

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JÚLIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE ENGENHARIA - CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA

PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA

**Atributos microbiológicos em sistemas de manejos do solo na
integração lavoura-pecuária**

SUELI DA SILVA AQUINO

Orientadora: Profa. Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato

Tese apresentada à Faculdade de Engenharia de
Ilha Solteira, UNESP - Campus de Ilha Solteira,
como parte das exigências para a obtenção do
título de Doutor em Agronomia - Área de
concentração em Sistemas de Produção.

Ilha Solteira
São Paulo - Brasil
Dezembro de 2007

FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da UNESP - Ilha Solteira.

A657a	Aquino, Sueli da Silva Atributos microbiológicos em sistemas de manejos do solo na integração lavoura-pecuária / Sueli da Silva Aquino. -- Ilha Solteira : [s.n.], 2007 76 p. Tese (doutorado) - Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Especialidade: Sistemas de Produção, 2007 Orientador: Ana Maria Rodrigues Cassiolato Bibliografia: p. 62-71 1. Micorriza. 2. Solos – Manejo. 3. Agropecuária.
-------	---

Depois de um tempo, você aprende que até o sol queíma se
você ficar exposto por muito tempo... Portanto, plante seu
jardim e decore sua alma, em vez de esperar que alguém lhe
traga flores.

William Shakespeare

“O futuro tem muitos nomes. Para os fracos, é o inatingível.
Para os temerosos, o desconhecido. Para os valentes, é a
oportunidade”.

Víctor Hugo

Dedico...

Ao meu esposo Hermes e às minhas filhas Patrícia, Cynthia e Taynara e a professora e amiga Ana Maria que contribuíram para mais esta conquista e, também, pelo amor, paciência e compreensão nos momentos de desânimo...

Ofereço...

A minha mãe Maria Rosa, meus irmãos Paulo e João, meus sobrinhos e aos amigos que estiveram sempre comigo em todos os momentos...

Agradecimentos

A Deus, que sempre nos ampara, dando-nos coragem e perseverança.

À minha orientadora e grande amiga, professora Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato, pelo aprendizado que sua convivência me proporciona e, principalmente, por todos os anos de orientações, compreensão, incentivo e muita, muita amizade. A convivência com você me ensina e gratifica! Obrigada.

Às minhas filhas, Patrícia, Cynthia e Taynara e ao meu marido, Hermes, por encherem a minha vida de alegria e aceitarem minha ausência... Amo Vocês.

À Agrisus/Fealq pela concessão de bolsa de estudos e financiamento de uma parte do projeto, contribuindo para a realização do mesmo.

Ao professor Dr. Luiz Malcolm Mano de Mello pela concessão da área para a realização dos estudos e pelas orientações agronômicas.

À Karem Cristine Pirola Narimatsu pela amizade, ajuda e por dividir a área experimental.

Ao professor Walter Veriano Valério Filho pela contribuição na realização da estatística.

Ao corpo docente que contribuiu para a minha formação pessoal e acadêmica.

À todos os funcionários da Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (Bovino e Cerrado) pela ajuda imprescindível nas coletas.

Aos funcionários dos laboratórios por sempre me auxiliaram. Quero deixar um agradecimento especial às técnicas de laboratório Vera, Cida, Circélia e Toninha, não só pelo auxílio nas pesquisas, mas pela amizade sincera.

Às grandes amigas de faculdade, Flávia Diniz e Sandra Moreira. Apesar da distância seu carinho e apoio se fazem sempre presentes.

À Fabiana Oikawa pela amizade de longa data e ombro amigo nos momentos de crise. Valeu amiga!

Aos amigos que fiz ao longo dos anos de estudo, Alexandra Valpassos, Fabiana, Márcia, Sílvia, Hemerson, Talles, Walter, Thiago e tantos outros tão importantes quanto estes. A amizade de vocês torna a minha vida mais feliz.

A uma grande amiga que conheci durante o convívio no Ensino Fundamental, a coordenadora Marilena Feltrini.

Aos professores pelo aceite em participar das bancas de qualificação e defesa da tese e, pelas valiosas sugestões feitas a este trabalho.

Aos funcionários da biblioteca, especialmente ao João J. Barbosa, pela amizade e contribuição, sempre que precisei.

À Adelaide, Onilda e Fafá, da Seção de Pós-Graduação, pelo apoio e pela presteza com que sempre me atenderam nos meus inúmeros pedidos. Muito obrigada.

À todos aqueles que, direta ou indiretamente, colaboraram para a realização deste trabalho.

MUITO OBRIGADA!

AQUINO, S.S. **Atributos microbiológicos em sistemas de manejos do solo na integração lavoura-pecuária.** Ilha Solteira, 2007. 76 p. Tese (Doutorado em agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

RESUMO

A atividade dos microrganismos promove a ocorrência de inúmeros processos no solo, auxiliando no desenvolvimento das plantas e na qualidade do solo. O objetivo deste trabalho foi verificar a atividade microbiana do solo (carbono da biomassa microbiana e do CO₂ liberado e micorrização) do solo e a produtividade de massa no sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes sistemas de manejo e seqüências de cultura. O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas consecutivos, 2004/05 e 2005/06, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE) da UNESP - Ilha Solteira, município de Selvíria-MS, em um LATOSSOLO VERMELHO distrófico. No primeiro ano, a área foi dessecada em novembro para a semeadura direta das culturas da soja e do milho. A colheita foi realizada em março de 2005 e a área permaneceu em pousio para a regeneração da pastagem e, posterior, pastejo. O segundo ano agrícola, o experimento teve início em dezembro, com a dessecação da área e semeadura das culturas em plantio direto, sendo a colheita realizada em abril de 2006. O delineamento experimental foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas subdivididas (3 x 2 x 2). Os tratamentos das parcelas foram: sem mobilização do solo; cultivo mínimo e preparo convencional e os tratamentos secundários foram quatro seqüências de culturas: sucessão (soja/soja); rotação (soja/milho); sucessão (milho/milho) e rotação (milho/soja). Conclui-se que as características químicas do solo apresentaram pequena redução no decorrer dos dois anos agrícolas sendo que o fósforo apresentou aumento no segundo ano para a cultura de soja em rotação; as variáveis microbiológicas e a produtividade de massa apresentaram valores ligeiramente superiores no segundo ano de plantio de soja em solo sem mobilização; a colonização micorrízica foi maior em rotação de culturas e as atividades dos microrganismos indicaram melhoria no sistema de integração lavoura-pecuária.

