamento CM2 e feijão-de-porco, no tratamento CM5. Os valores mais elevados do CBM observados nestas amostras, provavelmente refletem a influência da presença dessas culturas de verão, que estariam estimulando a biota do solo. Fenômeno semelhante foi observado por Cheng et al. (1996), que concluíram que no caso de a cultura de verão encontrar-se plenamente estabelecida ela pode estimular a biota do solo por meio do efeito da rizosfera.

Nas amostras coletadas em setembro/2008, em Santa Cruz do Sul, os valores de CBM variaram de 22,0 a 62,9 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco⁻¹ (Figura 2). De uma forma geral, estes resultados foram inferiores em relação aos observados para as amostras sob mata, tratamento CM1 e CM2 do período anterior, mas semelhantes aos observados nas amostras coletadas em agosto/2007. Pode-se observar que esta variação também foi verificada nas amostras coletadas em Agudo, aproximadamente nas mesmas épocas. Variações nos valores de CBM também foram observadas por Cattelan & Vidor (1990), que concluíram que os possíveis fatores que poderiam explicar essas diferenças entre as épocas de amostragem estariam relacionados com a temperatura, umidade, aeração e disponibilidade de nutrientes no solo.

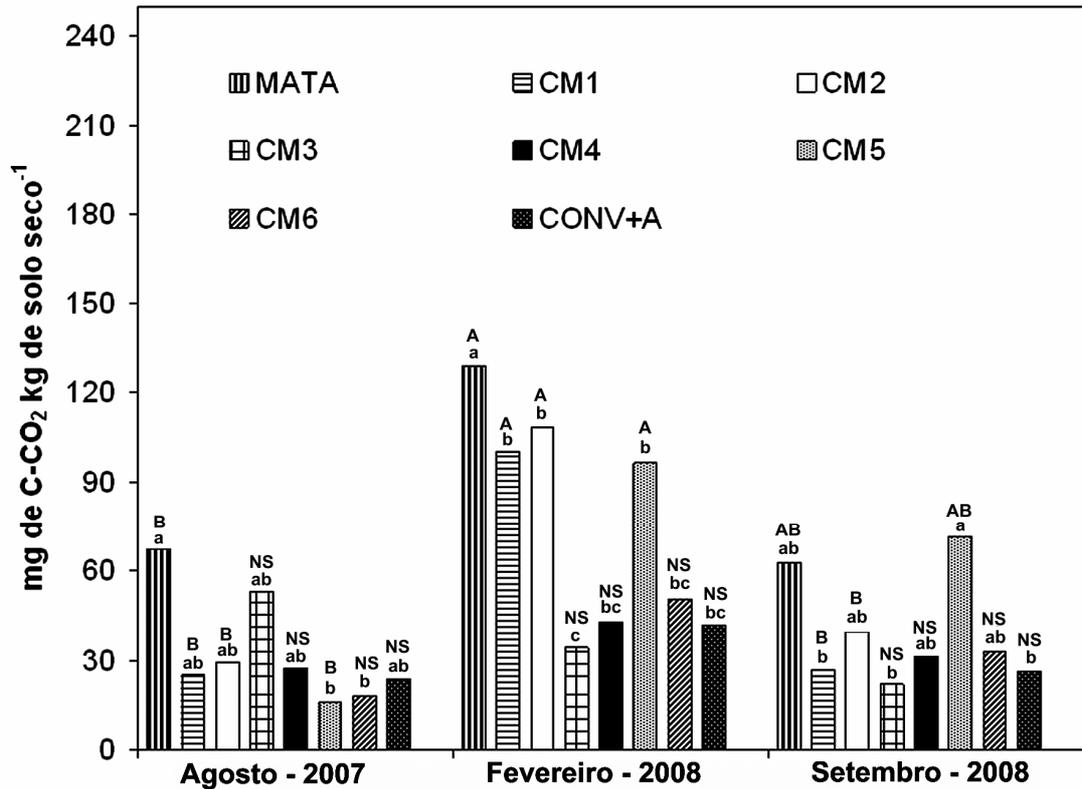


Figura 2: Carbono da biomassa microbiana em amostras de solo de Santa Cruz do Sul/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (fevereiro/2008) e após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os valores do CBM observados nas amostras coletadas em Arvorezinha em setembro/2007 e Março/2008 são apresentados na Figura 3. Não foram realizadas coletas em setembro/2008 nesta localidade, pois o experimento foi destruído. De um modo geral, observou-se que nas amostras coletadas em setembro/2007, antes da implantação do fumo, os valores do CBM variaram de 8,7 a 130,2 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco⁻¹, sendo os maiores obtidos nas amostras sob MATA e menores nas sob sistema convencional (CONV).

No PD observou-se 55,1 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco⁻¹, sendo em média superior aos demais sistemas. Resultados semelhantes foram encontrados por Perez et. al. (2004) avaliando o CBM em solos cultivados com

soja em diferentes sistemas de manejo na região dos cerrados. Os autores observaram que os valores de CBM do sistema de plantio direto, na camada 0 a 20 cm, eram bem superiores em relação ao sistema de plantio convencional.

Na coleta realizada em março/2008 os valores de CBM variaram de 7,2 a 203,5 mg C-CO₂ kg⁻¹ de solo seco⁻¹ em Arvorezinha (Figura 3), sendo o maior valor observado na área sob MATA e o menor no sistema CONV.

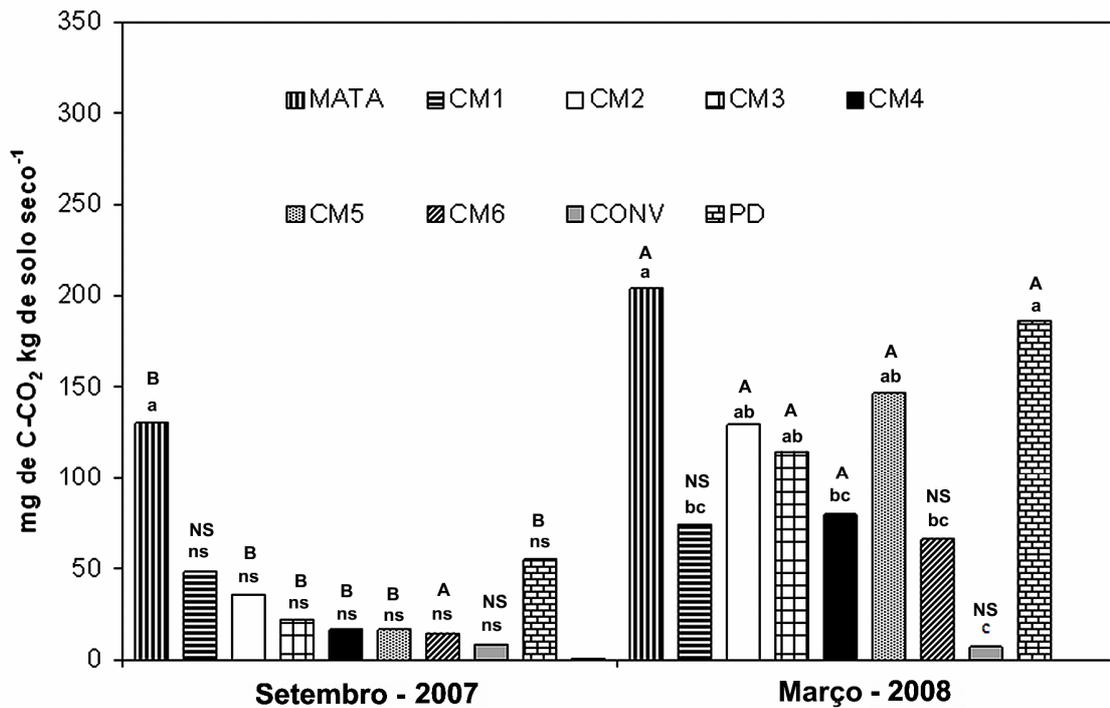


Figura 3: Carbono da biomassa microbiana em amostras de solo de Arvorezinha/RS, coletadas antes da implantação do fumo (setembro/2007); na presença das culturas de verão (março/2008), na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nesta amostragem houve diferença entre os sistemas de cultivo com rotação/sucessão de culturas e observou-se que o CM2, CM5 e PD apresentaram os maiores valores de CBM dentre os sistemas com cultivo e o sistema CONV com menor valor. Isso provavelmente deve-se à presença de alguns restos culturais das culturas de verão, que estariam estimulando servindo como fonte de carbono para comunidade microbiana e ainda também pelo efeito da rizosfera Cheng et al. (1996).

Os sistemas PD e CM sem o revolvimento do solo ou com a mínima mobilização de solo, respectivamente, promovem preservação de hifas fúngicas que mantém condições favoráveis à preservação dos microorganismos. A presença da camada orgânica na superfície do solo mantém a umidade e impede oscilações drásticas, favorecendo o crescimento das plantas e a emissão de raízes, aumentando a entrada de substratos para o solo (Bopaiah & Shetti, 1991). Outros autores também tem relatado maiores valores de CBM do sistema plantio direto em relação ao sistema convencional (Matsuoka et. al., 2003; Marchiori Junior & Melo, 1999)

As diferenças dos valores de CBM entre os locais e entre os tratamentos podem ser explicadas pela grande influência sazonal, principalmente nas camadas superficiais do solo, onde oscilações de temperatura e umidade são maiores. Além dos fatores climáticos, a cobertura vegetal e a matéria orgânica exercem influência direta sobre a comunidade microbiana.

Esses resultados mostram que os sistemas com cultivo mínimo e plantio direto podem ser boas alternativas a serem adotadas em relação aos sistemas convencionais. Isso volta a reforçar a importância da adoção dos sistemas conservacionistas, que reduzem a mobilização do solo e proporcionam a manutenção dos restos culturais por longo período, levando ao aumento e preservação dos estoques de matéria orgânica do solo.

5.2. Respiração da biota do solo (RB)

A respiração da biota do solo (RB), medida pela liberação de CO₂ de amostras incubadas, tem sido utilizada para avaliar a atividade geral da biota do solo. Tal avaliação está de acordo com Alef (1995), sendo influenciada pelo teor de umidade, temperatura e disponibilidade de nutrientes.

Os valores de CO₂ liberado pela RB das amostras de solo coletadas em Agudo, Santa Cruz do Sul e Arvorezinha, obtidos após 30 dias de incubação, são apresentados nas Figuras 4 a 12 e Apêndice 4.

Nas amostras coletadas em Agudo, observou-se que os maiores valores de CO₂ liberado pela RB foram obtidos naquelas sob MATA, nas três épocas de amostragem, e variaram de 352,4 a 472,9 mg de C-CO₂ kg de solo (Figura 4A, B e C Apêndice 4).

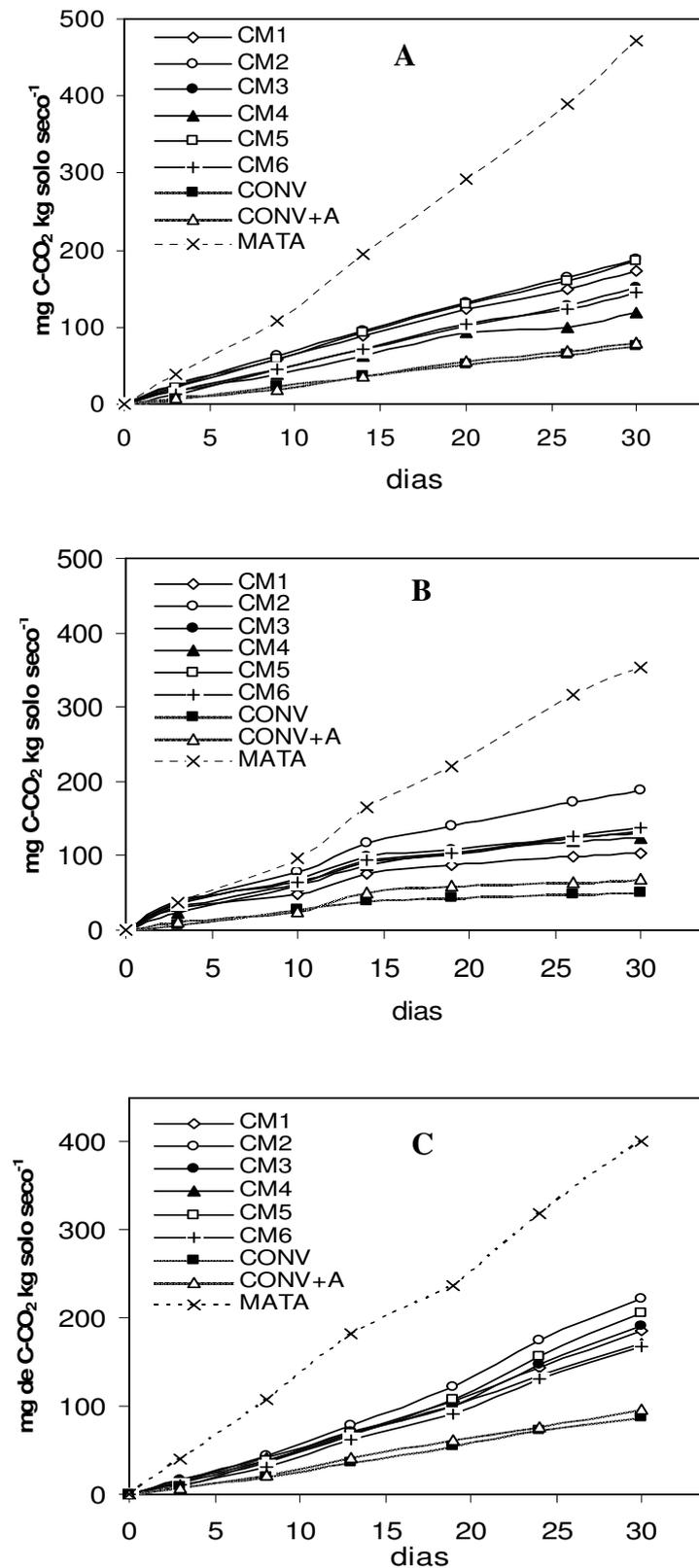


Figura 4: Liberação de CO₂ pela respiração da biota do solo em amostras de Agudo, coletadas antes da implantação da cultura do fumo (agosto/2007) (**A**); após a cultura de verão (março/2008) (**B**) e após a implantação da cultura do fumo (setembro/2008) (**C**); incubadas por 30 dias.

