

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**INDICADORES MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO
SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO
AGROPECUÁRIO**

Martha Regina Lucizano Garcia

Orientador: Prof. Dr. Ely Nahas

Tese apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – UNESP, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Doutor em Microbiologia Agropecuária.

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL

Junho de 2007

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

MARTHA REGINA LUCIZANO GARCIA – nascida em 24 de março de 1978, em Andradina, São Paulo, é filha de Carlos Henrique de Freitas Prado Garcia e Vera Lucia Lucizano Garcia. É bióloga formada pela Universidade Estadual de Londrina, em 2001. Em 2004, obteve o Título de Mestre em Agronomia, pela Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira (FEIS) – UNESP, Ilha Solteira, SP. E em 2004, iniciou suas pesquisas no Doutorado do Programa de Microbiologia Agropecuária, pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias (FCAV) – UNESP, Jaboticabal, SP.

DEDICO

Aos meus pais **Vera Lucia Lucizano Garcia** e **Carlos Henrique de Freitas Prado Garcia** pelo amor, compreensão, apoio, carinho, incentivo e dedicação, a quem devo minha educação e formação.

OFEREÇO

Aos meus irmãos **Henrique Lucizano Garcia** e **Viviane Lucizano Garcia** pelo amor, carinho e incentivo.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela oportunidade e saúde, iluminando os meus passos para vencer mais esta etapa da minha vida.

Ao meu orientador Prof. Dr. **Ely Nahas**, pela oportunidade, confiança, orientação, paciência, apoio, dedicação, profissionalismo e amizade indispensável para o desenvolvimento deste trabalho. Agradeço sobre tudo por ter contribuído para meu crescimento e aperfeiçoamento pessoal e profissional.

A **AGRISUS** e a **CAPES**, pela concessão da bolsa de Doutorado que tornou possível o desenvolvimento e a realização dessa pesquisa.

A **AGRISUS**, a **FAPESP** e a **FUNDUNESP**, pela concessão do auxílio financeiro que tornou possível o desenvolvimento e a realização dessa pesquisa.

A **UNESP** de Jaboticabal pela concessão do Laboratório de Microbiologia sob a responsabilidade do Prof. Dr. **Ely Nahas** para o desenvolvimento desse trabalho.

A Prof^ª. Dra. **Ana Maria Rodrigues Cassiolato**, pelo apoio na continuidade dos estudos e amizade indispensáveis. Agradeço sobre tudo por ter contribuído para meu crescimento e aperfeiçoamento pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. **Antônio Sérgio Ferraud**, pela atenção, ajuda e precisão nas análises multivariadas. Agradeço sobre tudo por ter contribuído para meu crescimento e aperfeiçoamento pessoal e profissional.

Ao Prof. Dr. **Alexandre Amstalden Moraes Sampaio**, por ter cedido a área de pastagem na fazenda para a coleta das amostras de solo.

Ao Prof. Dr. **Gener Tadeu Pereira**, pelo auxílio com as análises univariadas.

Ao amigo **Luís Carlos de Assis**, pela amizade, paciência e todo o aprendizado adquirido durante a realização desse trabalho.

As amigas **Thaís**, **Cintha** e **Eliane** pela amizade, ajuda e companhia.

Aos amigos **Thiago**, e em especial ao **Breno**, pelo apoio, amizade e colaboração.

A secretária do Curso de Microbiologia Agropecuária, **Edna Testa** pela simpatia e disposição nas inúmeras vezes que me ajudou.

A **Rosângela** pelos cafezinhos e amizade.

As amigas da República 1m $\frac{1}{2}$ + $\frac{1}{2}$, **Rosinha, Adriana e Elaine**, e as amigas que por lá passaram, **Amanda, Caciana e Daniela**, pela amizade, companheirismo, apoio, ajuda e por todos os momentos que choramos e rimos juntas.

Ao meu namorado **Sandro**, pela compreensão, apoio e incentivo na continuidade dos estudos.

Ao Prof. Dr. **José Frederico Centurion** e ao doutorando **Ricardo Garcia Aratani**, por terem cedido às amostras de solo coletas no município de Guairá.

Aos **Professores** do programa de Pós-Graduação em Microbiologia Agropecuária que contribuíram para minha formação.

A todos os **funcionários da seção de Pós-Graduação**, pela presteza no atendimento e atenção dispensada.

Aos **funcionários da Fazenda** que me auxiliaram na coleta das amostras de solo.

A todos que, direta e indiretamente, colaboraram com este trabalho.

SUMÁRIO

	Página
LISTA DE TABELAS	viii
LISTA DE FIGURAS	xiii
RESUMO	xv
SUMMARY	xvi
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1 Suprimento Nutricional para Pastagens	5
2.2 Manejo do Gado	7
2.3 Gramíneas Utilizadas	10
2.4 Microrganismos do Solo	11
2.5 Efeito do Clima	15
3. MATERIAL E MÉTODOS	17
3.1 Experimento 1 – Sistema de Manejo do Gado	17
3.1.1 Histórico da área	17
3.2 Experimento 2 – Sistema de Manejo das Culturas	19
3.2.1 Descrição dos tratamentos	20
3.3 Delineamento experimental e análise estatística	23
3.4 Contagens de Microrganismos	25
3.4.1 Meios de cultura	25
3.5 Análises Microbiológicas	27
3.5.1 Carbono da biomassa microbiana	27
3.5.2 Nitrogênio da biomassa microbiana	28
3.5.3 Fósforo da biomassa microbiana	28
3.5.4 Atividade respiratória microbiana	29
3.5.5 Atividade nitrificante	30
3.5.6 Atividade solubilizadora de fosfato	31
3.5.7 Atividade enzimática da celulase	31

3.5.8 Atividade enzimática da urease	32
3.5.9 Atividade enzimática da protease	33
3.5.10 Atividade enzimática da fosfatase ácida	33
3.6 Análises Químicas do Solo	34
3.6.1 Carbono orgânico	34
3.6.2 Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)	34
3.6.3 Fósforo orgânico	35
3.6.4 pH	35
3.6.5 Matéria orgânica	36
3.6.6 Composição química do solo	36
4. RESULTADOS	37
4.1 Efeito do Sistema de Manejo do Gado	37
4.2 Efeito do Sistema de Manejo das Culturas	64
5. DISCUSSÃO	79
5.1 Efeito das Estações do Ano	79
5.2 Efeito dos Sistemas de Manejo do Gado	83
5.3 Efeito dos Sistemas de Manejo das Culturas	87
5.4 Efeito da Profundidade do Solo	92
6. CONCLUSÕES	96
7. REFERÊNCIAS	97
8. APÊNDICES	120
8.1 Efeito do Sistema de Manejo do Gado	120
8.2 Efeito do Sistema de Manejo das Culturas	136

LISTA DE TABELAS

	Página
Tabela 1. Dados meteorológicos da região de Jaboticabal	18
Tabela 2. Composição química do solo sob diferentes sistemas de manejo do gado, nas diferentes profundidades	19
Tabela 3. Análise granulométrica do solo sob diferentes sistemas de manejo do gado, nas diferentes profundidades	19
Tabela 4. Composição química do solo sob diferentes sistemas de manejo das culturas, nas diferentes profundidades	21
Tabela 5. Análise granulométrica do solo sob diferentes sistemas de manejo das culturas, nas diferentes profundidades.....	21
Tabela 6. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo da carbono da biomassa microbiana (CBM)	38
Tabela 7. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo da nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)	39
Tabela 8. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de fósforo da biomassa microbiana (PBM)	41
Tabela 9. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade respiratória (C-CO ₂ liberado)	42
Tabela 10. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade nitrificante (NO ₃ -N)	43
Tabela 11. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade solubilizadora de fosfato	45
Tabela 12. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade enzimática da celulase	46
Tabela 13. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da	

	profundidade do solo na atividade enzimática da urease	48
Tabela 14.	Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade enzimática da fosfatase ácida	49
Tabela 15.	Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de carbono orgânico	50
Tabela 16.	Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de nitrogênio total	52
Tabela 17.	Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de fósforo orgânico	53
Tabela 18.	Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no pH	54
Tabela 19.	Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na umidade	55
Tabela 20.	Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de matéria orgânica	57
Tabela 21.	Correlação de cada variável com cada componente principal. (Correlação $\geq 0,6$)	60
Tabela 22.	Correlação de cada variável com cada componente principal. (Correlação $\geq 0,6$)	75
Tabela 23.	Efeito da profundidade do solo no carbono da biomassa microbiana (CBM)	120
Tabela 24.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no carbono da biomassa microbiana (CBM)	120
Tabela 25.	Efeito da profundidade do solo no nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)	121
Tabela 26.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)	121
Tabela 27.	Efeito da profundidade do solo no fósforo da biomassa microbiana (PBM)	122
Tabela 28.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no	

	fósforo da biomassa microbiana (PBM)	122
Tabela 29.	Efeito da profundidade do solo na atividade respiratória (C-CO ₂ liberado)	123
Tabela 30.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade respiratória (C-CO ₂ liberado)	123
Tabela 31.	Efeito da profundidade do solo na atividade nitrificante (NO ₃ -N) .	124
Tabela 32.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade nitrificante (NO ₃ -N)	124
Tabela 33.	Efeito da profundidade do solo na atividade solubilizadora de fosfato (PO ₄ -P)	125
Tabela 34.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade solubilizadora de fosfato (PO ₄ -P)	125
Tabela 35.	Efeito da profundidade do solo na atividade enzimática da celulase	126
Tabela 36.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade enzimática da celulase	126
Tabela 37.	Efeito da profundidade do solo na atividade enzimática da urease	127
Tabela 38.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade enzimática da urease	127
Tabela 39.	Efeito da profundidade do solo na atividade enzimática da fosfatase ácida	128
Tabela 40.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade enzimática da fosfatase ácida	128
Tabela 41.	Efeito da profundidade do solo no carbono orgânico	129
Tabela 42.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no carbono orgânico	129
Tabela 43.	Efeito da profundidade do solo no nitrogênio total	130
Tabela 44.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no nitrogênio total	130

Tabela 45.	Efeito da profundidade do solo no fósforo orgânico	131
Tabela 46.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no fósforo orgânico	131
Tabela 47.	Efeito da profundidade do solo no pH	132
Tabela 48.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no pH	132
Tabela 49.	Efeito da profundidade do solo na umidade	133
Tabela 50.	Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na umidade	133
Tabela 51.	Efeito do sistema de manejo do gado e da profundidade do solo na matéria orgânica	134
Tabela 52.	Matriz de similaridade do sistema de manejo do gado entre as estações do ano e manejos, na profundidade de 0 – 0,05 m	134
Tabela 53.	Matriz de similaridade do sistema de manejo do gado entre as estações do ano e manejos, na profundidade de 0,05 – 0,10 m .	135
Tabela 54.	Matriz de similaridade do sistema de manejo do gado entre as estações do ano e manejos, na profundidade de 0,10 – 0,20 m .	135
Tabela 55.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono da biomassa microbiana (CBM)	136
Tabela 56.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no nitrogênio da biomassa microbiana (NBM)	136
Tabela 57.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade nitrificante (NO ₃ -N)	136
Tabela 58.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade enzimática da urease	137
Tabela 59.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade enzimática da protease	137
Tabela 60.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono orgânico	137
Tabela 61.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do	

	solo no nitrogênio total	138
Tabela 62.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no pH	138
Tabela 63.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na matéria orgânica	138
Tabela 64.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na umidade	139
Tabela 65.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no número de UFC de bactérias	139
Tabela 66.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no número de UFC de fungos	139
Tabela 67.	Matriz de similaridade do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0 – 0,10 m	140
Tabela 68.	Matriz de similaridade do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,10 – 0,20 m	140
Tabela 69.	Matriz de similaridade do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,20 – 0,30 m	140

LISTA DE FIGURAS

	Página
Figura 1. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo do gado entre as estações do ano, na profundidade de 0 – 0,05 m	58
Figura 2. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo do gado entre as estações do ano, na profundidade de 0,05 – 0,10 m	58
Figura 3. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo do gado entre as estações do ano, na profundidade de 0,10 – 0,20 m	59
Figura 4. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre as estações do ano, na profundidade 0 – 0,05 m	61
Figura 5. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre as estações do ano, na profundidade 0,05 – 0,10 m	63
Figura 6. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre as estações do ano, na profundidade 0,10 – 0,20 m	64
Figura 7. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono da biomassa microbiana (A) e nitrogênio da biomassa microbiana (B)	66
Figura 8. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade nitrificante	66
Figura 9. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade enzimática da urease (A) e atividade enzimática da protease (B)	68
Figura 10. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono orgânico (A) e nitrogênio total (B)	68
Figura 11. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no pH (A), matéria orgânica (B) e umidade (C)	70

Figura 12.	Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no número de UFC de bactérias (A) e fungos (B)	71
Figura 13.	Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0 – 0,10 m	73
Figura 14.	Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,10 – 0,20 m	73
Figura 15.	Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,20 – 0,30 m	74
Figura 16.	Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre os sistemas de manejo das culturas, na profundidade de 0 – 0,10 m	76
Figura 17.	Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre os sistemas de manejo das culturas, na profundidade de 0,10 – 0,20 m	77
Figura 18.	Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre os sistemas de manejo das culturas, na profundidade de 0,20 – 0,30 m	78

INDICADORES MICROBIOLÓGICOS E QUÍMICOS DO SOLO SOB DIFERENTES SISTEMAS DE MANEJO AGROPECUÁRIO

RESUMO – Diversos estudos vêm buscando avaliar os diferentes impactos causados pelas várias formas de manejo do solo, procurando-se aliar a produção das culturas à preservação dos recursos naturais. O presente estudo objetivou avaliar a influência temporal (das estações do ano), do sistema de manejo do gado e das culturas nas características microbiológicas e químicas do solo em diferentes profundidades. O primeiro experimento foi conduzido no setor de bovinocultura da Estação Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP - Campus de Jaboticabal, localizada na região norte do Estado de São Paulo. Os sistemas de pastejo avaliados foram: pasto rotacionado, pasto contínuo e pasto controle (sem a presença de gado). As coletas das amostras de solo foram realizadas nas quatro estações do ano, no período de um ano (2005 – 2006). Cada amostra foi composta de 6 amostras simples, retiradas nas profundidades de 0 – 0,05, 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m. O segundo experimento foi realizado nas fazendas Barracão e São João, no município de Guaíra, localizadas na região paulista da Alta Mogiana, Estado de São Paulo. Foram estudados quatro sistemas de manejo das culturas: plantio direto (PD), plantio direto integrado com pastagem (PD-I), cultivo convencional (CC) e Mata Natural (Mata). A coleta das amostras de solo foi feita somente na estação do verão, durante o período de janeiro e fevereiro do ano de 2006. Cada amostra foi composta de 10 amostras simples, retiradas nas profundidades de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m. As variáveis microbiológicas, bioquímicas e químicas do solo avaliadas podem ser consideradas medidas sensíveis para determinar mudanças decorrentes dos efeitos das estações do ano, dos sistemas de manejo do gado e das culturas e da profundidade do solo.

Palavras – Chave: análise multivariada, biomassa microbiana, atividade enzimática, pastagem, plantio direto, sistema integrado agricultura – pecuária

MICROBIOLOGICAL AND CHEMICAL INDICATE OF SOIL UNDER DIFFERENT MANAGEMENT SYSTEMS

SUMMARY – Several, studies come searching evaluated the different impacts caused by some forms of management of soil, to try to get the production of the cultures to the preservation of the natural resources. The objective of this study was determine the influence of the seasonal, of the cattle management system and crop and the depth of the soil in the microbiological and chemical variable of the soil. The first experiment was lead in the sector of cattle breeding of the Experimental Station of the College of Agrarian Sciences and Veterinary medicine, UNESP - Campus of Jaboticabal, located in the north of São Paulo State. The evaluated systems of pasture were: rotation pasture, continuous pasture and controlled pasture. The collections of soil samples were carried in four-year seasons during the period of one year (2005 - 2006). Each sample was composed of 6 simple samples, withdrawals with hoe, in the depths of 0 – 0,05, 0,05 - 0,10 and 0,10 - 0,20 m. The second experiment was carried in the Barracão and São João farms, in the Guaíra Cite, located in the region of the Alta Mogiana, in São Paulo State. In view of evaluation of the effect of the management system crop, four systems were studied: no-tillage (NT), pasture and crop integrated systems (PD-I), conventional tillage (CC) and forest. The collection of soil samples was made in summer, during the period of January and February in 2006. Each sample was composed of 10 simple samples withdrawals with hoe, in the depths of 0 – 0,10, 0,10 - 0,20 and 0,20 - 0,30 m. The evaluated microbiological, biochemical and chemical variables of soil can be considered sensitive measurements to determinate changes due to the effects of year seasons, the cattle management system and crop and the depth of the soil.

Key Words: multivaried analysis, microbial biomass, enzymatic activity, pasture, no-tillage, pasture and agriculture – cattle raising integrated system

1. INTRODUÇÃO

Por anos, a fertilidade do solo tem sido estritamente associada à produção das culturas, mas quando se consideram as pastagens, deve-se atentar para a capacidade de produzir uma massa vegetal em quantidade e qualidade para atender as necessidades do rebanho. Contudo, diferentemente de uma exploração agrícola, além dos resíduos das plantas, são incorporadas no solo as excreções dos animais, na forma de esterco e de urina. Estes resíduos são ricos em nutrientes estimulam o crescimento microbiano e a atividade das enzimas do solo. Assim, estudos vêm buscando avaliar os diferentes impactos causados pelas várias formas de manejo do solo, procurando-se aliar a produção das culturas à preservação dos recursos naturais.

Tanto o manejo das culturas como dos sistemas de pastoreio podem influenciar a produtividade agrícola e zootécnica. As culturas desenvolvidas de acordo com o sistema de cultivo convencional, associado ao uso intensivo e/ou ao manejo inadequado, podem depauperar os solos ao longo dos tempos. Dessa forma, visando a melhoria das características e propriedades naturais do solo através de menor manipulação do mesmo, vêm sendo adotados sistemas de manejos conservacionistas, como o plantio direto e o sistema integrado agricultura - pecuária. O sistema integrado visa à recuperação das pastagens degradadas com introdução da agricultura na forma de plantio direto sobre pastagem, favorecendo a produção de grãos, enquanto a pastagem aproveita as correções do solo e a adubação residual promovida pela lavoura. Já os sistemas de manejo sob pastagem pode envolver o pastejo contínuo e o rotacionado. O pastejo contínuo caracteriza-se pela existência de apenas uma pastagem, que é utilizada de forma contínua durante o ano todo e nos anos consecutivos. O pastejo rotacionado caracteriza-se pela utilização racional das pastagens. O número de parcelas é bem superior ao manejo anteriormente descrito, e o gado passa sucessivamente em cada uma até retornar à primeira, já suficientemente recuperadas e, portanto, apta a receber novamente os animais. Considerando que segundo estimativas do IBGE (2007), a área de pasto no Brasil é de mais de 200 milhões de ha, com um contingente de mais de 187,1 milhões de bovinos (ANUALPEC,

2006), este estudo poderá trazer subsídios importantes sobre o melhor sistema de manejo do gado e do pasto.

A restauração da produtividade das pastagens, por meio da fertilização é bastante restrita e, quando feita, muitas vezes, não atende às necessidades nutricionais. O número e a diversidade de microrganismos do solo é grande e são responsáveis pela catalisação das principais transformações geoquímicas. Essas transformações garantem a ciclagem dos compostos químicos no solo disponibilizando nutrientes para o desenvolvimento das plantas e, conseqüentemente, para a produção animal. Portanto, é importantes a quantificação destes microrganismos e o estudo das possíveis transformações catalisadas pelos mesmos e dos compostos orgânicos e inorgânicos insolúveis. Além das determinações do C, N e P da biomassa microbiana, as atividades respiratória, nitrificante, solubilizadora de fosfato e enzimáticas microbianas poderão dar respostas sobre as transformações dos compostos químicos e a disponibilização de nutrientes para as plantas nos solos submetidos a diferentes manejos.

Até 5% da matéria orgânica é formada pela biomassa microbiana, que atua como fonte de nutrientes ou na liberação dos mesmos por meio da atividade enzimática. Tanto o crescimento dos microrganismos como as suas atividades estão sujeitas às condições do ambiente e do clima. A variação da temperatura e da umidade durante as estações do ano poderão influenciar na ciclagem dos nutrientes do solo. A variação temporal desses fatores permitirá conhecer a dinâmica com que os nutrientes são colocados à disposição das plantas e, indiretamente, aos animais.

Dessa forma, foram utilizados, neste estudo, três sistemas de manejo do gado, isto é, sistema rotacionado, contínuo (incluindo ausência de gado, como controle) e o sistema integrado agricultura - pecuária.

O presente estudo objetivou: 1º) avaliar a influência temporal (das estações do ano), do sistema de manejo do gado nas características microbiológicas e químicas do solo em diferentes profundidades; e 2º) avaliar a influência do sistema de manejo das culturas nas características microbiológicas e químicas do solo em diferentes profundidades.

2. REVISÃO DE LITERATURA

O Brasil é um país que possui vasta extensão territorial e um clima privilegiado para o crescimento de plantas herbáceas, que constituem a base da produção pecuária brasileira. Por isso, estima-se que a criação do rebanho bovino ocupe uma área de mais de 200 milhões de ha, segundo estimativas do IBGE (2007), o que corresponde a mais de 20% do território brasileiro, com um contingente de mais de 187,1 milhões de cabeças (ANUALPEC, 2006). Assim sendo, a formação de boas pastagens assume real importância, tornando-se a melhor opção para a alimentação do rebanho nacional, pois, além de se constituir no alimento mais barato disponível, oferece todos os nutrientes necessários para um bom desempenho dos animais. Sabe-se, também, que os animais criados no pasto, tal qual em sua origem, são mais saudáveis e resistentes (CANTARELLA et al., 2002). Dessa forma, deveriam considerar-se as pastagens como uma lavoura comercial.

Os sistemas de manejo das pastagens mais utilizados continuam sendo aqueles extensivos, baseados no uso de plantas forrageiras adaptadas às condições edafoclimáticas da região (VILELA et al., 2003).

Embora o Brasil tenha se beneficiado com a expansão pecuária, efeitos negativos foram se pronunciando com o desmatamento indiscriminado das áreas, com a conseqüente quebra no equilíbrio ecológico e o aparecimento de doenças e pragas, assim como, o uso inadequado do solo, que não tem recebido a atenção e os cuidados devidos para garantir permanente sucesso das variadas atividades agrícolas (MACHADO, 1999).

Em sistemas de produção de pastagens, a correção e fertilização são pouco utilizadas. A maioria dos pecuaristas ainda desconhece ou mesmo ignora a grande importância dessa prática, redundando em sucessivos fracassos em seus empreendimentos pecuários, pois os solos ocupados por pastagens, geralmente, apresentam limitações quanto à fertilidade química natural, acidez, topografia, pedregosidade ou limitações de drenagem (PUPO, 1979). A restauração da

produtividade das pastagens, por meio da fertilização, é bastante restrita e, quando feita, muitas vezes, não atende às necessidades nutricionais (VITTI e LUZ, 1997).

Esse modelo extrativista de cultivo de pastagens em solos com aptidão agrícola desfavorável explica, pelo menos em parte, os baixos índices zootécnicos e as baixas produtividades (VILELA et al., 2003). Ao se comparar os bovinos dos países subdesenvolvidos ou em desenvolvimento, principalmente nos trópicos, a produção tem sido de somente 20% da carne e 12% do leite, em relação à produção dos países desenvolvidos. Isso é surpreendente, pois 70% dos bovinos do mundo estão nos trópicos, sendo a baixa fertilidade do solo o fator limitante para a produção nestas regiões (MARTIN, 1997). Adicionalmente, verifica-se, com relativa freqüência, que o manejo displicente do sistema, em associação com o gerenciamento inadequado do empreendimento, tem levado à degradação das pastagens que, atualmente, é o maior obstáculo para o estabelecimento de uma pecuária bovina sustentável em termos agrônômicos, econômicos e ambientais (VILELA et al., 2003). Os principais fatores da degradação das pastagens são perda de fertilidade do solo, superpastejo, queimas periódicas e a ocorrência de plantas indesejáveis (VITTI e LUZ, 1997). O processo é complexo, pois, fatores relacionados ao clima, planta, solo e animal, influem diretamente no manejo das pastagens.

Com isso, os criadores começaram a buscar, além de altas produtividades, a minimização dos custos e preservação do meio ambiente através da adoção de uma pecuária moderna e eficiente, associada ao planejamento das atividades da propriedade (MATTOS e MONTEIRO, 1998). Portanto, a busca por um sistema sustentável envolve um sistema integrado de práticas com vegetais e animais adaptados às condições específicas de cada estabelecimento e que atenda, simultaneamente e no longo prazo, os seguintes requisitos: capacidade de responder às necessidades humanas em alimentos e fibra; melhoria da qualidade ambiental e dos recursos naturais não renováveis e dos recursos internos ou próprios do estabelecimento, integrando, sempre que cabível, ciclos e controles biológicos naturais; viabilidade econômica; e melhoria da qualidade de vida dos agricultores e da sociedade em seu conjunto (ZIMMER et al., 2002).

A principal causa da deficiente sustentabilidade dos sistemas de produção animal, em pastagens, tem sido a degradação das mesmas, sendo que diversos fatores contribuem para isso. A degradação de pastagens é definida como um processo evolutivo da perda do vigor, de produtividade, da capacidade de recuperação natural dos níveis de produção e da qualidade exigidas pelos animais, como o de superar os efeitos nocivos de pragas, doenças e invasoras, agravadas em razão de manejos inadequados (ZIMMER et al., 2002; VILELA et al., 2003).

2.1 Suprimento Nutricional para Pastagens

Solos de cultivo convencional, por possuírem, na maioria das vezes, a superfície descoberta, ficam sujeitos a flutuações térmicas e hídricas (STEVENSON et al., 1999). O grau de preparo do solo e o manejo dos restos culturais afetam a temperatura, a umidade e a aeração do solo, exercendo grande influência sobre a biomassa e a atividade da comunidade microbiana, que responde, de maneira muito mais rápida, a essas alterações do que alguns parâmetros edáficos, como o teor de matéria orgânica, que pode levar anos para apresentar mudanças significativas (BRADY e WEIL, 2002). As pastagens podem ser consideradas culturas permanentes e não estão tão sujeitas às práticas de manejo como as observadas nas culturas comerciais. Em solos sob pastagem, a preservação da matéria orgânica tende a ser maior, pois o revolvimento do solo é mínimo, sendo o aporte de carbono, mais elevado que em áreas cultivadas (LATHEWELL e BOULDIN, 1981). A palhada de braquiária tem capacidade de proteger a superfície do solo produzindo 15 t ha⁻¹ de matéria seca quando corretamente manejada (OLIVEIRA, 2002). Práticas de cultivo que causam distúrbios no solo aceleram as perdas de carbono, promovendo maior mineralização do nitrogênio, fósforo e enxofre.

O suprimento mais importante de nutrientes para as pastagens provém da decomposição dos próprios resíduos vegetais e das excreções animais. A quantidade de material depositado anualmente no solo é da ordem de 2 a 8 t ha⁻¹ em florestas, de 1,5 a 4 t ha⁻¹ em matas arbustivas e em pastagens varia de 1 a 3 t ha⁻¹ (PAUL e

CLARK, 1989). A contribuição decorrente das raízes mortas varia de 1,2 a 4,4 t ha⁻¹ (VOGT et al., 1986). Tem sido estimado que, em média, uma única excreção bovina seja equivalente a 1.200 g de esterco e 200 mL de urina (ALLEN et al., 1996). Dessa forma, a excreção aumenta o aporte de carbono para o solo, principalmente por meio das fezes (FRANZLUEBBERS e STUEDEMANN, 2003). A baixa relação C:N permite rápida mineralização e disponibilização dos nutrientes no solo. O esterco e a urina de bovinos apresentam uma relação C:N da ordem de 20:1 e 3,9:1, respectivamente (WHITEHEAD, 2000). Além do C, os bovinos também contribuem significativamente para a ciclagem de nutrientes nas pastagens pelo grande aporte de aproximadamente 65, 11, 78, 80 e 29% de P, K, Ca, Mg e Na, respectivamente, que retornam pelas fezes (AARONS et al., 2004a). Assim, o retorno de P originário das excreções foi estimado em 248 Kg ha⁻¹ (AARONS et al. 2004b). A suplementação animal também tem importante contribuição para o conjunto dos nutrientes na pastagem, visto que os alimentos fornecidos aos animais provêm de fora do sistema (MONTEIRO e WERNER, 1989). Estes materiais acumulam-se no solo, aumentando o estoque de matéria orgânica (CARRAN e THEOBALD, 2000) que, devido ao calor, a umidade e à ação dos organismos decompositores, os elementos químicos ali contidos são mobilizados e reabsorvidos, incorporando-se, novamente, ao sistema, dando início a um novo ciclo.

A criação de bovinos, no Brasil, tem sido conduzida de modo intensivo ou extensivo. Diferentes fatores que influem no sistema de pastejo intensivo têm sido estudados. O pastejo intensivo ou rotacionado tem sido muito utilizado para estudos sobre a compactação do solo em virtude do pisoteio do gado (LIMA et al., 2004), a lotação dos pastos e o comportamento das gramíneas sob as diferentes lotações (REZENDE et al., 2004b) e ganho de peso dos animais (BRÂNCIO et al., 2003).

Contudo, o efeito deste sistema sobre a biomassa microbiana e a ciclagem de nutrientes no solo pouco tem sido estudado.

2.2 Sistemas de Manejo de Pastagens

O pastejo contínuo caracteriza-se pela existência de apenas uma pastagem, que é utilizada de forma contínua durante o ano todo e nos anos consecutivos. A lotação é fixa e os animais não saem da invernada para que haja um descanso ou recuperação da mesma. Possui muitas desvantagens, dentre as quais destacam-se o pastejo seletivo (as plantas mais palatáveis desaparecem) e irregular, por influir na rebrota e aproveitamento das forrageiras, por favorecer a entrada de plantas invasoras, etc. (PRIMAVESI, 1985; MACHADO et al., 1998).

Um outro manejo, empregado há anos, o pastejo rotacionado, também chamado vulgarmente de “rodízio”, caracteriza-se pela utilização mais intensiva das pastagens. Neste sistema, o número de parcelas é bem superior ao manejo anteriormente descrito e o gado passa sucessivamente em cada uma até retornar à primeira, já suficientemente recuperadas e, portanto, apta a receber novamente os animais. O número de animais por unidade de área é maior e o tempo de ocupação mais curto (4 a 6 dias), possibilitando um repouso em torno de 35 dias no período “das águas” e 3 meses “na seca” para cada uma das parcelas. No início da recuperação, a brotação é lenta, mas atinge grande desenvolvimento cerca de 4 semanas após este período. Requer, ainda, o apoio de um suplemento animal para o período de seca, que pode ser grãos, silagem, feno, subprodutos da agroindústria, misturas minerais, capim ou mesmo um pasto reserva (PUPO, 1979; MACHADO et al., 1998).

O sistema integrado agricultura - pecuária, o sistema ideal de manejo do solo, no entanto, é aquele que integra tecnologias visando à redução de custos e a melhoria da qualidade ambiental, permitindo interações biológicas e processos naturais benéficos no solo (FREITAS e BERNARDI, 2003).

As atividades da chamada agricultura convencional, associadas ao uso intensivo e/ou ao manejo inadequado, podem depauperar os solos ao longo dos tempos. A superfície do solo descoberta, aquecida excessivamente pelo sol, perde umidade rapidamente, desfavorecendo as condições de conservação da matéria orgânica, prejudicando o desenvolvimento das culturas e diminuindo a resistência dos solos à

erosão, além de exigir cada vez mais a aplicação de fertilizantes, corretivos e pesticidas, que são os responsáveis pela degradação física, química e biológica do solo (SÁ, 1997; SILVA e RESCK, 1997).

Visando a melhoria das características e propriedades naturais do solo e objetivando uma menor manipulação do mesmo, vêm sendo adotados sistemas de manejos conservacionistas como o plantio direto e o sistema integrado agricultura - pecuária (MELLO, 1988; SILVA e RESCK, 1997). O sistema de plantio direto tem como característica principal o revolvimento do solo somente na linha de semeadura, mantendo os resíduos vegetais em sua superfície, minimizando os efeitos erosivos das precipitações intensas que ocorrem em climas tropicais, aumentando a infiltração da água (BARIZON, 2001). A cobertura morta, formada pelo acúmulo de resíduos vegetais nas camadas superficiais, diminui as oscilações da temperatura e da umidade na superfície do solo e contribui para a manutenção de temperaturas mais amenas e maior retenção de água no solo em períodos quentes e de estiagem prolongadas (LEVIEN, 1999; COLOZZI-FILHO, 2000). Além da melhoria na estruturação do solo, a reserva de nutrientes, entre outros, beneficiam as plantas que serão ali cultivadas (SÁ, 1997). Com isso, o plantio direto promove maiores benefícios ao solo em relação ao preparo convencional (SIQUEIRA, 1999).

Para manter a capacidade dos solos, os agricultores também vêm adotando um novo sistema de manejo, o sistema integrado agricultura – pecuária. Este sistema visa à recuperação das pastagens degradadas com introdução da agricultura na forma de plantio direto sobre pastagem, aproveitando a estrutura do solo deixada pelas gramíneas das pastagens (ROOS, 2000).

O sistema plantio direto é a principal ferramenta para alavancar a produção de grãos nas áreas de pastagens, pois é a forma de manejo conservacionista que envolve todas as técnicas recomendadas para aumentar a produtividade, conservando e melhorando continuamente o ambiente. A integração agricultura - pecuária no sistema plantio direto caracteriza-se pela utilização de culturas de grãos em seqüência à pastagem e vice-versa, que por meio de um sistema de rotação de pastagem e cultivo de grãos, com semeadoras específicas, promove a manutenção da cobertura do solo

com um mínimo revolvimento do mesmo. Neste sistema, a pastagem aproveita as correções do solo e a adubação residual promovidas pela lavoura, que por sua vez se beneficia do condicionamento físico do solo e da palhada proporcionados pela pastagem. Além dessas vantagens técnicas, o sistema proporciona maior estabilidade financeira, por meio da diversificação de atividades, melhor utilização de recursos e diluição dos riscos (MELLO, 2001).

Os sistemas de manejo do solo e de animais sob pastejo podem proporcionar mudanças nas propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, melhorando o desenvolvimento radicular e a produção das culturas. Analisando diferentes sistemas de produção, Salton et al. (2001) verificaram aumento de cerca de 30% no teor de matéria orgânica na camada superficial do solo, nas áreas com rotação pastagem/lavoura. Mello (2001) relatou que, em área de lavoura em plantio direto, os resíduos de sorgo forrageiro restante após 3 pastejos foram suficientes para suprir a quantidade de massa seca de palha necessária para manutenção do referido plantio, e que o sistema era técnica e economicamente viável. Estudando a cultura do milho, Silva et al. (2000) não observaram variações na densidade do solo em função do pastejo dos animais. Porém, Trein et al. (1991), Marchezan et al. (1998) e Mello (2001) verificaram aumento na densidade e diminuição na macroporosidade na camada superficial do solo causado pelo pisoteio animal. Em áreas de pastagem, a ocorrência de compactação na superfície do solo devido ao pisoteio animal tem sido relatada por diversos autores, entre eles Machado et al. (1998), Broch (2000) e Mello (2001), os quais ressaltaram também que este problema pode ser facilmente contornado com o uso de semeadoras equipadas com mecanismo sulcador de haste para disposição do adubo.