Palavras-chave: *Glycine max*, indicadores biológicos, micorrização, plantio direto, sistema

de integração lavoura pecuária, *Zea mays*.

AQUINO, S.S. **Microbiological attributes in systems of managements of the soil of crop-cattle raising integration on the integration tilling-cattle-raising**. Ilha Solteira, 2007. 76 p. Tese (Doutorado em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira, 2007.

ABSTRACT

The microorganisms activity promotes the occurrence of numberless processes in the soil, improving the plants development and soil quality. The objective of this study was to evaluate the microbial activity in the soil (carbon from the microbial biomass, from the evolved CO₂ and mycorrhization) and yield of crop-cattle raising integration, under different farming systems and crop sequences of culture. The experiment was carried out in two consecutive years, 2004/05 and 2005/06, at the farm Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão – (FEPE), UNESP - Ilha Solteira, in Selvíria - MS, in a Typic Hapludox. In the first year, the area was desiccated in November for the no-tillage sowing of soybean and corn. The harvest was in March 2005 and the area was kept under fallow land for the pasture recovery and grazing afterwards. In the second agricultural year, the experiment was established in December; the area was desiccated, the no-tillage sowing was performed and the harvest was in April 2006. The blocks randomized experimental design was used in a split-plot scheme (3 x 2 x 2). The treatments were: no-tillage; minimum-tillage and conventional-tillage and the secondary treatments were four crop sequences: succession (soybean/soybean); rotation (soybean/corn); succession (corn/corn) and rotation (corn/soybean). The conclusions were: the soil chemical characteristics values became slightly lower over the two agricultural years and the phosphorus levels increased in the second year for the soybean crop under rotation; the microbiological variables and the yield showed slightly higher values in the second year of the soybean crop in no-tillage; the mycorrhizal colonization was higher for crops under rotation and the microorganisms activity have indicated improvement of the crop-cattle raising integration system.

Key Words: *Glycine max*, biological indicators, mycorrhization, no-tillage, crop-cattle

raising integration system, *Zea mays*.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1. Esquema da área experimental do primeiro ano agrícola.....	33
Figura 2. Esquema da área experimental dos anos agrícolas 2004/05 e 2005/06.....	34
Figura 3. Esquema da área experimental do ano agrícola 2004/05.....	37
Figura 4. Esquema da área experimental do ano agrícola de 2005/06.....	38

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Seqüência de atividades desenvolvidas para a instalação do sistema de integração lavoura pecuária.....	35
Tabela 2. Seqüência de atividades desenvolvidas durante o período de condução do experimento em 2004/05 e 2005/06.....	39
Tabela 3. Caracterização química do solo da área experimental, nas camadas de 0 - 0,15 m antes da instalação do experimento, 2003.	42
Tabela 4. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para as características químicas do solo, coletados na profundidade 0 - 0,10 m, para as culturas do milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.....	48
Tabela 5. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para as características químicas do solo, coletados na profundidade 0 - 0,10 m, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.	49
Tabela 6. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para carbono de biomassa microbiana (CBM - $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), carbono do CO_2 (C-CO_2) liberado ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$ - $\mu\text{g C-CO}_2 \text{ liberado/CBM h}^{-1}$), quociente microbiano ($q\text{MIC}$ - %), colonização micorrízica (COL - %) e número de esporos (NE - 100 g de solo seco ⁻¹), em amostras de solo coletadas na profundidade 0 – 0,10 m, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas	

(rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.....51

Tabela 7. Desdobramento das interações significativas para número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, carbono de biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2) para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.....52

Tabela 8. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para carbono de biomassa microbiana (CBM - $\mu g C g^{-1}$ solo seco), carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado ($\mu g CO_2 g solo^{-1} dia^{-1}$), quociente metabólico ($qCO_2 - \mu g CO_2 / CBM^{-1} h^{-1}$), quociente microbiano ($qMIC - \%$), colonização micorrízica (COL - $\%$) e número de esporos (NE - 100 g de solo seco $^{-1}$) em amostras de solo coletadas na profundidade 0 - 0,10 m, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.....55

Tabela 9. Desdobramento das interações significativas para carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.....56

Tabela 10 Valores de F e coeficiente de variação (CV) para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.....57

Tabela 11. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM,

cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.....	59
---	----

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	13
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	16
2.1. Cerrados.....	16
2.2. Pastagens.....	17
2.3. A cultura do milho (<i>Zea mays</i>).....	18
2.4. A Cultura da soja (<i>Glycine max</i>).....	19
2.5. Sistemas de preparo (Plantio Convencional, Cultivo Mínimo e Plantio Direto.....	19
2.6. Rotação de culturas.....	21
2.7. Sistema de integração lavoura pecuária.....	22
2.8. Fertilidade do solo.....	23
2.9. Importância da matéria orgânica do solo.....	25
2.10. Indicadores biológicos de qualidade do solo.....	26
2.10.1. Biomassa e atividade microbiana do solo.....	27
2.10.2. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA).....	28
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1. Instalação do experimento.....	31
3.2. Histórico da área.....	31
3.3. Delineamento experimental.....	35
3.4. Descrição dos tratamentos.....	36
3.5. Máquinas e equipamentos.....	39
3.6. Insumos utilizados.....	40
3.7. Análise química do solo.....	41
3.8. Análises microbiológicas.....	42
3.8.1. Carbono da biomassa microbiana (CBM).....	42
3.8.2. Carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberado.....	43
3.8.3. Quociente metabólico (<i>q</i> CO ₂) e quociente microbiano (<i>q</i> MIC).....	43