Já nas amostras de solos submetidos aos sistemas de manejo convencional (CONV e CONV+A), os valores observados foram os menores, variando entre 51,3 a 95,9 mg de C-CO₂ kg de solo seco⁻¹ (Figuras 4A, B e C Apêndice 4). Os valores de liberação de CO₂ pela RB nas amostras dos solos submetidos aos demais tratamentos sob cultivo mínimo (CM) não foram diferentes entre os tratamentos.

No entanto, observou-se maior liberação de CO₂, ou seja, maior respiração da biota do solo, nas amostras sob o tratamento CM2, em relação às amostras sob os tratamentos CONV e CONV+A, nas três épocas de amostragem. Os valores de CO₂ liberado obtidos nas amostras sob o tratamento CM5 foram semelhantes aos obtidos nas sob os tratamentos CONV e CONV+A. Apenas na primeira época de amostragem (Figura 4A), nas demais épocas foram superiores (Figuras 4B e 4C).

Na terceira época de amostragem, os valores de CO₂ liberado em todas as amostras sob tratamento com cultivo mínimo foram superiores ao das amostras sob cultivos convencionais (Figura 4C).

Os valores de CO₂ liberado pela RB das amostras de solo coletadas em Santa Cruz do Sul são apresentados nas Figuras 5A, 5B e 5C e no Apêndice 4. Também nas amostras coletadas nesta localidade, os maiores valores de CO₂ liberado pela RB foram obtidos nas amostras sob MATA, nas três épocas de amostragem. Esses resultados mostram semelhanças com a RB medida nas amostras coletadas na localidade de Agudo, em Fevereiro e em setembro/2008 (Figuras 4). Nas amostras coletadas em agosto de 2007 em Santa Cruz do Sul, a atividade biológica avaliada pela respiração da biota do solo foi diferente das amostras coletadas em Agudo no mesmo período. Essa diferença provavelmente deve-se ao fato de estes experimentos terem sido instalados em áreas sob condição climática (temperatura e umidade) e em solos com características físico-químicas semelhantes (Apêndice 1 a 3).

Da mesma forma que o observado nas amostras coletadas em Agudo, as coletadas em Santa Cruz do Sul sob sistemas de cultivo mínimo apresentaram valores de CO₂ liberado semelhantes, embora aquelas sob os tratamentos CM2 e CM5 tenham apresentado maior liberação de CO₂ do que as sob cultivo convencional (CONV+A).

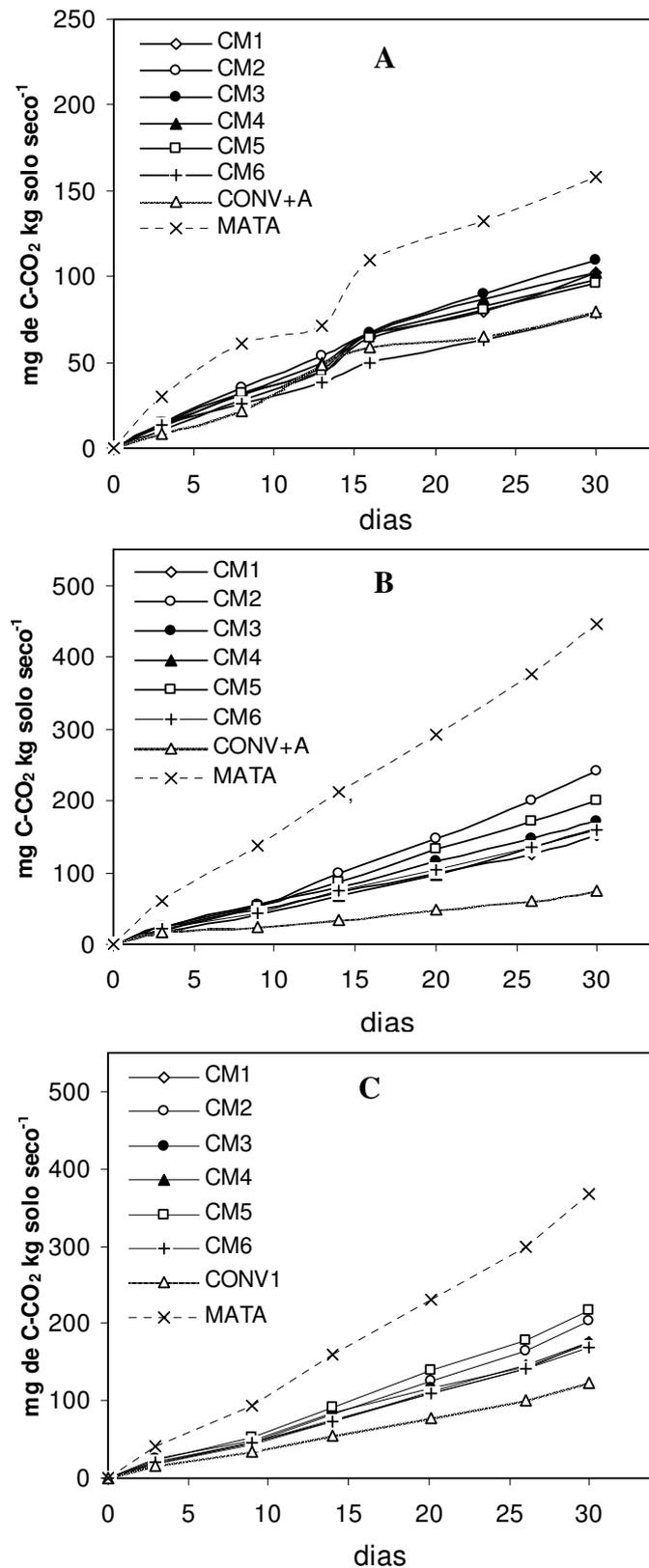


Figura 5: Liberação de CO₂ pela respiração da biota do solo em amostras de Santa Cruz do Sul, coletadas antes da implantação da cultura do fumo (agosto/2007) (A); após a cultura de verão (fevereiro/2008) (B) e após a implantação da cultura do fumo (setembro/2008) (C), incubada por 30 dias.

Estes resultados indicam que os sistemas com cultivo mínimo e a utilização de plantas de cobertura promoveram maior atividade biológica do solo em relação ao sistema CONV+A, provavelmente devido à maior quantidade de material vegetal que entra no sistema e, também, por promover aumento no estoque de carbono do solo, levando ao aumento da biota do solo e da atividade biológica (Mielnizuck et al., 2003).

Para as amostras coletadas em Arvorezinha, os valores de CO₂ liberado pela RB são apresentados nas Figuras 6A e 6B e Apêndice 04. Nas amostras deste local, diferentemente do que se verificou nas de Agudo e Santa Cruz do Sul, observou-se diferença entre os sistemas de manejo e entre épocas de amostragens.

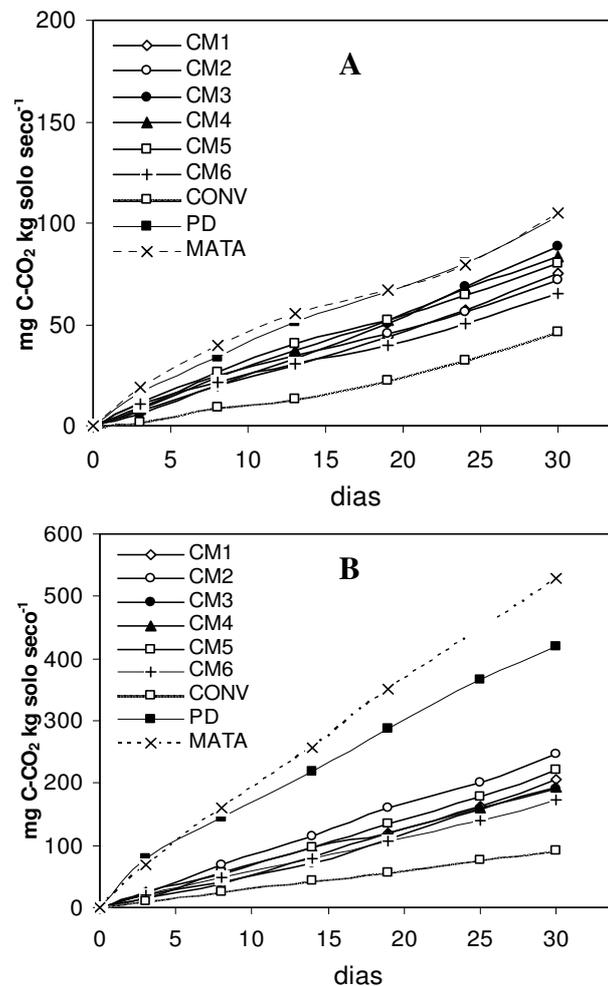


Figura 6: Liberação de CO₂ pela respiração da biota do solo em amostras de Arvorezinha, coletadas antes da implantação da cultura do fumo (setembro/2007) (A) e na presença das culturas de verão (março/2008) (B), incubadas por 30 dias.

Nas amostras coletadas antes da implantação da cultura do fumo (setembro/2007) os valores de CO₂ liberado pela RB variaram de 104,7 a 46,2 mg de C-CO₂ kg de solo seco⁻¹, sendo o maior obtido na amostra da área de MATA e os menor no sistema CONV. A mesma tendência foi observada nas amostras coletadas em março/2008, porém com valores de maior magnitude, entre 528,1 a 91,4 mg de C-CO₂ kg de solo seco⁻¹ nas amostras de solo sob mata e sob o tratamento CONV, respectivamente.

Já nas coletadas realizadas quando estava presentes as culturas de verão (março/2008) observou-se liberação de 418,8 mg de C-CO₂ kg de solo seco⁻¹ (Figura 6B). Nas amostras das áreas com PD, coletadas em ambos os períodos, a RB medida foi semelhante a observada nas amostras de áreas sob MATA. Esses resultados, provavelmente, devem-se à semelhança na quantidade de carbono lábil, existente no solo em ambas as amostragens, a qual está diretamente relacionada com maior atividade biológica (Silva et al., 2007).

De uma forma geral, observou-se maior atividade biológica, avaliada pela quantificação da respiração da biota do solo, nas amostras de solo das áreas sob mata e nas submetidas aos sistemas com plantio direto (PD) ou cultivo mínimo (CM) em relação às submetidas ao sistema de cultivo convencional. A maior atividade da biota do solo observada nas amostras destes tratamentos provavelmente se deve à presença das plantas de cobertura que aumentam o fornecimento de nutrientes, pela manutenção de restos culturais sobre o solo, e também pelo estímulo à população aeróbia heterotrófica do solo devido à exsudação de compostos orgânicos pelo sistema radicular.

5.3. Avaliação da atividade de esterase

A atividade da microbiota do solo, avaliada pelos valores de hidrólise de Diacetato de Fluoresceína (FDA) em Agudo são apresentados na Figura 7, de Santa Cruz do Sul na Figura 8 e de Arvorezinha na Figura 9. Em trabalhos realizados por Taylor et al. (2002), utilizou os valores de hidrólise de FDA para identificar células ativas no solo e para caracterizar a atividade microbiana global do solo como medida da protease, lipase, e esterase, já que são capazes de clivar compostos fluorogênicos

Os valores de hidrólise de FDA na coleta realizada em agosto/2007 em Agudo, antes da implantação do fumo variaram de 3,8 a 30 μg de Fluoresceína (F) por grama de solo seco por hora, sendo o menor no tratamento CONV e o maior valor em área de MATA (Figura 7).

Com relação aos sistemas com cultivo mínimo, nesta época de coleta, não se observou diferença entre eles.

Nas amostras coletadas em março/2008 em Agudo, na presença das culturas de verão, os valores variaram de 3,1 a 39,1 μg de F.g solo seco⁻¹ h⁻¹, sendo o maior valor obtido na MATA (Figura 7). Analisando-se os valores de hidrólise de FDA obtidos nestas duas épocas de coleta, observou-se que os tratamentos CM2 e CM5 apresentaram valores superiores em relação à primeira época de coleta. Isso, possivelmente, deve-se ao efeito do sistema radicular das culturas de verão, que nesta época eram milho+mucuna e feijão-de-porco, respectivamente, e que poderiam estar estimulando a comunidade microbiana do solo. Esses resultados são semelhantes aos obtidos por Landi et al., 2006, em trabalhos avaliando a qualidade e a quantidade de exudatos radiculares de várias espécies vegetais, que observaram que há liberação diferenciada de compostos orgânicos que influenciam as propriedades microbiológicas da rizosfera.

Os valores de hidrólise de FDA na coleta realizada em setembro/2008 em Agudo, na presença da cultura do fumo, variaram de 13,6 a 74,3 μg de F g solo seco⁻¹ h⁻¹, sendo o menor valor no sistema CONV+A e o maior na MATA (Figura 7).

Não houve diferença entre os tratamentos na amostragem realizada em setembro/2008, com exceção apenas do CM5 que apresentou maior valor de hidrólise de FDA, sendo superior ao tratamento com cultivo convencional (CONV+A). Essa ausência de diferença provavelmente deve-se à presença do fumo no momento da coleta e também pela presença de centeio como cultura de inverno antecedendo o fumo nos tratamentos com CM.