A rotação com culturas anuais pode possibilitar a viabilização técnica e econômica da reforma de pastagem por apresentar um retorno mais rápido do capital investido, aproveitando racionalmente os resíduos dos fertilizantes que permanecem no solo e que são utilizados pela pastagem, economizando insumos, possibilitando o combate às invasoras e podendo gerar resíduos que serão aproveitados na alimentação animal (CALEGARI, 2000).

Assim, a rotação de pastagens e culturas, em plantio direto, pode ser a melhor maneira de conservar o solo e aumentar sua fertilidade. Sistemas de cultivos formados por rotação de culturas anuais, tanto pela rotação com pastagens formadas pela combinação de gramíneas e leguminosas (PAULA et al., 1998) como pela combinação de plantas com diferentes exigências nutricionais, que alternam raízes que penetram profundamente com outras raízes superficiais (ASSIS e BAHIA, 1998), são adequadas para manutenção de uma boa estrutura do solo.

O sistema integrado agricultura - pecuária sob o sistema de plantio direto tem se mostrado viável tanto para as culturas de inverno e de verão como para a engorda de bovinos no período invernal (FONTANELI et al., 2000). A adoção destes sistemas, no entanto, exige um planejamento do uso da adubação, de cultivares adaptados, do controle de pragas e ervas daninhas, da rotação de culturas, da escolha de espécies adaptadas para a produção em palha, entre outros. Estes tipos de manejo visam reduzir substancialmente o processo de degradação em curso, auxiliando na recuperação e na busca da sustentabilidade do agrossistema (SILVA e RESCK, 1997).

Dessa forma, os resultados obtidos têm demonstrado que o sistema integrado agricultura - pecuária apresenta um grande potencial em melhorar a estrutura e conservar as propriedades do solo.

2.3 Gramíneas Utilizadas

As áreas de pastagens cultivadas com espécies do gênero *Brachiaria* no Brasil são expressivas e a sua expansão foi de tal vulto que espécies como *B. decumbens*, *B. brizantha* e *B. humidicula* passaram da condição de espécies praticamente desconhecidas em nosso meio, para se constituírem na base da alimentação de uma considerável fração do rebanho brasileiro, ocupando milhões de hectares (ZIMMER et al., 1994).

O gênero *Brachiaria*, de origem africana, foi introduzido na década de 60 pela notável agressividade de domínio das pastagens (ROCHA, 1986). Mesmo com esta grande contribuição à pecuária nacional, as braquiárias apresentam sérios problemas

de queda de produção após alguns anos de utilização. Isto se deve a vários fatores como mau estabelecimento, manejo inadequado, compactação e queda de fertilidade do solo. Considerando que o Brasil na atualidade conta com cerca de 200 milhões de ha de pastagens cultivadas e que destas, mais de 60% são de braquiárias e muitas já com mais de 10 anos sob pastejo, pode-se estimar que metade destas estão em degradação ou degradadas e necessitam ser recuperadas. Verifica-se, desta forma que, a curto e médio prazo, mais de 30 milhões de hectares de braquiária necessitam ser recuperados. Os números expostos são impressionantes pela sua magnitude, sendo importante que se passe a adotar técnicas adequadas para o estabelecimento e recuperação destas pastagens, e urgente que se abandonem às práticas inadequadas e predatórias de exploração dos recursos naturais. Estes recursos, se bem utilizados, podem propiciar produtividades muito superiores, às obtidas atualmente (ROCHA, 1986; ZIMMER et al., 1994).

2.4 Microrganismos do Solo

Na pastagem são incorporados ao solo, além dos resíduos de planta, excreções dos animais na forma de esterco e de urina. Estes resíduos são ricos em nutrientes e estimulam o metabolismo microbiano e a atividade das enzimas no solo. Assim, diversos estudos e pesquisas vêm buscando avaliar os diferentes impactos causados pelas várias formas de manejo do solo, procurando-se aliar a maior produção das culturas a sustentabilidade ambiental, preservando os recursos naturais. Fatores como esses, no entanto, poderiam ser melhor estudados e compreendidos nas pastagens, por ser esse um sistema permanente e que sofre menos alterações que um sistema de produção agrícola.

Numerosos processos bioquímicos que ocorrem no solo, devido à atividade microbiana, têm efeitos sobre as propriedades físicas e químicas, e reflexos sobre o desenvolvimento das plantas, a produtividade agrícola e a qualidade do ambiente. A biomassa microbiana representa o componente central do ciclo de nutrientes no solo e, de acordo com as condições edafoclimáticas do ecossistema e da composição dos

resíduos vegetais sobre sua superfície, pode funcionar como compartimento de reserva (nutrientes facilmente disponíveis) ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica (GAMA-RODRIGUES, 1999). As implicações agronômicas da ciclagem de nutrientes, principalmente a mineralização e imobilização, são de grande interesse, pois resultam em ganhos ou perdas na produtividade das culturas, com efeitos na economicidade dos sistemas agrícolas (BALOTA, 1997). A população microbiana e a atividade enzimática microbiana, juntamente com determinados compostos químicos do solo, poderão mostrar a evolução das transformações que ocorrem em áreas escolhidas sob determinadas coberturas vegetais.

A biomassa microbiana constitui a maior parte da fração ativa da matéria orgânica do solo e contém, em média, de 2 a 5% do carbono orgânico, de 1 a 5% do N total e de 2 a 20% do fósforo orgânico nos solos tropicais (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). O carbono contido na biomassa microbiana é o destino inicial deste elemento em transformação no solo e funciona como energia armazenada para processos microbianos e, por apresentar respostas rápidas a alterações no solo, pode ser utilizado como indicador de alterações na matéria orgânica (RICE et al., 1996) e, assim, indicar a qualidade do solo (DICK et al., 1996).

Os microrganismos influenciam diretamente a produção agrícola, pois participam ativamente da decomposição da matéria orgânica, promovendo a transformação dos componentes químicos e, conseqüentemente, influenciando na fertilidade do solo (JHA et al., 1992), tornando disponíveis nutrientes necessários ao crescimento vegetal e outros organismos autótrofos. Num sistema de pastagem, portanto, a decomposição do material vegetal e a ciclagem dos nutrientes podem garantir as condições de perenidade ao sistema (GOSZ, 1981), mesmo quando se considera solos pouco férteis.

Os solos de pastagens, geralmente, apresentam maior número e atividade de populações microbianas do que solos que não são de pastagem. Tanto a quantidade como a qualidade dos resíduos de origem vegetal ou animal nos sistemas produtivos provocam alterações na comunidade microbiana, influenciando sua taxa de decomposição. Os microrganismos são sensíveis às modificações do solo, o que os tornam adequados como indicadores biológicos da qualidade ambiental. Estimativas

relativas à biomassa microbiana possibilitam associar a quantidade de nutrientes imobilizados com a fertilidade e potencial produtivo (MERCANTE, 2001). A respiração e a atividade enzimática, geral ou específica do solo, também podem ser usadas como indicativos de qualidade (CAMPBELL et al., 1992), apontando para alterações mesmo antes de uma acumulação nas plantas ou de uma erosão serem detectadas. Assim, o monitoramento das comunidades microbianas, por meio destes parâmetros, tem sido utilizado como indicadores da qualidade do solo em função dos diferentes sistemas de manejo, podendo ajudar na detecção de alterações nas populações microbianas resultantes de mudanças ambientais.

Conhecer os fatores que controlam as taxas de ciclagem de N no solo é importante, em razão dos efeitos desses processos na estrutura e função do ecossistema, como também na qualidade ambiental (TÔTOLA e CHAER, 2002). Em pastagens, os efeitos benéficos das excreções dos bovinos foram observados por Mueller et al. (2003), que constataram aumento de 20 vezes na atividade nitrificante em relação ao controle. Além desses fatores, o clima também interfere na disponibilidade de N nas pastagens e tal efeito tem sido relatado por alguns autores (ROSS et al., 1984; JENSEN et al., 1996).

A transformação inicial do nitrogênio orgânico é catalisada pela população microbiana heterotrófica do solo e as bactérias nitrificantes catalisam a oxidação do NH_4^+ para nitrogênio mineral nas formas de nitrito (NO_2^-) e de nitrato (NO_3^-), que serve para suprir as necessidades das plantas. Como o N é freqüentemente o nutriente mais limitante para as plantas, juntamente com o P, qualquer diferença nas taxas de mineralização, de imobilização e de nitrificação pode ter profundo efeito sobre a produtividade e qualidade do solo (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). Este efeito foi constatado por Arunachalam et al. (1999), que observaram que a redução da atividade enzimática pode refletir um efeito deletério para o crescimento da pastagem.

O fósforo (P) é um elemento importante a todas as formas de vida, pois faz parte de biomoléculas como ácidos nucléicos e ATP. É um recurso natural finito, com isso, para o aproveitamento mais racional deste é preciso conhecer suas formas e o comportamento no solo. No Brasil, para a maioria dos solos agrícolas, o P, juntamente

com o N, representam os nutrientes que mais limitam a produção (MOREIRA e SIQUEIRA, 2002). A presença de P pode ser inferida no solo pelas variáveis do fósforo da biomassa microbiana (PBM), pela atividade enzimática da fosfatase ácida, pela atividade solubilizadora de fosfato e pela presença de fósforo orgânico (P org.). A aplicação de adubo fosfatado aumentou de 15 a 31% o PBM, mostrando um efeito sobre o crescimento dos microrganismos do solo (BARROTI e NAHAS, 2000).

A atividade microbiana é bastante estimulada pela adição de excreções animais por meio de modificações das características físicas do solo, do aumento da quantidade de matéria orgânica e de nutrientes prontamente disponíveis. A atividade microbiana, quantificada pelas enzimas protease, urease e fosfatase ácida, foi maior nos solos de pastos, na presença de animais, em relação ao controle (HAYNES e WILLIAMS, 1999). Num ecossistema auto-sustentável como das pastagens, o retorno do fósforo solúvel para as plantas pode ser decorrente da presença de microrganismos produtores de fosfatases no solo (NAHAS, 2002) e de solubilizadores (BARROSO e NAHAS, 2005). A presença destes microrganismos é substancial no solo (NAHAS et al., 1994a) e pode propiciar fósforo solúvel para as plantas. A atividade da protease e da fosfatase aumentou com a adição de matéria orgânica no solo, podendo ser considerado como resultado do processo de mineralização catalisado pelos microrganismos (REZENDE et al., 2004a).

Na degradação da celulose, os microrganismos produtores das celulasas seriam a primeira população a se desenvolver produzindo uma fonte de C e energia numa forma disponível para os microrganismos heterotróficos. Assim, é de se esperar uma expressiva atividade desta comunidade específica, propiciando condições para a mineralização e solubilização de compostos do solo e produzindo nutrientes prontamente disponíveis para a produção das plantas. A melhor compreensão do processo de degradação da celulose tem incentivado estudos desses microrganismos e sua atividade celulolítica (ULRICH e WIRTH, 1999).

Bactérias e fungos participam da decomposição de matéria orgânica, liberando nutrientes para as plantas. O crescimento da população microbiana e sua ação no solo dependem da interação entre planta e solo (VIEIRA e NAHAS, 2005). A população

microbiana é grandemente influenciada pelo manejo e pela cobertura vegetal do solo, sendo cada grupo afetado de forma seletiva. Os microrganismos são estimulados por exsudatos e tecidos radiculares mortos, sendo esse efeito pronunciado para as bactérias. Já os fungos, são influenciados pela disponibilidade de matéria orgânica em geral (CATTELAN e VIDOR, 1990).

2.5 Efeito do Clima

A quantidade de massa vegetal depositada, ou de raízes incorporadas, depende da estação climática e da região. Dessa forma, Luizão e Schubart (1986) mostraram que a produção de serapilheira é maior na época seca do ano, enquanto a decomposição é muito mais pronunciada na época chuvosa. Em regiões tropicais, a produção anual de biomassa vegetal é superior à das regiões temperadas, favorecida pela maior temperatura e umidade. A velocidade de decomposição microbiana, assim, é maior nessas regiões, acarretando, com isso, menor teor de matéria orgânica no solo (VOGT et al., 1986). Além disso, a quantidade de chuvas e a temperatura podem variar com a estação do ano e influir no tamanho da população microbiana do solo (ACEA e CARBALLAS, 1999). De acordo com JHA et al. (1992), a atividade da urease variou com a estação influenciada pela quantidade de C orgânico e da população microbiana. Durante o verão foram verificados os maiores valores de temperatura e de chuvas e, conseqüentemente, foram observados aumentos no número de bactérias totais e da respiração microbiana (RIGOBELLO e NAHAS, 2004). Contudo, em pastagens, poucos são os relatos que mostram as transformações temporais dos nutrientes no solo, de modo a prover a produção de forragem e crescimento de gado.

A produção de massa vegetal é mais dependente das condições climáticas (temperatura e umidade) do que das condições químicas do solo, sendo o teor de umidade e temperatura (TIWARI et al., 1987), a natureza do material vegetal (CHADWICK et al., 1998) e da microbiota (MAGAN e LYNCH, 1986) os fatores que mais influenciam na decomposição da matéria orgânica, assim como nas enzimas microbianas (JHA et al., 1992). No entanto, Ross et al. (1995) não encontraram

interferências das variações temporais nas concentrações de biomassa microbiana C, N e P em solos de pastos, mas a produção de CO₂ foi maior na primavera e se correlacionou com a quantidade de C disponível.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Experimento 1 – Sistema de Manejo do Gado

O experimento foi conduzido no setor de bovinocultura da Estação Experimental da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, UNESP - Campus de Jaboticabal, localizada na região norte do Estado de São Paulo, geograficamente definida pelas coordenadas de 21°18'22" latitude Sul e 48°18'58" longitude Oeste de Greenwich. A altitude local é de 595 m, em média, e o clima, segundo a classificação de Köppen, do tipo subtropical, com chuvas de verão e inverno seco. As médias anuais encontradas foram de 1230 mm para precipitação pluviométrica, e para temperatura de 21 °C variando de 17,4 a 29,4°C (Tabela 1), sendo a umidade relativa do ar de 70%. O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Eutrófico (EMBRAPA, 1999). A caracterização química e a análise granulométrica do solo encontram-se nas Tabelas 2 e 3, respectivamente.

3.1.1 Histórico da área

Desde 1997, os pastos estão recobertos por braquiária (*Brachiaria brizantha* cv. marandu). Com a implantação da braquiária, o pastejo rotacionado foi o adotado como sistema de manejo. Anteriormente, a gramínea existente na área era a batatais (*Paspalum notatum*). Foram aplicadas na área experimental duas toneladas de calcário calcítico ha⁻¹. Na época das águas, foi feita adubação nitrogenada em cobertura (150 kg N ha⁻¹ ano⁻¹). No período de seca, nos pastos rotacionado e contínuo, foi feita suplementação de 25 kg de silagem de milho e 2,5 kg de concentrado (grãos de milho e soja), por animal.

Os sistemas de pastejo avaliados foram: Pasto rotacionado – com 8 unidades animal (sendo que cada unidade animal corresponde a 450 kg), com permanência em cada piquete por 5 a 6 dias. A área total de 3 ha foi dividida em 5 piquetes; Pasto contínuo – com 8 unidades animal, com pastejo contínuo numa área total de 3 ha

dividida em 5 piquetes; e Pasto controle – área sem animais pastejando. Os bovinos utilizados eram da raça Canchim (60% Charolez + 40% Nelore).

Tabela 1. Dados meteorológicos da região de Jaboticabal*.

Mês/Ano	Precipitação (mm)		Temperatura (°C)	
	2005	2006	2005	2006
Janeiro	358,5	237,0	24,1	25,0
Fevereiro	81,2	416,4	24,3	24,2
Março	128,0	136,9	24,3	24,5
Abril	59,6	10,4	23,9	22,4
Maio	127,4	4,0	20,6	18,7
Junho	30,1	10,3	19,7	18,9
Julho	46,5	3,2	18,3	20,0
Agosto	-	19,1	21,3	22,0
Setembro	58,2	37,6	21,9	22,1
Outubro	56,4	184,5	25,2	23,7
Novembro	41,7	166,8	24,3	24,1
Dezembro	242,6	221,0	23,5	24,4
Total	1230,2	1447,2	-	-
Média	111,8	120,6	22,6	22,5

* As informações meteorológicas foram extraídas do conjunto de dados do acervo do setor de Agrometeorologia do Departamento de Ciências Exatas, da Unesp - Campus de Jaboticabal.

As coletas das amostras de solo foram realizadas no outono, primeira quinzena de abril; inverno, primeira quinzena de julho; primavera, segunda quinzena de novembro e verão, primeira quinzena de fevereiro, durante o período de um ano (2005 – 2006). Cada amostra foi composta de 6 amostras simples, retiradas nas profundidades de 0 – 0,05, 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m. As amostras de solo foram levadas para o laboratório, peneiradas com malha quadrada com 2 mm de lado e homogeneizadas. Cada amostra foi dividida em duas partes, sendo que uma parte foi

mantida a 7°C até o momento de uso e a outra parte seca ao ar (TFSA) e conservada em temperatura ambiente (28°C).

Tabela 2. Composição química do solo sob diferentes sistemas de manejo do gado, em diferentes profundidades.

Manejo	Profundidade (m)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	SB	T	V %
Controle*	0 – 0,05	4,9	24	17	0,8	15	10	31	25,8	56,8	45
	0,05 – 0,10	4,8	22	9	0,7	13	8	28	21,7	49,7	44
	0,10 – 0,20	4,6	20	8	0,6	14	7	34	21,6	55,6	39
Rotacionado	0 – 0,05	5,2	26	13	1,1	22	15	25	38,1	63,1	60
	0,05 – 0,10	5,0	24	10	1,1	19	11	31	31,1	62,1	50
	0,10 – 0,20	4,8	21	6	1,0	12	9	31	22,0	53,0	42
Contínuo	0 – 0,05	5,0	24	10	1,2	18	11	28	30,2	58,2	52
	0,05 – 0,10	4,8	23	7	1,1	15	9	31	25,1	56,1	45
	0,10 – 0,20	4,7	19	5	1,0	13	8	34	22,0	56,0	39

* sem a presença do gado.

Tabela 3. Análise granulométrica do solo sob diferentes sistemas de manejo do gado, nas diferentes profundidades.

Manejo	Profundidade (m)	Argila	Limo	Areia		Classe Textural
				Fina	Grossa	
----- g kg ⁻¹ -----						
Controle*	0 – 0,05	270	50	360	320	Média
	0,05 – 0,10	280	70	340	310	Média
	0,10 – 0,20	290	40	330	340	Média
Rotacionado	0 – 0,05	270	60	330	340	Média
	0,05 – 0,10	280	70	330	320	Média
	0,10 – 0,20	300	60	350	290	Média
Contínuo	0 – 0,05	300	70	340	290	Média
	0,05 – 0,10	310	70	340	280	Média
	0,10 – 0,20	330	50	340	280	Média

* sem a presença do gado.

3.2 Experimento 2 – Sistema de Manejo das Culturas

O experimento foi conduzido nas fazendas Barracão e São João, no Município de Guaíra, localizadas na região paulista da Alta Mogiana, Estado de São Paulo,

geograficamente definida pelas coordenadas de 20°20'25'' latitude Sul e 48°23'90'' longitude Oeste de Greenwich. A altitude local é de 490 m, em média, e o clima segundo a classificação de Köppen, do tipo subtropical, com chuvas de verão e inverno seco (Cwa). A precipitação pluviométrica é de 1300 mm, com temperatura média anual de 24°C. O solo da área foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (EMBRAPA, 1999). A caracterização química e a análise granulométrica do solo encontram-se nas Tabelas 4 e 5, respectivamente.

3.2.1 Descrição dos tratamentos

Foram estudados quatro sistemas, tendo em vista a avaliação do efeito do manejo das culturas. Os sistemas de manejo foram os seguintes:

- a) Plantio Direto – PD;
- b) Sistema Integrado Agricultura - Pecuária – PD-I;
- c) Cultivo Convencional – CC;
- d) Mata Natural – Mata.

O sistema PD foi implantado em 2000, e desde então, a cultura da soja vem sendo adotada. A cada três anos, a soja foi substituída pelo milho, e além do mais, na entre safra tem sido cultivado o milho safrinha ou sorgo. A semeadura da soja CD 208 (Coodetec) foi realizada no dia 20 de novembro de 2005, com semeadora-adubadora, marca Tatu/Marchesan, modelo PST 3, configurada com disco de corte de palha, haste sulcadora para a deposição de adubo, discos desencontrados para a deposição de semente e espaçamento entre linhas de 0,50 m, e com adubação de 225 kg ha⁻¹ da formulação 02-20-25 + micronutrientes. O inoculante foi utilizado no momento da semeadura da soja. Trinta dias após a emergência, as plântulas receberam adubação foliar com Co+Mo. Ainda no sistema PD, foram efetuadas duas aplicações de herbicidas e três aplicações de fungicidas.

Tabela 4. Composição química do solo sob diferentes sistemas de manejo das culturas, nas diferentes profundidades.

Manejo ⁽¹⁾	Profundidade (m)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al mmolL _c dm ⁻³	Al	SB	T	V %
PD	0 – 0,10	6,2	25	64	3,5	52	20	17	0	75	91	81
	0,10 – 0,20	6,4	22	47	1,3	48	19	14	0	69	83	82
	0,20 – 0,30	6,4	18	16	1,5	36	18	16	0	55	70	75
PD-I	0 – 0,10	4,4	42	15	2,0	23	13	75	3	38	113	33
	0,10 – 0,20	4,2	36	13	1,5	14	8	69	4	23	92	24
	0,20 – 0,30	4,3	32	10	1,1	11	7	59	3	19	78	23
CC	0 – 0,10	6,0	27	66	2,4	50	14	21	0	66	87	76
	0,10 – 0,20	5,4	23	37	1,2	29	8	28	0	39	66	58
	0,20 – 0,30	5,6	21	19	1,4	26	8	26	0	35	61	57
Mata	0 – 0,10	5,7	34	79	4,9	60	15	26	0	79	105	75
	0,10 – 0,20	5,7	30	56	4,3	54	12	26	0	70	96	73
	0,20 – 0,30	5,8	24	22	3,7	44	10	22	0	58	80	72

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional.

Tabela 5. Análise granulométrica do solo sob diferentes sistemas de manejo das culturas, média das diferentes profundidades.

Manejo ⁽¹⁾	Argila	Silte	Areia	
			Fina	Grossa
			g kg ⁻¹	
PD	477	382	96	45
PD-I	568	277	93	62
CC	611	245	91	53
Mata	707	173	71	49

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional.

O sistema de plantio direto teve como característica principal o revolvimento do solo somente na linha de semeadura, mantendo os resíduos vegetais em sua superfície.

O sistema PD-I foi implantado em 2000, sendo a cultura agrícola estabelecida no sistema PD. Este sistema diferiu do PD devido à integração com a pecuária, utilizando-se o Sistema Santa Fé de manejo do gado, originado no Estado de Goiás. Neste sistema, a braquiária (*Brachiaria sp.*) foi utilizada para a formação de pasto e semeada

juntamente com a operação de adubação de cobertura do milho. A planta de milho se desenvolve primeiro, ficando a braquiária com seu crescimento prejudicado, devido ao sombreamento. Com a maturação e secamento do milho, a braquiária então continua seu desenvolvimento, ganhando tempo e condições favoráveis para a formação do pasto. Neste sistema, a cultura do milho foi rotacionado com a soja a cada três anos, e na entre safra (outono-inverno) pelo pastoreio. Após a formação da pastagem, em meados de maio/junho, o gado foi colocado permanecendo até a primeira quinzena de outubro. A área total foi de 38 ha com 7 a 8,5 U/A (unidade animal) por ha. Os bovinos utilizados foram da raça Nelore. A soja foi semeada no dia 03 de dezembro de 2005, utilizando-se a cultivar MG/BR 46 – Conquista, com semeadora-adubadora, marca Tatu/Marchesan, modelo PST 3, configurada com disco de corte de palha, haste sulcadora para a deposição de adubo, discos desencontrados para a deposição de semente e espaçamento entre linhas de 0,50 m, e com adubação de 225 kg ha⁻¹ da formulação 02-20-18 + micronutrientes. Trinta dias após a emergência das plântulas, foram feitas uma adubação potássica de cobertura, a lanço, na dose de 50 kg ha⁻¹ de KCl, e uma adubação foliar com Co+Mo. Ainda no sistema PD-I, foram efetuadas duas aplicações de herbicidas e quatro de fungicidas.

No Sistema CC, para o preparo do solo tem sido utilizados uma aração e duas passadas de grade niveladora, há mais de vinte anos. Entretanto, na safra avaliada, o agricultor optou pela não utilização da aração, efetuando apenas uma passada de grade niveladora para posterior semeadura. A soja MG/BR 48 (Garimpo RCH) foi semeada no dia 15 de novembro de 2005, utilizando 350 kg ha⁻¹ da formulação 03-15-15. Foram feitas 4 aplicações de fungicidas e 3 aplicações de inseticidas. A semeadora-adubadora utilizada foi a Tatu, configurada com discos para deposição de adubo e semente e com espaçamento entre linhas de 0,53 m.

A mata natural possui características típicas de um cerrado.

A coleta das amostras de solo foi feita na estação do verão, durante o período de janeiro e fevereiro do ano de 2006, durante o período de enchimento dos grãos. Cada amostra foi composta de 10 amostras simples, retiradas nas profundidades de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m. As amostras de solo foram levadas para o laboratório,

peneiradas com malha quadrada com 2 mm de lado e homogeneizadas. Cada amostra foi dividida em duas partes, sendo que uma parte foi mantida a 7°C até o momento de uso e a outra parte seca ao ar (TFSA) e conservada em temperatura ambiente (28°C).

3.3 Delineamento experimental e análise estatística

O delineamento experimental para o sistema de manejo do gado foi o trifatorial inteiramente casualizado, com parcelas subdivididas, cujos tratamentos foram os sistemas de manejo do gado (pastejos rotacionado, contínuo e controle) em três profundidades do solo (0 - 0,05, 0,05 - 0,10, 0,10 - 0,20 m), sob a influência das 4 estações do ano, com 5 repetições cada.

Para o sistema de manejo das culturas, utilizou-se o modelo linear com um único fator – tratamento como delineamento experimental, que foram os sistemas de cultivo, ou seja, plantio direto, sistema integrado agricultura - pecuária, cultivo convencional e a mata, em três profundidades (0 - 0,10, 0,10 - 0,20, 0,20 - 0,30 m), com 6 repetições cada, sob a influência de uma única estação. Para a contagem de microrganismos, as médias foram transformadas para $\log(x+1)$, onde x é igual ao número de unidades formadoras de colônias (UFC).

Na análise estatística, foi utilizado o programa SAS (1990). O teste de Tukey ($P < 0,05$) foi empregado para comparação de médias. Nos sistemas de manejo do gado e no manejo das culturas, a comparação das médias foi feita pelo desdobramento da interação tríplice (estação x manejo x profundidade) e da interação dupla (manejo x profundidade), respectivamente. Quando a interação tríplice não ocorreu, a comparação das médias foi feita pelo desdobramento da interação dupla (manejo x profundidade), (estação x profundidade) e (estação x manejo); e quando a interação dupla não ocorreu, foi feita comparação das médias individuais (manejo) e (profundidade), nos sistemas de manejo do gado e no manejo das culturas, respectivamente.

Dois métodos multivariados foram utilizados: Análise de Agrupamento e Análise de Componentes Principais (SNEATH e SOKAL, 1973).

A análise de agrupamento foi realizada calculando-se a distância euclidiana entre as unidades, para o conjunto das 15 variáveis microbiológicas do solo, e utilizando o algoritmo de Ward para a obtenção dos agrupamentos das unidades experimentais similares, no sistema de manejo do gado. Para o sistema de manejo das culturas, o conjunto das variáveis microbiológicas do solo foi de 12. O resultado da análise foi apresentado em forma gráfica (dendrograma), que auxiliou na identificação dos agrupamentos das unidades experimentais. As unidades experimentais foram representadas pelas notações: E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o manejo do gado j (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo) e T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j (1 = 0 – 0,10 m; 2 = 0,10 – 0,20 m; 3 = 0,20 – 0,30 m) para o sistema de manejo do gado e das culturas, respectivamente.

A análise de componentes principais permitiu reduzir um conjunto de p variáveis ($p = 15$ e 12 , no caso) a um novo conjunto de duas novas variáveis (os componentes principais), de forma tal que cada componente principal representasse uma combinação linear das 15 ou 12 variáveis, capazes de reter grande quantidade da informação fornecida pelo conjunto das variáveis originais. Desta forma, cada unidade experimental, que é definida por 15 e 12 variáveis microbiológicas do solo, passou a ser caracterizado por duas novas variáveis, o que possibilitou a localização das unidades em figuras bidimensionais (ordenação das unidades componentes principais). A adequação desta análise é verificada pela quantidade da informação total das variáveis originais retidas pelos dois componentes principais.

A utilização conjunta dos dendrogramas (análise de agrupamento) e das figuras bidimensionais com a localização das unidades (análise de componentes principais) permitiu inferir os agrupamentos de unidades experimentais similares.

A análise de componentes principais possibilitou, também, verificar a capacidade discriminatória das 15 e 12 variáveis originais no processo de agrupamento. Este estudo está relacionado com a contribuição de cada variável para os dois componentes principais, traduzido pelo coeficiente de correlação entre a variável original e o

componente principal, que representa o peso da variável no componente (HAIR et al., 2005). Quanto maior esse peso, maior a capacidade discriminatória da variável.

3.4 Contagens de Microrganismos

3.4.1 Meios de cultura

Foram utilizados os meios de Bunt e Ruvira e de Martin para quantificação do número de unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias e fungos, respectivamente.

- Meio de Bunt e Ruvira (BUNT e RUVIRA, 1955):

Glicose	5,0g
K ₂ HPO ₄	0,4g
(NH ₄) ₂ H ₂ PO ₄	0,5g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,1023g
MgCl ₂ .6H ₂ O	0,2133g
FeCl ₃ .6H ₂ O	0,0170g
CaCl ₂ .2H ₂ O	0,1325g
Peptona	1,0g
Extrato de levedura	1,0g
Extrato de solo	250mL
H ₂ O corrente	750mL
Ágar	15,0g
pH	7,4

- Meio de Martin (MARTIN, 1950):

KH ₂ PO ₄	0,5g
---------------------------------	------

K ₂ HPO ₄	0,5g
Glicose	10,0g
Peptona	5,0g
Extrato de levedura	0,5g
MgSO ₄ .7H ₂ O	0,5g
Rosa de bengala	0,07g
H ₂ O q.s.p.	1000mL
Ágar	20,0g
pH	5,6
Agrovet (penicilina e estreptomicina)	100mg mL ⁻¹

Para estimar o número de unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias e fungos totais foi empregada a metodologia de diluição em série, conforme Wollum II (1982). Amostras de 10 g de solo foram suspensas em 95 ml de solução de pirofosfato de sódio 0,1%, e agitadas por trinta minutos em agitador horizontal. A partir das soluções suspensas, foram realizadas diluições sucessivas com alíquotas de 1,0 mL, sendo transferidas para tubos de ensaio contendo 9 mL de solução de pirofosfato de sódio 0,1%. O número de UFC de bactérias e fungos totais foi estimado utilizando-se 5 repetições por diluição (10^{-1} – 10^{-4}) por tratamento, com o emprego de meios de cultura específicos. Após o processo de diluição, foi realizado o plaqueamento por “pour plate” em placas de Petri esterilizadas. As placas foram incubadas à temperatura de 30°C por 24 horas para bactérias e 72 horas para fungos, e após este período, foi feita a contagem do número de colônias existentes, conforme Vieira e Nahas (2005), com auxílio de uma lupa com aumento de 6 vezes.

3.5 Análises Microbiológicas

3.5.1 Carbono da biomassa microbiana

Para a determinação do carbono da biomassa microbiana, utilizou-se o método de fumigação – extração proposto por Vance et al. (1987). O fator de correção (K_c) utilizado foi de 2,64. Foram pesados 10 g de solo úmido em béquer, sempre duas amostras, uma para ser fumigada e outra para ser extraída de imediato, considerando o controle. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Para fumigação, as amostras foram colocadas em dessecador, previamente forrado com papel de filtro úmido para manter a umidade, um béquer com aproximadamente 30 mL de água destilada e outro com 50 mL de clorofórmio isento de álcool e contendo pérolas de vidro dispostas no seu interior. O conjunto foi submetido a vácuo, por 5 minutos, até o clorofórmio borbulhar. Em seguida, o dessecador contendo as respectivas amostras fumigadas foi mantido por 24 horas em estufa BOD a 28°C. Após esse período, foram retirados do dessecador os béqueres com a água destilada e com o clorofórmio e, também, o papel de filtro umedecido, deixando-se apenas os béqueres contendo o solo. A seguir, foi realizado vácuo para a remoção dos vapores de clorofórmio. A extração das amostras fumigadas e não fumigadas foi feita transferindo-se o solo para erlenmeyer de 125 mL e adicionando-se 50 mL de solução extratora de sulfato de potássio 0,5 M. Foram agitados por uma hora em agitador horizontal e a mistura foi filtrada em papel de filtro, sendo o filtrado armazenado em câmara fria (7°C) até o momento da determinação. Para a determinação, foram pipetados 8 mL do filtrado em erlenmeyer de 125 mL, 2 mL de solução de dicromato de potássio 0,066 M, 5 mL de ácido ortofosfórico 88% e 10 mL de ácido sulfúrico 98%. A mistura foi submetida ao banho-maria em ebulição por uma hora. Com água destilada, o volume foi ajustado para 75 mL. Depois que a solução atingiu a temperatura ambiente, foram adicionados 3 gotas de solução de difenilamina 1% e titulou-se com solução de sulfato ferroso amoniacal 0,033 M em solução de ácido sulfúrico 0,4 M, até a mudança da cor azul para verde garrafa. Em cada avaliação foi

feito um branco com 8 mL de sulfato de potássio 0,5 M em substituição ao extrato de solo.

3.5.2 Nitrogênio da biomassa microbiana

O conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana do solo foi determinado mediante o emprego da metodologia proposta por Brookes et al. (1985), a partir de amostras de solo fumigadas e não fumigadas, ou seja, mesmos extratos obtidos para determinação do carbono da biomassa. O fator de correção (Kn) utilizado foi de 0,45. Para a determinação, foram colocados 5 mL do filtrado e 5 mL da mistura digestora em um tubo digestor. Digeriu-se, por três horas, até se obter uma solução clara, levemente azulada. A seguir, a parede do tubo foi lavada com água destilada e depois de frio, foram acrescentados 15 mL de NaOH 10 M, levando-se ao destilador, sendo recolhidos 40 mL em erlenmeyer de 50 mL, contendo 5 mL de solução indicadora, previamente pipetada. Por último, titulou-se o destilado com solução de ácido sulfúrico 0,001 M (ou 0,002N) até a mudança da cor verde para rosa. Em cada avaliação, determinou-se um branco substituindo-se o extrato por 5 mL de sulfato de potássio 0,5 M.

3.5.3 Fósforo da biomassa microbiana

O fósforo da biomassa microbiana foi determinado pelo método proposto por Brookes et al. (1982). Foram pesados 2,5 g de solo úmido em béquer, sempre três amostras, uma para ser fumigada, outra para adição de fosfato de potássio (KH_2PO_4) e outra para ser extraída de imediato, considerando o controle. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Para fumigação, as amostras foram colocadas em dessecador, previamente forrado com papel de filtro úmido para manter a umidade, um béquer com aproximadamente 30 mL de água destilada e outro com 50 mL de clorofórmio isento de álcool e contendo pérolas de vidro dispostas no seu interior. Este conjunto foi submetido a vácuo por 5 minutos, até o clorofórmio borbulhar. Em seguida, o dessecador contendo as respectivas amostras fumigadas foi mantido, por 24 horas, em estufa BOD a 25°C.