3.8.4. Porcentagem de colonização micorrízica.....	44
3.8.5. Contagem de esporos de FMA.....	44
3.9. Avaliações das culturas de milho e soja.....	45
3.9.1. Produtividade de grãos e de massa seca de milho de 2004/05.....	45
3.9.2. Produtividade de massa seca e de grãos de soja de 2004/05.....	46
4.0. Análise estatística.....	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	47
5. CONCLUSÕES.....	61
6. REFERÊNCIAS.....	62
7. APÊNDICES.....	72
Apêndice A Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de milho, ano 2004/05.....	73
Apêndice B. Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de milho, ano 2005/06.....	74
Apêndice C. Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de milho, ano 2005/06.....	75
Apêndice D. Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de soja, ano 2005/06.....	76

1. INTRODUÇÃO

A ocupação intensiva das áreas produtivas no Brasil e no mundo utilizando manejos de solo inadequados vem se tornando impraticável por motivos econômicos e causando graves danos ao ambiente. A região dos Cerrados contém próximo de 50% do rebanho bovino brasileiro, sendo que a grande maioria destas pastagens cultivadas encontra-se em algum grau de degradação.

Para garantir a capacidade produtiva das pastagens cultivadas, é preciso adotar a postura de desenvolvimento sustentável, utilizando manejos adequados para garantir a atividade agropecuária na região dos Cerrados. Neste contexto, para a produção de grãos e pecuária, o sistema de plantio direto desponta como uma opção viável, pois tem potencial de elevar a produtividade, assim como, reduzir processos de degradação do solo. Este sistema tem potencial de melhorar as propriedades físicas, químicas e biológicas, promovendo benefícios ao sistema de integração lavoura-pecuária, de grãos e de forragem.

A soja, cultura maior produtora de grãos no Brasil é a mais recomendada para implantação sobre pastagens de gramíneas em áreas de primeiro ano de instalação do sistema de integração lavoura-pecuária. Essa recomendação se deve ao fato da soja ser uma leguminosa, portanto, indicada para a rotação com gramíneas e, também, por ser uma cultura de menor exigência no tocante a fertilidade química do solo, que a cultura de milho. Outro fator para essa recomendação é a existência de variedades aptas e insumos para áreas de primeiro ano na região de cerrado. A soja faz simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico, se adaptou muito bem em plantio direto e, é indicada para ser usada em rotação de culturas.

A cultura de milho é a segunda maior produtora de grãos no país, muito consumida para a alimentação humana e animal. O seu cultivo é também praticado no sistema de integração lavoura-pecuária, porém, por se tratar de uma gramínea, mas especialmente por ser exigente, recomenda-se que sua implantação ocorra em solos com boa fertilidade e após o segundo ano da prática do sistema, normalmente após o cultivo da soja, em rotação de cultura com a gramínea implantada sobre uma leguminosa. O milho é muito utilizado para recuperar áreas de pastagens na região dos cerrados brasileiros, devido à grande produção de palhada que, seguida da cultura da soja, propicia matéria orgânica em boa quantidade para a cobertura do solo. O cultivo destas culturas sobre pastagens dessecadas maximiza o uso dos recursos naturais e de fertilizantes.

As comunidades microbianas podem ser monitoradas por variáveis microbiológicas, indicadores da qualidade do solo em diferentes sistemas de manejos de solo. Uma elevada taxa de carbono da biomassa microbiana pode ser encontrada em sistemas que apresentam uma condição favorável ao crescimento microbiano, enquanto que a avaliação de CO_2 ($\text{C}-\text{CO}_2$) liberado pela respiração dos microrganismos é utilizada para avaliar a atividade da população microbiana. Os índices derivados da atividade microbiana (quociente metabólico e o quociente microbiano) são utilizados para analisar a qualidade do solo em agroecossistemas, pois indicam se o carbono está ou não em equilíbrio no solo (acumulando ou diminuindo). A biomassa microbiana atua como compartimento de reserva na decomposição dos materiais orgânicos, mas a quantidade e a qualidade dos resíduos promovem mudanças na população da microbiota do solo.

Dentre os organismos do solo, a presença dos fungos micorrízicos arbusculares, que estabelecem uma simbiose com a grande maioria das plantas conhecidas, são conhecidas pelos benefícios que promove às plantas de interesse econômico. Dentre os inúmeros benefícios podemos citar uma maior eficiência na utilização dos fertilizantes fosfatados adicionados ao solo, melhoria na absorção de água e nutrientes, aumenta a agregação das partículas do solo, etc.

Este trabalho leva em consideração a hipótese de que o solo utilizado para realizar as atividades de lavoura-pecuária em sistema de plantio direto, rotacionado com o milho e a soja, seria ideal para aumentar as atividades dos microrganismos do solo. Justificativa, ainda, a realização da pesquisa, no fato de que o custo para recuperar pastagens pode tornar economicamente inviável ao pecuarista, devido aos altos custos dos corretivos e fertilizantes. Assim, a introdução de lavoura integrada à pecuária possibilita tanto a utilização da cultura na

forma de grãos, feno ou forragem, como dos insumos utilizados, que ficam no solo, estando disponibilizados para a renovação da pastagem.

Desta forma, o objetivo deste trabalho foi verificar a atividade microbiana do solo (carbono da biomassa microbiana e do CO₂ liberado e micorrização) do solo e a produtividade de massa no sistema de integração lavoura-pecuária, em diferentes sistemas de manejo e seqüências de culturas.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Cerrados

Os Cerrados ocupam aproximadamente 21% do território brasileiro e, em função de suas condições topográficas, representa a principal região produtora de grãos e gado de corte do Brasil. Apresenta potencial de produtividade igual ou superior ao de países com agropecuária evoluída, mas devido ao manejo inadequado do solo (método de preparo, correção de acidez e reposição de nutrientes), tem provocado a degradação deste ecossistema devido aos processos de erosão, compactação e desestruturação do solo, acarretando prejuízos para a lavoura e a pecuária (AIDAR; KLUTHCOUSKI, 2003).