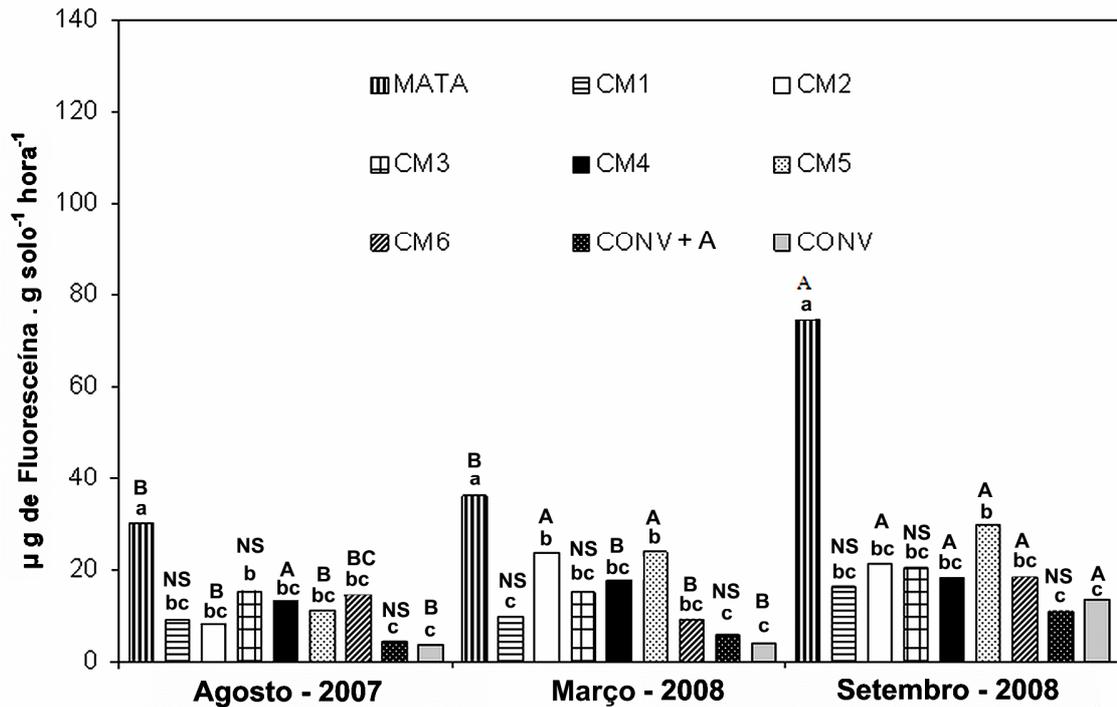


Figura 7: Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína em amostras de solo de Agudo/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (março/2008) e após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Os valores de hidrólise de FDA na amostragem realizada em agosto/2007 em Santa Cruz do Sul variaram de 4,3 a 28,2 $\mu\text{g de F g solo seco}^{-1} \text{ h}^{-1}$, sendo o menor valor no tratamento CONV+A e o maior na MATA (Figura 8). Analisando-se que não houve diferença nos valores entre os tratamentos com cultivo mínimo e com convencional mais aveia (CM e CONV+A). Provavelmente devido a que, no momento da coleta, nestes tratamentos havia a presença das culturas de inverno (aveia e aveia+ervilhaca respectivamente).

Com relação à amostragem realizada em fevereiro/2008 em Santa Cruz do Sul, os valores de hidrólise de FDA variaram de 4,4 a 35,8 $\mu\text{g de F g solo seco}^{-1} \text{ hora}^{-1}$, sendo o maior na MATA (Figura 8).

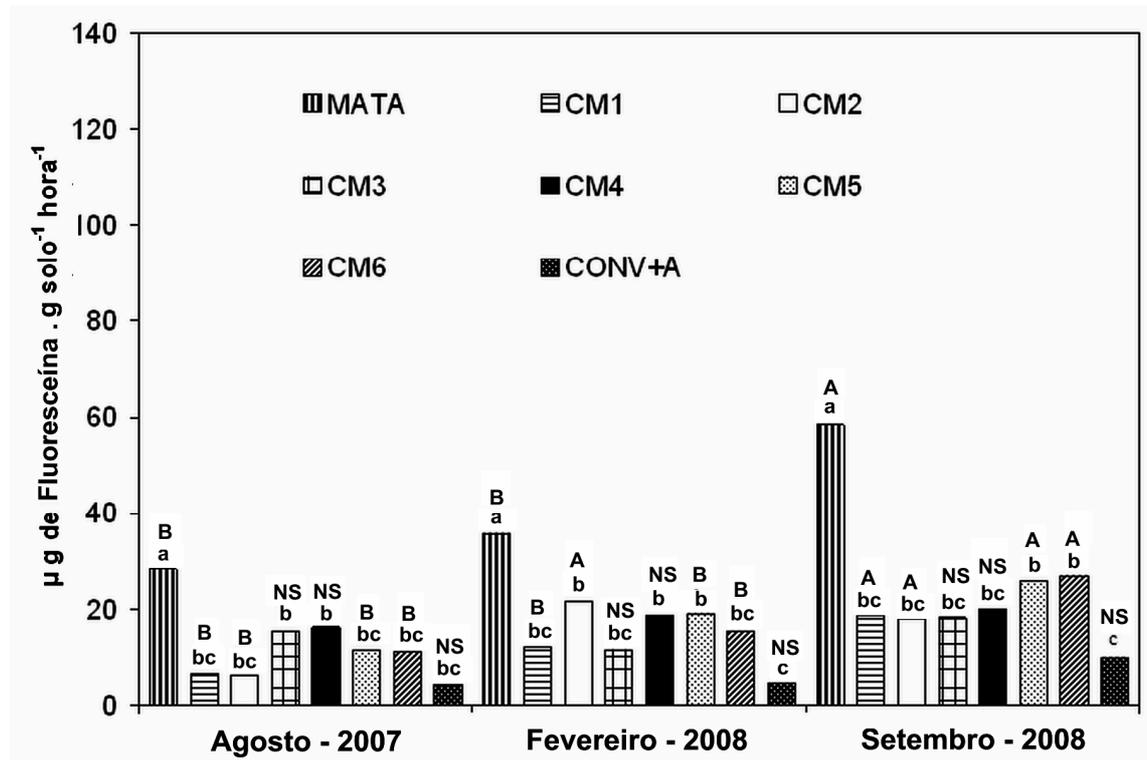


Figura 8: Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína em amostras de solo de Santa Cruz do Sul/RS, coletadas antes da implantação do fumo (agosto/2007); na presença das culturas de verão (fevereiro/2008) após implantação do fumo (setembro/2008), na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Nos tratamentos com CM, nesta época em Santa Cruz do Sul, observou-se que os maiores valores foram obtidos no CM2, CM4 e CM5, sendo estes superiores ao cultivo convencional (CONV+A). Esses valores foram semelhantes aos obtidos na coleta realizada em março/2008 em Agudo, com destaque para os tratamentos CM2 e CM5. Esses resultados mostram que estes tratamentos de modo geral estimularam a biota do solo, sendo superior em relação ao cultivo convencional (CONV+A).

Na amostragem realizada em setembro/2008 em Santa Cruz do Sul, os valores de hidrólise de FDA variaram de 9,9 a 58,4 μg de F g solo seco⁻¹ hora⁻¹, sendo, novamente, o maior observado na amostra de solo sob MATA. Comparando-se os tratamentos com CM e com CONV+A, observou-se que os tratamentos CM5 e CM6 foram superiores ao tratamento CONV+A.

Os valores de hidrólise de FDA na amostragem realizada em setembro/2007 em Arvorezinha variaram de 6,2 a 40,2 μg de F g solo seco⁻¹ hora⁻¹, sendo o maior obtido no tratamento CONV e o maior na MATA (Figura 9). Resultados semelhantes foram obtidos por Silveira 2007, que também encontrou menor valor de hidrólise de FDA no sistema com cultivo convencional e maiores valores na mata nativa.

Comparando-se os tratamentos com CM com o CONV, observou-se que não houve diferença entre os sistemas com cultivo mínimo e com cultivo convencional. Por outro lado, no tratamento com PD, observou-se que o valor de hidrólise de FDA foi superior ao sistema de cultivo convencional (CONV), indicando maior atividade da microbiota do solo neste tratamento.

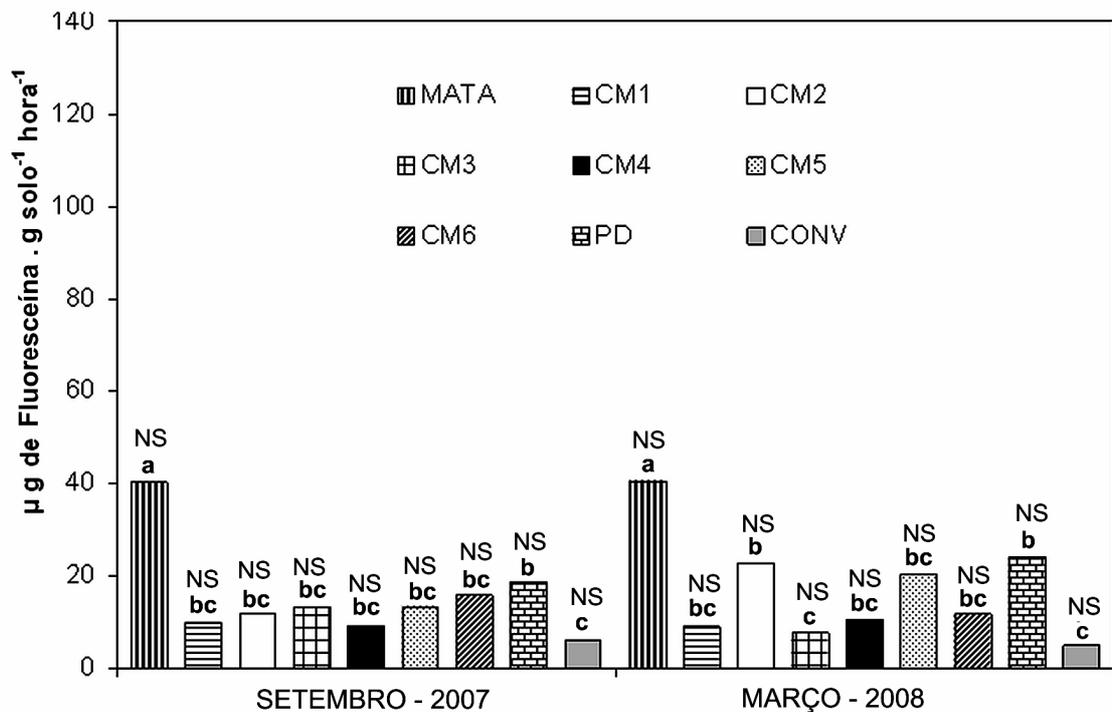


Figura 9: Hidrólise de Diacetato de Fluoresceína em amostras de solo de Arvorezinha/RS, coletadas antes da implantação do fumo (setembro/2007) e na presença das culturas de verão (março/2008) na profundidade de 0 a 7 cm. Médias seguidas de mesmas letras minúsculas (nos sistemas de rotação/sucessão de culturas) e maiúsculas (nas épocas de coleta) não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na amostragem realizada em março/2008 em Arvorezinha, os valores de hidrólise de FDA variaram de 5,1 a 40,5 $\mu\text{g de F g solo seco}^{-1} \text{ hora}^{-1}$, sendo o menor no tratamento CONV e o maior valor na MATA. Nesta época de amostragem destacam-se os tratamentos CM2 e PD, com os maiores valores de hidrólise de FDA, e superiores em relação ao tratamentos com CONV (Figura 9).

Com relação às épocas de coleta, observou-se que não houve diferença nos valores de hidrólise de FDA em cada tratamento, ou seja, foram bastante uniformes. Resultados semelhantes foram obtidos em trabalhos realizados por Carvalho 2005, e Gianfreda & Bollag (1996), que também encontraram fraca relação entre a hidrólise de FDA e com as épocas de coleta.

De um modo geral, observou-se que os valores de respiração microbiana correlacionaram-se com os valores de hidrólise de FDA e que os tratamentos MATA, CM2 e CM5 apresentaram maiores valores nestes parâmetros e os tratamentos com cultivo convencional (CONV e CONV+A) os menores. Esses parâmetros tendem a mostrar resultados semelhantes e podem correlacionar positivamente entre si (Schünner & Rosswall, 1982).

5.4.Mesofauna do solo

Nas amostras de solo coletadas em Agudo, Santa Cruz do Sul e Arvorezinha, os organismos foram classificados em 13 ordens. O número médio de organismos obtidos no solo sob os diferentes tratamentos são apresentados nas Tabelas 2 a 6.

Em todos os locais avaliados, independente do período de coleta, observou-se que os grupos Acari e Collembola foram os que apresentaram, em média, os maiores números de indivíduos em cada tratamento (Tabelas 2 a 6). Resultados semelhantes foram obtidos por Teixeira (2002) em áreas de floresta, onde essas duas ordens foram encontradas em amostras de solo, sendo 76,6% pertencente à ordem Acari e 14,1% Collembola.