Após esse período foram retirados do dessecador os béqueres com a água destilada e com o clorofórmio e, também, o papel de filtro umedecido, deixando-se apenas os béqueres com os solos. A seguir, realizou-se novamente o vácuo para a remoção dos vapores de clorofórmio. As amostras não fumigadas e as amostras contendo $25 \mu\text{g P (KH}_2\text{PO}_4) \text{ g}^{-1}$ solo seco também foram incubadas, por 24 horas, em estufa BOD, a 25°C . A extração das amostras fumigadas, não fumigadas e contendo P foi feita transferindo-se o solo para erlenmeyer de 125 mL, onde foram adicionados 50 mL de solução extratora de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) 0,5M pH 8,5. Agitou-se por trinta minutos em agitador horizontal e filtrou-se a mistura em papel de filtro, cujo filtrado foi armazenado em câmara fria (7°C) até o momento da determinação. Para a determinação do fósforo da biomassa microbiana foi utilizado o método proposto por Watanabe e Olsen (1965). Foram pipetados 2 mL do filtrado em tubo de ensaio, onde foram adicionados 0,2 mL de solução de ácido sulfúrico 5 N e 0,8 mL de reagente B. Todos os tubos foram agitados e submetidos a incubação em banho-maria, a 45°C , por vinte minutos. Após a incubação, foi feita a leitura das amostras no espectrofotômetro em absorbância de 820 nm. O mesmo procedimento foi utilizado para os três tipos de amostras (fumigada, não fumigada e a com adição de P). Em cada avaliação foi feito um branco com 2 mL de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) 0,5M pH 8,5, em substituição ao extrato de solo.

3.5.4 Atividade respiratória microbiana

A atividade respiratória microbiana (carbono do CO_2 liberado) foi determinada segundo metodologia descrita por Rezende et al. (2004a). Em frasco com tampa, com capacidade para 2,5 L, colocou-se 100 g de solo úmido. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Em seguida, foram dispostos no interior do frasco dois béquers, um contendo 10 mL de água destilada e outro contendo 10 mL de NaOH 0,5 M. Os frascos foram vedados com filme plástico seguido da tampa e foram mantidos à 28°C . Após o sétimo dia de incubação, foi retirado o béquer contendo NaOH, ao qual foram adicionados 2 mL de solução de cloreto de bário 30%, três gotas de solução de fenolftaleína 1%, titulando-se com solução de HCl 0,5 M, até a viragem da cor rosa

escuro para incolor. Foram incluídos 6 frascos controle (sem solo), somente com os referidos béquers, cujo resultado final foi descontado.

3.5.5 Atividade nitrificante

A atividade nitrificante do solo foi determinada mediante o emprego da metodologia proposta por Schmidt e Belser (1994). Foram pesados 10 g de solo úmido em placas de petri, com duas repetições de cada amostra de solo, uma com e outra sem adição de 160 μg N-NH₄ ((NH₄)₂SO₄) g⁻¹ solo seco. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Depois, as amostras foram mantidas em estufa BOD, por 21 dias, a 30°C. Após o período de incubação, 8 g de solo de cada amostra, com e sem N-NH₄, foram pesadas e transferidas para um erlenmeyer de 125 mL. A extração das amostras foi feita adicionando-se 50 mL de solução extratora, cloreto de potássio (KCl) 1M. Agitou-se por uma hora, em agitador horizontal, e filtrou-se a mistura em papel de filtro, cujo filtrado foi armazenado em câmara (7°C) fria até o momento da determinação. Para a determinação por titulação, foi utilizado o método proposto por Keeney e Nelson (1982). Para determinação inicial da amônia (NH₄), em um tubo digestor com saída lateral, foram acrescentados 10 mL do filtrado que foi levado ao destilador onde foi acrescentado, pela saída lateral do tubo, 0,2 g de óxido de magnésio. Em seguida, foram recolhidas 40 mL, em erlenmeyer de 50 mL, contendo 5 mL de solução indicadora, previamente pipetada. Titulou-se o destilado com solução de ácido sulfúrico 0,0025 M até a mudança da cor verde para rosa. Utilizando-se as mesmas amostras que estavam nos tubos digestores com saída lateral e, após o seu resfriamento, foi acrescentado 1 mL de ácido sulfâmico que foi levado ao destilador onde foi acrescentado, pela saída lateral do tubo, 0,2 g de liga devarda. Em seguida, recolheu-se 40 mL, em erlenmeyer de 50 mL contendo 5 mL de solução indicadora, previamente pipetada. Titulou-se o destilado com solução de ácido sulfúrico 0,0025 M até a mudança da cor verde para rosa. Determinou-se assim a presença de nitrato (NO₃) nas amostras. O mesmo procedimento foi utilizado para as amostras com e sem N-NH₄. Em cada avaliação, determinou-se um branco substituindo-se o extrato por 10 mL de cloreto de potássio (KCl) 1M .

3.5.6 Atividade solubilizadora de fosfato

Para a atividade solubilizadora do solo, foram pesados 10 g de solo úmido em placas de petri, com duas repetições de cada amostra de solo, uma sem e outra com adição de 38,4 mg fluorapatita g^{-1} solo seco. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. As amostras foram mantidas em estufa BOD, por 30 dias, a 30°C. Para a extração e determinação foi utilizado o método proposto por Watanabe e Olsen (1965). Após o período de incubação, 0,6 g de solo de cada amostra, com e sem P, foram pesadas e transferidas para um erlenmeyer de 125 mL. A extração das amostras foi feita adicionando-se 12 mL de solução extratora de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) 0,5 M pH 8,5. Agitou-se, por trinta minutos, em agitador horizontal e filtrou-se a mistura em papel de filtro, cujo filtrado foi armazenado em câmara fria (7°C) até o momento da determinação. Foram pipetados 2 mL do filtrado em tubo de ensaio, adicionou-se 0,2 mL de solução de ácido sulfúrico 5 N e 0,8 mL de reagente B. Todos os tubos foram agitados e submetidos a incubação em banho-maria, a 45°C, por vinte minutos. Após a incubação, a leitura das amostras foi feita em espectrofotômetro, na absorbância de 820 nm. O mesmo procedimento foi utilizado para os dois tipos de amostras (sem e com adição de P). Em cada avaliação foi feito um branco com 2 mL de bicarbonato de sódio (NaHCO_3) 0,5M pH 8,5, em substituição ao extrato de solo.

3.5.7 Atividade enzimática da celulase

A determinação da atividade da enzima celulase foi realizada com base no procedimento de Kanazawa e Miyashita (1986). Pesou-se 1 g de solo úmido em tubo de ensaio. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Adicionaram-se 0,2 mL de tolueno e 10 mL de substrato carboximetilcelulose (CMC). Os tubos foram agitados e mantidos em banho-maria, a 50°C, por quatro horas. Para cada amostra, fez-se um controle acrescentando 0,2 mL de tolueno e 10 mL de substrato carboximetilcelulose (CMC). Após o período de incubação, o líquido dos tubos foi passado para tubos de centrífuga e levados para centrifugação, por dez minutos, em 10.000 rotações por

minuto (rpm). O sobrenadante foi, então, armazenado em frascos de penicilina, onde foram armazenados em câmara fria (7°C). Pipetaram-se 1 mL do centrifugado em tubos de ensaio ao qual foi adicionado 1 mL de reagente cúprico alcalino e agitado vigorosamente. Os tubos foram tampados com filme plástico e levados para incubação em banho-maria, em ebulição, por vinte minutos. Após o período de incubação, foram acrescentados 1 mL de reagente arsenomolibdato e 5 mL de água destilada. Os tubos foram agitados novamente e, então, efetuou-se a leitura da absorbância em espectrofotômetro com comprimento de onda correspondente a 660 nm. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão com solução de glicose.

3.5.8 Atividade enzimática da urease

A determinação da atividade da enzima urease foi realizada com base no procedimento de McGarity e Myers (1967). Foram pesados 2 g de solo úmido em tubo de ensaio. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Adicionaram-se 0,1 mL de tolueno, que foi deixado em repouso, por 15 minutos, e foram acrescentados 2 mL de tampão fosfato 0,1 M pH 6,7 e 1 mL de uréia 10%. Os tubos foram agitados e incubados em banho-maria, a 37°C, por três horas. Para cada amostra, fez-se um controle, acrescentando-se 1 mL de uréia após a incubação. Após o período de incubação, acrescentaram-se 3 mL de água destilada e agitaram-se os tubos vigorosamente. O líquido dos tubos foi passado para tubos de centrífuga e levados para centrifugação, por dez minutos, em 10.000 rotações por minuto (rpm). O sobrenadante foi, então, armazenado em frascos de penicilina, onde foram armazenados em câmara fria (7°C). Foram pipetados 0,1 mL do centrifugado em tubos de ensaio. Adicionaram-se 2,1 mL de água destilada, 0,5 mL de fenolato e 0,3 mL de hipoclorito 0,9% de cloro ativo. Agitaram-se vigorosamente os tubos e efetuou-se nova incubação, agora em temperatura ambiente, por uma hora. Após o período de incubação, foi feita leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda correspondente a 630 nm. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão com solução de sulfato de amônia.

3.5.9 Atividade enzimática da protease

A determinação da atividade da enzima protease foi realizada com base no procedimento de Nannipieri et al. (1979). Pesou-se 1 g de solo úmido em tubo de ensaio. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Adicionaram-se 2,5 mL de solução de caseína 1% em tampão tris-HCl 0,1M pH 8,1 e incubou-se em banho-maria, a 52°C, por 1 hora. Após este período, foi acrescentado 1,0 mL de ácido tricloroacético 17,5% e os tubos foram agitados vigorosamente. Para cada amostra, fez-se um controle acrescentando-se 2,5 mL de solução de caseína 1% em tampão tris-HCl 0,1M pH 8,1, após a incubação. O líquido foi passado para tubos de centrifuga e levados para centrifugação, por dez minutos, em 10.000 rotações por minuto (rpm). O sobrenadante foi, então, recolhido em frascos de penicilina, onde foram armazenados em câmara fria (7°C). Pipetaram-se 1 mL do centrifugado em tubos de ensaio e adicionaram-se 7,0 mL de solução de Na₂CO₃ 3,7% e 1,0 mL de solução CuSO₄.5H₂O 0,06%. Agitaram-se vigorosamente os tubos e efetuou-se nova incubação, agora em temperatura ambiente, por 30 minutos. Após o período de incubação, acrescentaram-se 1 mL de reagente de Folin (1:4) e incubou-se, novamente, agora em banho-maria, a 37°C, por 5 minutos. Após o período foi feita leitura da absorbância em espectrofotômetro no comprimento de onda correspondente a 578 nm. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão com solução de tirosina.

3.5.10 Atividade enzimática da fosfatase ácida

A determinação da atividade da enzima fosfatase ácida foi realizada com base no procedimento de Tabatabai e Bremner (1969). Foram pesados 0,2 g de solo úmido em tubo de ensaio. A capacidade de campo foi ajustada para 60%. Adicionaram-se 4 mL de tampão acetato 0,1 M, pH 5,4 e colocaram-se os tubos em banho-maria, à 37°C, por 5 minutos, para equilibrar a temperatura. Foram adicionados 1 mL de solução de p-nitrofenil fosfato 30 mM, agitando-os levemente. O período de incubação foi cronometrado por, no máximo, trinta minutos. Após a incubação, acrescentou-se 1 mL

de solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,5 M e 4 mL de hidróxido de sódio (NaOH) 0,5 M e agitou-se vigorosamente a mistura nos tubos. Filtrou-se o conteúdo em papel de filtro “F. Maia”, faixa azul, nº 42, fazendo, em seguida, a leitura da absorbância do filtrado em espectrofotômetro no comprimento de onda correspondente a 405 nm. Para cada amostra, fez-se um controle acrescentando-se a solução de p-nitrofenil fosfato 30 mM, após a adição da solução de cloreto de cálcio 0,56 M e da solução de hidróxido de sódio 0,5 M. Os resultados foram calculados a partir de uma curva padrão com solução de p-nitrofenol.

3.6 Análises Químicas do Solo

3.6.1 Carbono orgânico

O carbono orgânico foi determinado de acordo com a metodologia proposta por Sims e Haby (1971). Pesou-se 1 g da amostra de solo seco em erlenmeyer de 250mL e adicionaram-se 10 mL de solução de dicromato de potássio 0,5 M e 20 mL de ácido sulfúrico concentrado, deixando-se a mistura em descanso, por trinta minutos, à temperatura ambiente. Após esse período, o volume foi ajustado para 100 mL com água destilada e a mistura foi filtrada em papel de filtro, fazendo-se a leitura do filtrado em espectrofotômetro no comprimento de onda correspondente a 600 nm. Em cada avaliação, fez-se um branco omitindo-se o solo. O teor de carbono orgânico foi calculado com base numa curva padrão determinada com solução de sacarose 7%, seca a 105 °C, por duas horas.

3.6.2 Nitrogênio total Kjeldahl (NTK)

O nitrogênio total do solo foi determinado através do método proposto por Bremner e Mulvaney (1982). Pesou-se 1 g de solo seco em tudo de ensaio tipo Kjeldahl de 100 mL e adicionaram-se 1,1 g de mistura catalítica e 3,0 mL de ácido sulfúrico concentrado, procedendo-se a digestão, por 3 horas. Após o resfriamento do frasco,

completou-se, com uma proveta, o volume para 15 mL com água destilada. Em seguida, procedeu-se a destilação. Adicionaram-se 20 mL de NaOH 10 M, iniciando-se a destilação de nitrogênio, recolhendo-se 30 mL em erlenmeyer de 50 mL, contendo, previamente pipetado, 5 mL de solução indicadora de ácido bórico. Titulou-se o destilado com solução de ácido sulfúrico 0,02 M até a mudança da cor verde para rosa. Em cada avaliação, fez-se um branco omitindo-se o solo. O teor de nitrogênio total foi calculado com base numa curva padrão determinada com solução de sulfato de amônia.

3.6.3 Fósforo orgânico

O método utilizado foi proposto por Saunders e Willians (1955). Foram pesados 4 g de solo seco em cadinho de porcelana, levando a mufla a 550°C, por 30 minutos. Após a ignição, deixou-se esfriar e transferiu-se o solo para um erlenmeyer de 250 mL. Como controle, foram colocados diretamente 4 g de solo seco nos erlenmeyers. Foram acrescentados 100 mL de solução de ácido sulfúrico 0,05 N e agitou-se por 15 minutos, em agitação circular vigorosa. Filtrou-se o conteúdo em papel de filtro para, em seguida, proceder à determinação. Foram pipetados 4 mL do filtrado em tubo de ensaio e adicionaram-se 0,1 mL de solução ácido sulfúrico 5 N, 0,25 mL de solução de molibdato de sódio e 0,1 mL de solução de cloreto estanhoso 1,0 %, agitou-se e deixou em repouso por 10 minutos, procedendo a leitura da absorbância no comprimento de onda de 660 nm. O teor de fósforo orgânico foi calculado com base numa curva padrão determinada com solução composta de 0,04393 g de KH_2PO_4 dissolvido em 100 mL de água destilada. Dessa solução, tomou-se 10 mL e completou-se o volume para 100 mL com ácido sulfúrico 0,05N, obtendo-se $10 \mu\text{g P mL}^{-1}$.

3.6.4 pH

O pH do solo foi determinado por meio do método proposto por Van Raij et al. (1987). Pesaram-se 10 mL de solo seco em erlenmeyer de 125 mL. Adicionaram-se 25

mL da solução de cloreto de cálcio (CaCl_2) 0,01 M e deixou-se em repouso, por 15 minutos, para umedecer a amostra, antes de serem levados para agitação circular vigorosa, por cinco minutos. Após agitação, as amostras ficaram em repouso por trinta minutos, para que houvesse a precipitação da suspensão do solo e, posteriormente, foi feita a leitura do pH em um pHmetro.

3.6.5 Matéria orgânica

O teor de matéria orgânica do solo (%) foi determinado de acordo com o método proposto por De Bôer et al. (1988), onde 10 g de amostra de solo seco foram colocados na mufla a 550 °C por 24 horas. Após o resfriamento, até aproximadamente 100 °C, as amostras foram retiradas da mufla e colocadas em um dessecador com sílica indicadora. Pesou-se o cadinho mais a amostra seca novamente. A matéria orgânica foi determinada pela diferença de peso obtido, ou seja, amostra seca, menos amostra após combustão, igual % de matéria orgânica do solo.

3.6.6 Composição química do solo

A composição química do solo foi determinada seguindo metodologia proposta por Van Raij e Quaggio (1983) (Tabelas 2 e 4). Estas análises foram realizadas no Laboratório de Análise de Solo e Planta do Departamento de Solos e Adubos, da Unesp – Campus de Jaboticabal.

4. RESULTADOS

4.1 Efeito do Sistema de Manejo do Gado

A Tabela 6 mostra que o sistema de manejo do gado, a estação do ano, a profundidade do solo, bem como, suas interações influíram significativamente ($P < 0,01$) no conteúdo de carbono da biomassa microbiana (CBM). A comparação das médias foi feita pelo desdobramento da interação tríplice (estação x manejo x profundidade) (Tabelas 23 e 24 – página 120). Em geral, a quantidade de CBM variou de 71,98 a 642,23 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco e os solos coletados nas estações do outono e da primavera, de modo geral, apresentaram os maiores teores de CBM, sendo estes significativamente superiores (Tukey, $P < 0,05$) aos solos coletados no inverno e verão. A maior diminuição no teor de CBM foi observada no solo coletado no verão, sendo de 57% em relação ao da primavera e de 52% em relação ao do outono.

Entre os sistemas de manejo do gado, de forma geral, os solos dos pastos controle e rotacionado apresentaram teores de CBM superiores ao do contínuo, com exceção da camada de 0,10 – 0,20 m, onde não foi encontrado nenhum efeito significativo do sistema de manejo durante as estações do outono, inverno e primavera. O CBM aumentou significativamente de 1,1 a 3,5 vezes da camada de 0 – 0,05 m comparativamente às camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m.

O conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM) variou de 0,72 a 89,66 $\mu\text{g N g}^{-1}$ solo seco (Tabela 7), tendo sido encontrados os maiores valores (Tukey, $P < 0,05$) no solo coletado na estação da primavera, mostrando tendência semelhante ao do CBM (Tabelas 25 e 26 – página 121). De modo geral, a diminuição no teor de NBM foi de 54% no verão, 92% no outono e 96% no inverno, quando comparado ao solo coletado na primavera. Comparando os sistemas de manejo do gado, os maiores teores (Tukey, $P < 0,05$) de NBM foram encontrados nos solos do pasto controle no outono e inverno, e no pasto rotacionado durante a primavera e o verão. Foi constatado efeito significativo (Tukey, $P < 0,05$) da profundidade no teor de NBM. O decréscimo foi de 27%

da camada de 0 – 0,05 m para a camada de 0,05 – 0,10 m e de 54% para a de 0,10 – 0,20 m, e de 27% da camada de 0,05 – 0,10 m para a de 0,10 – 0,20 m.

O conteúdo de fósforo da biomassa microbiana (PBM) variou de 6,05 a 53,36 $\mu\text{g P g}^{-1}$ solo seco (Tabela 8). Os maiores valores foram encontrados no solo coletado na estação do verão, seguido pelos solos coletados nas estações da primavera, outono e inverno, com uma redução significativa de 17, 24 e 34%, respectivamente (Tabelas 27 e 28 – página 122). Avaliando-se os sistemas de manejo do gado, o menor conteúdo de PBM foi observado no solo do pasto contínuo, com diferenças significativas (Tukey, $P < 0,05$) dos demais solos. Foi observada redução significativa do teor de PBM com a profundidade de amostragem do solo, de 34 e 59% nas camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, respectivamente, em relação à camada superficial.

Observou-se uma tendência diferente na atividade respiratória em relação à biomassa microbiana onde a produção de CO_2 variou de 11,10 a 73,20 $\text{mg CO}_2 \text{ 100 g}^{-1}$ solo seco e com os maiores ($P < 0,05$) conteúdos observados no solo coletado no inverno de 43,49 $\text{mg CO}_2 \text{ 100 g}^{-1}$ solo seco, que diferiram significativamente dos encontrados nos solos das demais estações (Tabela 9). A quantidade de C- CO_2 liberado do solo foi de 32,47 no outono, 30,38 no verão e 25,09 $\text{mg CO}_2 \text{ 100 g}^{-1}$ solo seco, correspondendo a, respectivamente, 75%, 70% e 58% da quantidade produzida no inverno. Não foram observadas diferenças significativas nos solos dos sistemas de manejo do gado, porém, a atividade respiratória decresceu significativamente com a profundidade do solo, observando-se, em média, decréscimos de 39% na camada do solo de 0,05 – 0,10 m e 57% na de 0,10 – 0,20 m em relação à de 0 – 0,05 m (Tabelas 29 e 30 – página 123).

A atividade nitrificante variou 1,75 a 75,65 $\mu\text{g NO}_3\text{-N g}^{-1}$ solo seco (Tabela 10), apresentando tendência semelhante em relação à biomassa microbiana, onde o solo coletado na estação do verão mostrou os maiores valores significativos, decrescendo 14% no outono, 58% na primavera e 70% no inverno (Tabelas 31 e 32 – página 124). Entre os sistemas de manejo, o solo do pasto contínuo mostrou os maiores valores, com diminuição de 4% no solo do pasto rotacionado e de 31% no solo do pasto controle. A atividade nitrificante decresceu significativamente (Tukey, $P < 0,05$) com a

profundidade do solo, observando-se reduções de 42% na camada de 0,05 – 0,10 m e 73% na camada de 0,10 – 0,20 m em relação de 0 – 0,05 m.

A variação na atividade solubilizadora de fosfato foi de 2,43 a 30,97 $\mu\text{g PO}_4\text{-P g}^{-1}$ solo seco (Tabela 11). Os maiores valores foram encontrados nos solos coletados nas estações da primavera e verão, que diferiram significativamente (Tukey, $P < 0,05$) dos solos coletados nas estações do outono e inverno, onde se constatou drástica redução da atividade (Tabelas 33 e 34 – página 125). Os percentuais das médias foram os seguintes: verão (100%), primavera (94%), inverno (31%) e outono (18%). A menor porcentagem no solo do sistema contínuo foi decorrente do decréscimo na atividade durante a primavera e verão. Enquanto nos solos destas estações foi observado decréscimo significativo na seguinte ordem: controle > rotacionado > contínuo, no outono não se constatou, em geral, diferença significativa e, no inverno a maior atividade solubilizadora foi observada no solo do sistema contínuo. O efeito da profundidade do solo seguiu a mesma tendência observada nas variáveis antes analisadas, observando-se em média, reduções de 29% na camada do solo de 0,05 – 0,10 m e 48% na de 0,10 – 0,20 m em relação à de 0 – 0,05 m., mostrando que este decréscimo foi significativo na maioria dos solos das estações.

Houve uma grande variação para a atividade enzimática da celulase, observando-se resultados de 32,66 a 490,78 $\mu\text{g Glicose g}^{-1}$ solo seco (Tabela 12), sendo que os solos coletados na estação do outono diferiram significativamente dos solos coletados nas demais estações. As médias decresceram na seguinte ordem: outono (100%), inverno (69%), primavera (62%) e verão (56%). Os solos do pasto controle apresentaram os maiores valores para a atividade enzimática da celulase, seguida pelos solos dos pastos rotacionado e contínuo. A atividade enzimática da celulase aumentou de 1,1 a 9,0 vezes, respectivamente, da camada de 0 – 0,05 m em relação às camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m (Tabelas 35 e 36 – página 126).

Como a celulase, a atividade enzimática da urease variou bastante, de 8,91 a 254,18 $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1}$ solo seco (Tabela 13). Os maiores valores (Tukey, $P < 0,05$) foram encontrados nos solos coletados na estação da primavera, seguidos pelos solos coletados nas estações do verão, inverno e outono, sendo sua atividade,

respectivamente de 92, 78 e 18% (Tabelas 37 e 38 – página 127). Os solos do pasto rotacionado apresentaram atividade da urease significativamente superior à encontrada nos solos dos pastos contínuo e controle. Com o aumento da profundidade do solo, o decréscimo da atividade da urease foi acentuado e significativo, sendo de 44% na camada de 0,05 – 0,10 m e de 65% na camada de 0,10 – 0,20 m em relação à de 0 – 0,05 m, com exceção do solo da estação do outono, onde não foram observadas diferenças significativas entre as profundidades.

A variação para a atividade enzimática da fosfatase ácida foi de 254,29 a 959,74 $\mu\text{g PO}_4\text{-P g}^{-1}$ solo seco (Tabela 14). Os solos coletados nas estações do outono e da primavera apresentaram maior atividade enzimática da fosfatase ácida seguidas pelos solos coletados nas estações do verão, com um decréscimo de 30% e inverno de 54%. Em média, não foram observadas diferenças significativas nos solos dos sistemas de manejo do gado. O efeito da profundidade foi significativo apenas no solo da primavera. A atividade da fosfatase ácida aumentou de 0,9 a 1,7 vezes da camada de 0 – 0,05 m em relação às camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m (Tabelas 39 e 40 – página 128).

O conteúdo de carbono orgânico variou de 9,57 a 51,25 mg C g^{-1} solo seco (Tabela 15), com os maiores valores observados nos solos coletados no verão e na primavera sendo estes significativamente superiores (Tukey, $P < 0,05$). Os solos coletados nas estações do outono e do inverno não diferiram entre si. O decréscimo no conteúdo de carbono orgânico foi pequeno, 4% para o solo do pasto contínuo e de 13% para o solo do pasto controle, em relação ao solo do pasto rotacionado. Contudo, apenas durante a primavera os resultados foram significativamente maiores no solo do pasto rotacionado em relação aos demais solos. Nos solos do outono, inverno e verão não houve variação significativa entre os solos dos pastos na maior parte dos resultados obtidos. A influência da profundidade do solo no conteúdo do carbono orgânico seguiu a mesma tendência significativa antes observada nas demais variáveis, isto é, com decréscimo de 22% na camada de solo 0,05 – 0,10 m e de 44% na de 0,10 – 0,20 m em relação à camada superior (Tabelas 41 e 42 – página 129).

Na Tabela 16, foram incluídos os resultados referentes aos conteúdos do nitrogênio total (0,76 a 1,55 mg N g^{-1} solo seco) (Tabelas 43 e 44 – página 130). Os

resultados obtidos, nos solos coletados durante as estações, não foram significativos, com exceção do solo do inverno, na camada de 0 – 0,05 m. No solo do sistema de manejo do gado também não foram observadas diferenças significativas, exceto na camada de 0 – 0,05 m, onde o solo do pasto controle diferiu dos demais solos dos manejos. Foi constatado efeito significativo (Tukey, $P < 0,05$) da profundidade do solo no teor de N total. O decréscimo foi de 18% da camada de 0 – 0,05 m para a camada de 0,05 – 0,10 m e de 28% para a de 0,10 – 0,20 m, e de 10% da camada de 0,05 – 0,10 m para a de 0,10 – 0,20 m.

A variação no conteúdo de fósforo orgânico foi de 2,67 a 8,14 $\mu\text{g P g}^{-1}$ solo seco (Tabela 17). Nos solos da estação da primavera foram encontrados os maiores significativos do conteúdo de fósforo orgânico. Os demais solos coletados nas estações não diferiram entre si. Avaliando-se os solos dos sistemas de manejo do gado, foram observadas diferenças significativas apenas nas camadas de 0 – 0,05 e 0,10 – 0,20 m. Foi constatado efeito significativo da profundidade do solo no conteúdo de fósforo orgânico. A redução foi de 34 e 59% nas camadas de 0,05 – 0,10 e 0,10 – 0,20 m, respectivamente, em relação à camada superficial (Tabelas 45 e 46 – página 131).

A variação do pH do solo foi de 3,71 a 5,06% (Tabela 18). Foram observadas diferenças significativas entre os solos das estações, sendo que, em média, o decréscimo em relação ao solo do outono foi de 97% no inverno, 92% no verão e 91% na primavera. Para os sistemas de manejo do gado, os solos dos pastos controle, rotacionado e contínuo não diferiram entre si, exceto nos solos do inverno e da primavera da camada de 0 – 0,05 m. Foram observadas diferenças significativas (Tukey, $P < 0,05$) para profundidade do solo. O índice de pH diminuiu significativamente com a profundidade do solo, observando-se decréscimo de 6% na camada de 0,05 – 0,10 m e de 14% na camada de 0,10 – 0,20 m em relação à camada de 0 – 0,05 m (Tabelas 47 e 48 – página 132).

O teor de umidade do solo variou de 7,00 a 15,28% (Tabela 19). O maior valor foi encontrado no solo do verão, que diferiu significativamente dos solos coletados nas demais estações (Tabelas 49 e 50 – página 133). Os teores de umidade observados durante as estações da primavera (77%) e do inverno (71%) não diferiram entre si

($P < 0,05$). Não foram observadas variações significativas do teor de umidade entre os sistemas de manejo do gado, com exceção da camada de 0 – 0,05 m, onde o teor de umidade encontrado no solo do pasto controle diferiu dos demais solos. Também não foram observadas diferenças significativas entre os solos das diferentes profundidades, exceto na camada de 0,10 – 0,20 m.

O conteúdo de matéria orgânica do solo variou de 5,11 a 6,56% (Tabela 20). Não foram observadas diferenças significativas para manejo e profundidade do solo, exceto nos solos do inverno, onde o solo do pasto rotacionado e a camada de 0 - 0,05 m diferiram dos demais solos. (Tabela 51 – página 134).

O conjunto multivariado contendo todas as variáveis microbiológicas do solo foram submetidos a análises estatísticas exploratórias: análise multivariada de agrupamento e análise multivariada de componentes principais para cada profundidade.

As distribuições dos grupos, segundo a análise de agrupamento para as medidas obtidas nas profundidades 0 – 0,05 e 0,05 – 0,10 m, foram às mesmas conforme mostra os dendrogramas das Figuras 1 e 2. Tem-se uma formação de dois grandes grupos (G1 e G2) caracterizados pelas estações chuvosa (primavera – verão) e seca (outono – inverno) mostrando que as variáveis consideradas possuem comportamentos diferentes para cada estação. Nota-se uma divisão interna em cada grupo G1 e G2, contendo os manejos por estações, indicando mesmo padrão de similaridade dos manejos o que concorda com a análise individual de cada variável. A matriz de similaridade (Tabela 52 – página 134) foi utilizada na construção do dendrograma da Figura 1 e contém todas as distâncias entre cada par $E_i T_j$ onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo). A matriz de similaridade (Tabela 53 - página 135) foi utilizada na construção do dendrograma da Figura 2.

A análise de agrupamento aplicada para os dados da profundidade 0,10 – 0,20 m apresentou uma distribuição dos grupos diferente das anteriores conforme consta no dendrograma da Figura 3, embora as estações permaneçam juntas num mesmo grupo o que explica a similaridade das unidades amostrais dentro de cada estação em todas as profundidades.

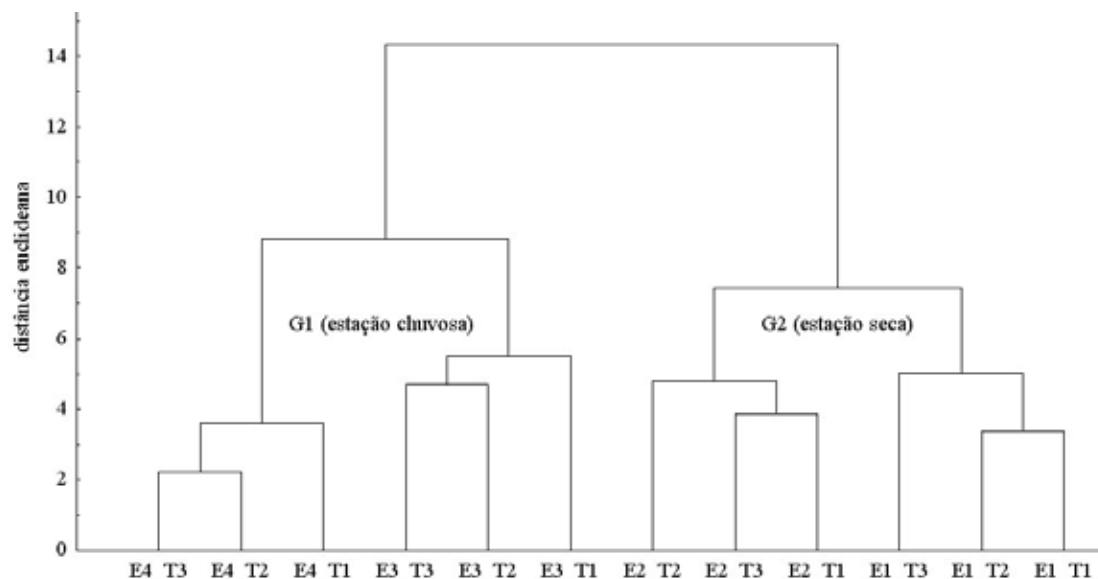


Figura 1. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo do gado entre as estações do ano, na profundidade de 0 – 0,05 m. $E_i T_j$ onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

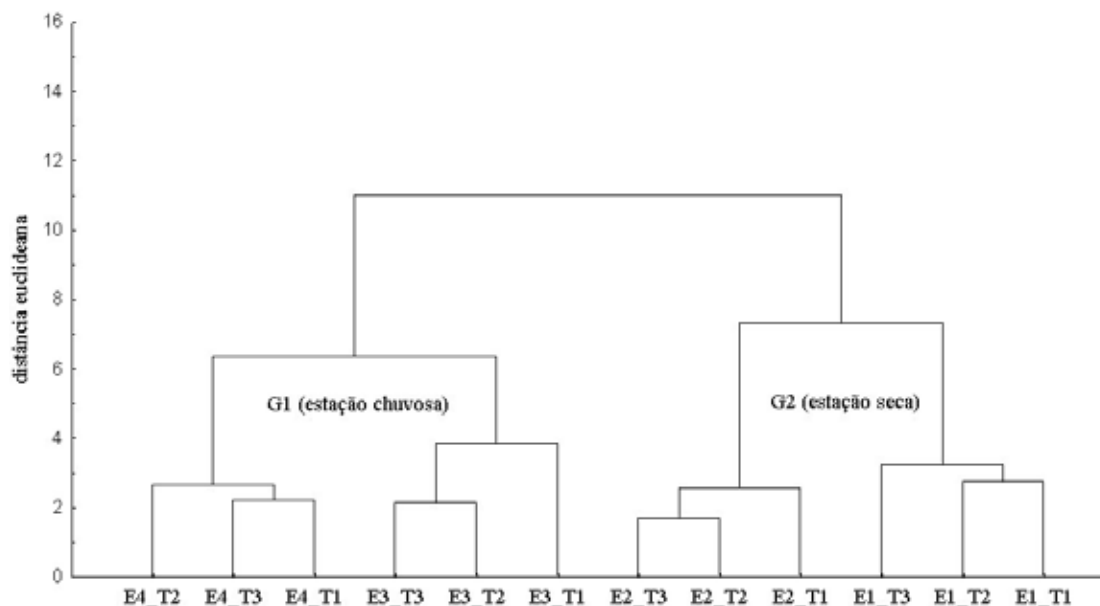


Figura 2. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo do gado entre as estações do ano, na profundidade de 0,05 – 0,10 m. $E_i T_j$ onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

Nesta profundidade (0,10 – 0,20 m) há um comportamento diferenciado das variáveis microbiológicas do solo. Há uma maior discriminação quanto às medidas das variáveis do solo na estação seca E1 (outono) em relação às demais. Isto pode ser explicado pela diminuição na ocorrência de chuvas nesse período e cuja retenção de umidade foi menor. A matriz de similaridade (Tabela 54 – página 135) foi utilizada na construção do dendrograma Figura 3.