O solo de Cerrado apresenta baixa produtividade por apresentar elevada saturação de alumínio (Al^{3+}), baixos teores de nutrientes minerais, baixos teores de matéria orgânica do solo (MOS), conferindo baixa capacidade de troca catiônica (CTC) e elevada capacidade de fixação de fósforo (P). Grande parte do Cerrado é agriculturável, mas um dos desafios é o manejo da adubação das culturas de importância econômica em plantio direto (CAMPOS, 2006).

Em solos tropicais como os do Cerrado, temperatura mais elevada acelera a decomposição de resíduos vegetais, necessitando de aporte contínuo de materiais orgânicos para manter a estrutura do solo em condições adequadas ao desenvolvimento das culturas. Para manter a cobertura do solo, é importante o uso de sistemas de manejos conservacionistas, tais como o sistema de plantio direto (BEUTLER et al., 2001).

Por muito tempo acreditou-se que o sistema de plantio direto nos Cerrados não teria o mesmo sucesso obtido no sul do país, pela dificuldade de formação de palhada, devido às condições climáticas que intensifica a decomposição da matéria orgânica, impossibilitando a produção de palha necessária. Outro argumento era a impossibilidade de cultivo no inverno ser quente e muito seco, ou seja, com pouca precipitação. Surgiram então cultivares de verão mais precoces e a conseqüente possibilidade de exploração de uma segunda cultura de outono, a safrinha. Hoje há várias espécies de importância comercial e estratégias de cultivo (consorciação e sobressemeadura), adaptadas às condições da região de cerrado (BERNARDI et al., 2003).

2.2. Pastagens

A degradação das pastagens afeta a sustentabilidade da pecuária e, conseqüentemente, diminui o valor das terras e atrasa a idade de abate dos animais. Mesmo assim, existe um reduzido número de pecuaristas recuperando suas pastagens ou preocupados com esse problema. Adotar medidas como o preparo correto do solo, escolha da espécie forrageira adequada, utilizar sementes qualificadas e quantidade correta, manejo correto das pastagens, observar a pressão de pastejo, período de pousio adequado e adubações de manutenção, são medidas para resolver o problema. Persistindo o processo de degradação, com certeza haverá prejuízos irrecuperáveis para os recursos naturais (PERON; EVANGELISTA, 2004).

O desenvolvimento de alternativas visando restabelecer áreas de pastagens cultivadas é de suma importância para promover a sustentabilidade e a intensificação da atividade pecuária nos Cerrados. A braquiária é a principal pastagem cultivada no Centro-Oeste, devido sua adaptação às condições edafoclimáticas, grande produção de fitomassa, relativa facilidade de eliminação e não ser hospedeira de patógenos das principais culturas (STONE et al., 2003).

O Brasil tem hoje extensas áreas de pastagens e um dos maiores rebanho do mundo, sendo a pecuária considerada uma atividade altamente competitiva. Assim, as pastagens representam um papel fundamental no processo produtivo, possibilitando o atendimento da demanda mundial por alimentos produzidos em moldes que garantam a sustentabilidade dos sistemas, com respeito ao ambiente e aos animais (PEREIRA, 2004).

Desenvolver alternativas para restabelecer a capacidade produtiva das pastagens cultivadas é fundamental para a sustentabilidade e a atividade pecuária na região dos Cerrados. A integração dos sistemas de produção de grãos e pecuária, em sistema de plantio

direto, desponta como uma das opções viáveis, com potencial para aumentar a produtividade, reduzir os riscos de degradação, melhorar as propriedades químico-físicas e biológicas do solo e o potencial produtivo, de grãos e forragem (VILELA et al., 2002). A rotação de pastagens e culturas é importante nos sistemas de produção e na maximização de insumos, tornando o agrossistema mais sustentável ao longo do tempo (PEREIRA, 2004).

Os custos para recuperar pastagens são onerosos ao pecuarista, por isso a lavoura entra na reforma do pasto, usando os resíduos dos fertilizantes, justificando assim a integração do sistema de integração lavoura-pecuária.

2.3. A cultura do milho (*Zea mays*)

O milho está entre as gramíneas mais importantes na produção agrícola do Brasil, tanto para consumo humano como animal. É o produto que mais se destaca em volume de produção do total produzido em cereais e oleaginosas, pois de cada 3 kg colhidos, mais de 1 kg é de milho. Apesar de o país ser um dos maiores produtores mundiais dessa cultura, a produtividade ainda é baixa, sendo superada inclusive por alguns países de nível tecnológico inferior (PINAZZA, 1993).

A Região Sul, o estado de Mato Grosso do Sul e parte de São Paulo e Minas Gerais somaram na primeira safra de milho (ano agrícola 2005/2006) uma produção de 13.108.577 ton ha⁻¹, sendo a produção brasileira total de 41.332.192 ton ha⁻¹ (DIAS, 2006 a).

A cultura do milho, desde que o solo seja corrigido, é bem recomendada para a recuperação de pastagem (braquiária) devido à viabilidade da mesma para o agropecuarista. No sistema de integração lavoura-pecuária é importante a rotação de cultivo de verão. Dentre as culturas, para a região dos cerrados, o milho é uma das culturas que produz boa quantidade de palhada (MELLO, 2001).

Trabalhos com o cultivo consorciado de milho e *Brachiaria* sp. demonstraram a viabilidade deste sistema de produção, sendo que a forrageira não afetou a produtividade de grãos de milho. No caso do cultivo consorciado, a competitividade pode ser amenizada com adoção de práticas culturais, visando retardar o acúmulo de biomassa por parte da forrageira, durante o período de competição interespecífica (SILVA; BENEZ, 2005).