Tabela 2: Número de indivíduos dos principais grupos da mesofauna do solo, coletados em março de 2008 em Agudo nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Médias de 4 repetições)

Trat.	Ac ¹	Co	D	P	T	Q	Dp	Is	Ip	Dt	M	Total
CM1	161	55	0	0	0	1	2	0	0	1	0	228
CM2	217	54	0	0	1	1	2	0	1	0	0	276
CM3	141	49	0	0	1	1	2	0	0	0	1	196
CM4	103	60	0	0	0	1	0	0	0	1	0	165
CM5	224	72	0	0	0	1	1	0	1	0	0	298
CM6	239	50	0	0	0	1	0	0	1	1	1	293
CONV	270	24	0	1	0	1	0	1	0	0	0	284
CONV+A	242	11	1	0	0	1	1	0	1	0	0	269
MATA	162	67	0	0	1	2	1	1	1	0	0	228
Total	1761	442	1	1	3	10	9	2	5	3	2	2237

Legenda:¹Ac: Acari; Co: Collembola; D: Diplura; P: Protura; T: Thysanura; Q: Quilopoda; Dp: Diplopoda; Is: Isopoda; Ip: Isoptera; Dt: Díptera; M: Mollusca;;

Tabela 3: Número de indivíduos da mesofauna do solo, coletados em setembro de 2008 em Agudo nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Médias de 4 repetições).

Trat.	Ac ¹	Co	D	P	T	Q	Dp	Cl	Is	Ip	Dt	M	H	Total
CM1	141	35	0	0	1	0	0	2	1	0	0	0	0	180
CM2	140	42	0	0	0	0	0	1	0	2	1	1	1	188
CM3	121	34	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	158
CM4	158	36	0	0	0	2	0	1	0	1	0	3	8	209
CM5	149	34	1	1	1	0	0	0	1	0	1	0	3	191
CM6	138	39	0	0	1	1	0	0	0	0	2	0	0	181
CONV	92	6	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	98
CONV+A	131	15	0	0	0	0	4	0	1	1	1	0	0	153
MATA	169	51	2	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	224
Total	1239	292	3	2	5	3	5	4	4	4	5	4	12	1582

Legenda: ¹Ac: Acari; Co: Collembola; Di: Diplura; Pr:Protura; T: Thysanura; Q: Quilopoda; Dp: Diplopoda; Cl: Coleóptera; Is: Isopoda; Ip: Isoptera; Dt: Díptera; M: Mollusca; H : Hymenoptera;

Tabela 4: Número médio de indivíduos da mesofauna do solo coletados em fevereiro de 2008 em Santa Cruz do Sul nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Média de 4 repetições).

Trat.	Ac ¹	Co	D	P	T	Q	Dp	Is	Dt	H	Total
CM1	186	29	0	0	0	0	0	0	0	0	215
CM2	163	21	0	0	0	2	0	0	1	0	187
CM3	130	21	0	0	1	1	0	0	0	2	155
CM4	168	34	1	0	0	0	1	1	1	0	206
CM5	193	28	0	0	0	0	0	0	0	8	229
CM6	135	40	1	0	0	1	1	0	0	0	178
CONV+A	205	11	0	0	1	0	0	0	0	0	217
MATA	180	45	1	1	0	1	2	0	0	1	231
Total	1360	229	3	1	2	5	4	1	2	11	1618

Legenda: ¹Ac: Acari; Co: Collembola; D: Diplura; P: Protura; T: Thysanura; Q: Quilopoda; Dp: Diplopoda; Is: Isopoda; Dt: Diptera; H : Hymenoptera

Tabela 5: Número médio de indivíduos da mesofauna do solo coletados em setembro de 2008 em Santa Cruz do Sul nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas. (Média de 4 repetições).

Trat.	Ac ¹	Co	D	P	T	Q	Dp	Cl	Is	Dt	H	Total
CM1	176	31	0	0	1	1	1	0	1	0	1	212
CM2	224	33	1	0	0	1	1	1	1	0	0	262
CM3	149	23	1	0	0	1	3	0	0	0	20	197
CM4	109	35	1	0	0	2	0	0	0	0	2	149
CM5	109	43	1	0	0	1	2	1	0	0	2	159
CM6	230	24	0	0	0	2	2	0	1	0	0	259
CONV+A	277	9	0	0	0	1	2	0	0	0	4	293
MATA	163	48	1	1	0	1	1	1	0	0	3	219
Total	1437	246	5	1	1	10	12	3	3	0	32	1750

Legenda: ¹Ac: Acarina; Co: Collembola; D: Diplura; P: Protura; T: Thysanura; Q: Quilopoda; Dp: Diplopoda; Cl: Coleóptera; Is: Isopoda; Dt: Diptera; H : Hymenoptera;

Tabela 6: Número médio de indivíduos da mesofauna do solo coletado em março de 2008 (após a cultura de verão) em Arvorezinha nos diferentes sistemas de manejo do solo e de rotação/sucessão de culturas.

Trat.	Ac ¹	Co	D	Pr	T	Q	Dp	Cl	Is	Dt	H	Total
CM1	156	32	0	0	0	0	2	0	0	0	0	190
CM2	184	47	0	0	0	1	0	0	0	1	0	233
CM3	137	25	2	1	1	1	1	0	0	0	8	177
CM4	209	13	1	0	0	2	0	0	1	0	0	226
CM5	221	27	0	0	1	0	2	1	0	2	1	255
CM6	141	22	0	1	1	1	0	0	0	0	3	169
CONV	236	16	0	0	0	0	0	0	0	0	0	252
PD	179	38	1	1	1	2	1	0	1	0	2	226
MATA	195	26	1	0	1	3	1	0	1	0	1	229
Total	1658	246	5	3	5	10	7	1	3	3	15	1957

Legenda: ¹Ac: Acarina; Co: Collembola; D: Diplura; P: Protura; T: Thysanura; Q: Quilopoda; Dp: Diplopoda; Cl: Coleóptera; Is: Isopoda; Dt: Diptera; H : Hymenoptera;

Os organismos da mesofauna coletada em cada amostra de solo, identificados como pertencente à subclasse Acari foram contados e separados em dois grupos após identificação, Oribatida (Figura 10) e outros.



Figura 10: Exemplar de Acari pertencente a subordem Cryptostigmata (Oribatida) coletado em Arvorezinha março/2008.

Os resultados dos grupos de ácaros e colêmbolos nas duas coletas em Agudo são apresentados na Tabela 7.

Na coleta realizada em março/2008 em Agudo (Após a implantação das culturas de verão), observou-se que os maiores números de indivíduos de Acari: Oribatida nas amostras de solo foram obtidos no tratamento CM2 com 136 organismos amostra⁻¹ e o menor no tratamento CONV+A com 36 organismos amostra⁻¹ (Tabela 7). Esses resultados possivelmente devem-se à maior oferta de alimento que esses sistemas estariam proporcionando para esta população. Já na coleta realizada em setembro/2008 em Agudo, o maior número de organismos Acari:Oribatida foi obtido no tratamento CM4 com 90 organismos e o menor foi 36 organismos observado no tratamento CONV+A.

Os organismos da mesofauna coletada em cada amostra de solo, identificados como pertencentes à ordem Collembola, foram contados e separados em quatro grupos após identificação, pertencentes à família Entomobridae (Figura 11A), Hipogastruridae (Figura 11B), Onychiuridae (Figura 11C) e Poduridae (Figura 11D). Os resultados das famílias de colêmbolos nas duas coletas em Agudo são apresentados na Tabela 6.

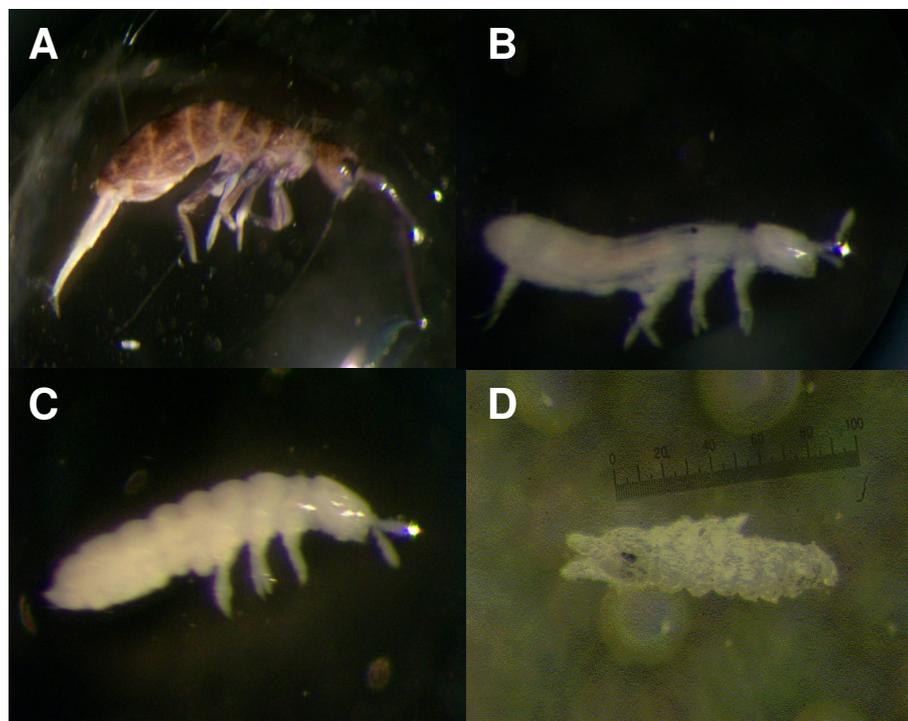


Figura 11: Exemplos de Colembolos (A-D) pertencente às famílias (A) Entomobridae (Agudo- set/2008); (B) Hipogastruridae (Agudo-mar/2008); (C) Onychiuridae (Santa Cruz do Sul - fev/2008) e (D) Poduridae (Agudo - mar/2008).

Tabela 7: Número médio de Acari (Oribatida e outros) e Collembola (Poduridae, Hipogastruridae, Entomobrydae e Onychiuridae) em sistemas de manejo do solo e de culturas em dois períodos (março e setembro/2008) em Agudo. Médias seguidas pela mesma letra não diferenciam entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Grupos	Tratamentos								
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CONV+A	CONV	MATA
Março/2008									
Ácari: Oribatida	99 ab	136 a	95 ab	60 b	125 a	130 a	36 b	50 b	101 ab
Acari: outros	71abc	81 abc	47 bc	42 c	98 ab	109 b	206 a	220 a	55 bc
Subtotal de Acari	161	217	142	102	223	239	242	270	161
Col.Poduridae	11 bc	15 ab	16 ab	22 a	18 ab	14 abc	5 c	12 abc	19 ab
Col.Hipogastruridae	7 ab	2 ab	9 ab	8 ab	14 a	8 ab	0 b	0 b	4 ab
Col. Entomobrydae	24 a	16 abc	17 abc	8 bc	21 ab	9 bc	2 c	6 c	22 ab
Col. Onychiuridae	13 ab	21 a	7 b	22 a	19 a	19 a	4 b	6 b	22 a
Subtotal de Collembola	55	54	49	60	72	50	11	24	67
Setembro/2008									
Ácari:Oribatida	74 ab	81 a	57 ab	90 a	80 a	69 ab	36 c	38 c	84 a
Acari:outros	67 a	59 a	64 a	68 a	69 a	69 a	95 a	54 a	85 a
Subtotal de Acari	141	140	121	158	149	138	131	92	169
Col.Poduridae	8 ab	11 ab	8 ab	10ab	8 ab	9 ab	4 ab	1b	13 a
Col.Hipogastruridae	4 abc	9 a	5 abc	7 ab	6 abc	6 abc	1 bc	0 c	9 a
Col. Entomobrydae	17 ab	17 ab	16 ab	11 abc	14 abc	17 ab	7 bc	4 c	23 a
Col. Onychiuridae	6 a	5 a	5 a	7 a	6 a	7 a	3 a	1 a	6 a
Subtotal de Collembola	35	42	34	36	34	39	15	6	51

Com relação às famílias de Collembola coletados nas amostras de solo em março/2008 em Agudo, observou uma resposta diferenciada. Entomobridae foi a que apresentou maior número de indivíduos em comparação com as outras, sendo que os maiores números médio de organismos de Collembola: Entomobridae foram obtidos no tratamento CM1 com 24 indivíduos e os menores no tratamento CONV+A com 2 organismos. Já Hipogastruridae foi a que apresentou os menores números de indivíduos em relação às demais famílias, sendo o maior número obtido no tratamento CM5 com 14 organismos e nos tratamentos CONV e CONV+A esses organismos não foram observados. Esses resultados sugerem que a presença dessa família pode ser um indicador de recuperação de solos.

Na amostragem realizada em setembro/2008 (Após a implantação da cultura do fumo) em Agudo, observou-se que as famílias de Collembola tiveram mesmo efeito da coleta realizada no período anterior. Entomobridae foi a que apresentou maior número de organismos em relação às demais famílias. Nesta família, o maior número de indivíduos foi obtido na MATA com 23 organismos/amostra. A abundância dessa família já foi observada em áreas de mata nativa nos trabalhos realizados por Baretta et al., (2008). Por outro lado, o menor número de indivíduos nesta família foi observado no tratamento CONV com 4 organismos.

Já Hipogastruridae, foi a que apresentou os menores números de indivíduos, independente do sistema de manejo adotado. Nesta família, o tratamento que apresentou maior número de organismos foi o CM5 com 9 indivíduos e o menor foi obtido no tratamento CONV. A ausência deste organismo pode ser um parâmetro para o monitoramento desse sistema produção, indicando se este quando presente está em um processo de recuperação ou quando ausente em processo de degradação de solos. Não houve diferença do número de organismos nas famílias Poduridae e Onychiuridae nos sistemas de manejo do solo, o que mostra que estas famílias tendem a permanecer constantes ao longo do tempo.

Os valores médios obtidos para abundância (A) riqueza (S), índice de equitabilidade de Pielou (E) e índice de diversidade de Shannon (H) em Agudo encontram-se na Figura 12.