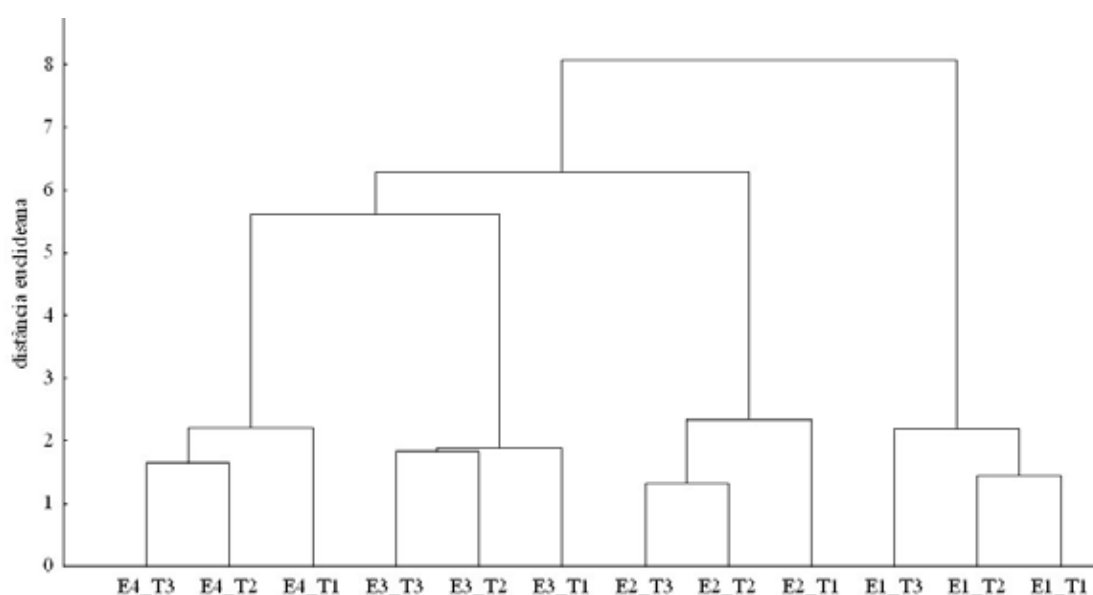


Figura 3. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo do gado entre as estações do ano, na profundidade de 0,10 – 0,20 m. E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

A análise de componentes principais, aplicada ao conjunto de dados, veio complementar as informações obtidas nas análises de agrupamento. A Tabela 21 mostra as correlações entre variável e componente principal, o que permite identificar aquelas variáveis microbiológicas do solo que possuem maior poder na retenção da variabilidade original em cada profundidade. Nas figuras a seguir todas as correlações (correlação $\geq 0,6$) apresentaram diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Tabela 21. Correlação de cada variável com cada componente principal. (Correlação $\geq 0,6$)

Variável*	Profundidade (m)					
	0 – 0,05		0,05 – 0,10		0,10 – 0,20	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
pH	-0,02	0,65	0,63	-0,23	0,87	0,27
Umi	-0,72	0,53	-0,86	-0,30	-0,86	0,30
MO	-0,06	0,54	0,61	0,44	0,55	0,01
Corg	-0,89	0,29	-0,77	-0,05	-0,79	-0,16
Ntotal	-0,24	-0,39	0,37	0,82	0,92	0,00
Porg	-0,42	-0,77	-0,20	0,93	0,51	-0,83
C-CO ₂	0,46	0,63	0,48	-0,67	0,77	0,53
CBM	-0,13	-0,31	0,45	0,71	0,58	0,15
NBM	-0,93	-0,08	-0,72	0,49	-0,40	-0,71
PBM	-0,50	-0,19	-0,51	0,45	-0,14	-0,21
NH ₄	-0,40	0,25	0,09	-0,01	0,34	-0,04
PO ₄	-0,87	-0,04	-0,91	0,22	-0,90	-0,28
Cel	0,48	-0,62	0,47	0,46	0,50	-0,64
Ur	-0,64	0,34	-0,77	-0,05	-0,80	0,22
Fosf_Ac	-0,61	-0,56	-0,01	0,92	0,28	-0,85

* Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; Porg – P orgânico; C-CO₂ – atividade respiratória; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; PBM – P da biomassa microbiana; NH₄ – atividade nitrificante; PO₄ – atividade solubilizadora de fosfato; Cel – atividade enzimática da celulase; Ur - atividade enzimática da uréase; Fosf_ac - atividade enzimática da fosfatase ácida.

Na profundidade de 0 – 0,05 m, os dois primeiros componentes principais conseguiram reter 54% da variabilidade contida nos dados originais. No primeiro componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram NBM (-0,93), Corg. (-0,89), atividade solubilizadora de fosfato (-0,87), umidade (-0,72), urease (-0,64), fosfatase ácida (-0,61) (Tabela 21). Todas as correlações são negativas indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas à esquerda da Figura 4 mostrando uma tendência destas variáveis se expressarem mais no período chuvoso, ou seja, primavera e verão. No segundo componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das

amostras foram Porg. (-0,77), pH (0,65), C-CO₂ (0,63) e celulase (-0,62). As características Porg e celulase têm correlações negativas indicando contribuição associada às amostras localizadas na parte inferior da Figura 4 mostrando uma tendência destas variáveis se expressarem mais nas estações da primavera e do outono, respectivamente. As características pH e C-CO₂ têm correlações positivas indicando contribuição associada com as amostras localizadas na parte superior da Figura 4 mostrando uma tendência destas variáveis se expressarem mais estações do verão e do inverno, respectivamente.

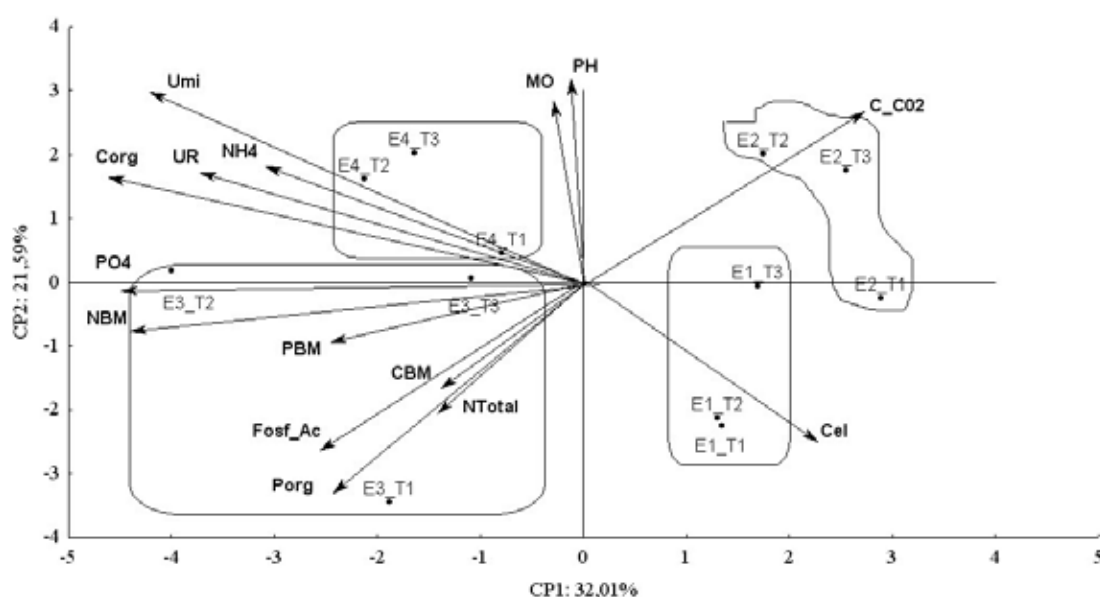


Figura 4. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre as estações do ano, na profundidade 0 – 0,05 m.

*E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

**Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; Porg – P orgânico; C-CO₂ – atividade respiratória; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; PBM – P da biomassa microbiana; NH₄ – atividade nitrificante; PO₄ – atividade solubilizadora de fosfato; Cel – atividade enzimática da celulase; Ur - atividade enzimática da uréase; Fosf_ac - atividade enzimática da fosfatase ácida.

Na profundidade de 0,05 – 0,10 m, os dois componentes principais conseguiram reter 63% da variabilidade contida nos dados originais. No primeiro componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram

atividade solubilizadora de fosfato (-0,91), umidade (-0,86), urease e Corg. (-0,77), NBM (-0,72), pH (0,63) e M.O. (0,61) (Tabela 21). As características atividade solubilizadora de fosfato, umidade, urease, Corg. e NBM mostraram correlações negativas, indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas à esquerda na Figura 5, havendo maior tendência destas variáveis apresentarem maior poder discriminatório no período chuvoso (primavera – verão). As características pH e M.O. têm correlações positivas indicando contribuição associada às amostras localizadas à direita na Figura 5. Assim, estas variáveis possuem poder discriminatório no período seco, ou seja, outono e inverno. No segundo componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram Porg. (0,93), fosfatase ácida (0,92), N total (0,82), CBM (0,71) e C-CO₂ (-0,67). A característica C-CO₂ tem correlação negativa indicando contribuição associada às amostras localizadas na parte inferior da Figura 5, havendo tendência desta variável apresentar poder discriminatório no período seco (inverno). As características Porg., fosfatase ácida, N total e CBM tem correlações positivas, indicando contribuição associada com as amostras localizadas na parte superior da Figura 5. Assim, estas variáveis apresentam poder discriminatório no período seco (N total e CBM), ou seja, inverno e no período chuvoso (P org. e fosfatase ácida), ou seja, primavera.

Na profundidade de 0,10 – 0,20 m, os dois componentes principais conseguiram reter 63% da variabilidade contida nos dados originais. No primeiro componente principal as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram N total (0,92), atividade solubilizadora de fosfato (-0,90), pH (0,87), umidade (-0,86), urease (-0,80), Corg. (-0,79) e C-CO₂ (0,77) (Tabela 21). As características atividade solubilizadora de fosfato, umidade, urease e Corg. tem correlações negativas indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas à esquerda na Figura 6, mostrando tendência destas variáveis apresentarem poder discriminatório na estação chuvosa (primavera – verão). As características N total, pH e C-CO₂ têm correlações positivas indicando contribuição associada às amostras localizadas à direita na Figura 6. Dessa forma, há tendência destas variáveis apresentarem poder discriminatório no outono (período seco). No segundo componente principal, as características que mais

contribuíram na discriminação das amostras foram fosfatase ácida (-0,85), Porg. (-0,83), NBM (-0,71) e celulase (-0,64). Todas as correlações foram negativas, indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas na parte inferior da Figura 6. Dessa forma, há tendência destas variáveis apresentarem maior poder discriminatório na primavera (período chuvoso).

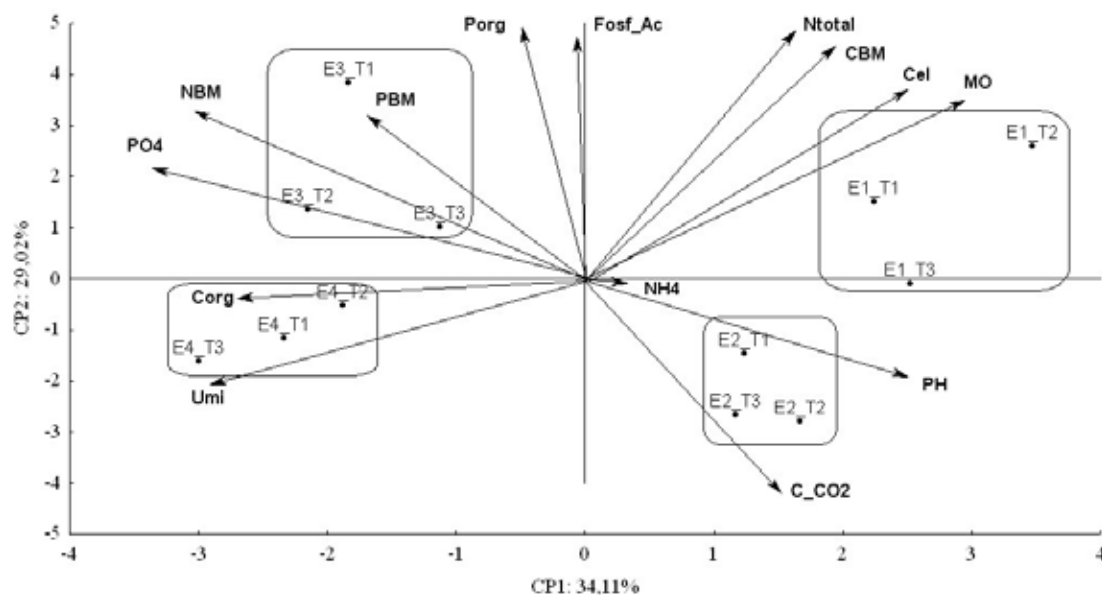


Figura 5. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre as estações do ano, na profundidade 0,05 – 0,10 m.

*E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

**Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; Porg – P orgânico; C-CO₂ – atividade respiratória; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; PBM – P da biomassa microbiana; NH₄ – atividade nitrificante; PO₄ – atividade solubilizadora de fosfato; Cel – atividade enzimática da celulase; Ur - atividade enzimática da uréase; Fosf_ac - atividade enzimática da fosfatase ácida.

Pode ser visto nas Figuras 4, 5 e 6 que as variáveis microbiológicas do solo tem distribuições multivariadas diferentes para cada profundidade do solo embora os grupos permaneçam os mesmos. Isto era de se esperar uma vez que as variáveis possuem respostas diferentes conforme as estações seca e úmida.

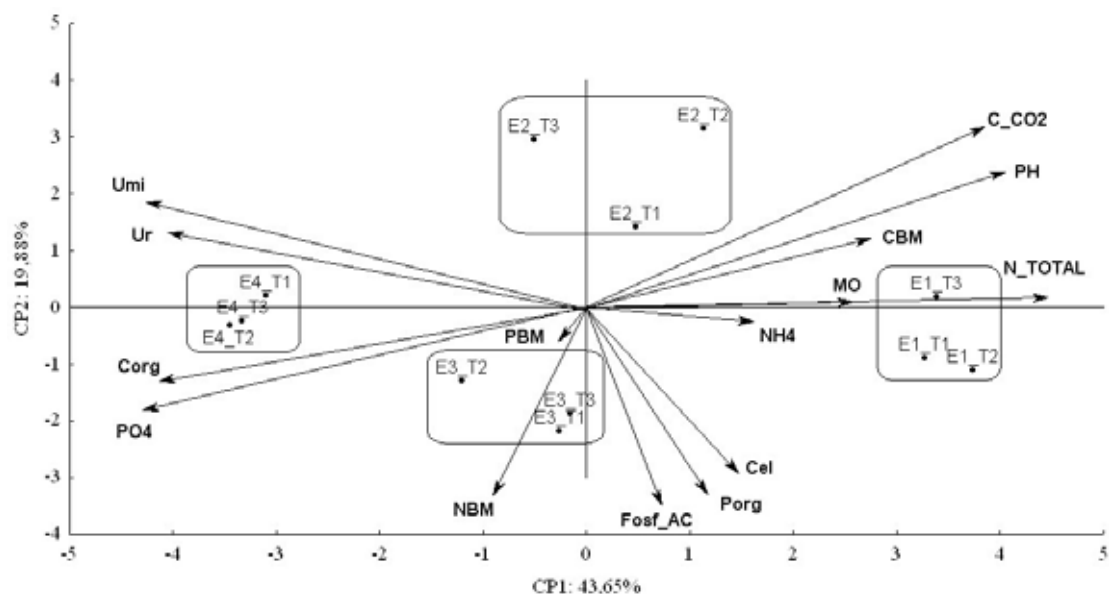


Figura 6. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre as estações do ano, na profundidade 0,10 – 0,20 m.

*E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

**Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; Porg – P orgânico; C-CO₂ – atividade respiratória; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; PBM – P da biomassa microbiana; NH₄ – atividade nitrificante; PO₄ – atividade solubilizadora de fosfato; Cel – atividade enzimática da celulase; Ur - atividade enzimática da uréase; Fosf_ac - atividade enzimática da fosfatase ácida.

4.2 Efeito do Sistema de Manejo das Culturas

As quantidades de CBM e NBM do solo sob diferentes sistemas de manejo das culturas variaram de 250,92 a 1251,95 $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco (Figura 7A) e de 0,64 a 11,41 $\mu\text{g N g}^{-1}$ solo seco (Figura 7B), respectivamente. Tanto para o CBM como para o NBM, a comparação das médias foi feita pelo desdobramento da dupla interação (manejo x profundidade) (Tabelas 55 e 56 – página 136). O maior valor do CBM foi encontrado no solo coletado na mata, sendo este significativamente superior (Tukey, $P < 0,05$) aos observados nos solos dos demais manejos. A diminuição nos teores de CBM nos solos coletados nos manejos plantio direto (PD), cultivo convencional (CC) e sistema

integrado agricultura - pecuária (PD-I) foi de 50, 62 e 73%, respectivamente, em relação ao solo coletado na mata.

No NBM, o maior valor (Tukey, $P < 0,05$) foi encontrado no solo coletado no plantio direto, seguido pelos solos do cultivo convencional e do sistema integrado agricultura - pecuária, que não diferiram entre si, e pelo solo de mata. O decréscimo observado no conteúdo de NBM do solo foi de 68% no cultivo convencional, 73% no sistema integrado agricultura - pecuária e 90% na mata em relação ao solo coletado no plantio direto.

Os conteúdos de CBM e de NBM do solo decresceram significativamente (Tukey, $P < 0,05$) de 1,0 a 3,9 vezes e de 1,0 a 3,3 vezes, respectivamente, da camada de 0 – 0,10 m em relação aos conteúdos observados nas demais camadas do solo. Porém não foram encontradas diferenças significativas entre as profundidades do solo no sistema integrado agricultura - pecuária, para CBM, e para NBM nos solos sob cultivo convencional e mata.

O efeito da profundidade do solo na atividade nitrificante mostrou tendência semelhante às variações do CBM e NBM, com exceção do solo coletado sob plantio direto, que não mostrou diferença significativa entre si (Figura 8). Verificou-se que a atividade nitrificante na camada de solo de 0 – 0,10 m foi de 1,0 a 4,3 vezes maior que nas camadas de solo de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m. A atividade nitrificante variou de 10,15 a 97,87 $\mu\text{g NO}_3\text{-N g}^{-1}$ solo seco. Os maiores valores da atividade nitrificante foram encontrados nos solos coletados no sistema integrado agricultura - pecuária (camada de 0 – 0,10 m) e na mata (camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m) (Tabela 57 – página 136).

A variação da atividade enzimática da urease foi de 23,52 a 972,39 $\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1}$ solo seco (Figura 9A), e o da atividade enzimática da protease foi de 15,61 a 94,38 $\mu\text{g Tirosina g}^{-1}$ solo seco (Figura 9B) (Tabelas 58 e 59 – página 137). Para a atividade enzimática da urease, o solo coletado sob mata apresentou os maiores valores (Tukey, $P < 0,05$), seguidos pelos solos coletados nos manejos plantio direto, cultivo convencional e sistema integrado agricultura - pecuária, que não diferiram entre si, com atividade de 97, 96 e 94%, respectivamente. Para a protease, houve diferença

significativa (Tukey, $P < 0,05$) apenas no solo coletado sob mata, que apresentou o menor valor na camada de 0 – 0,10 m e os maiores valores nas camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, em relação aos solos dos demais manejos. O efeito da profundidade do solo foi observado com diminuição significativa nos manejos na atividade da protease, e apenas para o solo sob mata, na atividade da urease. O aumento na atividade da urease foi de 1,0 a 1,6 vezes e a atividade da protease de 1,1 a 4,6 vezes da camada de 0 – 0,10 m em relação às camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m.

As quantidades de carbono orgânico e nitrogênio total do solo, sob diferentes sistemas de manejo, variaram de 17,42 a 82,89 mg C g⁻¹ solo seco (Figura 10A) e de 0,73 a 2,70 mg N g⁻¹ solo seco (Figura 10B), respectivamente. Para o carbono orgânico, foi observado efeito significativo apenas para manejo, sendo o maior valor (Tukey, $P < 0,05$) encontrado no solo coletado sob plantio direto. Os solos coletados nos demais manejos não diferiram entre si. Em relação ao solo coletado no plantio direto, os conteúdos de carbono orgânico foram os seguintes: sistema integrado agricultura - pecuária 51%, mata 49% e cultivo convencional 34% (Tabela 60 – página 137). No nitrogênio total, o maior valor foi encontrado no solo coletado na mata, exceto nas camadas de solo de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, que não diferiu estatisticamente do solo coletado no cultivo convencional. O teor de nitrogênio total do solo foi de 100 e 85% entre a mata e o cultivo convencional, e de 56 e 44% entre o sistema integrado agricultura - pecuária e o plantio direto. Observou-se um aumento significativo (Tukey, $P < 0,05$) de 1,0 a 1,8 vezes do nitrogênio total do solo na camada de 0 – 0,10 m comparativamente às camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m (Tabela 61 – página 138).

A variação do pH do solo foi de 3,81 a 5,68% (Figura 11A). O maior valor encontrado foi no solo coletado no plantio direto, com exceção da camada de solo de 0 – 0,10 m, onde os solos do plantio direto e do cultivo convencional não diferiram significativamente (Tabela 62 – página 138). Entre os solos dos manejos, a relação, em função das médias, foi de 100% no plantio direto, 95% no cultivo convencional, 86% no sistema integrado agricultura - pecuária e 68% na mata. Os solos dos manejos cultivo

convencional e a mata não apresentaram diferenças significativas entre as profundidades. O índice do pH do solo aumentou de 1,0 a 1,1 vezes da camada de 0 – 0,10 m comparativamente às camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m.

O conteúdo de matéria orgânica do solo variou de 14,32 a 18,05% (Figura 11B). Foram verificadas influências significativas dos solos dos sistemas de manejo, sendo o maior valor encontrado no solo coletado na mata (Tabela 63 – página 138). Os solos dos manejos plantio direto e sistema integrado agricultura - pecuária não diferiram significativamente. Foi observada variação sobre o efeito da profundidade do solo, onde o conteúdo da matéria orgânica aumentou de 1,0 a 1,1 vezes da camada de 0 – 0,10 m comparativamente às camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m. Exceto para o solo do plantio direto, onde não foi observada diferença estatística significativa entre as profundidades.

O teor de umidade do solo teve uma variação de 23,65 a 26,05% (Figura 11C). Não foram observadas variações estatísticas significativas do teor de umidade do solo entre os sistemas de manejo e a profundidade, e para a interação manejo x profundidade (Tabela 64 – página 139).

No número de unidades formadoras de colônias (UFC) de bactérias ($0,73$ a $11,10 \times 10^{-6}$ UFC g⁻¹ solo seco) (Figura 12A) foram observados resultados significativos apenas para profundidade do solo, onde o número de UFC foi de 1,6 a 10 vezes maior na camada de 0 – 0,10 m quando se comparado às camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m (Tabela 65 – página 139).

Para fungos, o número de UFC variou de $0,26$ a $15,40 \times 10^{-4}$ g⁻¹ solo seco (Figura 12B). Os maiores valores foram encontrados no solo coletado no cultivo convencional, no sistema integrado agricultura - pecuária e na mata, nas camadas de solo de 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, respectivamente. O efeito da profundidade do solo foi significativo (Tukey, $P < 0,05$), sendo o aumento do número de UFC de 1,1 a 28,5 da camada de 0 – 0,10 m em relação às camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m (Tabela 66 – página 139).

O conjunto multivariado contendo todas as variáveis microbiológicas do solo foi submetido a análises estatísticas exploratórias: análise multivariada de agrupamento e análise multivariada de componentes principais para cada profundidade.

As distribuições dos grupos, segundo a análise de agrupamento para as medidas obtidas nas profundidades 0 – 0,10, 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, foram às mesmas conforme mostra os dendrogramas das Figuras 13, 14 e 15. Nota-se um mesmo padrão de similaridade dos manejos o que concorda com a análise individual de cada variável. Os manejos das culturas cultivo convencional e sistema integrado agricultura - pecuária apresentaram maior similaridade, enquanto a mata mostrou maior discriminação em relação aos demais sistemas de manejo das culturas. As matrizes de similaridade (Tabelas 67, 68 e 69 páginas 140) foram utilizadas nas construções dos dendrogramas (Figuras 13, 14 e 15) que contém todas as distâncias entre cada par T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j (1 = 0 – 0,10 m; 2 = 0,10 – 0,20 m; 3 = 0,20 – 0,30 m).

A análise de componentes principais, aplicada ao conjunto de dados, veio complementar as informações obtidas nas análises de agrupamento. A Tabela 22 mostra as correlações entre variável e componente principal o que permite identificar aquelas variáveis microbiológicas do solo que possuem maior poder na retenção da variabilidade original em cada profundidade. Nas figuras a seguir, todas as correlações (correlação $\geq 0,6$) apresentaram diferenças estatísticas significativas ao nível de 5% de probabilidade.

Na profundidade de 0 – 0,10 m, os dois primeiros componentes principais conseguiram explicar 85,32% (56,34% + 28,98%) da variabilidade contida nos dados originais. No primeiro componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram pH (-0,99), urease (0,99), umidade (0,98), protease (-0,97), matéria orgânica (0,95), N total (0,93), CBM (0,67) e NBM (-0,61) (Tabela 22). As características pH, protease e NBM têm correlações negativas, indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas à esquerda (Figura 16) indicando uma tendência destas variáveis se expressarem mais no manejo plantio direto.

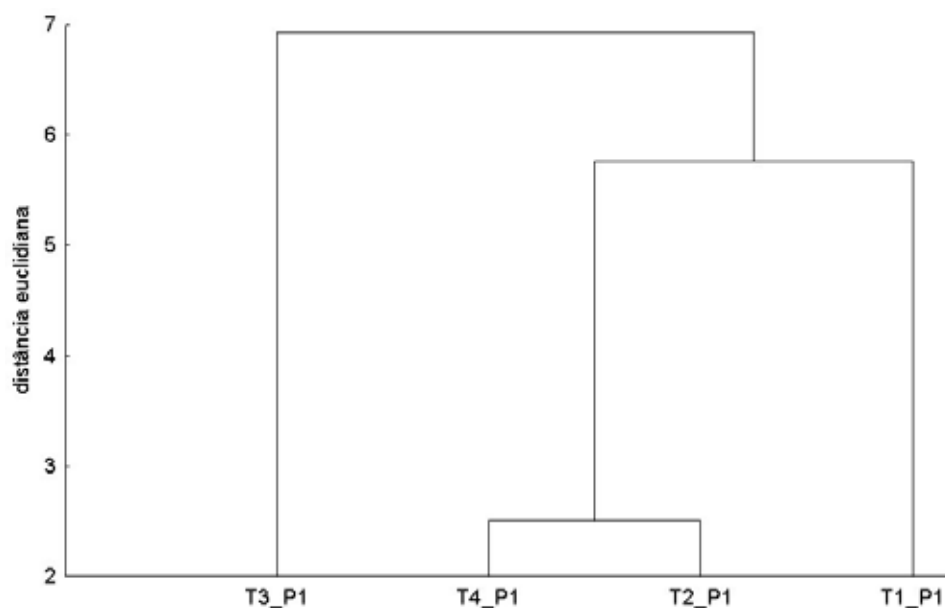


Figura 13. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0 – 0,10 m. T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j (1 = 0 – 0,10 m).

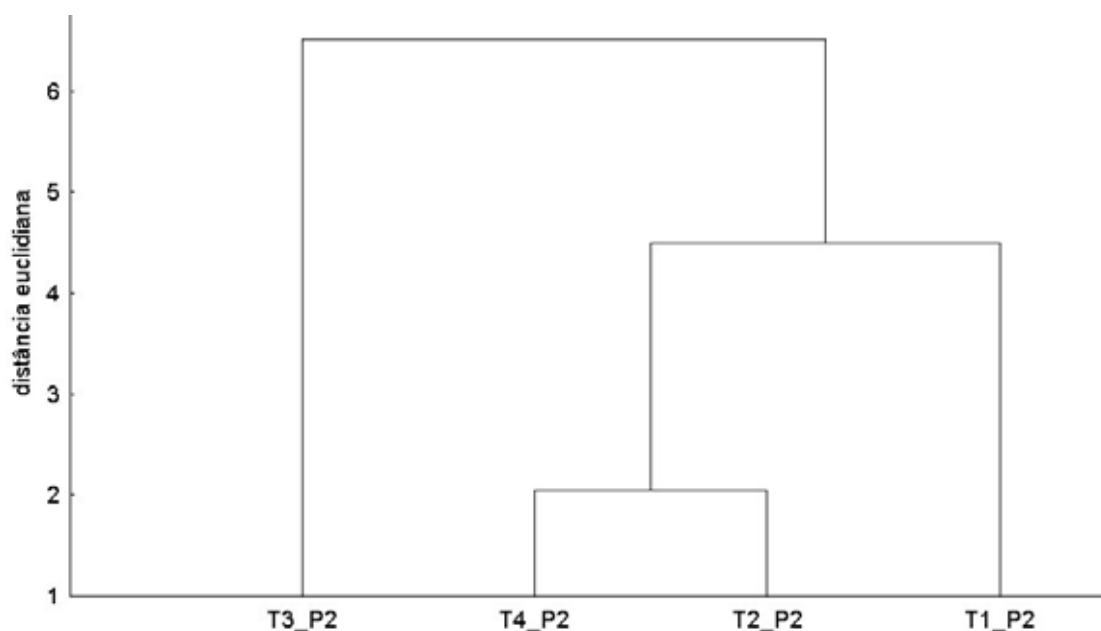


Figura 14. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,10 – 0,20 m. T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j (2 = 0,10 – 0,20 m).

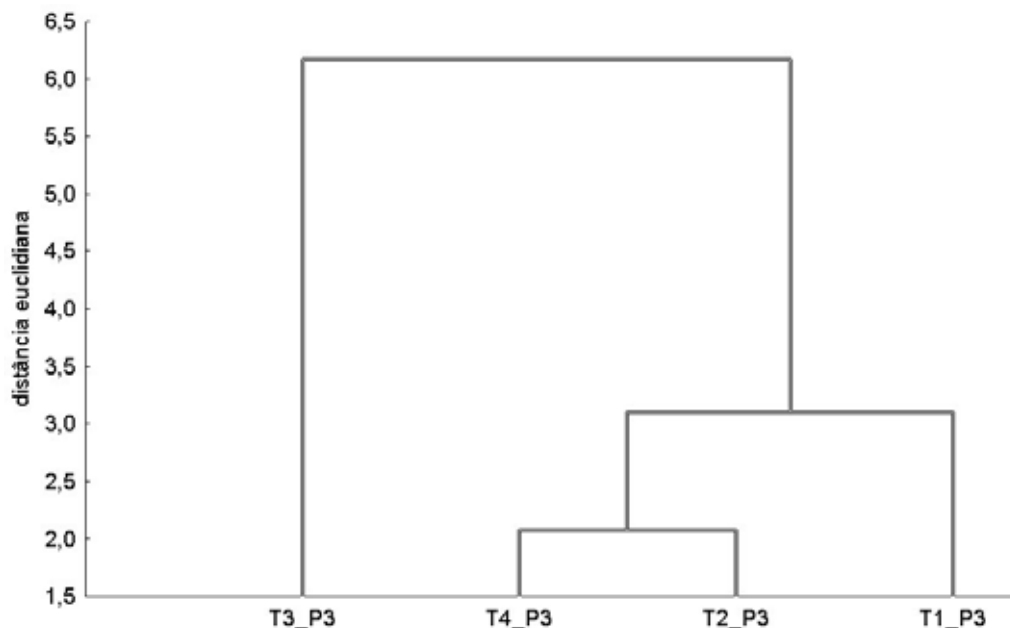


Figura 15. Dendrograma de agrupamento do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,20 – 0,30 m. T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j ($j = 0,20 - 0,30$ m).

As características urease, umidade, matéria orgânica, N total e CBM têm correlações positivas indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas à direita (Figura 16). Há uma tendência destas variáveis apresentarem maior poder discriminatório na mata. No segundo componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram carbono orgânico (-0,91), fungos (0,88), atividade nitrificante (0,82), NBM (-0,78) e CBM (-0,63). As características carbono orgânico, NBM e CBM têm correlações negativas indicando contribuição associada às amostras localizadas na parte inferior (Figura 16), indicando uma tendência destas variáveis discriminarem os manejos plantio direto e mata, respectivamente. As características fungos e atividade nitrificante têm correlações positivas indicando contribuição associada com as amostras localizadas na parte superior (Figura 16). Há tendência destas variáveis discriminarem mais nos manejos do sistema integrado agricultura - pecuária e cultivo convencional.

Tabela 22. Correlação de cada variável com cada componente principal. (Correlação $\geq 0,6$)

Variável*	Profundidade (m)					
	0 – 0,10		0,10 – 0,20		0,20 – 0,30	
	CP1	CP2	CP1	CP2	CP1	CP2
Um	0,98	-0,13	0,86	-0,27	-0,20	0,96
MO	0,95	-0,28	0,64	-0,76	-0,80	-0,58
pH	-0,99	-0,00	-0,94	0,15	0,87	-0,02
Corg	-0,39	-0,91	-0,73	-0,68	0,26	-0,96
N total	0,93	0,30	0,78	0,40	-0,82	0,40
CBM	0,67	-0,63	0,84	-0,51	-0,97	-0,21
NBM	-0,61	-0,78	-0,86	-0,41	0,82	-0,32
NH₄	0,02	0,82	0,99	-0,03	-0,80	0,59
Ur	0,99	-0,12	0,87	-0,47	-0,97	-0,20
Prot	-0,97	0,09	0,86	-0,36	-0,98	-0,18
Bact	0,27	0,22	-0,59	-0,77	-0,76	-0,61
Fungo	-0,17	0,88	0,74	0,58	-0,95	-0,02

* Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; NH₄ – atividade nitrificante; Ur - atividade enzimática da urease; Prot - atividade enzimática da protease; Bact - bactéria.

Na profundidade de 0,10 – 0,20 m, os dois primeiros componentes principais conseguiram explicar 92,78% (67,36% + 25,42%) da variabilidade contida nos dados originais. No primeiro componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram: atividade nitrificante (0,99), pH (-0,94), urease (0,87), NBM (-0,86), protease (0,86), umidade (0,86), CBM (0,84), N total (0,78), fungo (0,74), Corg. (-0,73) e M.O. (0,64) (Tabela 22). As características pH, NBM e Corg. têm correlações negativas indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas à esquerda (Figura 17), havendo maior tendência destas variáveis na discriminação do manejo plantio direto. As características atividade nitrificante, urease, protease, umidade, CBM, N total, fungo e matéria orgânica tem correlações positivas indicando contribuição associada às amostras localizadas à direita (Figura 17). Há uma tendência destas variáveis apresentarem maior poder discriminatório na mata. No segundo componente principal as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram bactéria (-0,77), matéria orgânica (-0,76) e C org. (-

0,68). Todas as características possuem correlação negativa indicando contribuição associada às amostras localizadas na parte inferior (Figura 17), o que indica um maior poder discriminatório destas variáveis nos manejos plantio direto (bactéria e Corg.) e mata (matéria orgânica).