A consorciação das forrageiras pode promover a supressão na emergência das plantas daninhas, em virtude da agressividade na formação dessas espécies forrageiras após a colheita da cultura produtora de grãos (FREITAS et al., 2005). Estudos realizados por Silva; Benez

(2005) com as culturas da soja e do milho, em que foram utilizadas doses reduzidas de herbicidas aplicados no período de pós-emergência, mostraram a vantagem do cultivo consorciado, pois houve um aumento na produtividade das culturas.

2.4. A cultura da soja (*Glycine max*)

O futuro é promissor para o mercado mundial da soja e é grande a possibilidade do Brasil tornar-se o maior produtor mundial em um futuro próximo. A cultura teve uma área colhida na safra 2005/2006 de 21.024.825 ha e a produção brasileira foi de 56.120.232 ton. (DIAS, 2006 b). Para compor os sistemas de rotação lavoura-pastagem, a soja é uma cultura que se adapta bem em SPD, além de ser uma leguminosa com eficiente simbiose com bactérias fixadoras de nitrogênio atmosférico. A semeadura de soja sobre pastagem dessecada SPD é uma adoção importante, pois a pastagem apresenta excelente cobertura viva e morta, contribuindo para aumentar a matéria orgânica do solo (EMBRAPA, 2002). A rotação entre pastagens e culturas anuais, principalmente a soja, proporciona um salto qualitativo no aproveitamento dos recursos naturais e de insumos (SATURNINO, 2001).

A soja é bem adaptada ao clima quente e seco do cerrado, mas produz melhor quando cultivado em plantio direto. Esta proporciona excelente retorno econômico ao produtor, pois os insumos utilizados para a cultura serão utilizados pela pastagem, ademais de apresentar bom valor econômico ao produtor tanto no comércio interno como no externo. É importante destacar que, embora a soja não produza grande quantidade de palhada, é indicada para o cerrado devido sua baixa relação C/N, que promove a decomposição dos restos da cultura.

Os produtores de soja estão obtendo êxito dessecando a braquiária antes da semeadura da cultura, em solos de cerrado, dispensando a correção da calagem por incorporação, pois um dos fatores que limitam a produtividade das culturas, inclusive da soja, é a acidez do solo. O desenvolvimento do sistema radicular das plantas pode ser severamente limitado pelo teor de Al na solução do solo e na forma trocável em níveis tóxicos às culturas (CARDOSO, 2003).

2.5. Sistemas de preparo (Plantio Convencional, Cultivo Mínimo e Plantio Direto)

No manejo do solo, a primeira e talvez a mais importante operação a ser realizada, é o seu preparo. Longe de ser uma tecnologia simples, o preparo do solo compreende um conjunto de práticas que, quando usado racionalmente, pode permitir uma alta produtividade das culturas a baixos custos, mas pode também, quando usado de maneira incorreta, levar

rapidamente um solo à degradação física, química e biológica e, lentamente, diminuir o seu potencial produtivo. A exploração agrícola tem induzido o solo a um processo acelerado de degradação, com desequilíbrio de suas características físicas, químicas e biológicas, progressivamente afetando o seu potencial produtivo. Os fatores que causam a degradação do solo agem de forma conjunta e a importância relativa de cada um varia com o clima, o solo e as culturas. Entre os principais fatores, destacam-se: compactação, ausência da cobertura vegetal do solo, ação das chuvas de alta intensidade, uso de áreas inaptas para culturas anuais, preparo do solo com excesso de gradagens superficiais e uso de práticas conservacionistas isoladas (VIDOR et al., 2007).

O preparo do solo é uma operação indispensável ao bom desenvolvimento das culturas e compreende um conjunto de técnicas que, utilizadas racionalmente, propiciam alta produtividade e, se mal utilizadas, podem levar à destruição dos solos em curto prazo, podendo chegar à desertificação de áreas extensas. De maneira geral, do ponto de vista de manejo, os têm-se seguintes tipos de preparo do solo (MEDEIROS et al., 1996): Preparo Convencional - provoca uma inversão da camada arável do solo, mediante o uso de arado. A esta operação seguem outras secundárias com grade ou cultivador, para triturar os torrões, os quais são totalmente removidos da superfície por implementos; Preparo Mínimo - é um sistema de preparo intermediário, consiste no uso de implementos sobre os resíduos da cultura anterior, com o revolvimento mínimo necessário para o cultivo seguinte e Plantio Direto - aquele em que se semeia sobre os restos culturais do cultivo anterior, empregando uma semeadura sem revolver o solo.

Os solos agrícolas mecanizados no Brasil, na grande maioria, são utilizados com culturas anuais e continuam sendo preparados de maneira convencional. A lavração com arados de discos ou de aivecas, seguidos de gradagens ou uso de grades aradoras pesadas em substituição ao arado, mas não dispensando as gradagens para destorroamento e nivelamento do solo, constituem as operações chamadas de preparo convencional (WEISS et al., 2000; ZANINE et al., 2006).

É uma prática que degrada o solo, porque pulveriza e compacta o mesmo, diminuindo a infiltração de água, elevando a temperatura, diminuindo o teor de matéria orgânica, deixando o solo exposto à erosão. Assim, diminui a eficiência da adubação química e o armazenamento de água no solo. O sistema convencional caracteriza-se por uma distribuição mais uniforme da matéria orgânica e dos nutrientes no perfil, em virtude da inversão da camada superficial e da incorporação dos resíduos durante a aração (ALVAREZ et al., 1995).

Uma das formas de diminuir a alteração da estrutura do solo é o uso do cultivo mínimo, que também contribuirá para o acúmulo de nutrientes na camada arável, menor quebra dos agregados e aumento da porosidade e infiltração da água, reduzindo as perdas por erosão. O preparo restrito do solo e a manutenção dos resíduos culturais sobre o terreno exercem pronunciados efeitos sobre o estoque de nutrientes do ecossistema e, conseqüentemente, sobre a fertilidade do solo a curtos e longos prazos. A economia de nutrientes é muito beneficiada pela redução de perdas por erosão, hídrica e eólica, lixiviação e volatilização (DE MARIA; CASTRO, 1993).