Os maiores valores do índice de Shannon nos dois períodos foram encontrados nos sistemas de cultivo mínimo (CM1 a CM6) e MATA, onde os valores variaram de 1,25 a 1,41 (Figura 12). Possivelmente pelo menor número de organismos encontrados e ausência de diferença de riqueza, conseqüentemente, elevando a equitabilidade. Segundo Walker (1989), a diversidade de espécies está associada com a relação entre o número de espécies (riqueza) e a distribuição do número de indivíduos distribuídos entre as espécies (equitabilidade).

Observou-se que o índice de diversidade de Shannon em Agudo nos dois períodos avaliados foi menor nos sistemas no CONV e CONV+A (Figura 12). Isso indica maior densidade de organismos de determinado grupo e menor uniformidade quanto às espécies. Estudos mais detalhados devem ser conduzidos, no sentido de elucidar o impacto causado pelos sistemas de manejo na mesofauna do solo, principalmente com relação ao grupo Collembola, já que estudos avaliando as ocorrências de suas famílias no Brasil são escassos, o que dificulta a comparação de dados (Zeppelini Filho & Bellini, 2004).

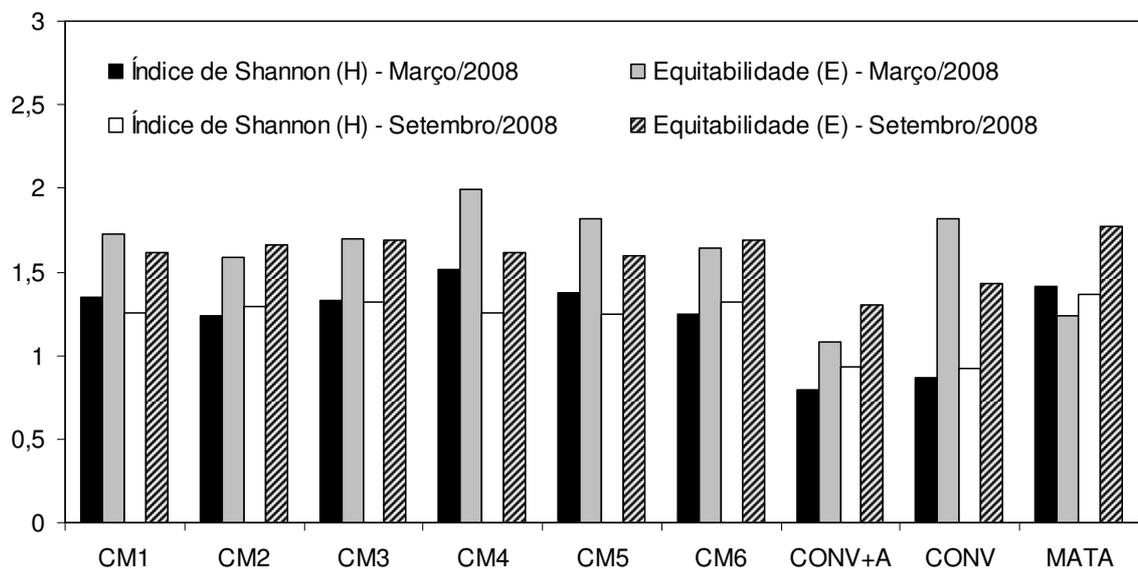


Figura 12: Índices de Shannon (H) e de Equitabilidade (E) em Agudo na presença das culturas de verão (março/2008) após implantação do fumo (setembro/2008).

Os resultados dos grupos de ácaros e colêmbolos nas duas coletas em Santa Cruz do Sul são apresentados na Tabela 8.

Tabela 8: Número médio de Acari (Oribatida e outros) e Collembola (Poduridae, Hipogastruridae, Entomobrydae e Onychiuridae) em sistemas de manejo do solo e de culturas em dois períodos (fevereiro e setembro/2008) em Santa Cruz do Sul. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Grupos	Tratamentos							
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CONV+A	MATA
Fevereiro/2008								
Ácari: Oribatida	88 ab	58 b	76 ab	95 a	86 ab	74 ab	49 b	96 a
Acari: outros	98 ab	105 ab	54 b	73 ab	107 ab	61b	156 a	84 ab
Subtotal de Acari	186	163	130	168	193	135	205	180
Col.Poduridae	8 ab	5 abc	1c	8 ab	5 abc	8 ab	3 bc	11 a
Col.Hipogastruridae	2 bc	1 c	4 abc	3 bc	6 ab	3 bc	7 ab	12 a
Col. Entomobrydae	4 bc	6 abc	9 ab	2 bc	1 c	12 a	1 c	8 abc
Col. Onychiuridae	15 abc	9 bc	7 bc	21 a	14 abc	17 ab	0 c	14 abc
Subtotal de Collembola	29	21	21	34	28	40	11	45
Setembro/2008								
Ácari:Oribatida	107 ab	130 a	75 ab	57 b	76 ab	132 a	87 ab	84 ab
Acari:outros	69 abc	94 ab	74 abc	52 bc	33 c	98 ab	190 a	79 abc
Subtotal de Acari	176	224	149	109	109	230	277	163
Col.Poduridae	9 ab	10 a	9 ab	9 ab	9 ab	8 ab	2 b	11 a
Col.Hipogastruridae	2 abc	3 abc	1 bc	1 bc	8 a	1bc	0 c	4 abc
Col. Entomobrydae	11ab	11 ab	12 ab	10 abc	12 ab	9 bc	6 c	18 a
Col. Onychiuridae	9 abc	9 abc	1 c	15 a	14 ab	8 bc	1 c	15 a
Subtotal de Collembola	31	33	23	35	43	24	9	48

Na coleta realizada em fevereiro/2008 (Após a implantação das culturas de verão), observou-se que o número médio de indivíduos de Acari: Oribatida foram maiores na MATA e CM4 com 96 organismos e o menor número médio de indivíduos no tratamento CONV+A. Já na coleta realizada em setembro/2008, observou-se que o CM2 e CM6 foram os tratamentos que apresentaram o maior número médio de indivíduos com 130 e 136, respectivamente. O tratamento CM4, nesta época de coleta foi que apresentou menor número médio de indivíduos para este grupo, com 57 organismos.

Em relação às famílias de Collembola nas duas épocas de coleta em Santa Cruz do Sul, observou-se que houve diferença no número médio de organismos entre os tratamentos (Tabela 8). Na coleta realizada em fevereiro/2008, observou-se que a família Onychiuridae foi a que apresentou maior número médio de indivíduo em relação às demais encontradas, com exceção apenas dos tratamentos CM2 e CONV+A. Nesta época, as famílias Onychiuridae e Entomobridae sofreram reduções significativas no tratamento CONV+A. Isso sugere que os indivíduos dessas famílias são os primeiros a serem afetados em razão de qualquer impacto causado no solo. Apesar dos colêmbolos serem um grupo ubíquo, pouco se sabe sobre a abundância de famílias de colêmbolos no Brasil (Zeppelini Filho & Bellini, 2004).

Já na coleta realizada em setembro/2008, observou-se que Entomobridae, em relação às demais famílias observadas, foi a que apresentou maior número médio de indivíduos em todos os tratamentos, com exceção apenas do tratamento CM4 em que Onychiuridae foi superior.

Os índices de diversidade de Shannon (H) e Equitabilidade (E) em Santa Cruz do Sul nas duas amostragens são apresentados na Figura 13.

Na amostragem realizada em fevereiro/2008 em Santa Cruz do Sul, observou-se o tratamento CM6 e MATA apresentaram maiores índice de Shannon (H), com valores de 1,35 e 1,33, respectivamente. O menor índice foi obtido no tratamento CONV+A com 0,77.

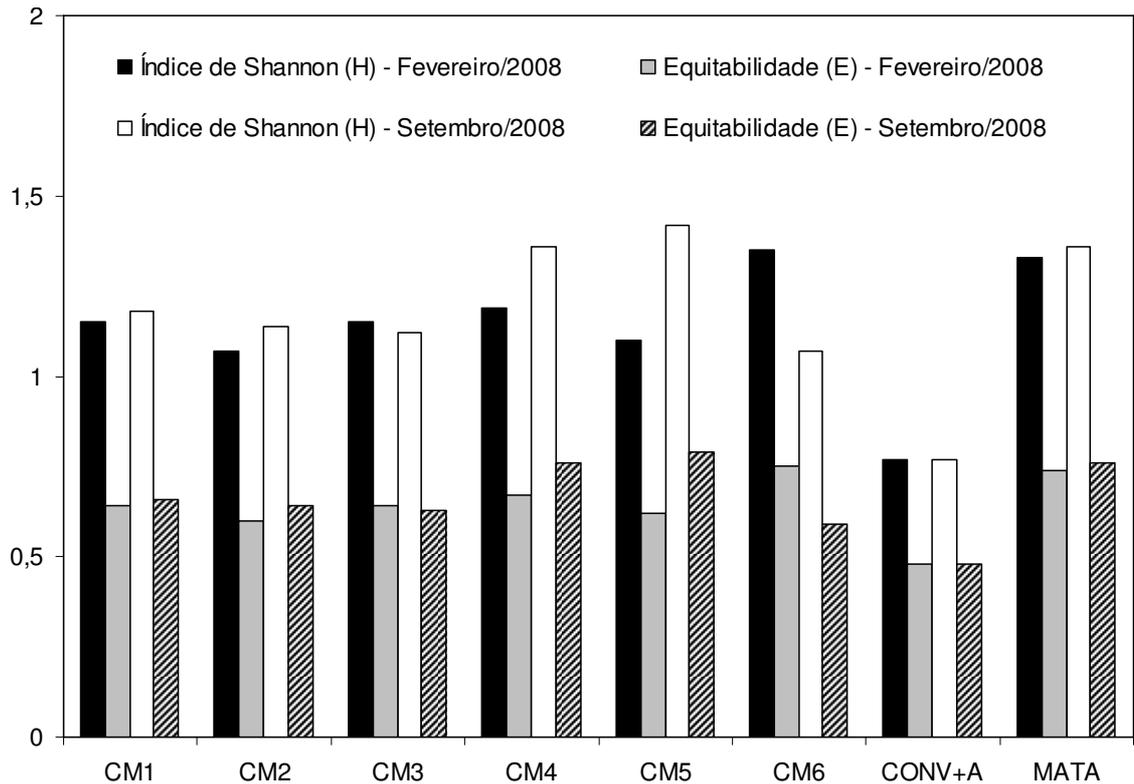


Figura 13: Índices de Shannon (H) e de Equitabilidade (E) em Santa Cruz do Sul na presença das culturas de verão (março/2008) após implantação do fumo (setembro/2008).

Já a coleta realizada em setembro/2008, os índices de Shannon permaneceram na mesma faixa do período anterior, variando de 0,77 a 1,36. Os maiores índices foram observados no tratamento CM5 e MATA com 1,42 e 1,36 respectivamente. Por outro lado, o menor índice foi observado no tratamento CONV+A com 0,77. Os resultados são semelhantes aos realizados por Baretta et al., (2006) em que observou que sistemas conservacionistas (plântio direto e cultivo mínimo) apresentavam maior índice de diversidade em relação ao plântio convencional.

Os resultados dos grupos de ácaros e colêmbolos em Arvorezinha são apresentados na Tabela 9.

Tabela 9: Número médio de Acari (Oribatida e outros) e Collembola (Poduridae, Hipogastruridae, Entomobrydae e Onychiuridae) em sistemas de manejo do solo e de culturas em março/2008 (Após a cultura de verão) em Arvorezinha. Médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si pelo Teste de Tukey ($p < 0,05$).

Grupos	Tratamentos								
	CM1	CM2	CM3	CM4	CM5	CM6	CONV	PD	MATA
	Março/2008								
Ácari: Oribatida	87 bc	98 abc	76 bc	132 a	117 ab	73 c	70 c	95 abc	113 ab
Acari: outros	69 bc	86 abc	61 c	77 bc	104 ab	68 bc	166 a	84 abc	83 abc
Subtotal de Acari	156	184	137	209	221	141	236	179	195
Col.Poduridae	8 ab	10 a	5 b	3 b	5 b	11 a	4 b	11 a	5 b
Col.Hipogastruridae	6 abc	12 a	4 bc	1 c	3 ab	1 c	2 c	8 ab	10 a
Col. Entomobrydae	15 ab	16 a	16 a	8 c	14 abc	8 c	10 bc	17 a	8 c
Col. Onychiuridae	3 abc	9 a	1 bc	1 bc	5 ab	2 bc	0 c	2 bc	3 abc
Subtotal de Collembola	32	47	25	13	27	22	16	38	26

Na coleta realizada em março/2008 (após a implantação da cultura de verão), observou-se que o tratamento CM4 foi o que apresentou maior número de indivíduos de Acari: Oribatida com 132 indivíduos amostrados e o menor observado no CONV. Esses resultados, provavelmente, devem-se ao fato que a população desse grupo responder rapidamente às alterações ambientais, em que a população declina-se rapidamente a qualquer impacto causado no solo (Duarte, 2004).

As famílias de colêmbolos tiveram uma resposta diferenciada em relação a forma de manejo do solo e a rotação/sucessão de culturas na amostragem realizada em março/2008 (Tabela 9).

Na família Poduridae o maior número desse grupo foi observado no tratamento PD e CM6 com 11 indivíduos nas amostras de solo. Por outro lado, os tratamentos que apresentaram o menor número de indivíduos foi o CM4 e CONV com 3 e 4 indivíduos respectivamente. Essa redução da população deste grupo é indicativo de degradação do solo. A mesma tendência foi observada na família Hipogastruridae, porém esta demonstrou ser mais sensível aos diferentes manejos do solo. Nesta família o maior número de indivíduos foi observado no tratamento CM2 com 12 indivíduos e o menor no tratamento CM6 e CM4 com 1 indivíduo.