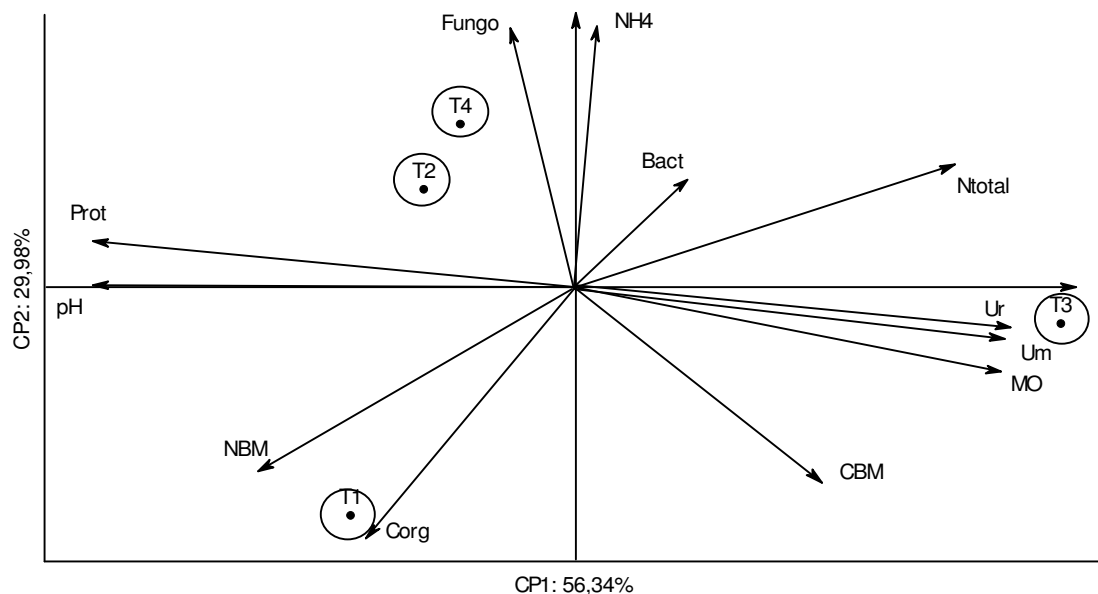


Figura 16. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre os sistemas de manejo das culturas, na profundidade 0 – 0,10 m.

* T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional).

** Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; NH_4 – atividade nitrificante; Ur - atividade enzimática da urease; Prot - atividade enzimática da protease; Bact - bactéria.

Na profundidade de 0,20 – 0,30 m, os dois primeiros componentes principais conseguiram explicar 93,57% (65,85% + 27,72%) da variabilidade contida nos dados originais. No primeiro componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram protease (-0,98), urease (-0,97), CBM (-0,97), fungo (-0,95), pH (0,87), NBM (0,82), N total (-0,82), M.O. (-0,80), atividade nitrificante (-0,80) e bactéria (-0,76) (Tabela 22). As características protease, urease, CBM, fungo, N total, M.O., atividade nitrificante e bactéria têm correlações negativas indicando que essa

contribuição está associada às amostras localizadas à esquerda (Figura 18), podendo haver tendência destas variáveis apresentarem maior expressão na mata. As características pH e NBM têm correlações positivas indicando contribuição associada às amostras localizadas à direita (Figura 18). Dessa forma, há uma tendência destas variáveis apresentarem maior poder discriminatório no plantio direto. No segundo componente principal, as características que mais contribuíram na discriminação das amostras foram umidade (0,96), Corg. (-0,96) e bactéria (-0,61). As correlações Corg. e bactéria tem correlações negativas indicando que essa contribuição está associada às amostras localizadas na parte inferior (Figura 18). A característica umidade tem correlação positiva indicando associação com as amostras localizadas na parte superior (Figura 18). Dessa forma, há uma tendência destas variáveis apresentarem maior poder discriminatório na mata e no plantio direto.

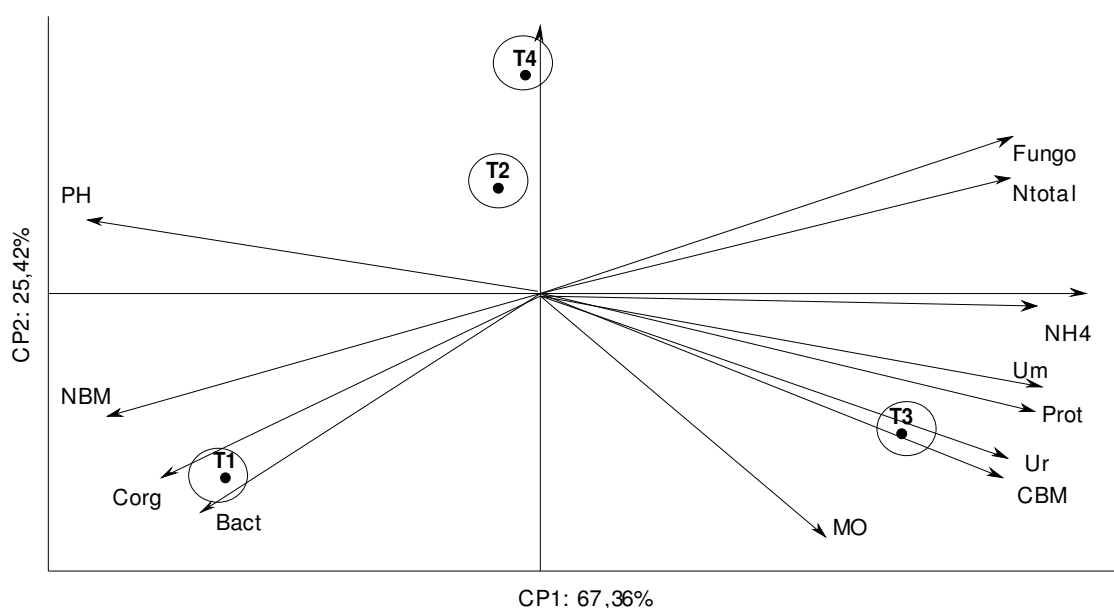


Figura 17. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre os sistemas de manejo das culturas, na profundidade 0,10 – 0,20 m.

* T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional).

** Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; NH₄ – atividade nitrificante; Ur - atividade enzimática da urease; Prot - atividade enzimática da protease; Bact - bactéria.

Pode ser visto nas Figuras 16, 17 e 18 que as variáveis microbiológicas do solo tem distribuições multivariadas diferentes para cada profundidade do solo embora os grupos permaneçam os mesmos. Isto era de se esperar uma vez que as variáveis se comportam conforme o sistema de manejo das culturas.

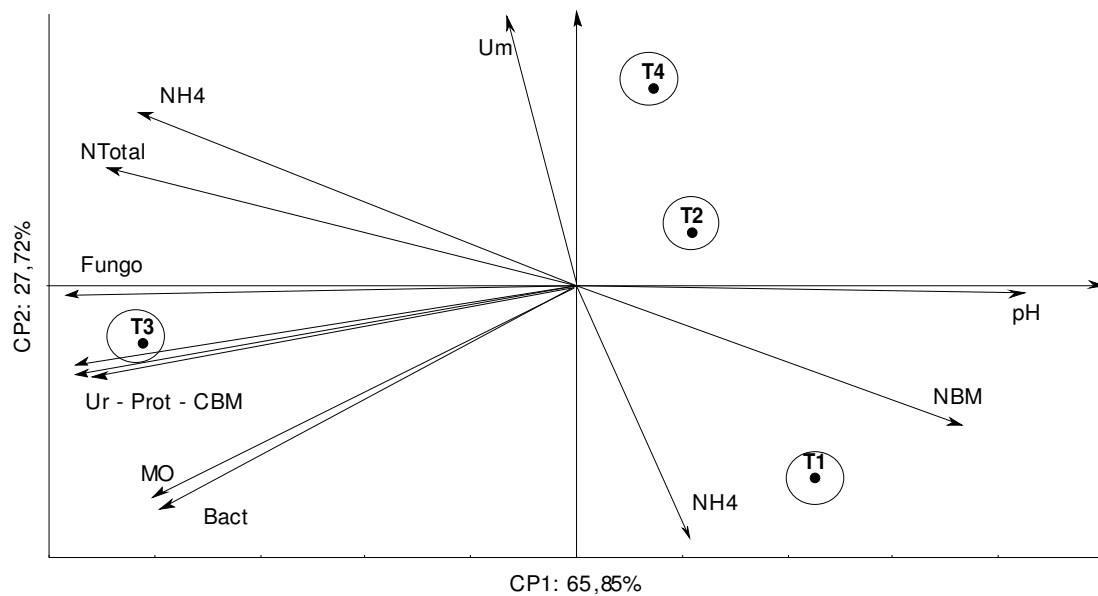


Figura 18. Gráfico biplot mostrando a distribuição das variáveis microbiológicas e químicas entre os sistemas de manejo das culturas, na profundidade 0,20 – 0,30 m.

* T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional).

** Umi – umidade; MO – matéria orgânica; Corg – C orgânico; CBM – C da biomassa microbiana; NBM – N da biomassa microbiana; NH_4 – atividade nitrificante; Ur - atividade enzimática da urease; Prot - atividade enzimática da protease; Bact - bactéria.

Tabela 6. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de carbono da biomassa microbiana (CBM).

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	427,99	245,84	402,67	255,83
	0,05 – 0,10	382,53	217,59	337,70	148,17
	0,10 – 0,20	234,65	215,49	247,33	71,98
Rotacionado	0 – 0,05	505,00	435,92	642,23	239,49
	0,05 – 0,10	377,79	248,71	332,07	161,90
	0,10 – 0,20	191,63	236,97	240,69	148,39
Contínuo	0 – 0,05	237,68	457,82	424,49	135,19
	0,05 – 0,10	210,11	244,75	319,00	85,19
	0,10 – 0,20	191,71	237,79	151,08	78,33
Prob. de F	M	0,0069**			
	P	0,0001**			
	M x P	0,0029**			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		12,44			

** : significativo ($P < 0,01$).

Tabela 7. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de nitrogênio da biomassa microbiana (NBM).

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		NBM (µg N g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	14,05	2,56	52,84	19,90
	0,05 – 0,10	4,19	2,51	46,48	8,09
	0,10 – 0,20	3,81	0,84	32,91	4,05
Rotacionado	0 – 0,05	3,37	1,68	89,66	44,45
	0,05 – 0,10	3,18	1,27	59,76	34,40
	0,10 – 0,20	2,65	0,93	27,11	20,71
Contínuo	0 – 0,05	2,07	3,06	56,29	32,90
	0,05 – 0,10	0,79	1,04	49,12	24,58
	0,10 – 0,20	0,85	0,72	35,00	14,38
Prob. de F	M	0,8078ns			
	P	0,0237*			
	M x P	0,7310ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0002**			
CV (%)		21,44			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente. ns: não significativo.

Tabela 8. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de fósforo da biomassa microbiana (PBM).

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		PBM (µg P g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	44,67	34,54	45,49	51,96
	0,05 – 0,10	25,78	29,64	40,44	26,08
	0,10 – 0,20	21,07	27,44	16,24	7,68
Rotacionado	0 – 0,05	48,18	41,47	43,86	53,36
	0,05 – 0,10	22,09	17,02	20,68	23,79
	0,10 – 0,20	16,62	11,04	13,63	23,71
Contínuo	0 – 0,05	16,99	13,05	25,06	45,96
	0,05 – 0,10	15,90	12,09	23,66	34,32
	0,10 – 0,20	7,66	6,05	10,46	24,21
Prob. de F	M	0,0101*			
	P	0,0001**			
	M x P	0,0026**			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		11,77			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente.

Tabela 9. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade respiratória (C-CO₂ liberado).

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		C-CO ₂ (mg CO ₂ 100 g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	49,05	55,40	29,60	49,00
	0,05 – 0,10	28,43	37,20	22,60	26,30
	0,10 – 0,20	26,14	25,40	15,50	11,10
Rotacionado	0 – 0,05	43,77	73,20	42,40	52,30
	0,05 – 0,10	29,53	49,80	23,20	25,30
	0,10 – 0,20	26,95	31,10	15,40	17,40
Contínuo	0 – 0,05	35,22	60,80	40,90	46,80
	0,05 – 0,10	28,04	35,20	19,50	29,90
	0,10 – 0,20	25,12	23,30	16,70	15,30
Prob. de F	M	0,2586ns			
	P	0,0002**			
	M x P	0,7906ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0122**			
	M x P x E	0,2309ns			
CV (%)		23,50			

**.: significativo (P<0,01). ns: não significativo.

Tabela 10. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade nitrificante (NO₃-N).

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Atividade Nitrificante (µg NO ₃ -N g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	31,55	20,31	21,39	49,04
	0,05 – 0,10	13,41	12,12	10,56	24,82
	0,10 – 0,20	6,98	11,16	6,74	1,75
Rotacionado	0 – 0,05	34,60	16,45	33,51	75,65
	0,05 – 0,10	27,40	13,93	8,13	47,15
	0,10 – 0,20	8,43	7,17	6,15	15,34
Contínuo	0 – 0,05	60,27	6,46	20,20	67,02
	0,05 – 0,10	55,01	3,62	15,21	23,06
	0,10 – 0,20	33,13	3,14	8,19	9,47
Prob. de F	M	0,0140*			
	P	0,0001**			
	M x P	0,2937ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		18,00			

* e **: significativo (P<0,05) e (P<0,01), respectivamente. ns: não significativo.

Tabela 11. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade solubilizadora de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$).

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Atividade Solubilizadora de P (µg PO ₄ -P g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	4,51	5,87	30,63	30,97
	0,05 – 0,10	3,79	5,14	21,08	20,63
	0,10 – 0,20	2,61	9,06	12,48	12,93
Rotacionado	0 – 0,05	6,06	5,86	26,66	28,37
	0,05 – 0,10	2,92	4,21	17,14	19,59
	0,10 – 0,20	2,43	3,72	11,46	14,50
Contínuo	0 – 0,05	2,96	3,39	14,88	18,46
	0,05 – 0,10	2,84	6,88	12,91	12,86
	0,10 – 0,20	2,60	8,49	11,80	11,00
Prob. de F	M	0,0231*			
	P	0,0001**			
	M x P	0,0010**			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		8,93			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente.

Tabela 12. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade enzimática da celulase.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Celulase (µg Glicose g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	289,09	264,79	312,08	283,09
	0,05 – 0,10	79,60	121,28	146,09	114,32
	0,10 – 0,20	81,36	55,14	54,26	54,98
Rotacionado	0 – 0,05	490,78	179,82	119,67	116,39
	0,05 – 0,10	305,93	79,93	77,19	68,84
	0,10 – 0,20	125,63	41,06	67,42	50,69
Contínuo	0 – 0,05	189,41	297,03	146,95	139,73
	0,05 – 0,10	94,41	100,80	69,29	67,82
	0,10 – 0,20	55,44	32,66	62,69	58,11
Prob. de F	M	0,0219*			
	P	0,0001**			
	M x P	0,0027**			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		19,20			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente.

Tabela 13. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade enzimática da urease.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Urease (µg NH ₄ -N g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	22,48	100,11	192,09	136,41
	0,05 – 0,10	18,48	54,65	119,06	79,77
	0,10 – 0,20	13,61	45,59	45,04	47,36
Rotacionado	0 – 0,05	39,61	124,26	254,18	161,68
	0,05 – 0,10	25,22	65,63	138,04	88,79
	0,10 – 0,20	20,33	51,55	76,61	69,73
Contínuo	0 – 0,05	20,10	194,31	126,95	172,01
	0,05 – 0,10	16,81	102,03	52,60	102,13
	0,10 – 0,20	8,91	60,62	17,96	88,91
Prob. de F	M	0,0182*			
	P	0,0001**			
	M x P	0,0307*			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		12,09			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente.

Tabela 14. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na atividade enzimática da fosfatase ácida.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Fosfatase Ácida (µg PO ₄ -P g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	630,88	337,11	808,01	406,42
	0,05 – 0,10	643,98	295,01	734,01	341,51
	0,10 – 0,20	539,12	285,26	558,67	389,19
Rotacionado	0 – 0,05	806,71	408,92	959,74	515,52
	0,05 – 0,10	703,46	333,98	630,67	466,32
	0,10 – 0,20	625,56	281,10	546,42	512,21
Contínuo	0 – 0,05	627,69	305,18	688,77	567,14
	0,05 – 0,10	541,46	254,29	531,14	520,72
	0,10 – 0,20	605,45	269,08	521,33	483,97
Prob. de F	M	0,1658ns			
	P	0,0095**			
	M x P	0,4135ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0395*			
CV (%)		14,69			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente. ns: não significativo.

Tabela 15. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de carbono orgânico.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Carbono Orgânico (mg C g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	23,43	15,42	27,22	31,62
	0,05 – 0,10	22,37	15,13	18,71	31,10
	0,10 – 0,20	14,63	15,31	10,94	24,28
Rotacionado	0 – 0,05	23,54	23,39	51,25	36,08
	0,05 – 0,10	18,23	17,47	27,51	23,32
	0,10 – 0,20	12,56	13,64	19,45	20,42
Contínuo	0 – 0,05	18,01	26,60	33,60	40,44
	0,05 – 0,10	16,07	17,76	27,25	35,15
	0,10 – 0,20	9,57	11,87	17,55	22,69
Prob. de F	M	0,0889ns			
	P	0,0001**			
	M x P	0,0559ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		14,29			

**.: significativo (P<0,01). ns: não significativo.

Tabela 16. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de nitrogênio total.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Nitrogênio Total (mg N g ⁻¹ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	1,55	1,12	1,28	1,14
	0,05 – 0,10	1,03	0,97	1,11	0,91
	0,10 – 0,20	1,02	0,94	0,88	0,78
Rotacionado	0 – 0,05	1,21	1,32	1,36	1,27
	0,05 – 0,10	1,18	0,97	1,08	1,02
	0,10 – 0,20	1,00	0,98	0,87	0,77
Contínuo	0 – 0,05	1,15	1,10	1,25	1,15
	0,05 – 0,10	1,05	0,93	0,98	0,90
	0,10 – 0,20	0,93	0,82	0,90	0,76
Prob. de F	M	0,4022ns			
	P	0,0001**			
	M x P	0,2914ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,1617ns			
	M x E	0,0953ns			
	M x P x E	0,0022**			
CV (%)		11,28			

** : significativo (P<0,01). ns: não significativo.

Tabela 17. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de fósforo orgânico.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Fósforo Orgânico ($\mu\text{g P g}^{-1}$ solo seco)			
Controle	0 – 0,05	6,03	3,66	8,14	5,57
	0,05 – 0,10	6,12	3,65	7,78	5,64
	0,10 – 0,20	5,61	3,39	5,93	3,66
Rotacionado	0 – 0,05	6,38	4,06	5,17	5,26
	0,05 – 0,10	6,21	3,72	6,30	5,18
	0,10 – 0,20	5,50	2,67	4,52	3,44
Contínuo	0 – 0,05	5,71	2,82	6,78	4,19
	0,05 – 0,10	5,61	3,20	6,38	4,28
	0,10 – 0,20	4,83	2,78	4,88	3,41
Prob. de F	M	0,0628ns			
	P	0,2249ns			
	M x P	0,0442*			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,0001**			
CV (%)		12,85			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente. ns: não significativo.

Tabela 18. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no pH.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		pH (%)			
Controle	0 – 0,05	4,71	4,36	4,15	4,84
	0,05 – 0,10	4,59	4,18	3,87	4,25
	0,10 – 0,20	4,47	4,03	3,71	3,87
Rotacionado	0 – 0,05	4,92	5,05	4,93	4,96
	0,05 – 0,10	4,89	4,75	4,58	4,49
	0,10 – 0,20	4,64	4,41	4,10	3,79
Contínuo	0 – 0,05	4,93	5,01	5,06	4,88
	0,05 – 0,10	4,81	4,76	4,54	4,34
	0,10 – 0,20	4,70	4,28	4,00	3,83
Prob. de F	M	0,8887ns			
	P	0,0002**			
	M x P	0,0633ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,5515ns			
CV (%)		4,27			

**.: significativo (P<0,01). ns: não significativo.

Tabela 19. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo na umidade.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Umidade (%)			
Controle	0 – 0,05	7,00	7,73	10,50	14,00
	0,05 – 0,10	7,94	9,00	10,77	14,55
	0,10 – 0,20	8,11	10,03	9,12	13,77
Rotacionado	0 – 0,05	8,94	10,09	12,06	13,85
	0,05 – 0,10	8,97	10,41	11,47	13,20
	0,10 – 0,20	9,18	11,20	10,34	13,70
Contínuo	0 – 0,05	9,37	9,85	12,10	15,28
	0,05 – 0,10	9,28	10,64	11,83	14,85
	0,10 – 0,20	9,24	11,52	9,82	13,78
Prob. de F	M	0,1540ns			
	P	0,1568ns			
	M x P	0,2143ns			
	E	0,0001**			
	P x E	0,0001**			
	M x E	0,0001**			
	M x P x E	0,9353ns			
CV (%)		7,34			

** : significativo (P<0,01). ns: não significativo.

Tabela 20. Efeito do sistema de manejo do gado, das estações do ano e da profundidade do solo no conteúdo de matéria orgânica.

Manejo (M)	Profundidade (m) (P)	Estação (E)			
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO
		Matéria Orgânica (%)			
Controle	0 – 0,05	5,61	5,52	5,46	5,52
	0,05 – 0,10	6,04	5,74	5,84	5,65
	0,10 – 0,20	5,47	5,62	5,38	5,53
Rotacionado	0 – 0,05	5,88	6,56	6,15	5,98
	0,05 – 0,10	5,87	5,50	5,36	5,47
	0,10 – 0,20	5,77	5,44	5,27	5,11
Contínuo	0 – 0,05	6,08	5,82	6,09	5,86
	0,05 – 0,10	5,84	5,68	5,66	5,54
	0,10 – 0,20	5,54	5,45	5,61	5,50
Prob. de F	M	0,3309ns			
	P	0,0049**			
	M x P	0,0163*			
	E	0,3650ns			
	P x E	0,4689ns			
	M x E	0,4768ns			
	M x P x E	0,2215ns			
CV (%)		6,23			

* e **: significativo ($P < 0,05$) e ($P < 0,01$), respectivamente. ns: não significativo.

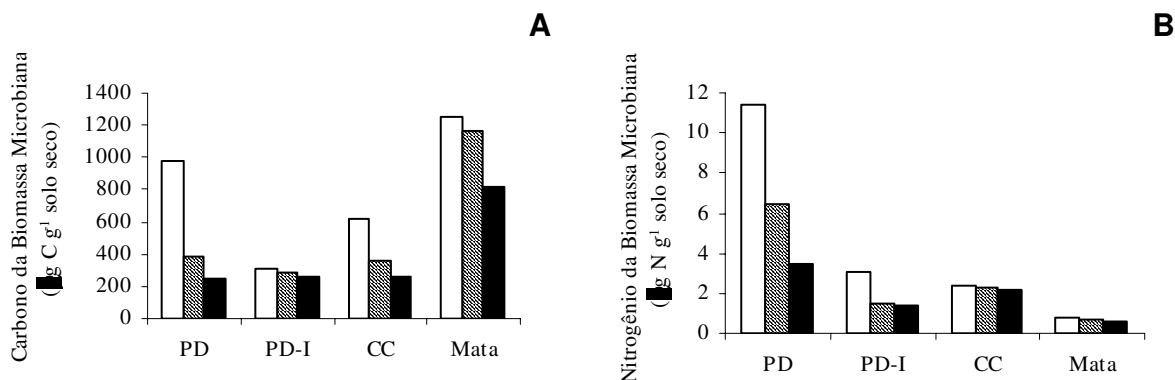


Figura 7. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono da biomassa microbiana (A) e nitrogênio da biomassa microbiana (B). (Manejo - PD: plantio direto; PD-I: integração agricultura x pecuária; CC: cultivo convencional; Profundidade – 0 – 0,10 m (□); 0,10 – 0,20 m (▨); 0,20 – 0,30 m (■)). (Fig. A) Probabilidade de F – manejo (m): 0,0001**; profundidade (p): 0,0080**; m x p: 0,0001**; CV -(%): 22,52. (Fig. B) Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p); m x p: 0,0001**; CV (%): 14,39.

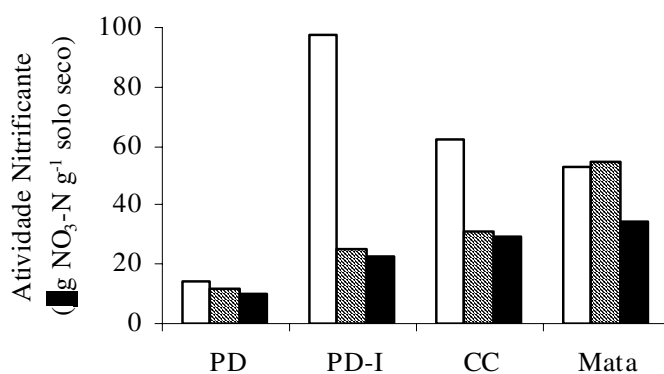


Figura 8. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade nitrificante. (PD: plantio direto; PD-I: integração agricultura x pecuária; CC: cultivo convencional; Profundidade – 0 – 0,10 m (□); 0,10 – 0,20 m (▨); 0,20 – 0,30 m (■)). Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p); m x p: 0,0001**; CV (%): 7,74.

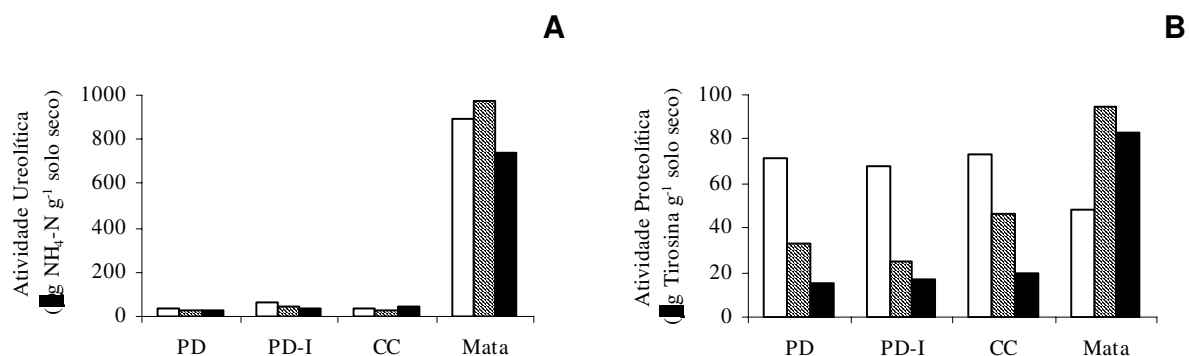


Figura 9. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade enzimática da urease (A) e atividade enzimática da protease (B). (Manejo - PD: plantio direto; PD-I: integração agricultura x pecuária; CC: cultivo convencional; Profundidade – 0 – 0,10 m (□); 0,10 – 0,20 m (▨); 0,20 – 0,30 m (■)). (Fig. A) Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p); m x p: 0,0001**; CV (%): 13,62. (Fig. B) Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p); m x p: 0,0001**; CV (%): 12,07.

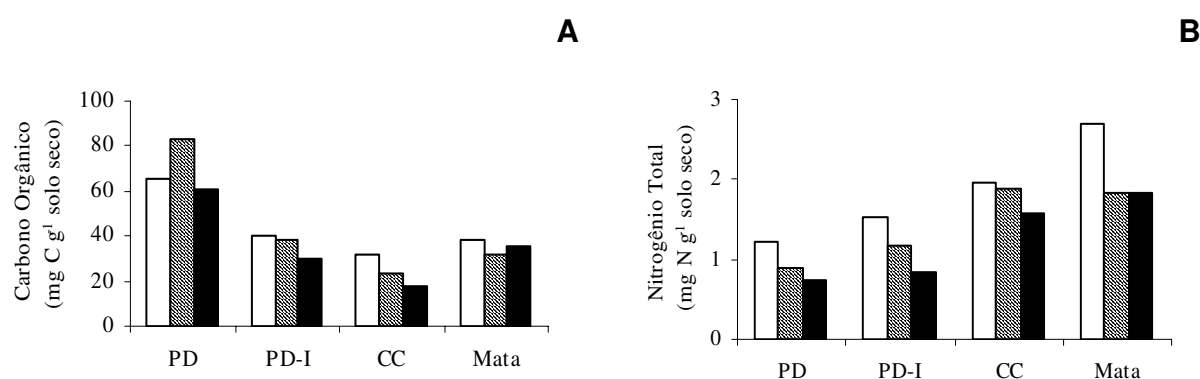


Figura 10. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono orgânico (A) e nitrogênio total (B). (Manejo - PD: plantio direto; PD-I: integração agricultura x pecuária; CC: cultivo convencional; Profundidade – 0 – 0,10 m (□); 0,10 – 0,20 m (▨); 0,20 – 0,30 m (■)). (Fig. A) Probabilidade de F – manejo (m): 0,0001**; profundidade (p): 0,0977ns; m x p: 0,2713ns; CV (%): 34,95. (Fig. B) Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p); m x p: 0,0001**; CV (%): 11,16.

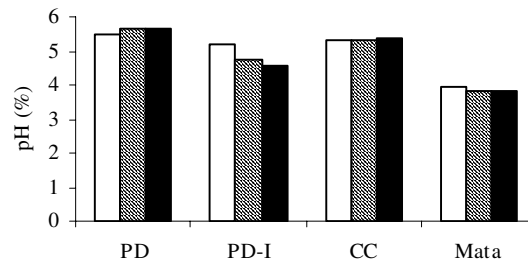
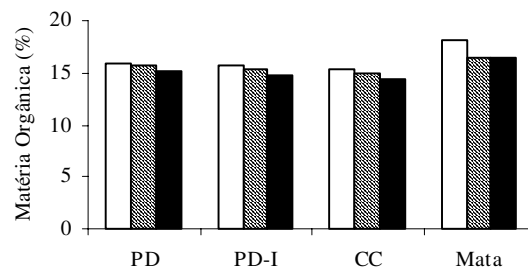
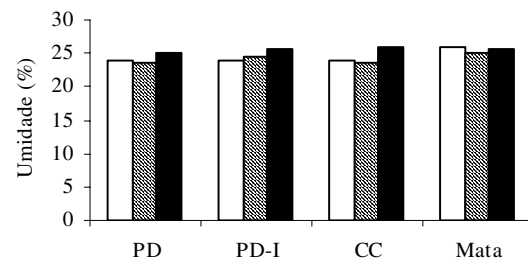
A**B****C**

Figura 11. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no pH (A), matéria orgânica (B) e umidade (C). (Manejo - PD: plantio direto; PD-I: integração agricultura x pecuária; CC: cultivo convencional; Profundidade – 0 – 0,10 m (□); 0,10 – 0,20 m (▨); 0,20 – 0,30 m (■)). (Fig. A) Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p); m x p: 0,0001**; CV (%): 1,74. (Fig. B) Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p): 0,0001**; m x p: 0,0025**; CV (%): 2,43. (Fig. C) Probabilidade de F – manejo (m): 0,2498ns; profundidade (p): 0,2460ns; m x p: 0,7768ns; CV (%): 7,81.

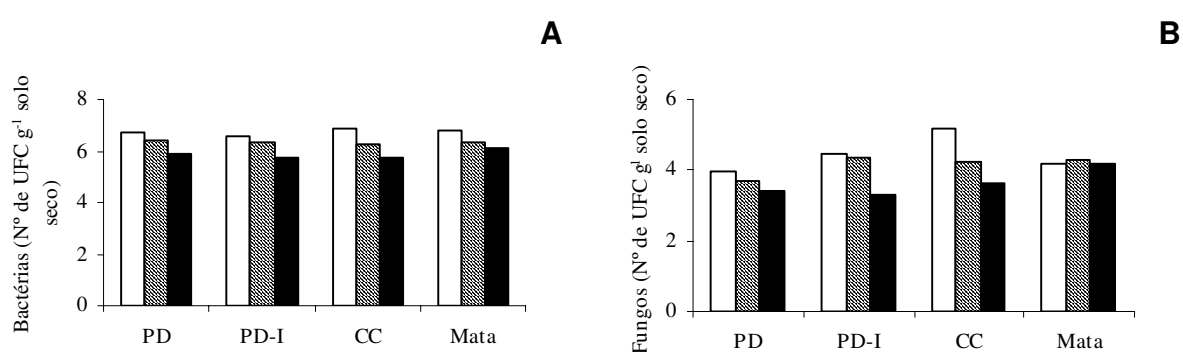


Figura 12. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no número de UFC de bactérias (A) e fungos (B). (Manejo - PD: plantio direto; PD-I: integração agricultura x pecuária; CC: cultivo convencional; Profundidade – 0 – 0,10 m (□); 0,10 – 0,20 m (▨); 0,20 – 0,30 m (■)). (Fig. A) Probabilidade de F – manejo (m): 0,7855ns; profundidade (p): 0,0001**; m x p: 0,1637ns; CV (%): 3,80. (Fig. B) Probabilidade de F – manejo (m); profundidade (p); m x p: 0,0001**; CV (%): 4,05.

5. DISCUSSÃO

5.1 Efeito das Estações do Ano

A manutenção de um ecossistema depende da qualidade físico-química do solo e de sua interação com as comunidades bióticas que atuam, em diferentes escalas temporais e espaciais, na ciclagem da matéria orgânica proporcionando, portanto, os nutrientes necessários para este sistema (BEARE et al. 1995). Em um sistema florestal, o maior fornecimento de resíduos passíveis de decomposição provém da matéria orgânica que se acumula na superfície do solo, a serapilheira, e das raízes mortas das plantas (FIORETO et al., 2001). Em um sistema de pastoreio, a maior parte da massa vegetal de cobertura é consumida, porém, há considerável contribuição das excreções dos animais (ALLEN et al., 1996).

A influência das diferentes estações climáticas e de diferentes sistemas de manejo do gado foi avaliada sobre as variáveis biológicas e químicas, medidas em várias profundidades do solo. Ficou evidenciado neste estudo a influência do sistema de manejo do gado, da profundidade do solo e da estação climática nas variáveis estudadas.

Estudos anteriores sobre o efeito da variação climática evidenciaram um aumento da biomassa microbiana devido à maior temperatura e a quantidade de chuvas (primavera-verão) (GRÉGGIO, 2006). Durante o período da coleta das amostras de solo, de abril de 2005 a fevereiro de 2006, a variação da temperatura foi de 18,3 a 25,2°C, e a da quantidade de chuvas de 3,2 a 416,4 mm. Portanto, enquanto as estações da primavera e verão foram as mais quentes e úmidas, as do outono e inverno, foram as mais frias e secas. Contudo, na profundidade de 0,10 – 0,20 m, a estação do inverno apresentou maior similaridade com as da primavera e verão, devido ao aumento das chuvas no período (46,5 mm) (Tabela 1 e Figura 3).

Estas circunstâncias devem ter influído nos conteúdos da biomassa microbiana, portanto, nas estações da primavera e do verão foram encontrados conteúdos maiores de biomassa microbiana (BM) que os observados nas demais estações. A temperatura

e a umidade podem influir no crescimento dos microrganismos do solo acelerando a decomposição da matéria orgânica. Insam (1990) verificou que existe uma relação estreita entre as condições climáticas e a biomassa microbiana do solo, favorecendo a decomposição. Ao contrário dos resultados obtidos neste trabalho, Mercante (2001) não detectou diferenças significativas no conteúdo do CBM entre as estações de verão (chuvoso) e inverno (seco). Segundo McGill et al. (1986), a quantidade de matéria orgânica e a transformação de nutrientes no solo resultaram nas variações sazonais no carbono da biomassa microbiana. Neste estudo, o conteúdo da matéria orgânica não variou, mas o de C orgânico aumentou significativamente durante a primavera no pasto rotacionado em relação aos demais em decorrência, possivelmente, do acúmulo de compostos orgânicos.

A baixa temperatura, tanto do solo como da atmosfera, e as condições de umidade do solo durante o inverno, podem influenciar as respostas da comunidade microbiana do solo (BOL et al., 2003). Desta forma, tem sido relatado que a decomposição dos resíduos vegetais e das excreções animais depositados na superfície do solo dependem da estação do ano e do regime de chuvas (Lovell e Jarvis, 1996, Aarons et al., 2004a). No período da estação das chuvas, há a mineralização dos compostos orgânicos produzindo nutrientes para as plantas, enquanto no período da estação de seca, há a imobilização dos nutrientes pela comunidade microbiana (GALICIA e GARCIA-OLIVA, 2004). Deve-se levar em consideração, também, que as flutuações de temperatura e umidade, possibilitaram a liberação de quantidades consideráveis de nutrientes, pelo aumento da atividade microbiológica e respectiva morte de parte da comunidade, ou mesmo por suas modificações qualitativas.