O sistema de plantio direto vem sendo praticado no Brasil há mais de vinte anos, sendo mais desenvolvido na região sul do país devido às condições climáticas favoráveis. Esse sistema de manejo, porém, está crescendo na região sudeste e centro-oeste, mesmo em condições de temperatura mais altas. Nessas regiões são utilizadas espécies diferentes da região sul, aquelas que possam produzir maior quantidade de palhada. É normal a prática do uso de herbicidas de contato para dissecar as soqueiras da cultura anterior e as ervas daninhas antes do novo plantio (QUAGGIO, 2000).

O não revolvimento do solo mantém sua estrutura física, conservando a matéria orgânica, aumenta a infiltração de água, reduzindo um dos maiores problemas da agropecuária, que é a erosão e perda do solo. Do ponto de vista econômico, o plantio direto proporciona a redução de 10-25% nos desembolsos com a reforma da área, pois devido à rapidez do processo e à maior eficiência técnica, permite a amortização dos investimentos já no primeiro ano, fato possível no preparo convencional (KLUTHCOUSKI; STONE, 2003).

2.6. Rotação de culturas

Alternativas mais sustentáveis, ao longo dos anos, vêm sendo adotadas no sistema de produção de lavoura-pecuária. Neste contexto, o sistema de integração lavoura-pecuária (rotação de culturas anuais com pastagens) é uma estratégia que maximiza os insumos adicionados ao solo. A rotação de gramíneas e leguminosas oferece vantagens tais como: aumento da fertilidade do solo; incremento de microrganismos do solo; redução de ervas daninhas, pragas e doenças; aumento na produção de grãos e carne, redução de custos de produção; otimização do uso de máquinas, implementos e insumos; renovação e/ou recuperação de pastagens degradadas; capitalização do produtor; maior estabilidade econômica; aumento na geração de empregos no setor agropecuário; valorização da

propriedade e desenvolvimento do setor rural (CAIRES; FONSECA, 2000; DE-POLLI; PIMENTEL, 2005; FONTANELI et al., 2000; MARTINAZZO, 2006; PAULETTI et al., 2003; SILVA; BENEZ, 2005).

A seqüência de cultivo seqüencial (rotação), realizada no sistema de integração lavoura-pecuária, adota uma seqüência de operações em que a lavoura e os outros cultivos anuais (grãos) ocupam uma mesma área durante uma mesma estação de crescimento, embora defasados no tempo. Devem ser adotadas práticas de conservação do solo e de correção da acidez e fertilidade, com base em análises laboratoriais e no cultivo anual recomendado. Após a colheita, faz-se o plantio de uma espécie forrageira anual para utilização em regime de corte ou pastejo. No ano seguinte, adota-se o cultivo de grãos ou a implantação da pastagem perene (ZANINE et al., 2006).

Para uma adoção eficiente do sistema de semeadura direta, é essencial o uso do processo de rotação de cultura, empregando culturas anuais e espécies vegetais para cobertura do solo. A rotação de culturas pode tanto ser de lavouras anuais como de espécies forrageiras perenes, num sistema agropecuário integrado. A rotação de culturas, devido à diversificação do cultivo de espécies vegetais diferentes, ameniza os problemas fitossanitários nas espécies destinadas à produção de grãos. Espécies produtoras de grande quantidade de palha e raiz, além de favorecer o sistema de semeadura direta, a reciclagem de nutrientes e estabelecer o aumento da proteção do solo contra a ação dos agentes climáticos, proporcionam melhoria nos atributos físicos e biológicos do solo. A diversificação da cobertura vegetal constitui-se em processo auxiliar no controle de plantas daninhas ocorrentes na soja, principalmente nos primeiros anos de implantação da semeadura direta (VIDOR et al., 2007).

2.7. Sistema de integração lavoura pecuária

A integração lavoura-pecuária é definida como um sistema que integra as duas atividades com o objetivo de maximizar racionalmente o uso da terra, da infra-estrutura e da mão-de-obra, diversificar a produção, minimizar custos, diluir os riscos e agregar valores aos produtos agropecuários, por meio dos recursos e benefícios que uma atividade proporciona à outra. As áreas de lavouras dão suporte à pecuária por meio da produção de alimento para o animal na forma de grãos, silagem e feno, além do pastejo direto (MELO et al., 2004).

A recuperação das áreas degradadas por métodos tradicionais de preparo de solo e semeio de capim é muito onerosa em especial pela necessidade de correção e de fertilização.

Por isso, a estratégia de recuperação ou renovação de pastagem conjuntamente com o consórcio de culturas de grãos tem se mostrado uma alternativa viável (PORTES et al., 2000).

Os benefícios da integração lavoura-pecuária podem ser sintetizados por meio de recuperação e manutenção das características produtivas do solo; da diversificação de oferta e obtenção de maiores rendimentos a menor custo e em qualidade superior; redução da biota nociva às espécies cultivadas e, conseqüente, da redução da necessidade de defensivos agrícolas e redução da erosão dos solos (VILELA et al., 2002). Esse sistema propicia resíduos no final do pastejo, sendo resultado do manejo da pastagem. Este resíduo pode ser utilizado como cobertura para a semeadura direta de culturas, reduzindo os riscos de erosão do solo. Desta forma, os resíduos pós pastejo podem ter os mesmos efeitos de outras coberturas, comumente utilizados em semeadura direta (KLUTHCOUSKI; AIDAR, 2003).

A integração da lavoura-pecuária, principalmente pela engorda de bovinos de corte na entressafra, em áreas produtoras de grãos, permitindo o pastejo de bovinos de maio/junho até setembro/novembro, proporciona uma consistente e lucrativa atividade econômica (FONTANELLI et al., 2000). O uso integrado de lavoura-pastagem tem despertado o interesse dos agricultores que buscam a diversificação de seus sistemas de produção e a superação dos problemas advindos dos cultivos anuais sucessivos. Sabe-se que as gramíneas forrageiras são altamente resistentes à maioria das pragas e doenças e, por isso, podem quebrar o ciclo dos agentes bióticos nocivos às plantas cultivadas, resultando em menor uso de defensivos agrícolas (OLIVEIRA et al., 2001).