Com relação à família Entomobryidae, observou-se que a população deste grupo não foi afetada pelos sistemas de manejo do solo. O maior número de indivíduos nas amostras de solo foi observado no PD com 17 indivíduos e o menor nos tratamentos CM4 e CM6 com 8 indivíduos. Já a família Onychiuridae demonstrou-se muito sensível as formas de manejo do solo e da rotação/sucessão de culturas. O maior número de indivíduos observados nas amostras de solo coletadas em março/2008 (após a implantação da cultura do fumo) foi no CM2 apresentando 9 indivíduos e o menor número de indivíduos em amostras de solo foi observado no tratamento CONV com nenhum indivíduo observado neste sistema de manejo.

Os valores médios para índices de equitabilidade de Shannon (E) e índice de diversidade de Shannon (H) em Arvorezinha são apresentadas na Figura 14.

Na coleta realizada em março/2008, observou-se que os valores dos índices de Shannon variaram de 0,86 a 1,33. Sendo os maiores valores obtidos no tratamento CM2 (1,33), seguido pelo CM1 e PD (1,24) e MATA (1,11). Por outro lado, o menor valor foi obtido no tratamento CONV. Esses resultados foram semelhante aos obtidos em Agudo e Santa Cruz do Sul.

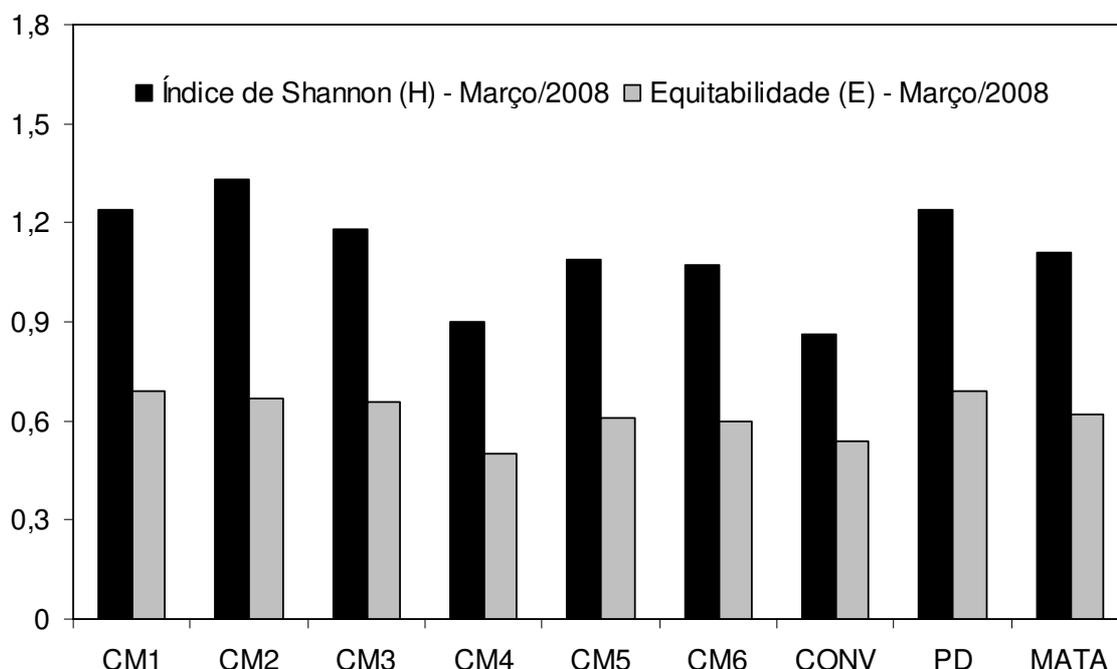


Figura 14: Índices de Shannon (H) e de Equitabilidade (E) em sistemas de manejo do solo e de culturas em Arvorezinha na presença das culturas de verão (março/2008).

Com relação ao índice de equitabilidade (E), observou-se que os valores variaram de 0,54 a 0,74. O menor valor foi obtido no tratamento CONV. Isso indica que houve uma concentração de indivíduos em um determinado grupo. Já na MATA e PD, os valores desses parâmetros foram 0,62 e 0,69, respectivamente. Essa diferença provavelmente deve-se pela maior concentração da população de ácaros no tratamento CONV e também aliada à redução da população de colêmbolos.

De um modo geral, nas três localidades avaliadas, observou-se a mesma tendência para os parâmetros de avaliação da mesofauna do solo. Mas há de salientar que existem algumas diferenças de valores de índice de Shannon e equitabilidade, quando comparados com outros trabalhos

Fabricante et al. (2006), em função da interferência direta das metodologias que nas estimativas das populações desses organismos.

5.5. População de Oligoquetas

Os resultados da população de Oligoquetas (minhocas) em amostras de solo coletadas em Agudo em dois períodos são apresentados na Figura 15.

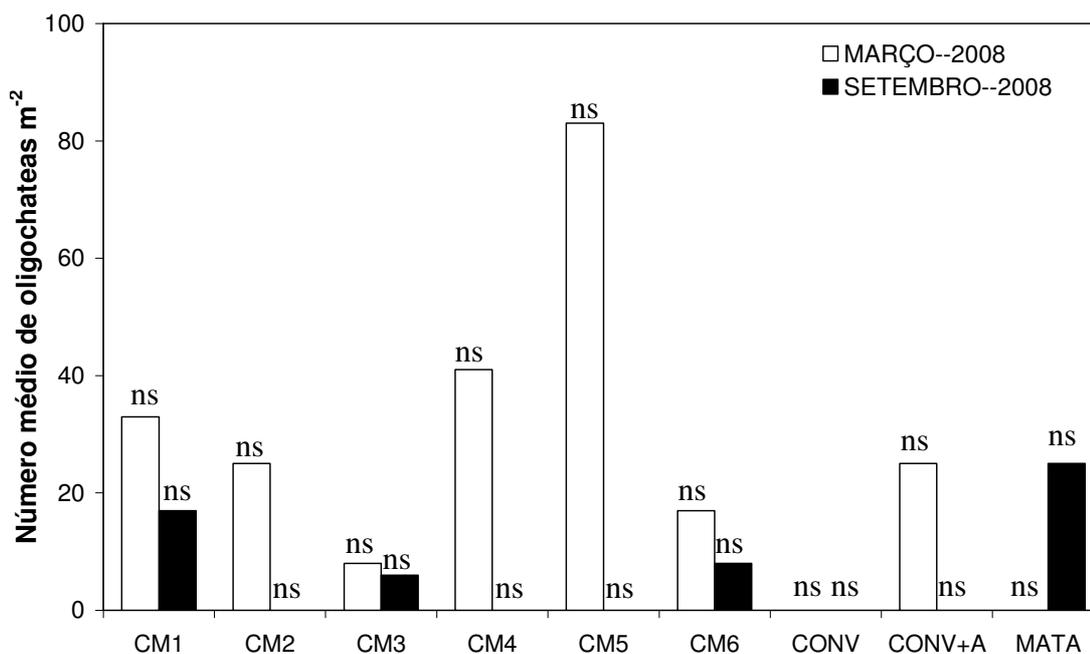


Figura 15: Número médio de oligochaetas em amostras de solo de Agudo, coletadas em março/2008 (Após implantação das culturas de verão) e setembro/2008 (Após implantação do fumo). Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na amostragem realizada em março/2008 (Após a implantação das culturas de verão) em Agudo, observou-se que o maior número de indivíduos foi encontrado no tratamento CM5 com 83 indivíduos m⁻² e o menor observado no CONV nenhum indivíduos. Já na coleta realizada em setembro/2008 (Após a implantação da cultura do fumo), observou-se que, de uma maneira geral, houve redução da população de oligochaetas em todos os tratamentos exceto a MATA que não foi encontrado nenhum organismo em fevereiro/2008 e observado 25 indivíduos m⁻².

Essas diferenças de densidade populacional entre os tratamentos, possivelmente, devem-se às características dos sistemas de manejo, que incluem fertilização, quantidade e qualidade da matéria orgânica adicionada ao solo pelos sistemas de rotação sucessão de culturas e pelo revolvimento do solo.

Os resultados da população de Oligochaetas em amostras de solo coletadas em Santa Cruz do Sul em dois períodos são apresentados na Figura 16.

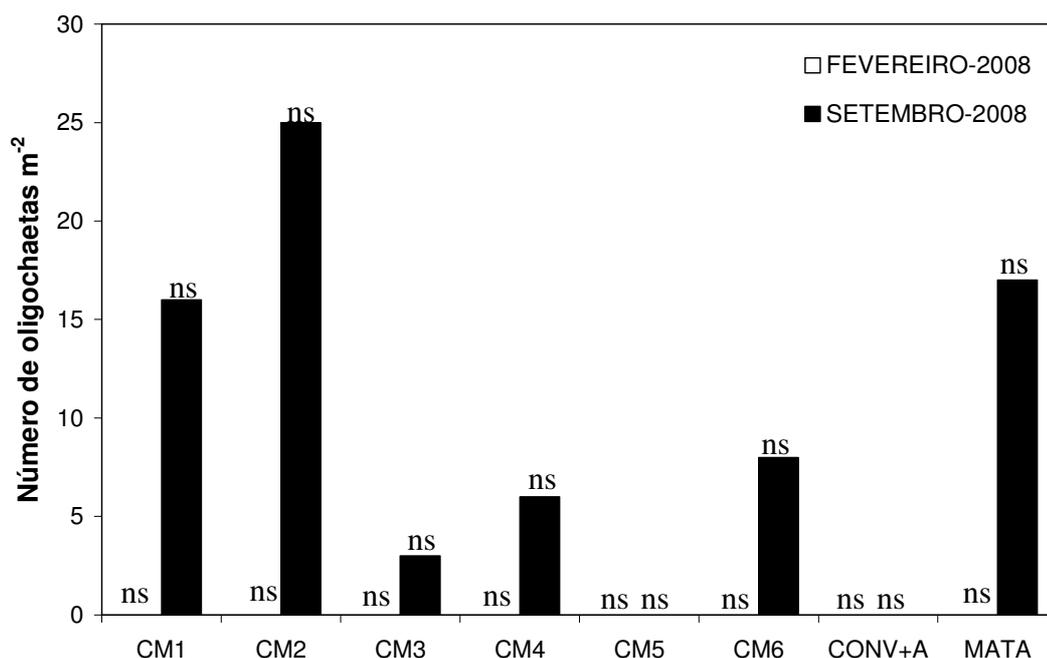


Figura 16: Número médio de oligochaetas em amostras de solo de Santa Cruz do Sul, coletadas em fevereiro/2008 (Após implantação das culturas de verão) e setembro/2008 (Após implantação do fumo). Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

Na amostragem realizada em fevereiro/2008 (após a implantação das culturas de verão), não foi encontrado nenhum organismo nos tratamentos. Esses resultados podem ser explicados que no momento da coleta o solo encontrava-se com umidade bastante reduzida fazendo com que a população

Já na amostragem realizada em setembro/2008 (Após a implantação da cultura do fumo), foram observados indivíduos em todos os tratamentos com exceção apenas do CM5 e CONV+A que não foi

encontrado nenhum organismo. O maior número de indivíduos foi observado no tratamento CM2 com 25 indivíduos m^{-2} .

Os resultados da população de Oligochaetas em amostras de solo coletadas em Arvorezinha em março/2008 são apresentados na Figura 17.

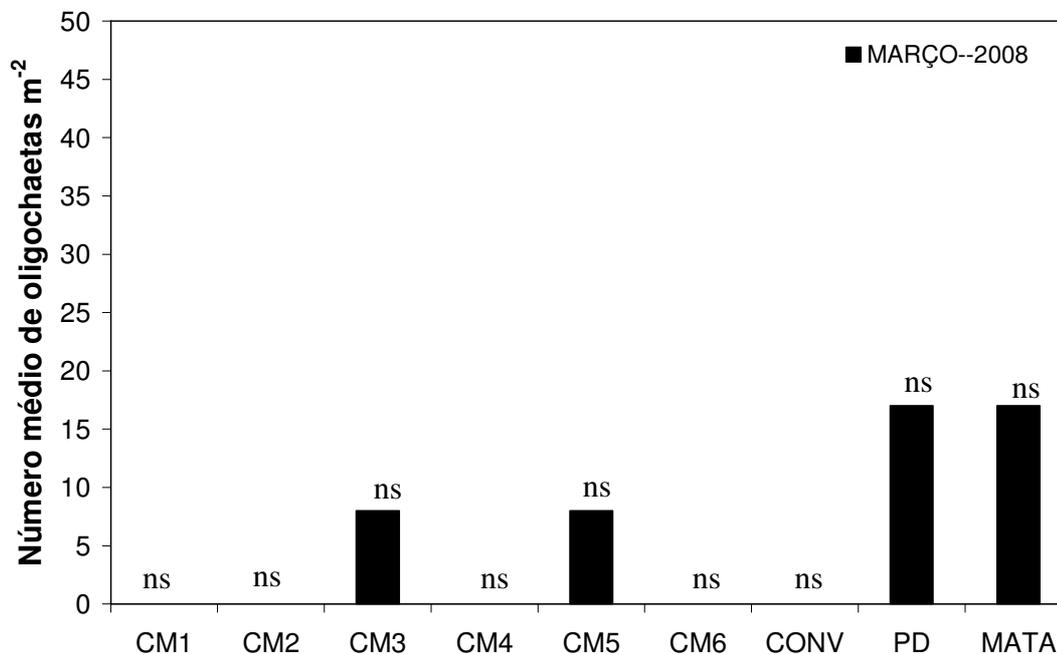


Figura 17: Número médio de oligochaetas em amostras de solo de Arvorezinha, coletadas em março/2008 (Após implantação das culturas de verão). Médias seguidas de mesmas letras não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5%.