López et al. (1998), estudando diferentes espécies de braquiária para pastagem no cerrado, verificaram que pasto com a espécie *B. brizantha* apresentou menor exigência em N disponível, assim como menores valores do CBM. Como os valores de C microbiano encontrados neste trabalho foram elevados, poderia se deduzir que grande parte do N potencialmente disponível às plantas estaria imobilizada na biomassa microbiana, o que ocorreu principalmente na primavera.

O teor de P armazenado na biomassa microbiana seguiu a mesma tendência observada para o C e N da biomassa microbiana. Os teores de P da biomassa microbiana se mostraram altos, especialmente em pastagens (QUALLS e RICHARDSON, 1995). O fluxo de P através da biomassa microbiana tem sustentado o crescimento das plantas em solos de ecossistema tropicais e subtropicais, onde naturalmente a biodisponibilidade desse nutriente está muito restrita à biota, a qual recicla os nutrientes contidos nos resíduos (RHEINHEIMER et al., 2000). Segundo Srivastava e Singh (1991), em solos tropicais, o P encontrado na biomassa microbiana representa aproximadamente de 11 a 19% do P orgânico do solo. Pode-se verificar que a mineralização do P se deu principalmente nas estações da primavera e do verão, onde não só foram encontrados os maiores conteúdos de PBM, mas também foi verificado incremento das variáveis da atividade solubilizadora de fosfato, da enzima fosfatase ácida e do P orgânico. O incremento não foi verificado na mesma proporção nas demais estações.

Através da mineralização, o fósforo orgânico é transformado em fósforo solúvel pela ação das fosfatases, enzimas secretadas pelas raízes das plantas e principalmente pelos microrganismos, que catalisam a hidrólise de ésteres de fosfato liberando fosfato solúvel (NAHAS et al., 1994a). O aumento da concentração de fósforo orgânico promoveu aumento da atividade da fosfatase ácida (REZENDE et al., 2004a).

Barroti (1998) verificou que a atividade da fosfatase ácida foi favorecida na presença de braquiária do que com guandu ou em solo não cultivado, provavelmente devido ao maior enraizamento apresentado por essa gramínea, favoreceu a maior liberação de exsudatos e a atividade enzimática (JONER e JAKOBSEN, 1995), dessa forma ficou evidenciado que o aumento da atividade da fosfatase ácida decorreu do aumento do fósforo disponível em solos, como resultado das excreções animais, sugerindo uma relação entre a atividade e C orgânico do solo (OHASHI et al. 1988).

Com a adição de compostos orgânicos ao solo, a tendência de aumentos nos teores de fósforo disponível no solo pode refletir uma solubilização microbiana enquanto a que subsequente pode refletir uma imobilização em resposta ao maior metabolismo microbiano, constatados pela liberação de CO₂ e formação de biomassa,

porém, não se deve desconsiderar o imprescindível papel da mineralização, especialmente quando se aplica compostos orgânicos aos solos (excreções animais), como fonte de nutrientes (MINHONI et al., 1996). Portanto, o teor de P orgânico mostrou estar relacionado com a atividade da fosfatase ácida.

A atividade microbiana solubilizadora de fosfato seguiu a tendência apontada anteriormente, isto é, prevalecendo significativamente na primavera e verão. Contudo, a atividade respiratória predominou durante o inverno e outono e a atividade nitrificante durante o verão e outono e diferenças significativas apenas foram observadas nos conteúdos da atividade respiratória encontradas no inverno e na atividade nitrificante durante o verão e outono, respectivamente, em relação às demais estações. Segundo López et al. (1998), a atividade nitrificante aumentou sensivelmente, acompanhando a variação observada com o CBM e NBM. Neste estudo, uma tendência inversa foi observada, em que os maiores valores do CBM e NBM foram encontrados na primavera e os maiores valores da atividade nitrificante no verão. Ao contrário deste estudo, Ross et al. (1984), observaram que os menores valores para a atividade nitrificante foram encontrados no inverno.

Ross et al. (1995) observaram que o aumento da atividade respiratória foi maior no inverno principalmente em função do acúmulo de matéria orgânica no solo de pastagem. Neste estudo também foi verificado aumento da atividade respiratória no inverno, porém, o conteúdo de matéria orgânica permaneceu invariável enquanto a quantidade de chuvas para esta época do ano foi acima do esperado (Tabela 1). Enquanto Parfitt et al. (2005) verificaram que a atividade nitrificante predominou no verão, Jensen et al. (1996) observaram que a atividade nitrificante aumentou no inverno (frio e úmido), e decresceu na primavera, o que não foi observado neste estudo, pois os maiores valores foram observados no verão (quente e úmido), seguido do outono (início da seca). Ghani et al. (2003) também observaram que há reflexos entre as estações.

A atividade enzimática da urease foi aumentada na primavera e verão, da fosfatase ácida na primavera e outono e a da celulase no outono. A atividade enzimática pode ser relacionada com o C orgânico (TABATABAI, 1994). A atividade da urease e da fosfatase, portanto, pode estar relacionada com o aumento do teor de C

orgânico, pois ambos aumentaram na primavera. Ross et al. (1984) observaram que a atividade enzimática do solo aumentou na estação da primavera, influenciada possivelmente pelo início do período de chuva.

De modo geral, ocorreu maior acúmulo de C orgânico, P orgânico e umidade do solo durante a primavera e o verão do que durante o inverno e o outono. Esta tendência de acúmulo de C orgânico e outros nutrientes está de acordo com o que foi relatado por Haynes e Williams (1999) em solo sob pasto na Nova Zelândia.

Os conteúdos de matéria orgânica e N total não influíram nos resultados da biomassa microbiana e da atividade microbiana. Além do mais, o acúmulo dos nutrientes pode ter influenciado o crescimento da biomassa microbiana aumentando, conseqüentemente, a atividade microbiana como apontado anteriormente. Sarath-chandra et al. (1984) relataram que a biomassa microbiana e as atividades nitrificante e das enzimas urease e fosfatase estão relacionadas com o conteúdo de matéria orgânica do solo em pastagens na Austrália. Mercante (2001), estudando a dinâmica da matéria orgânica no solo de diferentes sistemas de produção, observou aumento no teor de matéria orgânica nos solos sob pastagens quando comparados a outros sistemas de plantio. Esta tendência não foi verificada neste trabalho.

5.2 Efeito dos Sistemas de Manejo do Gado

Enquanto no pasto rotacionado há maior concentração de gado no piquete durante um período de tempo de 5 a 6 dias, no pasto contínuo os animais permanecem durante todo o tempo de pastejo. O regime adotado no pasto rotacionado acarreta maior quantidade e concentração de excreções que o pasto contínuo. Essa adição deve proporcionar maior produção de matéria seca porque ocorre maior quantidade de rebrota devido ao período de repouso do pasto quando os animais são transferidos para outro piquete. No pasto contínuo ocorre preferência do gado pelo capim rebrotado, ocasionando menor rebrota que o pasto rotacionado e menor produção de vegetação. O pasto controle apresentou falhas na vegetação.

O aumento da BM encontrado nos pastos rotacionado em relação aos demais mostra um efeito diferenciado resultante, possivelmente, da excreção dos animais, como salientado anteriormente. O CBM e o NBM aumentam com o aumento das excretas animais depositadas nas pastagens (IYYEMPERUMAL et al., 2006), o que pode explicar os maiores valores da BM encontrados no pasto rotacionado, já que a distribuição das excretas animais é mais homogênea. Este efeito foi relatado por Ghani et al. (2003) quando compararam solos com e sem pastejo animal e por Saviozzi et al. (2001) que verificaram em solos da Itália que a pastagem apresentava maior porcentagem de CBM que os solos sob floresta e cultivo agrícola. Ghani et al. (2003) também observaram que há reflexos da estação climática sobre os sistemas de manejo, assim como o observado neste estudo, onde o pasto rotacionado mostrou os maiores valores entre os sistemas. No pasto contínuo, o conteúdo de CBM foi inferior ao controle e ao rotacionado e similar entre estes últimos, porém não se constatou variação significativa entre os resultados obtidos no inverno. No outono e inverno, os maiores teores de NBM foram encontrados no pasto controle, diminuindo ($P < 0,05$) nos demais pastos. Os menores conteúdos de PBM foram também encontrados no sistema contínuo, com diferenças significativas com os demais pastos.

As atividades nitrificante (apenas durante o inverno e verão), celulolítica (outono) e ureolítica foram estimuladas ($P < 0,05$) no pasto rotacionado em relação aos demais pastos. Interessante salientar que a atividade celulolítica predominou no pasto controle quando se comparou com os demais pastos, em todas as estações, exceto no outono. Não foram encontradas diferenças significativas da atividade respiratória durante o outono e inverno. A atividade respiratória foi influenciada pelos conteúdos de C orgânico e de N total do solo (ARUNACHALAM et al., 1999). Portanto, a ausência do efeito dos sistemas de manejo na atividade respiratória, pode ser explicado, possivelmente, em função do C orgânico e o N total não terem apresentados diferenças entre os sistemas de pastejo. Jensen et al. (1996) observaram que o tráfego animal causa uma compactação localizada e que pode acarretar uma diminuição na atividade respiratória do solo. Neste estudo, o maior tráfego animal no pasto rotacionado não

influiu nos resultados. Além destes efeitos, o conteúdo de matéria orgânica do solo tem sido relacionado ao aumento da atividade respiratória (Ross et al., 1995).

A atividade solubilizadora de fosfato, determinada neste estudo, mediu a capacidade dos microrganismos de solubilizar fluorapatita. Esta atividade diminuiu na primavera e verão significativamente na seguinte ordem: controle > rotacionado > contínuo. A atividade solubilizadora de fosfato aumentou no sistema contínuo durante o inverno, porém, em geral, nenhuma diferença foi encontrada no outono ($P < 0,05$). A diminuição da atividade solubilizadora de fosfato inorgânico nos sistemas rotacionado e contínuo pode ser atribuída à seletividade dos microrganismos para decompor a matéria orgânica proveniente das excreções animais. Inúmeros estudos abordaram a habilidade de microrganismos selecionados para solubilizar fosfatos inorgânicos (FENICE et al., 2000; VASSILEV et al., 2001; KATIYAR e GOEL, 2003), contudo, a capacidade microbiana de solubilizar fosfatos de rocha, nos termos deste estudo, não tem sido considerada na literatura consultada. Porém, expressivo número de bactérias ($1,04$ a $2,62 \times 10^5 \text{ g}^{-1}$ solo seco) e de fungos ($8,08$ a $57,88 \times 10^3 \text{ g}^{-1}$ solo seco) foram encontrados em diferentes pastos, correspondendo, respectivamente, a 7 % do total de bactérias e de 8 a 58 % do total de fungos (Nahas et al., 1994b) o que demonstra alta capacidade de solubilização no solo.

Com o aumento da disponibilidade de substratos orgânicos e nutrientes, a atividade das enzimas protease e urease e o C da biomassa microbiana foi estimulado (CAMERON, 1999; BOL et al., 2003). Resultados semelhantes foram obtidos por Haynes e Williams (1999) que obtiveram aumento na atividade da protease, urease e fosfatase ácida em pastos com grande concentração de animais. Esta tendência também foi observada neste estudo em que as maiores atividades da urease e da fosfatase ácida foram encontradas no pasto rotacionado, significativamente superiores às encontradas no controle e contínuo, excetuando no inverno para este último pasto. Confirmando estes resultados, a diminuição das atividades da protease e da urease tem sido relatada em solos dos pastos na ausência de animais (SAVIOZZI et al., 2001; BOL et al., 2003). Carpenter-Boggs et al. (2003) obtiveram aproximadamente o triplo

da atividade da fosfatase ácida em solo sob pastagem em comparação ao solo sob cultivo agrícola.

Das variáveis químicas estudadas, os teores de N total, de umidade e de C orgânico (este durante o verão e inverno) foram significativamente semelhantes em todos os pastos. Contudo, o C orgânico aumentou no pasto rotacionado em relação aos demais apenas durante a primavera, enquanto que no outono decresceu na seguinte ordem controle, rotacionado e contínuo. É importante salientar que as quantidades dos nutrientes do solo (Tabela 2) podem ter influenciado os resultados obtidos quando se compara os diferentes sistemas de manejo do gado, porquanto se verificou aumento nas quantidades de matéria orgânica, Ca^{2+} , Mg^{2+} , SB, T e V e valor menor de H + Al no solo sob pasto rotacionado em relação aos demais. Em adição, o teor de K^+ foi superior nos pastos rotacionado e contínuo. Deve-se levar em consideração, também, que devido à maior concentração de gado no pasto rotacionado, maior quantidade de excreções e de nutrientes devem ocorrer que no pasto contínuo.

A biomassa microbiana do solo é uma fonte importante de nutrientes e sua flutuação em tamanho e atividade pode influenciar a produtividade da pastagem. A matéria orgânica adicionada ao solo fornece energia, carbono e elétrons à população microbiana, a qual induz modificações na dinâmica dos nutrientes, entre eles a do nitrogênio e do fósforo. Em sistemas naturais, pela ruptura das células microbianas, todos os compostos são liberados para a solução e podem reagir com os colóides do solo, formando uma variedade de compostos com diferente labilidade ou suscetibilidade à mineralização (RHEINNHEIMER et al., 2000).

Em adição, pastos com maior intensidade de pastejo, apresentam diminuição no C orgânico e N total, possivelmente em decorrência à maior velocidade de decomposição da matéria orgânica (GARCIA e NAHAS, 2007), como no contínuo. A mineralização intensa causa perda de nutrientes da matéria orgânica do solo (UNKOVICH et al., 1998).

Pastos que são altamente pastejados aceleram parte da perda do N em função da reciclagem via volatilização, transformações que ocorrem no rúmen e pelas excretas (WRIGHT et al., 2004). Esta perda pode ser minimizada com menor intensidade de

pastejo como observado no rotacionado, onde as áreas repousam por um período de tempo.

5.3 Efeito dos Sistemas de Manejo das Culturas

Num sistema natural, como o da mata, balanço entre as adições e perdas de carbono e nitrogênio leva a um estado de equilíbrio dinâmico, o que, de maneira geral, não se verifica em áreas sob cultivo agrícola, onde o processo de decomposição da matéria orgânica é intensificado. No caso do cultivo convencional, as alterações observadas nas variáveis microbiológicas em relação à mata se devem especialmente pela intensidade de revolvimento e pela falta de cobertura vegetal. O sistema integrado agricultura - pecuária, só após um longo período sob manejo e adições de matéria orgânica constantes, poderá atingir um nível estável (MERCANTE, 2001; MERCANTE et al., 2004).

Comparando os sistemas de manejo das culturas, foi verificado um aumento nos teores do CBM no plantio direto em relação ao cultivo convencional (BALOTA et al., 1998), mostrando ser mais eficiente na manutenção da microbiota do solo, aumentando o teor do carbono da biomassa microbiana em até 129 % (BALOTA et al., 1997). Estes resultados estão de acordo com os obtidos no presente estudo, uma vez que são recentes os sistemas de plantio direto e integração agricultura x pecuária (5 anos) avaliados neste trabalho. O emprego de seqüências de culturas com alta produção de resíduos possibilita o aumento da biomassa e maior atividade microbiana, além dos benefícios da cobertura do solo e da maior disponibilidade de carbono orgânico (VARGAS e SCHOLLES, 2000). Oliveira (2000) relatou que houve uma redução de até 50% do CBM das áreas com culturas anuais em relação às áreas sob mata nativa. Da mesma forma, foi verificado decréscimo significativo nos teores de CBM nos sistemas com interferência antrópica, quando comparados com o sistema de mata (MERCANTE et al., 2004). O aumento nos teores de CBM implica em maior imobilização temporária de nutrientes e, conseqüentemente, em menores perdas de nutrientes no sistema solo-planta.

Os maiores valores de NBM verificados no plantio direto se devem principalmente pelo cultivo da soja na área (VARGAS e SCHOLLES, 2000). As raízes da soja se associam com as bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, tornando-se indispensáveis ao cultivo agrícola, pois integram o nitrogênio ao substrato. (VARGAS et al., 1993). Nesse caso, os microrganismos imobilizam temporariamente o N, que será liberado após sua morte e decomposição, podendo tornar-se disponível às plantas (GAMA-RODRIGUES, 1999). Esta, não só beneficia a planta em desenvolvimento como sede nitrogênio para o solo, que será aproveitado pelas culturas posteriores. A disponibilidade de nitrogênio para a cultura em sucessão (efeito imediato) quando leguminosas são utilizadas, e o uso destas por vários anos, pode se refletir em um incremento na capacidade do solo em suprir nitrogênio (efeito residual) (AMADO et al., 1999). O plantio direto, comparado ao cultivo convencional, mostrou ser mais eficiente na manutenção da microbiota do solo, por aumentar o teor do NBM (48 %) como por proporcionar um incremento nas populações de bactérias (BALOTA et al., 1997).

Na atividade nitrificante, o maior valor observado, em média, foi para o sistema integrado agricultura - pecuária, na camada superficial, e para mata, nas demais camadas. O aumento da atividade nitrificante na camada superficial no sistema integrado agricultura - pecuária se deve, provavelmente, às transformações do N orgânico proveniente das excretas dos bovinos. Mueller et al. (2003) observaram que a aplicação de esterco bovino no solo aumentou em até 20 vezes a atividade nitrificante. Assim os resultados encontrados, inclusive na mata, estão relacionados com o conteúdo de matéria orgânica do solo (SARATHCHANDRA et al., 1984; SAVIOZZI et al., 2001; BALOTA et al., 2004).

A atividade enzimática da urease e da protease, assim como a atividade nitrificante, estão relacionados com o conteúdo de matéria orgânica do solo (SARATHCHANDRA et al., 1984). A atividade da urease foi estimulada no sistema sob mata e, apesar do sistema integrado agricultura - pecuária não ter sido diferente ($P < 0,05$) dos outros dois manejos (plantio direto e cultivo convencional), os valores obtidos se devem as excreções animais ali presentes. Santos et al. (1991) verificaram que a velocidade de hidrólise da uréia foi influenciada pelo tipo de vegetação, sendo

maior no solo sob floresta. Marriel et al. (2005) encontraram maior atividade da urease no solo sob floresta em relação ao cultivado. A atividade da protease também foi estimulada no sistema sob mata, nas camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, refletindo o potencial proteolítico do solo e indicam sua capacidade de degradação protéica (REZENDE et al., 2004a). A diferença na atividade enzimática pode mostrar que a qualidade e quantidade do material orgânico possam influir na atividade enzimática do solo (DICK e TABATABAI, 1993). Fauci e Dick (1994) encontraram relação da atividade da protease com o conteúdo de C da biomassa microbiana, indicando sua estreita relação com a atividade da comunidade microbiana.

O cultivo convencional, quando comparado ao sistema sob mata e ao plantio direto, apresentou uma redução nos teores de carbono orgânico do solo, resultante provavelmente do aumento da taxa de decomposição anual ou redução da taxa de adição de material orgânico. Tudo isso se deve, provavelmente, ao preparo do solo, especialmente pela intensidade de revolvimento e pela falta de cobertura do solo. O sistema de plantio direto assim como o integrado agricultura - pecuária (como o segundo maior valor, em média, para este parâmetro), podem promover aumentos consideráveis nos teores de carbono orgânico e de nutrientes do solo (MERCANTE et al., 2004). As diferentes espécies vegetais determinam a quantidade, a qualidade e a persistência dos resíduos, alterando o crescimento microbiano.

O balanço de nitrogênio total no sistema sob mata é determinado crucialmente pelo acúmulo de matéria orgânica (SISTI et al., 2004), além dos resíduos vegetais que são depositados no solo apresentarem alta relação C/N. O que explica os maiores valores encontrados de N total no sistema sob mata, assim como os maiores valores observados para a matéria orgânica. Os valores semelhantes observados para N total entre a mata e o cultivo convencional nas camadas de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m deve-se, possivelmente, por causa da incorporação dos resíduos vegetais. Os menores valores observados no plantio direto e no sistema integrado agricultura - pecuária, em relação à mata, deve-se a não incorporação dos resíduos vegetais no solo, com isso a decomposição e a disponibilidade do N total para o solo é mais lenta (VARGAS e SCHOLLES, 2000).

O aumento do pH no plantio direto deve-se a presença de resíduos vegetais que contribuem para correção do solo. Franchini et al. (1999) observaram o potencial dos resíduos vegetais na correção do pH do solo, onde constataram que, além da correção, os resíduos vegetais disponibilizam outros nutrientes para o solo. Apesar dos sistemas plantio direto, integrado agricultura - pecuária e cultivo convencional terem recebido tratamentos semelhantes, o menor revolvimento do solo no plantio direto e no sistema integrado agricultura - pecuária, em relação ao cultivo convencional, proporcionaram tanto a descida de nutrientes no perfil do solo por meio de canais formados por raízes decompostas, como pela ação de organismos do solo e formação de complexos orgânicos (CAIRES et al., 2003).

No sistema sob mata, o efeito de acúmulo de matéria orgânica deve-se, principalmente, por uma taxa de entrada de C superior à taxa de decomposição (ROSCOE, et al., 2006b). No plantio direto e no sistema integrado agricultura - pecuária, os teores de matéria orgânica podem ser preservados, pois há uma redução na taxa de decomposição, em função da não fragmentação dos resíduos e do não revolvimento do solo. Desta forma, os resíduos permanecem na superfície, tendo uma menor área de contato com o solo (ROSCOE et al., 2006a). No cultivo convencional, o revolvimento do solo promove a incorporação dos resíduos vegetais aumentando a área de contato com o solo, disponibilizando substratos (GARCIA et al., 2004), ficando, dessa forma, o cultivo convencional com valor de matéria orgânica semelhantes aos do plantio direto e ao do sistema integrado agricultura - pecuária. Efeitos semelhantes aos encontrados no presente trabalho foram observados por Souza e Alves (2003).

A quantidade de umidade presente no solo foi suficiente para que cada uma das variáveis estudadas tivessem o seu processo realizado. A umidade pode influenciar a atividade biológica na superfície e nas camadas sub-superficiais do solo de maneira diferenciada em cada agrossistema, na sobrevivência dos microrganismos, nos processos de decomposição da matéria orgânica e defensivos agrícolas e na ciclagem de nutrientes (COLOZZI-FILHO, 2000).

Cattelan e Vidor (1990) constataram que entre os fatores do solo, a matéria orgânica foi o que mais estimulou a população microbiana. As bactérias do solo atuam

na decomposição de matéria orgânica (LÓPEZ et al., 1998), o que pode explicar os maiores valores de UFC de bactérias na camada de 0 – 0,10 m, uma vez que não foram verificadas diferenças significativas ($P < 0,05$) entre os sistemas de manejo das culturas. Os valores de UFC de fungos variou conforme o manejo e a profundidade. Na profundidade de 0 – 0,10 m, o maior valor foi observado no cultivo convencional. Como no cultivo convencional os resíduos vegetais são incorporados ao solo, o número de microrganismos aumenta, uma vez que se está fornecendo uma fonte de carbono e energia prontamente assimilável (LÓPEZ et al., 1998). Nas profundidades de 0,10 – 0,20 e 0,20 – 0,30 m, os maiores valores foram encontrados no sistema integrado agricultura - pecuária e na mata, respectivamente. Segundo Kirchner et al. (1993), o manejo agrícola contribui no tamanho e atividade da população microbiana. Assim como para bactérias, os valores de UFC de fungos encontrados nestas profundidades deve-se provavelmente a densidade de raízes, que por possuírem maior efeito rizosférico disponibilizam substratos orgânicos para esta comunidade de microrganismos do solo (COLOZZI-FILHO, 2000; VARGAS e SCHOLLES, 2000; OLIVEIRA et al., 2001).

De uma forma geral, os maiores valores observados das variáveis estudadas foram do sistema sob mata. Isso se deve ao valor de biomassa mais elevado na mata, refletindo uma situação bastante particular para a microbiota do solo neste sistema, que é estimulada pelo fornecimento contínuo de materiais orgânicos com diferentes graus de susceptibilidade à decomposição, originados da vegetação. A diversidade das espécies vegetais da mata, notadamente maior do que a dos demais sistemas de manejo avaliados implica a deposição de substratos orgânicos oxidáveis com composição variada na serapilheira. Além disso, existe maior diversidade de compostos orgânicos depositados na rizosfera, o que constitui fator favorável à sobrevivência e crescimento dos diferentes grupos de microrganismos do solo. Assim, as condições distintas do solo sob vegetação de mata, juntamente com a ausência de perturbações decorrentes de atividade antrópica, tornam possível a existência de maiores teores de biomassa microbiana, indicando o maior equilíbrio da microbiota do solo nesse ecossistema (D'ANDRÉA et al., 2002).

Neste estudo, o segundo maior valor observado das variáveis estudadas foi do manejo plantio direto. Relatos encontrados na literatura apontam à superioridade do plantio direto e do sistema integrado agricultura - pecuária em relação ao cultivo convencional em melhorar a relação entre os níveis de atividade microbiana do solo e os fatores de produção, visando o funcionamento sustentável dos agrossistemas. Assim como os sistemas de manejo plantio direto e integrado agricultura - pecuária apresentaram maior similaridade ao sistema sob mata (VARGAS e SCHOLLES, 2000; MERCANTE et al., 2001; SOUZA e ALVES, 2003; MERCANTE et al., 2004; GARCIA et al., 2006). O presente trabalho não apresenta respostas semelhantes ao encontrados pelos autores acima citados. O fato pode ser atribuído ao tempo de implantação dos manejos (plantio direto e do sistema integrado agricultura - pecuária 5 anos; e cultivo convencional 20 anos). Haynes e Tregurtha (1999) observaram que 3 anos não foram suficientes para mostrar o impacto da introdução do sistema integrado agricultura - pecuária sobre o carbono orgânico. Balota et al. (1998) após 16 anos verificou aumento dos teores da biomassa microbiana no plantio direto em relação ao cultivo convencional. Mendes et al. (1999) não observaram diferenças significativas no CBM, entre um sistema de plantio direto com dois anos de implantação e um cultivo convencional.

É possível que se encontre uma explicação para esse fato ao considerar as diferenças no tempo de adoção dos sistemas de manejo estudados. Verifica-se que, dos três sistemas de manejos, apenas o cultivo convencional apresenta longo tempo de implantação (20 anos), sugerindo que ainda estejam ocorrendo alterações na biomassa microbiana dos sistemas recentes, as quais deve estender-se até que um novo nível de equilíbrio seja atingido.

5.4 Efeito da Profundidade do Solo

Todas as variáveis estudadas diminuíram apreciavelmente com o aumento da profundidade do solo, excetuando-se as quantidades de matéria orgânica e umidade,

nos sistemas de manejo do gado; e de C orgânico e umidade, nos sistemas de manejo das culturas.

Estes resultados foram semelhantes aos encontrados por D'Andréa et al. (2002), estudando sistemas de manejo de culturas comparados com mata, relataram diminuição do CBM da camada 0 – 0,10 para 0,20 – 0,40 m. Da mesma forma, o CBM, NBM e o N total diminuíram da camada 0 – 0,05 m para a camada 0,05 – 0,15 m (VARGAS e SCHOLLES, 2000). Aon et al. (2001) relataram a diminuição da contagem de bactérias e fungos da camada de 0,05 – 0,10 para a de 0,15 – 0,20 m.

Haynes (1999) relatou diminuição do C orgânico, do CBM e da atividade enzimática da camada 0 – 2,5 cm do solo para a de 2,5 - 5,0 cm em pastagens na Nova Zelândia. Da mesma forma, CBM, NBM e as atividades respiratória e da urease diminuíram da camada 0 - 10 cm para a camada 10 - 20 cm (FERNANDES et al., 2005). Esta diminuição foi devido ao efeito da cobertura vegetal sobre a estruturação do solo e do acúmulo de matéria orgânica (FIALHO et al., 1991). Portanto, em função do maior acúmulo superficial de matéria orgânica, fezes e urina, o potencial de mineralização da matéria orgânica do solo, assim como a atividade respiratória tendem a diminuir com o aumento da profundidade. A resposta obtida neste estudo é uma evidente consequência da diminuição do C orgânico, N total, P orgânico e da umidade do solo. O solo da camada superficial tende a acumular matéria orgânica e nutrientes químicos acarretando aumento da biomassa e atividade microbiana (GARCIA e NAHAS, 2007).

A compactação do solo pelos animais não influenciou na transferência da matéria orgânica e de nutrientes porque o efeito da profundidade foi também observado na ausência de animais. O CBM, NBM e C-CO₂ aumentam com as excreções animais depositados em pastagem. As frações de carbono orgânico e N total não mudam com a intensidade das excreções animais depositados sobre o solo. Isso mostra que não ocorre alteração no tamanho relativo da comunidade microbiana. Em média 1,4% do C orgânico ou 3,5% do N total, estão na camada de 0 – 5 cm. Frações bem maiores que as encontradas na camada de 5 – 15 cm (IYYEMPERUMAL et al., 2006). Isso indica que a matéria orgânica do solo é mais biodegradável na camada superficial.

Souza e Alves (2003) verificaram a redução do pH e da matéria orgânica da camada de 0 – 0,10 para a de 0,20 – 0,40 m. O decréscimo das variáveis químicas e do pH com a profundidade do solo sugere que deve ter havido influência no crescimento microbiano resultando em um aumento das atividades microbianas estudadas.

Resultados obtidos anteriormente neste laboratório (GRÉGGIO, 2006) mostraram que a atividade da celulase diminuiu com a profundidade do solo em decorrência, provavelmente, dos menores conteúdos de matéria orgânica, de bases trocáveis e do pH do solo encontrados na camada de 10 - 12 cm em relação à de 0 - 2 cm (Tabela 2). Em acordo com estes resultados, Vardavakis (1989) encontrou uma redução na atividade da celulase e na atividade respiratória com a profundidade devido à diminuição do conteúdo da matéria orgânica.

Com relação à profundidade, o fósforo inorgânico é parcialmente transformado em fósforo orgânico na biomassa microbiana, o que contribui para a maior disponibilidade de fósforo na camada superficial da pastagem (RHEINNHEIMER et al., 2000).

O potencial da atividade nitrificante, segundo Iyyemperumal et al. (2006), no solo não aumentou com o aumento das excretas animais no solo, havendo um aumento de até duas vezes na atividade nitrificante da camada de 5 – 15 cm em relação à camada de 0 – 5 cm (IYYEMPERUMAL et al., 2006). De modo contrário, neste estudo a atividade nitrificante aumentou na camada 0 – 0,05 m em relação as demais camadas do solo, evidenciando, possivelmente, a influência da excretas animais na atividade nitrificante.

A biomassa microbiana tem grande importância no papel de regular o N do solo e prevenir perdas indesejáveis pelo sistema. Portanto, em função do maior acúmulo superficial de matéria orgânica, fezes e urina, o potencial de mineralização da matéria orgânica do solo, assim como a atividade respiratória diminuíram com o aumento da profundidade. A compactação do solo pelos animais não deve ter influído na transferência da matéria orgânica e de nutrientes porque o efeito da profundidade foi também observado na ausência de animais (GARCIA e NAHAS, 2007).

Houve declínio rápido no CBM e NBM e mineralização do N com profundidade do solo, aproximadamente 55% da biomassa microbiana e 70 - 88% de mineralização do N estavam na camada 0 - 10 cm (MURPHY et al. 1998). Estes resultados mostram a importância da camada mais superficial onde ocorre a maior atividade microbiana e o acúmulo de nutrientes (JÚNIOR-ASSIS et al., 2003).

Assim, considerando que, em geral, a dimensão da atividade e da biomassa microbiana sejam reguladas pela disponibilidade de nutrientes, as reduções nos níveis de matéria orgânica e C orgânico do solo, com a profundidade, resultam em similares diminuições e decréscimos na dimensão e atividade da biomassa microbiana (REZENDE et al., 2004a). Dessa forma, houve maior atividade e biomassa microbiana na superfície do que nas camadas mais profundas do solo e que solos de locais diferentes apresentam o mesmo perfil na atividade do solo.

6. CONCLUSÕES

As variáveis microbiológicas, bioquímicas e químicas do solo avaliadas podem ser consideradas medidas sensíveis para determinar mudanças decorrentes dos efeitos das estações do ano, dos sistemas de manejo do gado e das culturas e da profundidade do solo.

Para as condições experimentais do presente trabalho pode se concluir que:

1 - As estações do ano, notadamente primavera e verão, influenciaram significativamente as respostas das variáveis estudadas;

2 - A biomassa e a atividade microbianas, assim como as variáveis químicas do solo, indicaram alterações significativas decorrentes da adoção dos sistemas de manejo do gado, principalmente o rotacionado;

3 - A biomassa e a atividade microbianas, assim como as variáveis químicas do solo indicaram alterações significativas decorrentes da adoção de sistemas de manejo das culturas;

4 - A biomassa e a atividade microbianas, assim como as variáveis químicas do solo, apresentaram respostas diferenciadas nas camadas do solo, notadamente no horizonte superficial.

7. REFERÊNCIAS

AARONS, S.R.; HOSSEINI, H.M.; DORLING, L.; GOURLEY, C.J.P. Dung decomposition in temperate dairy pastures – I. Changes in soil chemical properties. **Australian Journal of Soil Research**, v. 42, p.107-114, 2004a.

AARONS, S.R.; HOSSEINI, H.M.; DORLING, L.; GOURLEY, C.J.P. Dung decomposition in temperate dairy pastures – II. Contribution to plant-available soil phosphorus. **Australian Journal of Soil Research**, v. 42, p.115-123, 2004b.

ACEA, M. J.; CARBALLAS, T. Principal components analysis of the soil microbial population of humid zone of Galicia (Spain). **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, n.6, p. 749-759, 1999.

ALLEN, A.G.; JARVIS, S.C.; HEADON, D.M. Nitrous oxide emissions from soils due to inputs of nitrogen from excreta return by livestock on grazed grassland in the U.K. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p. 597-607, 1996.

AMADO, T.J.C.; MIELNICZUK, J; FERNANDES, S.B.V.; BAYER, C. Culturas de cobertura, acúmulo de nitrogênio total no solo e produtividade de milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 3, p. 679-686, 1999.

ANUALPEC 2006: anuário da pecuária brasileira. São Paulo: Instituto FNP Consultoria e Comércio, 2006. 369p.

AON, M.A.; CABELLO, M.N.; SARENA, D.E.; COLANERI, A.C.; FRANCO, M.G.; BURGOS, J.L.; CORTASSA, S. I. Spatio-temporal patterns of soil microbial and

enzymatic activities in na agricultural soil. **Applied Soil Ecology**, v. 18, p. 239-254, 2001.

ARUNACHALAM, K.; ARUNACHALAM, A.; MELKANIA, N.P. Influence of soil properties on microbial populations, activity and biomass in humid subtropical mountainous ecosystems of India. **Biology and Fertility of Soils**, v. 30, p. 217-223, 1999.

ASSIS, R. L.; BAHIA, V. G. Práticas mecânicas e culturas de recuperação das características físicas dos solos degradados pelo cultivo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.19, n.191, p.71-78, 1998.

BALOTA, E. L. Alterações microbiológicas em solo cultivado sob o plantio direto. In: PEIXOTO, R. T. G.; AHRENS, D. C.; SAMAHA, M. J. (eds.) **Plantio direto** – o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. p. 222-233.