2.8. Fertilidade do solo

A análise do solo é de fundamental importância, tanto para a implantação de uma pastagem como para uma cultura anual, pois possibilita o conhecimento do grau de deficiência ou desequilíbrio de nutrientes essenciais ao desenvolvimento de cada cultura e, com isso, monitora-se a fertilidade do solo e, em conseqüência, há a possibilidade de recomendações racionais de adubo de manutenção (PERON; EVANGELISTA, 2004).

Os solos podem ser naturalmente ácidos em razão da pobreza do material de origem em cálcio, magnésio, potássio e sódio, denominados de bases, ou devido a processos deformação ou de manejo de solos que levam à perda destas bases e, portanto, à acidificação. Um solo é considerado quimicamente neutro quando possui pH 7,0. Nessa condição, as cargas negativas do complexo coloidal estão ocupadas por cátions que, por terem cargas elétricas

positivas, ficam adsorvidos nos pontos de troca iônica, nos quais a carga é negativa. O processo de acidificação consiste na remoção desses cátions para camadas mais profundas do perfil do solo, fora alcance das raízes. Para que isso ocorra, é necessário neutralizar as cargas positivas destes íons, que são contrárias às das partículas do solo (contra-íons) e, assim, ficam retidos à superfície dos colóides (QUAGGIO, 2000).

A correção da acidez do solo altera várias características químicas, físicas e biológicas do solo. A calagem libera fósforo adsorvido à superfície dos óxidos hidratados de ferro e Al^{3+} , que se tornam mais solúveis com o aumento do pH da solução. Desta forma, maximiza este nutriente do solo e os fertilizantes fosfatados solúveis adicionados ao sistema. Em algumas culturas utilizando doses de calcário, a elevação do pH do solo acarreta aumento nos teores de fósforo nas folhas mesmo não existindo variações de doses de fósforo entre as parcelas do experimento (RAIJ; QUAGGIO, 1990). A absorção de fósforo depende também da capacidade do solo em liberar o nutriente da fase sólida, ou seja, do poder tampão do solo. Em geral, o poder tampão de fósforo dos solos argilosos é maior do que o dos solos arenosos, pois possuem maiores quantidades de minerais que têm a propriedade de reter fósforo na superfície (MARTINAZZO, 2006).

A atividade dos íons H^+ , dissociados na solução do solo, representa a acidez ativa, que interfere diretamente na vida das plantas e sua medida dá-se pelo índice de pH. Outro componente da acidez é representado pelos íons Al^{3+} , ligados por forças eletrostáticas, às cargas negativas da matriz do solo. São ligações fracas que podem ser deslocadas por reações de troca iônica. Por essa razão é denominada de acidez trocável e faz parte da acidez potencial ($H+Al$) do solo, representada pela concentração de íons H^+ e Al^{3+} que ainda não dissociaram, e estão em equilíbrio com os da solução do solo. O íon H^+ não pode ser deslocado por simples troca iônica, requer reações mais poderosas, como a reação de neutralização. Portanto, na extração do íon H^+ são utilizadas soluções de sais tamponados, como acetato de cálcio pH 7,0 ou misturas de sais neutros com outras soluções-tampão. O conceito de capacidade tampão do solo é definido como a resistência que o solo oferece as mudanças de pH, mediante a adição de bases ou ácidos. A extração do íon H^+ libera cargas negativas dependentes de pH, que compõem a capacidade de troca de cátions (CTC) do solo. A CTC é constituída pelas bases trocáveis e expressa em porcentagem, pelo conceito de saturação por bases (V%) e representa a capacidade do solo em reter cátions, ficando ocupada por nutrientes que interessam às plantas. Por meio da CTC pode-se calcular a necessidade de calagem, conforme a exigência das diferentes culturas (QUAGGIO, 2000).

A aplicação superficial de corretivos contribui para a correção da acidez do solo em áreas de pastagens já estabelecidas e em áreas sob sistema plantio direto já consolidadas principalmente em solos com maior acúmulo de matéria orgânica (GATIBONI et al., 2003).

2.9. Importância da matéria orgânica do solo

A matéria orgânica do solo é considerada como a “fonte da vida do solo”, porque fornecem nutrientes e energia aos organismos do solo, os quais desempenham atividades importantes nos sistemas naturais e agrícolas. A matéria orgânica é originada de resíduos vegetais; fauna e biomassa microbiana do solo; exsudatos de raízes e adição de esterco e outros. Os resíduos vegetais constituem a essência da matéria orgânica, cujos componentes formam macromoléculas como proteínas, celulose, hemicelulose, amido, pectina, lignina e lipídios (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005; KLUTHCOUSKI, 2003).

O papel da matéria orgânica na agricultura melhora química, física e biologicamente os solos, proporcionando equilíbrio à atividade biológica, fertilidade e conservação. A sustentabilidade do sistema agrícola se baseia no aporte dos materiais orgânicos que permanecem ou são reciclados, sendo sua reposição contínua importante para alcançar os benefícios resultantes. Portanto, a matéria orgânica promove o armazenamento de água no solo; complexação de espécies tóxicas de alumínio e manganês pelos compostos lábeis de carbono; aumento da capacidade de troca catiônica efetiva do solo, determinando maior armazenamento de nutrientes; ação positiva nos agregados do solo, porosidade e densidade; contribui na redução da compactação do solo (DE-POLLI; PIMENTEL, 2005).