De uma maneira geral, observou-se que os maiores número médio de oligochaetas m^{-2} foi encontrado no sistema de PD e MATA com 17 indivíduos. Por outro lado, os tratamentos CONV, CM1, CM2, CM4 e CM6 não apresentaram nenhum indivíduo. Isso provavelmente deve-se ao revolvimento causado pelos tratamentos CONV e CM que causam danos mecânicos diretos e destruição do seu habitat (Paolleti, 1999).

A utilização desse parâmetro para avaliação de sistemas de manejo do solo e de culturas deve ser melhor avaliado, uma vez que o número médio de oligochaetas em vários tratamentos apresentou excesso de valores zerados o que fez com que a variância ficasse heterogênea, o que dificultou a comparação dos tratamentos.

6.CONCLUSÕES

A atividade da microbiota do solo, medida pelo carbono da biomassa microbiana, liberação do CO₂ da respiração e atividade de esterase, foi influenciada pelos sistemas de manejo do solo e de culturas.

A atividade da microbiota do solo, avaliada nos diferentes locais e sistemas de cultivo, foi influenciada pela época de coleta das amostras.

Os sistemas com plantio direto (PD) e cultivo mínimo (CM), de maneira geral, promoveram aumento na atividade da biota do solo em relação aos sistemas de cultivo convencional.

A população de ácaros oribatídeos e as famílias de colêmbolos são sensíveis às alterações ocorridas em função do manejo do solo empregado, podendo ser um indicador para monitorar ambientes em recuperação e/ou degradação.

A contagem do número de oligoquetas não foi um indicador eficiente para avaliação dos impactos dos sistemas de manejo do solo.

7.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- AGRELL, I. *Zur Ökologie der Collembolen. Untersuchungen im Schwedischen Lappland. Opuscula entomologica Supplementum*, Lund, n.3, 1941, 236p.
- ALEF, K. Soil respiration. In: ALEF, K.; NANNIPIERI, P. (Ed.). **Methods in applied soil microbiology and biochemistry**. London: Academic Press, 1995. p.214-219.
- ALMEIDA, H.C.; ALMEIDA, D.; ALVES, M.V.; SCHNEIDER, J.; MAFRA, A.L.; BERTOL, I. Propriedades químicas e fauna do solo influenciadas pela calagem em sistema de semeadura direta. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.37, n.5, p.1462-1465, 2007.
- ANDERSON, J.P.E. Soil respiration. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. (eds.). **Method of analysis**. 2ed. Madison: Soil Science Society of America, 1982. part 2. American Society of Agronomy, p.831-871.
- ARAÚJO, A.S.F. **Biodegradação, extração e análise do glifosato em dois tipos de solos**. 2002. 83f. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2002.
- ASSAD, M.L.L. Fauna do solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M.; (Eds.). **Biologia dos Solos do Cerrados**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1997. p.363-431.
- BALOGH, J. **The oribatid genera of the world.**, Budapest: Akadémiai Kiadó, 1972. 188p.
- BALOGH, J.; BALOGH P. **Oribatid Mites of the Neotropical Region**. Amsterdam: Elsevier, 1988. 333p.
- BANDICK, A.K.; DICK, R.P. Field management effects on soil enzyme activities. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.31, p.1471-1479, 1999.
- BANERJEE, S.; SANYAL, A.K. Oribatid mites as indicator of soil organic matter. In: VEERESH, G.K; RAJAGOPAL, D.; VIRAKTAMATH, C.A. (Eds.). **Advances in management and conservation of soil fauna**. Oxford: IBH Publishing CO, 1991. p.877-880.
- 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, D. FERREIRA, C.S.; SOUSA, J.P.; CARDOSO, E.J.B.N. Colêmbolos (HEXAPODA: COLLEMBOLA) como bioindicadores de qualidade do solo em áreas com Araucária angustifolia. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.32, número especial, p.2693-2699, 2008.
- BEARE, M.H.; COLEMAN, D.C.; CROSSLEY, D.A.; HENDRIX, P.F.; ODUM, E.P. A hierarchical approach to evaluating the significance of soil biodiversity to biogeochemical cycling. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.170, p.5-22, 1995.
- BEHAN-PELLETIER, V.M. Oribatid mite biodiversity in agroecosystems: role as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, n.74, p.411-423, 1999.
- BIOLCHI, M.A. A cadeia produtiva do fumo. *Revista Contexto Rural*, Curitiba, v. 5, n. 5, 2005
- BOPAIHAH, B.M.; SHETTI, H.S. Soil microflora and biological activities in the rhizospheres and root regions of coconut-based multistoreyed cropping and coconut monocropping systems. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.17, p.297-302, 1991.
- BRADY, N.C. **Natureza e propriedades dos solos**. 7ª Ed. Rio de Janeiro: Freitas Bastos. 1983. 878p.
- BRANDÃO, E.M. Os componentes da comunidade microbiana do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C. **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.1-15.
- BURNS, R.G. **Soil enzymes**. New York: Academic Press, 1978. 379p.
- BUTCHER, J. W.; SNINDER, R. J. Bioecology of edaphic Collembola and Acarina. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v.16, p.249-288, 1971.
- BZUNECK, H.L.; SANTOS, H.R. Efeitos de dois sistemas de preparo do solo e de sucessões de culturas na população dos colêmbolos *Dicranocentrus* spp. **Revista do Setor de Ciências Agrárias**, Curitiba, v. 11, p.231-235, 1991.
- CANHOS, V. P. Grupo de Trabalho Temático: Microrganismos e Biodiversidade de Solos BDT. In: ESTRATÉGIA Nacional de Diversidade Biológica. Campinas: Unicamp, 1998.
- CARVALHO, F. **Atributos Bioquímicos como Indicadores da Qualidade do solo em florestas de Araucaria angustifolia (Bert.) no estado de São Paulo**. 2005. 95f. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2005.
- CHENG, W.; ZANGH, Q.; COLEMAN, D.C.; CARROL, C.R. & HOFFMAN, C.A. Is available carbon limiting microbial respiration in rhizosphere? **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.28, p.1283-1288, 1996.

- CHRISTIANSEN, K. Bionomics of Collembola. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v.9, p.147-178, 1964.
- COLEMAN, D.C.; CROSSLEY, D.A. **Fundamentals on soil ecology**. London: Collembola. Academic Press, 1996. 205p.
- CORREIA, M.E.F.; OLIVEIRA, L.C.M. **Fauna de Solo: aspectos gerais e metodológicos**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, 2000. 46p. (Embrapa Agrobiologia. Documentos, 112).
- CUCCOVIA, A.; KINNEAR, A. Acarine (mite) communities colonizing rehabilitated bauxite mine pits in the jarrah forest of Western Australia. In: PONDER, W.; LUNNEY, D. (Eds.). **The other 99%: the conservation and biodiversity of invertebrates**. Mosman, NSW: Royal Zoological Society of New South Wales, 1999. (Transactions of the Royal Zoological Society of New South Wales) p.54-59.
- CURRY, J. P.; GOOD, J.A. Soil fauna degradation and restoration. **Advances in Soil Science**, New York, v.17, p.113-120, 1996.
- DAVIES, W.M. The effect of variation in relative humidity on certain species of Collembola. **Journal of Experimental Biology**, Cambridge, n.6, p.79-86, 1928.
- DIAS, P.F.; SOUTO, S.M.; CORREIA, E.M.F.; ROCHA, G.P.; MOREIRA, J.F.; RODRIGUES, K.M.; FRANCO, A.A. Árvores fixadoras de nitrogênio e macrofauna do solo em pastagem de híbrido de *Digitaria*. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.41, n.6, p.1015-1021, 2006.
- DORAN, J.W.; SARRANTONIO, M.; LIEBEG, M.A. Soil heath sustainability. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.56, p.2-54, 1996.
- 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**. Madison: Soil Science Society of America, 1994. p.3-21.
- DUARTE, M.M. Abundância de microartópodes do solo em fragmentos de araucária no sul do Brasil. **Iheringia, Serie Zoologia**, Porto Alegre, v.94, n.2, p.163-169, 2004.
- EISENBEIS, G.; WHICHARD, W. 1987. **Atlas on the biology of soil arthropods**. Berlin: Springer-Verlag. 1987. 437p.
- FERREIRA, A.S.; CAMARGO, F.A.O.; VIDOR, C. Utilização de micro-ondas na avaliação da biomassa microbiana no solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.991-996, 1999.
- FERREIRA, D. F. Análise estatística por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para Windows versão 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCar, 2000. p.255-258.

- FABRICANTE, J.R.; ANDRADE, L.A.; MARQUES, F.J. Componente epifítico vascular ocorrente em árvores urbanas. **Revista Cerne**, Lavras, v.12, p.399-405, 2006.
- GHINI, R.; MENDES, M.D. L.; BETTIOL, W. Método de hidrólise de diacetato de fluoresceína (FDA) como indicador de atividade microbiana no solo e supressividade a *Rhizoctonia solani*. **Summa Phytopathologica**, Jaboticabal, v.24, n.4, p.239-242, 1998.
- GIANFREDA, L.; BOLLAG, J.M. Influence of natural and anthropogenic factors on enzyme activity in soil. In: STOTZKY, G.; BOLLAG, J.M. (Ed.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1996. p.123-193.
- GILLER, K. L.; BEARE, M. H.; LAVELLE, P.; IZAC, A. M. N.; SWIFT, M. J. Agricultural intensification, soil biodiversity and agroecosystem function. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.6. p. 3-16, 1997.
- GIRACCA, E.M.N.; ANTONIOLLI, Z.I.; ELTZ, F.L.; BENEDETTI, E.; LASTA, E.; VENTURINI, S.F.; VENTURINI, E.F.; BENEDETTI, T. Levantamento da Meso e Macrofauna do solo na microbacia do Arroio do Lino, Agudo/RS. **Revista Brasileira Agrocência**, Pelotas, v.9, n.3, p.257-261, 2003.
- GODOI, L.C.L. **Propriedades microbiológicas de solos em áreas degradadas e recuperadas na região dos cerrados goianos**. 2001. 87f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2001.
- GONÇALVES, C.S. **Qualidade de águas superficiais na Microbacia Hidrográfica do Arroio Lino – Nova Boêmia - Agudo – RS**. 2003. 104f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2003.
- GUERRA, R.T.; BUENO, C.R.; SCHUBART, H.O. Avaliação preliminar sobre os efeitos da aplicação do herbicida Paraquat e aração convencional na mesofauna do solo na região de Manaus – AM. **Acta Amazônica**, Manaus, v.12, n.1, p. 713, 1982.
- HALE, W. G. Colembolos. In: BURGESS, A.; RAW, F. (Eds.). **Biologia del suelo**. Barcelona: Omega, 1971. p.463-477.
- JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soils: Measurement and turnover. In: PAUL, E.A.; LADD, J.N. (Eds.). **Soil biochemistry**. New York: Marcel Decker, 1981. v.5, p.415-471
- JENKINSON, D.S.; POWLSON, D.S. The effect of biocidal treatments on metabolism in soil. V. A method of measuring soil biomass. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.8, p.209-213, 1976.
- KANEKO, N. Feeding habitats and cheliceral size of oribatid mites in cool temperate forest soils in Japan. **Revue D Ecologie Et De Biologie Du Sol**, Montrouge, v.25, n.3 p. 353-363, 1988.
- KARLEN, D.L.; MAUSBACH, M.J.; DORAN, J.W.; CLINE, R.G.; HARRIS, R.F.; SCHMAN, G.E. Soil quality: a concept, definition, and framework for evaluation. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.61, n.1, p.4-10, 1997.

- KENNEDY, A.C.; SMITH, K.L. Soil microbial diversity and sustainability of agricultural soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v.170 p.75-86, 1995.
- KRANTZ, G. W. **A manual of acarology**. 2. ed. Corvallis: Oregon State University BookStores. 1978. 509p.
- LANDI, L.; VALORI, F.; ASCHER, J.; RENELLA, G.; FALCHINI, L.; NANNIPIERI, P. Root exudate effects on the bacterial communities, CO₂ evolution, nitrogen transformations and ATP content of rhizosphere and bulk soils. **Soil Biology Biochemistry**, Oxford, v.38, p.509-516, 2006.
- LAL, R. Effects of macrofauna on soil properties in tropical ecosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.24, p.101-116, 1988.
- LAVELLE, P.; PASHANASI, B. Soil macrofauna and land management in Peruvian Amazonia (Yurimaguas, Loreto). **Pedobiologia**, Jena, v.33, p.283-291, 1989.
- LAVELLE, P.; SPAIN, A.V. **Soil Ecology**. Amsterdam: Kluwer Academic Publishers, 2001. 654p.
- LINS, V.S.; SANTOS, H.R.; GONCALVES, M. C. The effect of the glyphosate, 2,4-D, atrazine e nicosulfuron herbicides upon the Edaphic collembolan (Arthropoda: Ellipura) in a no tillage system. **Neotropical Entomology**, Londrina, v.36, n.2, p.261-267, 2007.
- LOPES ASSAD, M. L. Fauna do Solo. In: VARGAS, M.A.T.; HUNGRIA, M. (Ed.). **Biologia dos solos do cerrado**. Planaltina: EMBRAPA CPAC. 1997. p.363-444.
- LUXTON, M. Studies on the oribatid mites of a Danish beech wood soil. I: Nutritional biology. **Pedobiologia**, Jena, v.12, p.193-207, 1972.
- LYNCH, J.M. **Biotecnologia do solo: fatores agrobiológicos na produtividade agrícola**. São Paulo: Manole, 1986. 209p.
- MATSUOKA, M.; MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, p.425-433, 2003.
- MEDEIROS, C.V. **Seleção artificial para a resistência a murcha bacteriana (*Ralstonia solanacearum*) em fumo (*Nicotiana tabacum L.*)**. 2005. 93f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Programa de Pós-Graduação em Fitotecnia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, RS, 2005.
- MIELNICZUK, J.; BAYER, C.; VEZZANI, F.M.; LOVATO, T.; FERNANDES, F.F.; DEBARBA, L. Manejo de solo e culturas e sua relação com os estoques de carbono e nitrogênio do solo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H. & SCHAEFER, C.E.G.R., eds. **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. v.3. p.209-248.