BALOTA, E.L.; ANDRADE, D.S.; COLOZZI-FILHO, A. Avaliações microbiológicas em sistemas de preparo do solo e sucessão de culturas In: CONGRESSO BRASILEIRO SOBRE PLANTIO DIRETO, 1., Ponta Grossa, 1997. Plantio Direto para uma agricultura sustentável. **Anais...** Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. p. 9-11.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana e sua atividade em solos sob diferentes sistemas de preparo e sucessão de culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 22, p. 641-649, 1998.

BALOTA, E.L.; COLOZZI-FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; DICK, R.P. Long-term tillage and crop rotation effects on microbial biomass and C and N mineralization in a Brazilian Oxisol. **Soil and Tillage Research**, v. 77, p. 137-145, 2004.

BARIZON, R.R.M. **Calagem na superfície para a cultura da soja, em semeadura direta sobre *Brachiaria brizantha***. 2001. 88f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1988.

BARROSO, C.B.; NAHAS, E. The status of soil phosphate fractions and the ability of fungi to dissolve hardly soluble phosphates. **Applied Soil Ecology**, v. 29, p. 73-83, 2005.

BARROTI, G. **Características microbiológicas e físico-químicas de solo adubado com fosfato natural em diferentes tipos de cultivos**. 1998. Dissertação (Mestrado em Biotecnologia) – Instituto de Química, Universidade Estadual Paulista, Araraquara, 1998.

BARROTI, G.; NAHAS, E. População microbiana total e solubilizadora de fosfato em solo submetido a diferentes sistemas de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 35, p. 2043-2050, 2000.

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**, v. 170, p.5-22, 1995.

BOL, R.; KANDELER, E.; AMELUNG, W.; GLASER, B.; MARX, M.C.; PREEDY, N.; LORENZ, K. Short-term effects of dairy slurry amendment on carbon sequestration and enzyme activities in a temperate grassland. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, p. 1411-1421, 2003.

BRADY, N. C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. 13 ed. New Jersey: Prentice Hall, 2002. 960p.

BRÂNCIO, P.A.; JÚNIOR, D.N; EUCLIDES, V.P.B.; FONSECA, D.M.; ALMEIDA, R.G.; MACEDO, M.C.M.; BARBOSA, R.A. Avaliação de três cultivares de *Panicum maximum* Jacq. sob pastejo: composição da dieta, consumo de matéria seca e ganho de peso animal. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 32, p. 1037-1044, 2003.

BREMNER, J. M.; MULVANEY, C. S. Nitrogen-total. IN: PAGE, A. L.; MILLER, R. H.; KEENEY, D. R. (Ed.) **Methods of soil analysis: Chemical and microbiological properties**. Part 2. 2.ed. Madison Wisconsin: American Society of Agronomy, 1982. p.595-624.

BROCH, D.L. Integração agricultura-pecuária no Centro – Oeste do Brasil. In: ENCONTRO REGIONAL DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 4, 2000, Uberlândia. **Anais...** Uberlândia: UFU, 2000. p. 53-60.

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

BROOKES, P.C.; LANDMAN, A.; PRUDEN, G.; JENKINSON, D.S. Chloroform fumigation and the release of soil nitrogen: a rapid extraction method to measure microbial biomass nitrogen in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 17, n. 6, p. 837-842, 1985.

BUNT, J.S.; ROVIRA, A.D. Microbiological studies of some subantartic soils. **Journal Soil Science**, v. 6, p. 119-128, 1955.

CAIRES, E.F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J.; KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 27, p. 275-286, 2003.

CALEGARI, A. Rotação de culturas e uso de plantas de cobertura: dificuldades para a sua adoção. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: F. B. P. D. P., 2000. p.145-152.

CAMERON, M.D. Field study of gross rates of N mineralization and nitrification and their relationships to microbial biomass and enzyme activities in soils treated with dairy effluent and ammonium fertilizer. **Soil Use Management**, v. 15, p. 188-194, 1998.

CAMPBELL, C.A.; MOULIN, A.P.; BOWREN, K.E.; JANZEN, H.H.; TOWNLEY-SMITH, L.; BIEDERBRCK, V.O. Effect of crop rotations on microbial biomass, specific respiratory activity and mineralizable nitrogen in a Black Chernozemic soil. **Canadian Journal Soil Science**, v. 72, p. 417-427, 1992.

CANTARELLA, H., CORRÊA, L. de A., PRIMAVESI, O., PRIMAVESI, A.S. Fertilidade do solo em sistemas intensivos de manejo de pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C de; PEDREIRA, C.G.S.; FARIA, V.P. de. (Eds.). **Inovações tecnológicas no manejo de pastagens. Anais** do 19º Simpósio sobre manejo de pastagem. Piracicaba: FEALQ, 2002, p. 99-131.

CARRAN, R.A.; THEOBALD, P.W. Effects of excreta return on properties of a grazed pasture soil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v. 56, n. 2, p. 79-85, 2000.

CARPENTER-BOGGS, L.; STAHL, P.D.; LINDSTROM, M.J.; SCHUMACHER, T.E. **Soil microbial properties under permanent grass, conventional tillage and no-till management in South Dakota.** Soil and Tillage Research, v. 71, p. 15-23, 2003.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 14, p. 125-132, 1990.

CHADWICK, D.R.; INESON, P.; WOODS, C.; PIEARCE, T. G. Decomposition of *Pinus sylvestris* litter in litter bags: influence of underlying native litter layer. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 30, n. 1, p. 47-55, 1998.

COLOZZI-FILHO, A. Plantio direto: microrganismos e processos. In: ASSOCIAÇÃO DE PLANTIO DIRETO NO CERRADO. **Atualização em fertilidade e biodinâmica no sistema plantio direto**. Brasília: APDC, 2000. p. 29-42 (Programa de treinamento).

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURTI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do cerrado no sul do estados de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 26, p. 913-923, 2002.

DE BOER, W.; DUYTS, H.; LAANBROEK, H.J. Autotrophic nitrification in a fertilized acid heath soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 6, p. 845-850, 1988.

DICK, R.P.; BREAKWELL, D.P.; TURCO, R.F. Soil enzyme activities and biodiversity measurements as integrative microbiological indicators. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 247-272.

DICK, W.A.; TABATABAI, M.A. Significance and potential uses of soil enzymes. In: METTING JUNIOR, F.B. (ed.). **Soil microbial ecology applications in agricultural and environmental management**. New York: M. Dekker, 1993. p. 95-127.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Sistema brasileiro de classificação do solo**. Rio de Janeiro: Embrapa/CNPS, 1999. 412p.

FAUCI, M.F.; DICK, R. Soil microbial dynamics: short and long-term effects of inorganic and organic nitrogen. **Soil Science Society American Journal**, v. 58, p. 801-806, 1994.

FENICE, M. SELBMAN, L. FEDERICI, F. & VASSILEV, N. Application of encapsulated *Penicillium variabile* P16 in solubilization of rock phosphate. **Bioresource Technology**, v.73, p. 157-162, 2000.

FERNANDES, S.A.P.; BETTIOL, W.; CERRI, C.C. Effect of sewage sludge on microbial biomass, basal respiration, metabolic quotient and soil enzymatic activity. **Applied Soil Ecology**, v. 30, n. 1, p. 65-77, 2005.

FIALHO, J.F.; BORGES, A.C.; BARROS, N.F. Cobertura vegetal e as características químicas e físicas e atividade da microbiota de um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 21-28, 1991.

FIORETTO, A.; PAPA, S.; SORRENTINO, G.; FUGGI, A. Decomposition of *Cistus incanus* leaf litter in a mediterranean maquis ecosystem: mass loss, microbial enzyme activities and nutrient changes. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 33, p. 311-321, 2001.

FONTANELI, R. S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H. P.; IGNACZAK, J. C.; ZOLDAN, S. M. Análise econômica de sistema de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema de plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.35, p.2129-2137, 2000.

FRANCHINI, J.C.; MALAVOLTA, E.; MIYAZAWA, M.; PAVAN, M.A. Alterações químicas em solos ácidos após a aplicação de resíduos vegetais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, p. 533-542, 1999.

FRANZLUEBBERS, A.J.; STUEDEMANN, J.A. Bermudagrass management in the southern Piedmont USA. **Soil Science Society of America Journal**, v. 67, n. 1, p. 132-138, 2003.

FREITAS, P.L.; BERNARDI, A.C.C. Princípios e critérios para adotar o sistema plantio direto. In: ENCONTRO PLANTIO DIRETO NO CERRADO, 7, 2003, Sorriso. **Anais... Sorriso: UFMT**, 2003. p. 59-64.

GALICIA, L.; GARCIA-OLIVA, F. The effects of C, N and P additions on soil microbial activity under two remnant tree species in a tropical seasonal pasture. **Applied Soil Ecology**, v. 26, p. 31-39, 2004.

GAMA-RODRIGUES, E.F. Biomassa microbiana e ciclagem de nutrientes. In: SANTOS, G. De A.; CAMARGO, F.A. de O. (Ed.). **Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Gênese, 1999. Cap 11, p. 227-243.

GARCIA, M.R.L.; MELLO, L.M.M.de; CASSIOLATO, A.M.R. Variáveis microbiológicas e produtividade do feijoeiro sob diferentes manejos do solo e calagem. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 39, p. 1021-1026, 2004.

GARCIA, M.R.L.; MELLO, L.M.M.de; CASSIOLATO, A.M.R. Microbial biomass-C, evolved CO₂-C, mycorrhizal colonization, soil fertility and corn yield under different soil management and liming. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 28, p. 23-28, 2006.

GARCIA, M.R.L.; NAHAS, E. Biomassa e atividade microbiana do solo em pastagem com diferentes lotações de ovinos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 31, p. 269-276, 2007.

GHANI, A.; DEXTER, M.; PERROTT, K.W. Hot-water extractable carbon in soils: a sensitive measurement for determining impacts of fertilisation, grazing and cultivation. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 35, p. 1231-1243, 2003.

GOSZ, J.R. Nitrogen cycling in coniferous ecosystems. In: F.E. CLARCK; HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Influence of stock camping behaviour on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 28, p. 253-258, 1981.

GRÉGGIO, T.C. **Atividade microbiana na decomposição de *Hevea brasiliensis* em diferentes remanescentes florestais**. 2006. Dissertação (Mestrado em Microbiologia Agropecuária) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2006.

HAIR, J.; et al. **Análise Multivariada de Dados**. 5ª ed. Porto Alegre: Bookman, 2005.

HAYNES, R.J. Size and activity of the soil microbial biomass under grass and arable management. **Biology and Fertility Soils**, v. 30, p. 210-216, 1999.

HAYNES, R.J.; TREGURTHA, R. Effects of increasing periods under intensive arable vegetable production on biological, chemical and physical indices of soil quality. **Biology and Fertility Soils**, v. 28, p. 259-266, 1999.

HAYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Influence of stock camping behaviour on the soil microbiological and biochemical properties of grazed pastoral soils. **Biology and Fertility of Soils**, v. 28, n. 3, p. 253-258, 1999.

IBGE: **Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística**. Disponível em: <http://www.sidra.ibge.gov.br>. Acesso em: 19 mar. 2007.

INSAM, H Are the soil microbial biomass and basal respiration governed by the climatic regime? **Soil Biology and Biochemistry**, v. 22, p. 525-532, 1990.

IYYEMPERUMAL, K.; ISRAEL, D.W.; SHI, W. Soil microbial biomass, activity and potential nitrogen mineralizati in a pasture: Impact of stock camping activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 39, p. 149-157, 2007.

JENSEN, L.S.; McQUEEN, D.J.; SHEPHERD, T.G. Effects of soil compaction on N-mineralization and microbial-C and –N. I. Field measurements. **Soil and Tillage Research**, v. 38, p. 175-188, 1996.

JHA, D.K.; SHARMA, G.D.; MISHRA, R.R. Soil microbial population numbers and enzyme activities in relation to altitude and forest degradation **Soil Biology and Biochemistry**, v. 24, n.8, p. 761-767, 1992.

JONER, E.J.; JAKOBSEN, I. Growth and extracellular phosphate activity of arbuscular mycorrhizal hyphae as influenced by soil organic matter. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, p. 1153-1159, 1995.

JÚNIOR-ASSIS, S.L. de; ZANUNCIO, J.C.; KASUYA, M.C.M.; COUTO, L.; MELIDO, R.C.N. Atividade microbiana do solo em sistemas agroflorestais, monoculturas, mata natural e área desmatada. **Revista Árvore**, v. 27, p. 35-41, 2003.

KANAZAWA, S.; MIYASHITA, K. A modified method for determination of cellulase activity in forest soil. **Soil Science and Plant Nutrition**, v. 32, p.71-79, 1986.

KATIYAR, V.; GOEL, R. Solubilization of inorganic phosphate and plant growth promotion by cold tolerant mutants of *Pseudomonas fluorescens*. **Microbiology Research**, v. 158, p. 163-168, 2003.

KEENEY, D.R.; NELSON, D.W. Nitrogen-inorganic forms. **Methods of Soil Analysis**, v. 2, n. 9, p. 643-698, 1982.

KIRCHNER, M.J.; WOLLUM, A.G.; KING, L.D. Soil microbial populations and activities in reduced chemical input agroecosystems. **Soil Science Society of America Journal**, v. 57, p. 1289-1295, 1993.

LATHEWELL, D.J.; BOULDIN, D.R. Soil organic matter and soil nitrogen behaviour in oxidizing, thiosulfate producing heterotrophs in soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 20, n. 4, p. 577-578, 1981.

LEVIEN, R. **Condições de cobertura e métodos de preparo do solo para a implantação da cultura do milho (*Zea mays* L.)**. 1999. 305f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

LIMA, C.L.R.; SILVA, A.P.; IMHOFF, S.; LEÃO, T.P. Compressibilidade de um solo sob sistemas de pastejo rotacionado intensivo irrigado e não irrigado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 28, p. 945-951, 2004.

LÓPEZ, A.; JESUS, H.S.; ROCHA, M.M.; FRIES, M. URQUIAGA, S.; ALVES, B.J.R. **Diagnóstico do potencial de nitrificação e desnitrificação em solo sob pastagens de *Brachiaria* sp. e solo sob plantio direto e convencional**. Seropédica: Embrapa Agrobiologia, nov. 1998. 24p. (Embrapa-CNPAB. Documento, 78).

LOVELL, R.D.; JARVIS, S.C. Effect of cattle dung on soil microbial biomass C and N in a permanent pasture soil. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 28, p. 291-299, 1996.

LUIZAO, F. J.; SCHUBART, H. O. R. Produção e decomposição de liteira em floresta de terra firme de Amazônia Central. **Acta Limnology Brasil**, v. 1, p. 575-600, 1986.

MACHADO, L.A.Z. **Manejo de pastagens nativas**. Guaíba: Livraria e Editora Agropecuária Ltda., 1999. 156p.

MACHADO, L. A. Z.; SALTON, J. C.; PRIMAVESI, O.; FABRICIO, A. C.; KICHEL, A. N.; MACEDO, M. C. M.; ZIMMER, A. H.; GUIMARÃES, C. M. Integração agricultura-pecuária. In: SALTON, J. C.; HERNANI, L. C.; FONTES, C. Z. **Sistema de plantio direto: o produtor pergunta, a Embrapa responde**. Dourados: Embrapa-SPI, 1998. p.217-232.

MAGAN, N.; LYNCH, J.M. Water potencial, growth and cellulolysis of fungi involved in decomposition of cereal residues. **Journal of General Microbiology**, v. 132, p. 1181-1187, 1986.

MARCHEZAN, E.; VIZZOTTO, V. R.; ZIMMERMANN, F. L. Produção de forrageiras de inverno em diferentes espaçamentos entre drenos superficiais sob pisoteio animal em várzea. **Ciência Rural**, v. 28, p. 393-397, 1998.

MARRIEL, I.E.; OLIVEIRA, C.A.; UTIDA, M.K.; MONTEIRO, G.G.; ALVARENGA, R.C.; CRUZ, J.C. Bioindicadores de qualidade do solo de cerrado sob sistema de manejo para produção orgânica. **EMBRAPA – Milho e Sorgo**, Circular Técnica 73, dezembro 2005.

MARTIN, J.P. Use of acid, rose bengal and streptomycin in the plate method for estimating soil fungy. **Soil Science**, v. 69, p. 215-232, 1950.

MARTIN, L.C.T. **Bovinos – volumosos suplementares**. São Paulo; Nobel, 1997, p. 143.

MATTOS, W. T.; MONTEIRO, F. A. Resposta de *Brachiaria brizantha* a dose de potássio. **Scientia Agrícola**, v.55, n.03, p.428-437, 1998.

McGARITY, J.W.; MYERS, M.G. A survey of urease activity in soils of Northern New South Wales. **Plant and Soil**, v.27, n. 2, p.217-238, 1967.

McGILL, W.B.; CANNON, K.R.; ROBERTSON, J.A.; COOK, F.D. Dynamics of soil microbial biomass and water-soluble organic C in Breton L after 50 years of cropping to two rotations. **Canadian Journal Soil Science**, v. 66, p. 1-19, 1986.

MELLO, L. M.M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto**: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. 2001. 81f. Tese (Livre Docência) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2001.

MENDES, I.C.; CARNEIRO, R.G.; CARVALHO, A.M.; VIVALDI, L.; VARGAS, M.A.T. **Biomassa C e atividade microbiana em solos de cerrado sob plantio direto e plantio convencional**. Planaltina, 1999. 5 p. (Pesquisa em andamento-EMBRAPA Cerrados, 5).

MERCANTE, F. M. Biomassa e a atividade microbiana: indicadores da qualidade do solo. **Direto no Cerrado**, março/abril, p. 9-10, 2001.

MERCANTE, F.M.; FABRICIO, A.C.; MACHADO, L.A.Z.; SILVA, W.M. **Parâmetros microbiológicos como indicadores da qualidade do solo sob sistemas integrados de produção agropecuária**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2004. 27 p. (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento – 20).

MINHONI, M.T.A.; EIRA, A.F.; BULL, L.T. Biomassa microbiana, liberação de CO₂, fósforo disponível e pH em solo que recebeu glicose e fosfato de rocha. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v, 20, p. 387-392, 1996.

MONTEIRO, F.A.; WERNER, J.C. Ciclagem de nutrientes minerais em pastagens. In: FAVARETTO, V.; RODRIGUES, L.R.A. (Eds.). **Simpósio de ecossistemas de pastagens**. Jaboticabal: Funep, 1989, 313p.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Transformações bioquímicas e ciclos dos elementos no solo. In: MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (eds.). **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA. 2002. p. 331-337.

MUELLER, C.; STEVENS, R.J. & LAUGHLIN, R.J. Evidence of carbon stimulated N transformations in grassland soil after slurry application. **Soil Biology and Biochemistry**, v.35, p. 285-293, 2003.

MURPHY, D.V.; SPARLING, G.P.; FILLERY, I.R.P. Stratification of microbial biomass C and N and gross N mineralisation with soil depth in two contrasting Western Australian agricultural soils. **Australian Journal of Soil Research**, v.36, p. 45-55, 1998.

NAHAS, E. Factors affecting the solubilization of insoluble phosphates. In: International Meeting on Microbial Phosphate Solubilization, 1., 2002, Salamanca. **Proceeding...** Salamanca: Ed. Univ., IRNA-CSIC, 2002, p. 20-22.

NAHAS, E.; CENTURION, J.F.; ASSIS, L.C. Efeito das características químicas dos solos sobre os microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 49-53, 1994a.

NAHAS, E.; CENTURION, J.F.; ASSIS, L.C. Microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases de vários solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 18, p. 43-48, 1994b.

NANNIPIERI, P.; F. PEDRAZZINI; ARCARA, P.G.; PIOVANELLI, C. Changes in amino acids, enzyme activities and biomasses during soil microbial growth. **Soil Science**, v.127, p. 26-34, 1979.

OHASHI, K.; YOSHIDA, S. Phosphomonoesterase activity in cultivated soils amended with different levels of organic materials. **Soil Science Plant Nutrition**, v. 34, p. 293-296, 1988.

OLIVEIRA, J.R.A. **Impacto de sistemas integrados de lavouras e pastagens na biomassa-C e na atividade biológica de um latossolo vermelho escuro de cerrado**. 2000. 115f. Dissertação (Dissertação de Mestrado) – FAMV, Universidade de Brasília, Brasília, 2000.

OLIVEIRA, J.R.A.; MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Carbono da biomassa microbiana em solos de cerrado sob vegetação nativa e sob cultivo: avaliação dos métodos fumigação-incubação e fumigação-extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 25, p. 863 – 871, 2001.

OLIVEIRA, M. F. B. **A cultura da soja implantada em diferentes coberturas e manejos do solo em área de pastagem degradada**. 2002. 100f. Dissertação (Mestrado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2002.

PARFITT, R.L.; YEATES, D.J.; ROSS, D.J.; MACKAY, A.D.; BUDDING, P.J. Relationships between soil biota, nitrogen and phosphorus availability, and pasture

growth under organic and conventional management. **Applied Soil Ecology**, v. 28, p. 1-13, 2005.

PAUL, E. A.; CLARK, F.E. **Soil microbiology and biochemistry**. San Diego: Academic Press, 1989. 273p.

PAULA, M. B.; ASSIS, R. P.; BAHIA, V. G.; OLIVEIRA, C. V. Efeitos do manejo dos resíduos culturais e aplicação se corretivos nas propriedades físicas e recuperação dos solos. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 19, p. 66-70, 1998.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico de pastagens**: regiões tropicais e subtropicais. 2. ed. São Paulo: Nobel, 1985. 184p.

PUPO, N.I.H. **Manual de pastagens e forrageiras**. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1979. 343p.

QUALLS, R.G.; RICHARDSON, C. Forms of soil phosphorus along a nutrient enrichment gradient in the northern everglades. **Soil Science**, v. 160, p. 183-198, 1995.

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A. **Métodos de análises de solos para fins de fertilidade**. Campinas: Instituto Agronômico de Campinas, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).

RAIJ, B.V.; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S.; BATAGLIN, O.C. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.

REZENDE, L. A.; ASSIS, L. C.; NAHAS, E. Carbon, nitrogen and phosphorus mineralization in two soils amended with distillery yeast. **Bioresource Technology**, v. 94, n. 2, p. 159-167, 2004a.

REZENDE, C.P.; PINTO, J.C.; PEREIRA, J.M.; MUNIZ, J.A.; ANDRADE, I.F.; EVANGELISTA, A.R. Características morfológicas do capim- elefante e capim- braquiara submetidos a diferentes taxas de lotação. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v. 28, n. 2, p. 414-421, mar/abr, 2004b.

RHEINNHEIMER, D.S.; ANGHINONI, L.; CONTE, E. Fósforo da biomassa microbiana em solos sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 24, p. 589-597, 2000.

RICE, C.W.; MOORMAN, T.B.; BEARE, M. Role of microbial biomass carbon and nitrogen in soil quality. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of America, 1996. p. 203-215.

RIGOBELLO, E. C.; NAHAS, E. Seasonal fluctuations of bacterial population and microbial activity in soils cultivated with *Eucalyptus* and *Pinus*. **Scientia Agricola**, v. 61, n.1, p. 88-93, 2004.

ROCHA, G.L. Perspectivas e problemas de adubação de pastagens no Brasil. In: MATTOS, H.B.; WERNER, J.C.; YAMADA, T.; MALAVOLTA, E. (eds.). **Calagem e adubação de pastagens**. Piracicaba: Potafos (Associação Brasileira para Pesquisa de Potassa e do Fosfato). 1986. p. 1-29.

ROSCOE, R.; BODDEY, R.M.; SALTON, J.C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Ed.). **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2006a. p. 17-42.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; MENDES, I. de C.; REIS-JÚNIOR, F.B. dos; SANTOS, J.C.F. dos; HUNGRIA, M. Biomassa microbiana do solo: fração mais ativa da matéria orgânica. In: ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. (Ed.). **Dinâmica**

da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: Modelagem matemática e métodos auxiliares. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2006b. p. 163-198.

ROOS, L. C. Plantio direto na palha – agricultura do 3º milênio. In: ENCONTRO NACIONAL DE PLANTIO DIRETO NA PALHA, 7, 2000, Foz do Iguaçu. **Resumos...** Foz do Iguaçu: F. B. P. D. P., 2000. p.40-41.

ROSS, D.J.; SPEIR, T.W.; COWLING, J.C.; WHALE, K.N. Temporal fluctuations in biochemical properties of soil under pasture: II - Nitrogen mineralization and enzyme activities. **Australian Journal Soil Research**, v. 22 p. 319-330, 1984.

ROSS, D. J.; SPEIR, T. W.; KETTLES, H. A.; MACKAY, A. D. Soil microbial biomass, C and N mineralization and enzyme activities in a hill pasture: influence of season and slow-release P and S fertilizer. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 27, n. 11, p. 1431-1443, 1995.

SÁ, J.C.M. Plantio direto em campos nativos. In: PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M.J. (eds.) **Plantio direto** – o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: Instituto Agrônômico do Paraná, 1997. p. 53-65.

SALTON, J. C.; FABRICIO, A. C.; HERNANI, L. C. Rotação lavoura pastagem no sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, n.208, p.92-99, 2001.

SANTOS, A.R.; VALE, F.R.; SANTOS, J.A.G. Avaliação de parâmetros cinéticos da hidrólise da uréia em solos do sul de Minas Gerais. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 15, p. 309-313, 1991.

SARATHCHANDRA, S. U.; PERROTT, K. W.; UPSDELL, M. P. Microbiological and biochemical characteristics of a range of New Zealand soils under established pasture. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 16, p. 177-183, 1984.

SAS Institute. **Statistical Analysis System**, SAS/STAT use's guide (Version 6). 3rd ed. Cary, N.C.: SAS Institute, 1990, 705p.

SAUNDERS, W.M.H.; WILLIAMS, E.G. Observations on the determination of total organic phosphorus in soil. **Journal Soil Science**, v. 6, p. 254-267, 1955.

SAVIOZZI, A.; LEVI-MINZI, R.; CARDELLI, R. & RIFFALDI, R. A comparison of soil quality in adjacent cultivated, Forest and native grassland soils. **Plant Soil**, v. 233, p. 251-259, 2001.

SCHMIDT, E.L.; BELSER, L.W. Autotrophic nitrifying bacteria. In:WEAVER, R.W.; ANGLE, S.; BOTTOMLEY, D.; SMITH, S. TABATABAI, A.; WOLLUM, A. (Ed.). **Methods of soils analysis, part 2**. Madison: Microbiological and biochemical properties, SSSA Book, series n° 5, Soil Science Society of America Inc., 1994. p. 159-177.

SILVA, E.M.R.; ALMEIDA, D.L.; FRANCO, A.A.; DÖBEREINER, J.A. Adubação verde no aproveitamento do fósforo em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 9, p. 85-88, 1985.

SILVA, J.E.; RESCK, D.V.S. Plantio direto no cerrado In: PEIXOTO, R.T.G.; AHRENS, D.C.; SAMAHA, M. J. (eds.) **Plantio direto** – o caminho para uma agricultura sustentável. Ponta Grossa: Instituto Agrônomo do Paraná, 1997. p. 158-184.

SILVA, V. R.; REINERT, D. J.; REICHERT, J. M. Densidade do solo, atributos químicos e sistema radicular do milho afetados pelo pastejo e manejo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.24, n.01, p.191-199, 2000.

SIMS, J. R.; HABY, V. A. Simplified colorimetric determination of soil organic matter. **Soil Science**, v. 112, n. 2, p. 137 - 141, 1971.

SIQUEIRA, R. **Sistemas de preparo em diferentes tipos de cobertura vegetais do solo**. 1999. 191f. Tese (Doutorado em Agronomia – Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 1999.

SISTI, C.P.J.; SANTOS, H.P.; KOHHANN, R.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Change in carbon and nitrogen stocks in soil under 13 years of conventional or zero tillage in southern Brazil. **Soil and Tillage Research**, v. 76, p. 39-58, 2004.

SNEATH, P.H.A.; SOKAL, R.R. **Numerical taxonomy**. San Francisco: W.H. Freeman, 1973.

SOUZA, Z.M.; ALVES M.C. Propriedades químicas de um latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, n. 27, p. 133-139, 2003.

SRIVASTAVA, S.C.; SINGH, J.S. Microbial C, N and P in dry tropical Forest soils: effects of alternate land-use and nutrient flux. **Soil Biology and Biochemistry**, v.23, p. 117-124, 1991.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of Soils. Carbon, Nitrogen, Phosphorus, Sulfur and Micronutrients**. John Wiley and Sons Ltd, New York - USA, 1999.

TABATABAI, M.A. Soil enzymes. In: PAGE et al. **Methods of soil analysis**. Part 2 – Microbiological and biochemical properties. Madison: Wisconsin. p. 775-833. 1994.

TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. Use of p-nitrophenyl phosphate for assay of soil phosphatase activity. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 1, p. 301-307, 1969.

TIWARI, S. C.; TIWARI, B. K.; MISHRA, R. R. Temporal and depth-wise variations in dehydrogenase and urease activities and bacterial population in pineapple plantation soils. **Proceedings of Indian National Science Academy**, v. 53, p. 173-176, 1987.

TÔTOLA, M.R.; CHAER, G.M. Microrganismos e processos microbiológicos como indicadores da qualidade dos solos. In: Alvarez, V.H. et al. (eds.). **Tópicos em Ciências do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 2002 – v. 2. p. 196-276.

TREIN, C. R.; COGO, N. P; LEVIEN, R. Métodos de preparo do solo na cultura do milho e ressemeadura do trevo na rotação aveia + trevo/milho após pastejo intensivo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.15, n.01, p.105-111, 1991.

ULRICH, A.; WIRTH, S. Phylogenetic diversity and population densities of culturable cellulolytic soil bacteria across an agricultural encatchment. **Microbial Ecology**, v. 37, p. 238-247, 1999.

UNKOVICH, M.P.; SANDORD, J.P.; HYDER, M. Effects of grazing on plant and soil nitrogen relations of pasture-crop rotations. **Australian Journal of Agricultural Research**, v. 49, p. 475-485, 1998.

VANCE, E. D.; BROOKES, P. C.; JENKINSON, D. S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 19, n. 6, p. 703 – 707, 1987.

VARDAVAKIS, E. Seasonal fluctuations of aerobic cellulolytic bacteria, and cellulase and respiratory activities in a soil profile under a Forest. **Plant and Soil**, v.115, p.145-150, 1989.

VARGAS, M.A.T.; MENDES, I.C.; SUHET, A.R.; PERES, J.R.R. Fixação biológica do nitrogênio. In: ARANTES, N.E.; SOUZA, P.I.M. (eds.) **Cultura da soja nos cerrados**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fósforo, 1993. p. 159-182.

VARGAS, L.K.; SCHOLLES, D. Biomassa microbiana e produção de C-CO₂ e N mineral de um Podzólico Vermelho-Escuro submetido a diferentes sistemas de manejo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 24, p. 35-42, 2000.

VASSILEV, N.; VASSILEVA, M.; FENICE, M.; FEDERICI, F. Immobilized cell technology applied in solubilization of insoluble inorganic (rock) phosphates and P plant acquisition. **Bioresource Technology**, v. 79, p. 263-271, 2001.

VIEIRA, F.C.S.; NAHAS, E. Comparison of microbial numbers in soils by using various culture media and temperatures. **Microbiological Research**, v. 160, p. 197-202, 2005.

VILELA, L.; MACEDO, M.C.M.; JÚNIOR, G.B.M.; KLUTHCOUSKI, J. Degradação de pastagens e indicadores de sustentabilidade. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. (Eds.). **Integração lavoura – pecuária**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e feijão, 2003, p. 107-128.

VITTI, G. C.; LUZ, P. H. C. Calagem e uso do gesso agrícola em pastagem. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMA DE PASTAGEM, 1997, Jaboticabal. **Anais...** Jaboticabal: FCAV – Unesp, 1997, p.63-111.

VOGT, K.A.; GRIER, C.C.; VOGT, D. J. Production, turnover, and nutrient dynamics of above-and belowground detritus of world forests. **Advances in Ecological Research**, v. 15, p. 303-377, 1986.

WATANABE, F. S.; OLSEN, S. R. Test of an ascorbic acid method for determining phosphorus in water and NaHCO₃ extracts from soil. **Soil Science Society American Proceeding**, v. 29, p. 677-678, 1965.

WHITEHEAD, D.C. **Nutrient Elements in Grassland Soil-Plant-Animal Relationships**. CAB International Publishing. Wallingford, Oxon, UK. 2000.

WOLLUM II, A.G. Cultural methods for soil microorganisms. In: PAGE, A.L.; MILLER, R.H.; KEENEY, D.R. **Methods of soil analysis**. Madison: Wisconsin, p. 781-802, 1982.

WRIGHT, A.L.; HONS, F.M.; JR ROUQUETTE, F.M. Long-term management impacts on soil carbon and nitrogen dynamics of grazed bermudagrass pastures. **Soil Biology and Biochemistry**, v. 36, p. 1809-1816, 2004.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A. de O.; KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Brachiaria*. In: MOURA, J.C. de; FARIA, V.P. de. (Eds.). **Simpósio sobre manejo da pastagem**, 11, 1994, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994, p. 153-208.

ZIMMER, A.; SILVA, M.P. da; MAURO, R. Sustentabilidade e impactos ambientais da produção animal em pastagens. In: PEIXOTO, A.M.; MOURA, J.C de; PEDREIRA, C.G.S.; FARIA, V.P. de. (Eds.). **Inovações tecnológicas no manejo de pastagens**, 19, 2002, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 2002, p. 31-58.

8. APÊNDICES

8.1 Efeito do Sistema de Manejo do Gado

Tabela 23. Efeito da profundidade do solo no carbono da biomassa microbiana (CBM).

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	427,99a	245,84a	402,67a	255,83a	265,65
	0,05 – 0,10	382,53a	217,59a	337,70a	148,17a	
	0,10 – 0,20	234,65b	215,49a	247,33b	71,98b	
Ro.	0 – 0,05	505,00a	435,92a	642,23a	239,49a	313,40
	0,05 – 0,10	377,79b	248,71b	332,07b	161,90a	
	0,10 – 0,20	191,63c	236,97b	240,69c	148,39b	
Co.	0 – 0,05	237,68a	457,82a	424,49a	135,19a	231,10
	0,05 – 0,10	210,11a	244,75b	319,00b	85,19a	
	0,10 – 0,20	191,71a	237,79b	151,08c	78,33a	
Média		306,57	282,32	344,14	147,16	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 24. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no carbono da biomassa microbiana (CBM).

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	427,99Aa	245,84Cb	402,67Ab	255,83Ba	367,51
Ro.	505,00Ba	435,92Ba	642,23Aa	239,49Ca	
Co.	237,68Bb	457,82Aa	424,49Ab	135,19Cb	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	382,53Aa	217,59Ba	337,70Aa	148,17Cb	255,46
Ro.	377,79Aa	248,71Ba	332,07ABa	161,90Ca	
Co.	210,11Bb	244,75ABa	319,00Aa	85,19Cb	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	234,65Aa	215,49Aa	247,33Aa	71,98Bb	187,17
Ro.	191,63ABa	236,97Aa	240,69Aa	148,39Ba	
Co.	191,71ABa	237,79Aa	151,08Bb	78,33Cb	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 25. Efeito da profundidade do solo no nitrogênio da biomassa microbiana (NBM).

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		NBM (µg N g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	14,05a	2,56a	52,84a	19,90a	16,02
	0,05 – 0,10	4,19b	2,51a	46,48a	8,09b	
	0,10 – 0,20	3,81b	0,84a	32,91b	4,05b	
Ro.	0 – 0,05	3,37a	1,68a	89,66a	44,45a	24,10
	0,05 – 0,10	3,18a	1,27a	59,76a	34,40b	
	0,10 – 0,20	2,65a	0,93a	27,11b	20,71c	
Co.	0 – 0,05	2,07a	3,06a	56,29a	32,90a	18,40
	0,05 – 0,10	0,79a	1,04a	49,12a	24,58a	
	0,10 – 0,20	0,85a	0,72a	35,00b	14,38b	
Média		3,88	1,62	49,91	22,61	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 26. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no nitrogênio da biomassa microbiana (NBM).

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	NBM (µg N g ⁻¹ solo seco)				
	Profundidade 0 – 0,05 m				
Cont.	14,05Ba	2,56Ca	52,84Aa	19,90Bc	26,90
Ro.	3,37Bb	1,68Ba	89,66Aa	44,45Aa	
Co.	2,07Cb	3,06Ca	56,29Aa	32,90Bb	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	4,19Ba	2,51Ba	46,48Ab	8,09Bb	19,62
Ro.	3,18Ba	1,27Ba	59,76Aa	34,40Aa	
Co.	0,79Ca	1,04Ca	49,12Ab	24,58Ba	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	3,81Ba	0,84Ba	32,91Aa	4,05Bb	12,00
Ro.	2,65Ba	0,93Ba	27,11Aa	20,71Aa	
Co.	0,85Ca	0,72Ca	35,00Aa	14,38Ba	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 27. Efeito da profundidade do solo no fósforo da biomassa microbiana (PBM).

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		PBM (µg P g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	44,67a	34,54a	45,49a	51,96a	30,92
	0,05 – 0,10	25,78b	29,64a	40,44a	26,08b	
	0,10 – 0,20	21,07b	27,44a	16,24b	7,68c	
Ro.	0 – 0,05	48,18a	41,47a	43,86a	53,36a	27,95
	0,05 – 0,10	22,09b	17,02b	20,68b	23,79b	
	0,10 – 0,20	16,62b	11,04b	13,63b	23,71b	
Co.	0 – 0,05	16,99a	13,05a	25,06a	45,96a	19,62
	0,05 – 0,10	15,90a	12,09a	23,66a	34,32b	
	0,10 – 0,20	7,66b	6,05a	10,46b	24,21c	
Média		24,33	21,37	26,61	32,34	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 28. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no fósforo da biomassa microbiana (PBM).

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	PBM (µg P g ⁻¹ solo seco)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	44,67Aa	34,54Ba	45,49Aa	51,96Aa	38,72
Ro.	48,18ABa	41,47Ba	43,86Ba	53,36Aa	
Co.	16,99Cb	13,05Cb	25,06Bb	45,96Aa	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	25,78Ba	29,64Ba	40,44Aa	26,08Bb	24,29
Ro.	22,09Aab	17,02Ab	20,68Ab	23,79Ab	
Co.	15,90Cb	12,09Cb	23,66Bb	34,32Aa	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	21,07Aa	27,44Aa	16,24Aa	7,68Bb	15,48
Ro.	16,62ABa	11,04Bb	13,63Ba	23,71Aa	
Co.	7,66Bb	6,05Bb	10,46Ba	24,21Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 29. Efeito da profundidade do solo na atividade respiratória (C-CO₂ liberado).

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		C-CO ₂ (mg CO ₂ 100 g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	49,05Aa	55,40Aa	29,60Ba	49,00Aa	31,31
	0,05 – 0,10	28,43Bb	37,20Aab	22,60Ba	26,30Bb	
	0,10 – 0,20	26,14Ab	25,40Ab	15,50Bb	11,10Bc	
Ro.	0 – 0,05	43,77Ba	73,20Aa	42,40Ba	52,30Ba	35,86
	0,05 – 0,10	29,53Ba	49,80Ab	23,20Bb	25,30Bb	
	0,10 – 0,20	26,95Aa	31,10Ab	15,40Ab	17,40Bb	
Co.	0 – 0,05	35,22Ba	60,80Aa	40,90ABa	46,80ABa	31,40
	0,05 – 0,10	28,04Aa	35,20Ab	19,50Ab	29,90Aab	
	0,10 – 0,20	25,12Aa	23,30Ab	16,70Ab	15,30Ab	
Média		32,47	43,49	25,09	30,38	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 30. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade respiratória (C-CO₂ liberado).

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	C-CO ₂ (mg CO ₂ 100 g ⁻¹ solo seco)				
	Profundidade 0 – 0,05 m				
Cont.	49,05Aa	55,40Aa	29,60Ba	49,00Aa	48,20
Ro.	43,77Ba	73,20Aa	42,40Ba	52,30Ba	
Co.	35,22Ba	60,80Aa	40,90ABa	46,80ABa	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	28,43Ba	37,20Aa	22,60Ba	26,30Ba	29,58
Ro.	29,53Ba	49,80Aa	23,20Ba	25,30Ba	
Co.	28,04Aa	35,20Aa	19,50Aa	29,90Aa	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	26,14Aa	25,40Aa	15,50Ba	11,10Ba	20,78
Ro.	26,95Aa	31,10Aa	15,40Ba	17,40Ba	
Co.	25,12Aa	23,30Aa	16,70Aa	15,30Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 31. Efeito da profundidade do solo na atividade nitrificante (NO₃-N).

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Atividade Nitrificante (µg NO ₃ -N g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	31,55a	20,31a	21,39a	49,04a	17,49
	0,05 – 0,10	13,41b	12,12a	10,56b	24,82b	
	0,10 – 0,20	6,98b	11,16a	6,74b	1,75c	
Ro.	0 – 0,05	34,60a	16,45a	33,51a	75,65a	24,49
	0,05 – 0,10	27,40a	13,93a	8,13b	47,15b	
	0,10 – 0,20	8,43b	7,17a	6,15b	15,34c	
Co.	0 – 0,05	60,27a	6,46a	20,20a	67,02a	25,40
	0,05 – 0,10	55,01a	3,62a	15,21ab	23,06b	
	0,10 – 0,20	33,13b	3,14a	8,19b	9,47c	
Média		30,09	10,48	14,45	34,81	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 32. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade nitrificante (NO₃-N).

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Atividade Nitrificante (µg NO ₃ -N g ⁻¹ solo seco)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	31,55Bb	20,31Ca	21,39Cb	49,04Ac	36,37
Ro.	34,60Bb	16,45Ca	33,51Ba	75,65Aa	
Co.	60,27Aa	6,46Cb	20,20Bb	67,02Ab	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	13,41Bc	12,12Ba	10,56Ba	24,82Ab	21,20
Ro.	27,40Bb	13,93Ca	8,13Ca	47,15Aa	
Co.	55,01Aa	3,62Cb	15,21Ba	23,06Ab	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	6,98Ab	11,16Aa	6,74Aa	1,75Ab	9,80
Ro.	8,43Bb	7,17Ba	6,15Ba	15,34Aa	
Co.	33,13Aa	3,14Ba	8,19Ba	9,47Bb	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula – manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 33. Efeito da profundidade do solo na atividade solubilizadora de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$).

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Atividade Solubilizadora de P ($\mu\text{g PO}_4\text{-P g}^{-1}$ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	4,51a	5,87a	30,63a	30,97a	13,31
	0,05 – 0,10	3,79a	5,14a	21,08b	20,63b	
	0,10 – 0,20	2,61a	9,06a	12,48c	12,93c	
Ro.	0 – 0,05	6,06a	5,86a	26,66a	28,37a	11,91
	0,05 – 0,10	2,92b	4,21a	17,14b	19,59b	
	0,10 – 0,20	2,43b	3,72a	11,46c	14,50c	
Co.	0 – 0,05	2,96a	3,39a	14,88a	18,46a	9,09
	0,05 – 0,10	2,84a	6,88a	12,91ab	12,86b	
	0,10 – 0,20	2,60a	8,49a	11,80b	11,00b	
Média		3.41	5.85	17.67	18.81	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 34. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade solubilizadora de fosfato ($\text{PO}_4\text{-P}$).

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Atividade Solubilizadora de Fosfato (µg PO ₄ -P g ⁻¹ solo seco)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	4,51Bab	5,87Ba	30,63Aa	30,97Aa	14,89
Ro.	6,06Ba	5,86Ba	26,66Ab	28,37Ab	
Co.	2,96Cb	3,39Ca	14,88Bc	18,46Ac	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	3,79Ba	5,14Ba	21,08Aa	20,63Aa	10,83
Ro.	2,92Ba	4,21Ba	17,14Ab	19,59Aa	
Co.	2,84Ba	6,88Ba	12,91Ac	12,86Ab	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	2,61Ba	9,06Ba	12,48Aa	12,93Aab	8,59
Ro.	2,43Ca	3,72Ca	11,46Ba	14,50Aa	
Co.	2,60Ba	8,49Ba	11,80Aa	11,00Ab	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 35. Efeito da profundidade do solo na atividade enzimática da celulase.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Celulase (µg Glicose g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	289,09a	264,79a	312,08a	283,09a	154,67
	0,05 – 0,10	79,60b	121,28b	146,09b	114,32b	
	0,10 – 0,20	81,36b	55,14c	54,26c	54,98b	
Ro.	0 – 0,05	490,78a	179,82a	119,67a	116,39a	149,65
	0,05 – 0,10	305,93b	79,93b	77,19a	68,84ab	
	0,10 – 0,20	125,63c	41,06b	67,42a	50,69b	
Co.	0 – 0,05	189,41a	297,03a	146,95a	139,73a	109,53
	0,05 – 0,10	94,41b	100,80b	69,29b	67,82b	
	0,10 – 0,20	55,44b	32,66c	62,69b	58,11b	
Média		190,18	130,28	117,29	106,00	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 36. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade enzimática da celulase.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Celulase (µg Glicose g ⁻¹ solo seco)				
	Profundidade 0 – 0,05 m				
Cont.	289,09Ab	264,79Aa	312,08Aa	283,09Aa	235,74
Ro.	490,78Aa	179,82Bb	119,67Bb	116,39Bb	
Co.	189,41Bc	297,03Aa	146,95Bb	139,73Bb	
	Profundidade 0,05 – 0,10 m				
Cont.	79,60Bb	121,28ABa	146,09Aa	114,32ABa	110,46
Ro.	305,93Aa	79,93Ba	77,19Bb	68,84Ba	
Co.	94,41Ab	100,80Aa	69,29Ab	67,82Aa	
	Profundidade 0,10 – 0,20 m				
Cont.	81,36Aa	55,14Aa	54,26Aa	54,98Aa	61,62
Ro.	125,63Aa	41,06Ba	67,42Ba	50,69Ba	
Co.	55,44Aa	32,66Aa	62,69Aa	58,11Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 37. Efeito da profundidade do solo na atividade enzimática da urease.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Urease (µg NH ₄ -N g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	22,48a	100,11a	192,09a	136,41a	72,89
	0,05 – 0,10	18,48a	54,65b	119,06b	79,77b	
	0,10 – 0,20	13,61a	45,59b	45,04c	47,36c	
Ro.	0 – 0,05	39,61a	124,26a	254,18a	161,68a	92,97
	0,05 – 0,10	25,22a	65,63b	138,04b	88,79b	
	0,10 – 0,20	20,33a	51,55b	76,61c	69,73b	
Co.	0 – 0,05	20,10a	194,31a	126,95a	172,01a	80,28
	0,05 – 0,10	16,81a	102,03b	52,60b	102,13b	
	0,10 – 0,20	8,91a	60,62c	17,96c	88,91b	
Média		20,62	88,75	113,61	105,20	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 38. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade enzimática da urease.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
Urease (µg NH ₄ -N g ⁻¹ solo seco)					
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	22,48Da	100,11Cb	192,09Ab	136,41Bb	128,68
Ro.	39,61Da	124,26Cb	254,18Aa	161,68Ba	
Co.	20,10Ca	194,31Aa	126,95Bc	172,01Aa	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	18,48Da	54,65Cb	119,06Aa	79,77Ba	71,93
Ro.	25,22Ca	65,63Bb	138,04Aa	88,79Ba	
Co.	16,81Ca	102,03Aa	52,60Bb	102,13Aa	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	13,61Ba	45,59Aa	45,04Ab	47,36Ab	45,52
Ro.	20,33Ca	51,55Ba	76,61Aa	69,73ABab	
Co.	8,91Ca	60,62Ba	17,96Cc	88,91Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 39. Efeito da profundidade do solo na atividade enzimática da fosfatase ácida.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Fosfatase Ácida (µg PO ₄ -P g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	630,88a	337,11a	808,01a	406,42a	497,43
	0,05 – 0,10	643,98a	295,01a	734,01ab	341,51a	
	0,10 – 0,20	539,12a	285,26a	558,67b	389,19a	
Ro.	0 – 0,05	806,71a	408,92a	959,74a	515,52a	565,88
	0,05 – 0,10	703,46a	333,98a	630,67b	466,32a	
	0,10 – 0,20	625,56a	281,10a	546,42b	512,21a	
Co.	0 – 0,05	627,69a	305,18a	688,77a	567,14a	493,02
	0,05 – 0,10	541,46a	254,29a	531,14a	520,72a	
	0,10 – 0,20	605,45a	269,08a	521,33a	483,97a	
Média		636,03	307,85	664,32	467,00	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P<0,05$) de probabilidade.

Tabela 40. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na atividade enzimática da fosfatase ácida.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Fosfatase Ácida (µg PO ₄ -P g ⁻¹ solo seco)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	630,88Aa	337,11Ba	808,01Aab	406,42Ba	588,52
Ro.	806,71Aa	408,92Ba	959,74Aa	515,52Ba	
Co.	627,69Aa	305,18Ba	688,77Ab	567,14Aa	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	643,98Aa	295,01Ba	734,01Aa	341,51Ba	499,77
Ro.	703,46Aa	333,98Ba	630,67Aab	466,32ABa	
Co.	541,46Aa	254,29Ba	531,14Ab	520,72Aa	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	539,12Aa	285,26Ba	558,67Aa	389,19ABa	468,11
Ro.	625,56Aa	281,10Ba	546,42Aa	512,21Aa	
Co.	605,45Aa	269,08Ba	521,33Aa	483,97Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula – manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P<0,05$) de probabilidade.

Tabela 41. Efeito da profundidade do solo no carbono orgânico.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Carbono Orgânico (mg C g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	23,43a	15,42a	27,22a	31,62a	20,85
	0,05 – 0,10	22,37ab	15,13a	18,71b	31,10a	
	0,10 – 0,20	14,63b	15,31a	10,94b	24,28a	
Ro.	0 – 0,05	23,54a	23,39a	51,25a	36,08a	23,91
	0,05 – 0,10	18,23ab	17,47ab	27,51b	23,32b	
	0,10 – 0,20	12,56b	13,64b	19,45c	20,42b	
Co.	0 – 0,05	18,01a	26,60a	33,60a	40,44a	23,05
	0,05 – 0,10	16,07ab	17,76b	27,25a	35,15a	
	0,10 – 0,20	9,57b	11,87b	17,55b	22,69b	
Média		17,60	17,40	25,94	29,46	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 42. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no carbono orgânico.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Carbono Orgânico (mg C g ⁻¹ solo seco)				
	Profundidade 0 – 0,05 m				
Cont.	23,43ABa	15,42Bb	27,22Ab	31,62Ab	29,22
Ro.	23,54Ca	23,39Cab	51,25Aa	36,08Bab	
Co.	18,01Ca	26,60Ba	33,60ABb	40,44Aa	
	Profundidade 0,05 – 0,10 m				
Cont.	22,37Ba	15,13Ba	18,71Bb	31,10Aa	22,51
Ro.	18,23Ba	17,47Ba	27,51Aa	23,32ABb	
Co.	16,07Ba	17,76Ba	27,25Aa	35,15Aa	
	Profundidade 0,10 – 0,20 m				
Cont.	14,63Ba	15,31Ba	10,94Bb	24,28Aa	16,08
Ro.	12,56Aa	13,64Aa	19,45Aa	20,42Aa	
Co.	9,57Ba	11,87Ba	17,55ABab	22,69Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula – manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 43. Efeito da profundidade do solo no nitrogênio total.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Nitrogênio Total (mg N g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	1,55a	1,12a	1,28a	1,14a	1,06
	0,05 – 0,10	1,03b	0,97a	1,11ab	0,91a	
	0,10 – 0,20	1,02b	0,94a	0,88b	0,78b	
Ro.	0 – 0,05	1,21a	1,32a	1,36a	1,27a	1,08
	0,05 – 0,10	1,18a	0,97b	1,08a	1,02ab	
	0,10 – 0,20	1,00a	0,98b	0,87b	0,77b	
Co.	0 – 0,05	1,15a	1,10a	1,25a	1,15a	0,99
	0,05 – 0,10	1,05a	0,93a	0,98ab	0,90ab	
	0,10 – 0,20	0,93a	0,82a	0,90b	0,76b	
Média		1,12	1,01	1,07	0,96	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 44. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no nitrogênio total.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Nitrogênio Total (mg N g ⁻¹ solo seco)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	1,55Aa	1,12Ba	1,28ABa	1,14Ba	1,23
Ro.	1,21Ab	1,32Aa	1,36Aa	1,27Aa	
Co.	1,15Ab	1,10Aa	1,25Aa	1,15Aa	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	1,03Aa	0,97Aa	1,11Aa	0,91Aa	1,01
Ro.	1,18Aa	0,97Aa	1,08Aa	1,02Aa	
Co.	1,05Aa	0,93Aa	0,98Aa	0,90Aa	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	1,02Aa	0,94Aa	0,88Aa	0,78Aa	0,88
Ro.	1,00Aa	0,98Aa	0,87Aa	0,77Aa	
Co.	0,93Aa	0,82Aa	0,90Aa	0,76Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula – manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 45. Efeito da profundidade do solo no fósforo orgânico.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		Fósforo Orgânico (µg P g ⁻¹ solo seco)				
Cont.	0 – 0,05	6,03a	3,66a	8,14a	5,57a	5,43
	0,05 – 0,10	6,12a	3,65a	7,78a	5,64a	
	0,10 – 0,20	5,61a	3,39b	5,93b	3,66b	
Ro.	0 – 0,05	6,38a	4,06a	5,17a	5,26a	4,87
	0,05 – 0,10	6,21a	3,72ab	6,30a	5,18ab	
	0,10 – 0,20	5,50a	2,67b	4,52a	3,44b	
Co.	0 – 0,05	5,71a	2,82b	6,78a	4,19a	4,57
	0,05 – 0,10	5,61a	3,20a	6,38a	4,28a	
	0,10 – 0,20	4,83a	2,78b	4,88b	3,41a	
Média		5,78	3,33	6,21	4,51	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra na coluna (profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 46. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no fósforo orgânico.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Fósforo Orgânico (µg P g ⁻¹ solo seco)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	6,03Ba	3,66Ba	8,14Aa	5,57Ba	5,31
Ro.	6,38Aa	4,06Aa	5,17Ab	5,26Aa	
Co.	5,71Aa	2,82Bb	6,78Aab	4,19Ba	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	6,12Ba	3,65Ba	7,78Aa	5,64Ba	5,34
Ro.	6,21Aa	3,72Ba	6,30Aa	5,18ABa	
Co.	5,61ABa	3,20Ca	6,38Aa	4,28Ba	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	5,61Aa	3,39Ba	5,93Aa	3,66Ba	4,22
Ro.	5,50Aa	2,67Bb	4,52ABa	3,44Ba	
Co.	4,83Aa	2,78Ba	4,88Aa	3,41Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula – manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 47. Efeito da profundidade do solo no pH.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
		pH (%)				
Cont.	0 – 0,05	4,71ABa	4,36Ba	4,15Ba	4,84Aa	4,25
	0,05 – 0,10	4,59Aa	4,18Aa	3,87Aa	4,25Ab	
	0,10 – 0,20	4,47Aa	4,03Aa	3,71Aa	3,87Ab	
Ro.	0 – 0,05	4,92Aa	5,05Aa	4,93Aa	4,96Aa	4,63
	0,05 – 0,10	4,89Aa	4,75Aa	4,58Aa	4,49Aa	
	0,10 – 0,20	4,64Aa	4,41Ab	4,10Ab	3,79Ab	
Co.	0 – 0,05	4,93ABa	5,01ABa	5,06Aa	4,88Ba	4,60
	0,05 – 0,10	4,81Aa	4,76ABa	4,54Ba	4,34Bb	
	0,10 – 0,20	4,70Aa	4,28ABb	4,00Bb	3,83Bc	
Média		4,74	4,54	4,33	4,36	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 48. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado no pH.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	pH (%)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	4,71ABa	4,36Bb	4,15Bb	4,84Aa	4,82
Ro.	4,92Aa	5,05Aa	4,93Aa	4,96Aa	
Co.	4,93Ba	5,01ABa	5,06Aa	4,88ABa	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	4,59Aa	4,18Ab	3,87Ab	4,25Aa	4,50
Ro.	4,89Aa	4,75Aa	4,58Aa	4,49Aa	
Co.	4,81Aa	4,76ABa	4,54Ba	4,34Ba	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	4,47Aa	4,03Aa	3,71Aa	3,87Aa	4,15
Ro.	4,64Aa	4,41Aa	4,10Aa	3,79Aa	
Co.	4,70Aa	4,28ABa	4,00Ba	3,83Ba	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 49. Efeito da profundidade do solo na umidade.

Manejo ⁽¹⁾	Prof. (m)	Estação				Média
		OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
Umidade (%)						
Cont.	0 – 0,05	7,00Ca	7,73Cb	10,50Ba	14,00Aa	10,21
	0,05 – 0,10	7,94Ba	9,00Bab	10,77ABa	14,55Aa	
	0,10 – 0,20	8,11Ca	10,03Ba	9,12Ca	13,77Aa	
Ro.	0 – 0,05	8,94Ca	10,09BCa	12,06Ba	13,85Aa	11,12
	0,05 – 0,10	8,97Ba	10,41Ba	11,47ABa	13,20Aa	
	0,10 – 0,20	9,18Ca	11,20Ba	10,34BCa	13,70Aa	
Co.	0 – 0,05	9,37Ba	9,85Ba	12,10Ba	15,28Aa	11,46
	0,05 – 0,10	9,28Ca	10,64Ba	11,83Ba	14,85Aa	
	0,10 – 0,20	9,24Ba	11,52Ba	9,82Bb	13,78Aa	
Média		8,67	10,05	10,89	14,11	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 50. Efeito da estação do ano e do sistema de manejo do gado na umidade.

Manejo ⁽¹⁾	Estação				Média
	OUTONO	INVERNO	PRIMAVERA	VERÃO	
	Umidade (%)				
Profundidade 0 – 0,05 m					
Cont.	7,00Cb	7,73Cb	10,50Ba	14,00Aa	10,90
Ro.	8,94Cab	10,09BCa	12,06Ba	13,85Aa	
Co.	9,37Ba	9,85Bab	12,10Ba	15,28Aa	
Profundidade 0,05 – 0,10 m					
Cont.	7,94Ba	9,00Ba	10,77ABa	14,55Aa	11,08
Ro.	8,97Ba	10,41Ba	11,47ABa	13,20Aa	
Co.	9,28Ca	10,64Ba	11,83Ba	14,85Aa	
Profundidade 0,10 – 0,20 m					
Cont.	8,11Ca	10,03Ba	9,12Ca	13,77Aa	10,82
Ro.	9,18Ca	11,20Ba	10,34BCa	13,70Aa	
Co.	9,24Ba	11,52Ba	9,82Ba	13,78Aa	

⁽¹⁾Cont.: pasto controle; Ro.: pasto rotacionado e Co.: pasto contínuo.

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - estação) e na coluna (minúscula – manejo), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 51. Efeito do sistema de manejo do gado e da profundidade do solo na matéria orgânica.

Estação	Profundidade (m)	Manejo			Média
		Controle	Rotacionado	Contínuo	
		Matéria Orgânica (%)			
OUTONO	0 – 0,05	5,61Aa	5,88Aa	6,08Aa	5,79
	0,05 – 0,10	6,04Aa	5,87Aa	5,84Aa	
	0,10 – 0,20	5,47Aa	5,77Aa	5,54Aa	
INVERNO	0 – 0,05	5,52Ba	6,56Aa	5,82Ba	5,70
	0,05 – 0,10	5,74Aa	5,50Ab	5,68Aa	
	0,10 – 0,20	5,62Aa	5,44Ab	5,45Aa	
PRIMAVERA	0 – 0,05	5,46Aa	6,15Aa	6,09Aa	5,65
	0,05 – 0,10	5,84Aa	5,36Aa	5,66Aa	
	0,10 – 0,20	5,38Aa	5,27Aa	5,61Aa	
VERÃO	0 – 0,05	5,52Aa	5,98Aa	5,86Aa	5,57
	0,05 – 0,10	5,65Aa	5,47Aa	5,54Aa	
	0,10 – 0,20	5,53Aa	5,11Aa	5,50Aa	
Média		5,62	5,70	5,72	
Profundidade 0 – 0,05 m					5,88
Profundidade 0,05 – 0,10 m					5,68
Profundidade 0,10 – 0,20 m					5,47

Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejo) e na coluna (minúscula – profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 52. Matriz de similaridade do sistema de manejo do gado entre as estações do ano e manejos, na profundidade de 0 – 0,05 m*.

	E1_T1	E1_T2	E1_T3	E2_T1	E2_T2	E2_T3	E3_T1	E3_T2	E3_T3	E4_T1	E4_T2
E1_T2	3,38	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E1_T3	4,49	4,75	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2_T1	4,29	5,30	4,66	-	-	-	-	-	-	-	-
E2_T2	5,20	5,57	5,30	4,95	-	-	-	-	-	-	-
E2_T3	5,86	6,01	5,75	3,87	4,20	-	-	-	-	-	-
E3_T1	5,74	5,73	7,05	6,60	7,73	7,51	-	-	-	-	-
E3_T2	7,90	7,86	8,64	9,13	7,59	8,14	5,89	-	-	-	-
E3_T3	5,10	5,29	4,86	6,02	5,00	5,50	4,72	4,70	-	-	-
E4_T1	5,85	5,81	5,99	5,31	6,19	6,12	4,86	7,01	5,00	-	-
E4_T2	6,52	6,87	6,06	6,66	6,03	7,09	5,83	5,73	4,65	3,16	-
E4_T3	6,75	6,89	5,73	6,23	6,14	6,49	6,29	6,31	4,80	3,38	2,23

* E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

Tabela 53. Matriz de similaridade do sistema de manejo do gado entre as estações do ano e manejos, na profundidade de 0,05 – 0,10 m*.

	E1_T1	E1_T2	E1_T3	E2_T1	E2_T2	E2_T3	E3_T1	E3_T2	E3_T3	E4_T1	E4_T2
E1_T2	2,73	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E1_T3	3,03	3,14	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2_T1	3,61	4,47	3,70	-	-	-	-	-	-	-	-
E2_T2	3,99	4,49	3,58	2,27	-	-	-	-	-	-	-
E2_T3	4,25	4,85	4,08	2,36	1,66	-	-	-	-	-	-
E3_T1	4,43	4,93	5,59	5,33	6,07	6,13	-	-	-	-	-
E3_T2	4,64	5,03	5,20	5,14	4,81	4,84	3,40	-	-	-	-
E3_T3	3,44	4,26	4,03	4,21	4,20	4,24	3,38	2,12	-	-	-
E4_T1	5,00	5,52	4,67	4,11	4,21	4,06	4,73	4,16	3,28	-	-
E4_T2	4,90	5,12	3,83	4,25	4,05	4,22	4,44	3,27	2,79	2,43	-
E4_T3	5,28	5,86	4,99	4,37	4,27	4,32	5,06	3,99	3,46	2,19	2,63

* E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

Tabela 54. Matriz de similaridade do sistema de manejo do gado entre as estações do ano e manejos, na profundidade de 0,10 – 0,20 m*.

	E1_T1	E1_T2	E1_T3	E2_T1	E2_T2	E2_T3	E3_T1	E3_T2	E3_T3	E4_T1	E4_T2
E1_T2	1,44	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E1_T3	2,16	1,85	-	-	-	-	-	-	-	-	-
E2_T1	2,88	3,27	3,50	-	-	-	-	-	-	-	-
E2_T2	3,16	3,40	3,22	1,98	-	-	-	-	-	-	-
E2_T3	3,62	3,78	3,54	2,18	1,31	-	-	-	-	-	-
E3_T1	2,94	3,47	3,70	3,33	4,08	3,81	-	-	-	-	-
E3_T2	2,84	3,31	3,36	2,86	3,10	2,85	1,91	-	-	-	-
E3_T3	2,77	2,87	3,14	2,82	3,41	3,21	1,84	1,82	-	-	-
E4_T1	4,47	4,45	4,52	3,18	3,40	2,79	3,87	2,94	2,92	-	-
E4_T2	4,49	4,82	4,61	3,36	3,72	3,34	3,40	2,39	3,23	2,45	-
E4_T3	4,41	4,41	4,55	2,99	3,56	3,18	3,68	2,70	3,02	1,69	1,64

* E_iT_j onde E_i representa a estação i (1 = outono; 2 = inverno; 3 = primavera e 4 = verão) e T_j é o sistema de manejo do gado (1 = controle; 2 = rotacionado e 3 = contínuo).

8.2 Efeito do Sistema de Manejo das Culturas

Tabela 55. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono da biomassa microbiana (CBM).

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		CBM ($\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	983,83Ba	315,23Da	613,54Ca	1251,95Aa	791,14
	0,10 – 0,20	379,16Bb	289,09Ca	360,98Bab	1161,37Aa	547,64
	0,20 – 0,30	250,92Bb	262,00Ba	265,54Bb	816,31Ab	398,69
Média		537,97	288,77	413,34	1076,54	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 56. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no nitrogênio da biomassa microbiana (NBM).

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		NBM ($\mu\text{g N g}^{-1}$ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	11,41Aa	3,07Ba	2,35Ba	0,80Ca	4,41
	0,10 – 0,20	6,43Ab	1,52BCb	2,31Ba	0,69Ca	2,74
	0,20 – 0,30	3,45Ac	1,42BCb	2,18Ba	0,64Ca	1,92
Média		7,10	2,00	2,28	0,71	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 57. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade nitrificante ($\text{NO}_3\text{-N}$).

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Atividade Nitrificante ($\mu\text{g NO}_3\text{-N g}^{-1}$ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	14,50Da	97,87Aa	62,25Ba	52,94Ca	56,92
	0,10 – 0,20	12,03Da	25,08Cb	31,32Bb	54,26Aa	30,67
	0,20 – 0,30	10,15Ca	22,75Bb	29,62Ab	34,25Ab	24,19
Média		12,23	48,57	41,10	47,15	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 58. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade enzimática da urease.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Urease ($\mu\text{g NH}_4\text{-N g}^{-1}$ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	34,24Ba	63,84Ba	33,77Ba	894,33Ab	256,57
	0,10 – 0,20	23,52Ba	49,53Ba	26,36Ba	972,39Aa	268,80
	0,20 – 0,30	26,91Ba	39,65Ba	43,95Ba	739,86Ac	211,75
Média		28,26	51,01	34,70	868,86	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 59. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na atividade enzimática da protease.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Protease ($\mu\text{g Tirosina g}^{-1}$ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	71,87Aa	67,60Aa	72,81Aa	48,53Bb	65,20
	0,10 – 0,20	33,08Cb	25,23Cb	46,42Bb	94,38Aa	49,78
	0,20 – 0,30	15,61Bc	17,23Bb	19,46Bc	83,08Aa	33,85
Média		40,19	36,69	46,23	75,33	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 60. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no carbono orgânico.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		C orgânico (mg C g^{-1} solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	65,75A	40,24AB	31,79B	38,13AB	48,26
	0,10 – 0,20	82,89A	37,96B	23,45B	31,40B	39,64
	0,20 – 0,30	61,19A	30,04B	17,42C	35,10B	35,94
Média		69,94	36,08	24,22	34,88	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula – manejos), não diferem entre si pelo teste de Tukey a ($P < 0,05$) de probabilidade.

Tabela 61. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no nitrogênio total.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Nitrogênio Total (mg N g ⁻¹ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	1,21Ca	1,53Ca	1,96Ba	2,70Aa	1,85
	0,10 – 0,20	0,88Bab	1,17Bb	1,89Aab	1,84Ab	1,45
	0,20 – 0,30	0,73Bb	0,84Bb	1,57Ab	1,82Ab	1,24
Média		0,94	1,18	1,81	2,12	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 62. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no pH.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		pH (%)				
Prof. (m)	0 – 0,10	5,50Ab	5,19Ba	5,34ABa	3,94Ca	4,99
	0,10 – 0,20	5,68Aa	4,72Cb	5,29Ba	3,81Da	4,88
	0,20 – 0,30	5,64Aab	4,57Cb	5,35Ba	3,85Da	4,85
Média		5,61	4,83	5,33	3,87	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 63. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na matéria orgânica.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Matéria Orgânica (%)				
Prof. (m)	0 – 0,10	15,87Ba	15,64Ba	15,38Ba	18,05Aa	16,24
	0,10 – 0,20	15,61Ba	15,28Bab	15,02Bab	16,52Ab	15,61
	0,20 – 0,30	15,15Ba	14,82BCb	14,32Cb	16,36Ab	15,16
Média		15,54	15,25	14,91	16,98	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 64. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo na umidade.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Umidade (%)				
Prof. (m)	0 – 0,10	23,79	23,88	23,74	25,82	24,31
	0,10 – 0,20	23,65	24,35	23,69	24,93	24,16
	0,20 – 0,30	25,18	25,59	26,05	25,59	25,60
Média		24,21	24,61	24,49	25,45	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional.

Tabela 65. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no número de UFC de bactérias.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Bactérias (Nº de UFC g ⁻¹ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	6,68a	6,55a	6,87a	6,76a	6,72
	0,10 – 0,20	6,44a	6,33a	6,26b	6,32ab	6,34
	0,20 – 0,30	5,91b	5,76b	5,76c	6,09b	5,88
Média		6,34	6,21	6,30	6,39	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 66. Efeito do sistema de manejo das culturas e da profundidade do solo no número de UFC de fungos.

Manejo ⁽¹⁾		PD	PD-I	CC	Mata	Média
		Fungo (Nº de UFC g ⁻¹ solo seco)				
Prof. (m)	0 – 0,10	3,95Ba	4,46Ba	5,18Aa	4,21Bb	4,45
	0,10 – 0,20	3,70Cb	4,34Ab	4,24Bb	4,30Ba	4,15
	0,20 – 0,30	3,41Bc	3,33Bc	3,64Bc	4,21Ab	3,65
Média		3,69	4,04	4,35	4,24	

⁽¹⁾PD: plantio direto; PD-I: sistema integrado agricultura - pecuária e CC: cultivo convencional. Médias seguidas de mesma letra, na linha (maiúscula - manejos) e na coluna (minúscula - profundidade), não diferem entre si pelo teste de Tukey a (P<0,05) de probabilidade.

Tabela 67. Matriz de similaridade do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0 – 0,10 m*.

	T1_P1	T2_P1	T3_P1
T2_P1	4,96	-	-
T3_P1	6,65	5,78	-
T4_P1	4,93	2,51	5,57

* T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j (1 = 0 – 0,10 m).

Tabela 68. Matriz de similaridade do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,10 – 0,20 m*.

	T1_P2	T2_P2	T3_P2
T2_P2	3,60	-	-
T3_P2	6,55	4,90	-
T4_P2	4,18	2,05	4,85

* T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j (2 = 0,10 – 0,20 m).

Tabela 69. Matriz de similaridade do sistema de manejo das culturas na profundidade de 0,20 – 0,30 m*.

	T1_P3	T2_P3	T3_P3
T2_P3	2,48	-	-
T3_P3	5,45	4,65	-
T4_P3	3,21	2,08	4,82

* T_iP_j onde T_i representa o manejo das culturas i (1 = plantio direto; 2 = sistema integrado agricultura - pecuária; 3 = mata; 4 = cultivo convencional) e P_j é a profundidade do solo j (3 = 0,20 – 0,30 m).