- MINELLA, J.P.G.; MERTEN, G.H.; REICHERT, J.M.; SANTOS, D.R. Identificação e implicações para a conservação do solo das fontes de sedimentos em bacias hidrográficas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.31, n.6, p.1637-1646, 2007.
- MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e Bioquímica do Solo**. 2. ed. atual. e ampl. Lavras: Editora UFLA, 2006. 729p.
- MURPHY, P. W. (Ed.). **Progress in soil zoology**. London: Butterworths Scientific Publications, 1963.
- PAOLETTI M. G.; HASSALL M. Woodlice (Isopoda: Oniscidea): their potential for assessing sustainability and use as bioindicators. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, n.74, p.157-165, 1999.
- PAOLETTI, M. G. Using bioindicators based on biodiversity to assess landscape sustainability. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.74, p.1-18, 1999.
- PARKIN, T. B.; DORAN, J. W.; FRANCO-VIZCAÍNO. Field and laboratory tests of soil respiration. In: DORAN, J. W.; JONES, A. J. **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p.231-245.
- PASCHOAL, A.D.; MONTEIRO, A.R.; FERRAZ, L.C.C.B.; INOMOTO, M.M. **Fundamentos de Zoologia Agrícola e Parasitologia**. Animais do meio rural e sua importância. Piracicaba : Departamento de Zoologia, ESALQ, 1996. 244p.
- PELLEGRINI, A. **Sistemas de cultivo da cultura do fumo com ênfase às práticas de manejo e conservação do solo**. 2006. 88f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, 2006.
- PELLEGRINI, J.B.R. et al. Uso e ocupação das terras em pequenas unidades de produção familiar com fortes restrições ambientais. In: CONGRESSO INTERNACIONAL DE DESENVOLVIMENTO RURAL E AGROINDÚSTRIA FAMILIAR, 1., 2005, São Luis Gonzaga. **Anais...São Luis Gonzaga, 2005.1** CD-ROM.
- PONGE, J.F. Biocenoses of Collembola in atlantic temperate grass-woodland ecosystems. **Pedobiologia**, Jena, v.37, p.223-244, 1993.
- POWLSON, D.S.; BROKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil biomass microbial provides na indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, n.2, p.159-164, 1987.
- PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 1990, 549p.
- RODRIGUES, G.S.; LIGO, M.A.V.; MINEIRO, J.L. de C. Organic matter decomposition and microarthropod community structure in corn fields under low input and intensive management in Guaíra (SP). **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.54, n.1-2, p.69-77, 1997.

- SCHNÜRER, J.; ROSSWALL, T. Fluorescein diacetate hydrolysis as a measure of total microbial activity in soil and litter. **Applied Environmental Microbiology**, Washington, v.43, p.1256-1261, 1982.
- SCHUE, S.; SCHULZ. Secondary succession, soil formation and development of a diverse community of oribat and saprophagous soil macro-invertebrates. **Biodiversity and Conservation**, London, v.5, p.235-250, 1996.
- SEASTED, T. R. The role of microarthropods in decomposition and mineralization processes. **Annual Review Entomology**, Palo Alto, v.29, p.25-46, 1984.
- SILVA, R.F.; TOMAZI, M.; PEZARICO, C.R.; AQUINO, A.M.; MERCANTE, F.M., Macrofauna invertebrada edáfica em cultivo de mandioca sob sistemas de cobertura do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.42, n.6, p.865-871, 2007.
- SILVEIRA, A.O. **Atividades enzimáticas como indicadores biológicos da qualidade de solos agrícolas do Rio Grande do Sul**. 2007. 81f. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) – Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, RS, 2007.
- SINDIFUMO – Sindicato da Indústria do Fumo. Disponível em: <<http://www.sindifumo.com.br>>. Acesso em: 27 jul. 2007.
- SINGH, J.; PILLAI, K.S. A study of Soil microarthropod communities in same fields. **Revue D Ecologie Et De Biologie Du Sol**, Montrouge, v.12, n.3, p. 579-590, 1975.
- SIQUEIRA, J.O. **Microorganismos e processos biológicos do solo: perspectiva ambiental**. Brasília: EMBRAPA/CNPAF/CNPSO/ SPI, 1994. 142 p. (EMBRAPA CNPAF. Documentos, 45).
- STRECK, E.V. et al. **Solos do Rio Grande do Sul**. Porto Alegre: UFRGS, 2002.107p.
- SWIFT, M.J.; O.W. HEAL; ANDERSON, J.M. **Decomposition in terrestrial ecosystems**. United Kingdom: Blackwell, 1979. 372p.
- TAYLOR, J.P.; WILSON, B.; MILLS, M.S.; BURNS, R.G. Comparison of microbial numbers and enzymatic activities in surface soils and subsoils using various techniques. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.34, p.387-401, 2002.
- TEDESCO, M. J; VOLKWEISS, S. J.; BONHEN, H. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2ed., Porto Alegre: Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 1995. 174p.
- TEIXEIRA, L.B.; SCHUBART, H.O.R. Mesofauna do solo em áreas de floresta e pastagem na Amazônia Central. **Boletim de Pesquisa EMBRAPA CPATU**, Belém, n.95, p.1-16, 1988.
- THOMAS, G.; CLAY, D. **BIO DAP** - Ecological Diversity and its measurement. Resource Conservation-Fundy National Park, News Brunswick, Canada 1998.

Disponível em: <<http://nhsbig.inhs.uiue.edu/populations/bio-dap.zip>>. Acesso em: Maio 2008.

- TOTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos com indicadores da qualidade do solo. In: ALVAREZ, V.H.; SCHAEFER, C.E.G.R.; BARROS, N.F.; MELLO, J. W. V.; COSTA, L. M. **Tópicos em Ciência do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência Solo, 2002. v.2, p.195-276.
- VAN STRAALLEN, N. M. Community Structure of Soil Arthropods as a Bioindicator of Soil Health. In: PANKHURST, B. M.; GUPTA, V.V.S.R. (Eds.). **Biological Indicators of Soil Health**. Wallingford, CAB International, 1997. p.35-265.
- WALKER, D. Diversity and stability. In: CHERRETT, J. M., (Ed.). **Ecological concepts**. Oxford: Blackwell Scientific Public, 1989. p.115-146.
- WALLWORK, J.A. Oribatida in forest ecosystems. **Annual Review of Entomology**, Palo Alto, v. 28, p.109-130, 1983.
- WALLWORK, J.A. **The distribution and diversity of soil fauna**. London: Academic Press, 1976. 355p.
- ZEPPELINI FILHO, D.; BELLINI, B.C. **Introdução aos estudos dos Collembola**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2004. 82p.

8.APÊNDICES

Apêndice 01. Características químicas e teor de argila de solos coletados na profundidade de 0-7 cm em Agudo.

Local	Trat	Argila (g Kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)	SMP	P ----mg L ⁻¹ ----	K (%)	MO (%)	Al _{troc}	Ca	Mg	CTC	Bases	Al
Agudo	CM1 ⁽¹⁾	250	6,4	6,4	44	283	1,6	0	39,0	13,2	55,7	95	0
	CM2	220	6,2	6,2	61	>400	2,7	0	23,1	8,6	36,8	91	0
	CM3	280	6,7	6,6	>100	>400	2,6	0	27,9	9,5	38,4	94	0
	CM4	300	7,0	6,6	18	299	1,4	0	30,3	12,3	45,6	95	0
	CM5	250	6,1	6,1	48	295	1,7	0	34,2	12,0	50,9	92	0
	CM6	260	6,6	6,6	82	>400	2,0	0	27,0	9,6	40,6	95	0
	CONV	140	5,7	6,3	74	>400	2,2	0	19,2	7,7	31,8	90	0
	CONV+A	250	6,7	6,1	69	>400	2,2	0	28,2	8,6	41,8	91	0
	MATA	170	6,7	6,8	74	>400	6,7	0	29,1	6,5	39,3	96	0

(1) CM= cultivo mínimo, CONV= cultivo convencional, CONV+A= cultivo convencional + aveia, MATA= mata nativa

Apêndice 02. Características químicas e teor de argila de solos coletados na profundidade de 0-7 cm em Santa Cruz do Sul.

Local	Trat	Argila (g Kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)	SMP	P ----mg L ⁻¹ ---	K	MO (%)	Al_{troc} -----cmol _c L ⁻¹ -----	Ca	Mg	CTC	Bases -----%-----	Al
Santa Cruz do Sul	CM1 ⁽¹⁾	220	5,3	5,7	66	>400	2,3	0,3	10,8	4,6	23,8	73	1,7
	CM2	190	5,3	5,7	75	>400	1,9	0,4	12,2	4,9	25,7	76	2,0
	CM3	340	4,8	5,4	77	>400	2,4	1,1	7,7	2,7	20,7	57	8,4
	CM4	220	5,0	5,6	68	>400	2,1	0,7	12,3	5,3	26,1	73	3,5
	CM5	210	4,6	5,3	40	>400	2,0	2,1	10,3	4,2	25,8	61	11,6
	CM6	340	4,9	6,0	32	>400	3,1	0,8	7,7	2,8	18,8	62	6,3
	CONV+A	180	5,6	6,1	14	262	2,4	0,0	9,3	3,2	17,2	77	0
	MATA	470	5,6	5,6	21	282	5,1	0,0	14,3	5,3	24,8	82	0

(1) CM= cultivo mínimo, CONV= cultivo convencional, CONV+A= cultivo convencional + aveia, MATA= mata nativa

Apêndice 03. Características químicas e teor de argila de solos coletados na profundidade de 0-7 cm em Arvorezinha.

Local	Trat	Argila (g Kg ⁻¹)	pH (H ₂ O)	SMP	P -----mg L ⁻¹ ---	K	MO (%)	Al_{troc} -----cmol _c L ⁻¹ -----	Ca	Mg	CTC	Bases -----%-----	Al
	CM1 ⁽¹⁾	310	6,4	6,3	50	331	2,5	0,6	25,3	8,7	44,3	92	1,1
	CM2	280	5,7	5,4	75	279	2,1	0,0	29,3	9,2	38,6	93	0
	CM3	350	6,7	6,0	63	312	2,2	0,1	32,1	8,7	50,7	98	0
	CM4	370	6,2	6,1	98	283	2,8	0,7	27,2	10,6	45,2	75	0
Arvorezinha	CM5	300	6,1	6,1	38	393	2,5	0,0	29,7	9,3	40,1	83	0
	CM6	260	6,4	6,0	89	275	2,4	0,2	26,9	8,1	37,3	94	0
	CONV	230	6,1	5,9	73	306	1,4	0,0	26,4	11,9	43,2	91	0
	PD	270	6,1	6,0	37	358	3,1	0,1	27,3	15,3	39,7	95	0
	MATA	370	4,9	4,9	10	236	5,3	0,0	25,5	10,3	36,5	86	0

(1) CM= cultivo mínimo, CONV= cultivo convencional, PD= plantio direto, MATA= mata nativa.

Apêndice 4 . Liberação de CO₂ em solos de três localidades do Rio Grande do Sul, em áreas cultivadas e de vegetação nativa, em três épocas de coleta na profundidade de 0 a 7 cm. (Média de 3 repetições).

Tratamento	Respiração Microbiana (mg C-CO ₂ kg ⁻¹ solo)							
	Agosto-setembro/2007			Fevereiro-março/2008			Setembro/2008	
	AG	ARV	SCS	AG	ARV	SCS	AG	SCS
CM1	103,9	75,1 abc	102,7 bc	172,2 b	204,7 de	151,1 d	185,5 cde	176,1 cd
CM2	187,5 b	71,9 bc	98,3 bc	189,1 b	247,3 c	242,0 b	222,3 b	204,1 bc
CM3	131,8 bc	88,6 ab	109,9 b	150,7 c	190,6 de	171,0 d	191,1 cd	173,8 d
CM4	124,0 bc	83,4 ab	102,6 bc	119,3 cd	192,7 de	160,8 d	171,0 de	175,3 d
CM5	132,3 bc	80,4 ab	96,3 bc	186,2 b	221,3 cd	200,1 c	205,5 bc	216,0 b
CM6	137,7 bc	65,2 bc	78,2 c	145,1 c	172,0 e	160,0 d	168,1 e	169,8 d
CONV1	69,4 bc	-----	79,5 bc	81,1 d	-----	73,6 e	95,9 f	123,5 e
CONV	51,3 c	46,2 c	-----	76,1 d	91,4 f	-----	87,9 f	-----
PD	-----	103,3 a	-----	-----	418,8 b	-----	-----	-----
MATA	352,4 a	104,7 a	158,5 a	472,9 a	528,1 a	446,5 a	401,2 a	360,8 a
CV (%)		15,5			19,2			17,3

(1) AG=Agudo; ARV=Arvorezinha; SCS= Santa Cruz do Sul.

(2) CM = cultivo mínimo; CONV = cultivo convencional; PD= plantio direto; MATA= mata nativa.

*Médias seguidas da mesma letra em cada local não diferem estatisticamente entre si pelo teste Tukey a 5%.