A degradação do solo está relacionada à dinâmica da matéria orgânica e, tem-se ressaltado que a conversão de matas nativas em sistemas agrícolas reduz drasticamente os teores de matéria orgânica, por apresentar menor suprimento de resíduos e aumento na taxa de decomposição e perdas da camada superficial do solo por erosão. Em sistema de plantio convencional ocorre maior perda de matéria orgânica devido ao revolvimento do solo, destruição de agregados, fragmentação e incorporação dos resíduos culturais e, conseqüente, redução da cobertura do solo. Estes processos causam alterações na temperatura, umidade e aeração do solo (BAYER; BERTOL, 1999; ROSCOE et al., 2005).

O revolvimento dos solos e a incorporação dos resíduos culturais modificam negativamente os teores de matéria orgânica, capacidade de troca de cátions, pH, dinâmica dos íons e agregação do solo, ao longo do tempo de uso da área (DE MARIA et al., 1999).

Algumas práticas agronômicas como adubação, correção da acidez e cultivos afetam significativamente a atividade da fração orgânica. A intensidade do contato dos resíduos

orgânicos com as partículas do solo contribui para o acúmulo da matéria orgânica no perfil, assim como, o manejo do solo e da cultura influencia na qualidade e na quantidade da matéria orgânica. A incorporação de vegetais (gramíneas e leguminosas) afeta a biomassa microbiana e, conseqüentemente, a disponibilidade de nitrogênio. A maximização do aproveitamento do nitrogênio presente nos materiais orgânicos, pela cultura, depende de suas respectivas velocidades de decomposição e do processo de mineralização dessa matéria orgânica. Esse processo é de grande importância na agricultura, pois é por meio dele que as plantas obtêm parte do N e de outros nutrientes necessários ao seu desenvolvimento (VASCONCELLOS et al., 1999).

2.10. Indicadores biológicos de qualidade do solo

A degradação do meio ambiente e a necessidade de produção agrícola sustentável enfatizam a importância de estudos sobre os processos microbiológicos do solo, pois é parte do funcionamento de todos os ecossistemas terrestres (SAGGIN-JÚNIOR; SILVA, 2005).

O solo é um sistema dinâmico onde fatores de natureza física, química e biológica interagem continuamente. A atividade biológica é definida pela reação bioquímica catalisada pelos organismos macro e microscópicos do solo, podendo resultar em atividade física (efeito da excreção de polissacarídeos na agregação do solo) e química (enzimas, respiração e produção de calor). Para avaliar estes parâmetros é importante que na preparação das amostras, as raízes e a macrofauna sejam retirados para evitar superestimativa da contribuição dos microrganismos estudados. As atividades microbianas podem ser divididas em: gerais e específicas, sendo a primeira proveniente de todos ou quase todos os microrganismos, quantificados pela respiração e produção de calor, enquanto as específicas são medidas de determinados grupos, como os fixadores de nitrogênio, desnitrificadores, amonificadores, nitrificadores, metanogênicos e outros (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A atividade dos organismos microbianos promove a ocorrência de inúmeros processos bioquímicos no solo, modificando suas propriedades físico-químicas e, conseqüentemente, interferindo no desenvolvimento das plantas e na qualidade do meio ambiente (BALOTA et al., 1998). Em agrossistemas, a quantidade e qualidade dos resíduos vegetais promovem alterações na composição da comunidade microbiana, influenciando a sua taxa de decomposição. Portanto, os sistemas de manejo do solo atuam diretamente na persistência dos

resíduos no solo, no tamanho da biomassa microbiana e, conseqüentemente, na sustentabilidade dos agroecossistemas (MERCANTE et al., 2004).

2.10.1. Biomassa e atividade microbiana do solo

As transformações microbianas, assim como as diferentes reações químicas do solo, podem ser alteradas de acordo com os tipos de manejos adotados. A biomassa microbiana constitui um meio de transformação para todos os materiais orgânicos do solo e atua como reservatório de nutrientes vegetais. O reconhecimento da importância dos microrganismos do solo tem levado a um aumento no interesse em se medir os nutrientes contidos em sua biomassa, cuja estimativa fornece dados úteis sobre mudanças nas propriedades biológicas do solo decorrentes do seu uso (THEODOROL et al., 2003).

A biomassa microbiana participa do ciclo de carbono no solo e, de acordo com as condições edafoclimáticas e composição dos resíduos vegetais sobre o solo, atua como compartimento de reserva ou como catalisador na decomposição da matéria orgânica. A quantidade e a qualidade dos resíduos causam alterações na comunidade destes microrganismos, os quais são sensíveis a essas modificações e podem ser usados como indicadores biológicos (MERCANTE, 2001).

A estimativa da biomassa microbiana pode fornecer dados úteis sobre modificações nas propriedades biológicas dos solos, decorrentes dos tipos de manejo aplicados e de diferentes culturas (ALVAREZ et al., 1995). A atividade microbiana possibilita melhor entendimento dos processos de mineralização.

A respiração é um dos parâmetros mais antigos para quantificar a atividade microbiana e representa a oxidação da matéria orgânica por organismos aeróbicos do solo, que usam o O_2 como aceptor final de elétrons, até CO_2 . A partir dos dados de respiração (produção de $C-CO_2$ liberado em $\mu g\ CO_2\ g^{-1}\ solo\ seco\ h^{-1}$) e a biomassa microbiana podemos calcular o quociente metabólico qCO_2 liberado por unidade de C microbiano ($\mu g\ C-CO_2\ liberado\ g^{-1}\ mg\ de\ C-biomassa\ h^{-1}$). Pesquisas demonstram que esse índice pode contribuir para avaliar a qualidade dos solos, pois indica o nível de estresse da biomassa microbiana, que apresentará quocientes metabólicos mais altos, indicando maior consumo de energia (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O uso de quocientes metabólicos, como o qCO_2 (taxa de respiração específica), razão entre $C-CO_2$ liberada na atividade microbiana e C da sua biomassa, são fundamentais na

elucidação de fluxos de entrada de elementos ou energia através da biomassa microbiana, além de ser um indicador sensível de sucessões de um ecossistema (ANDERSON; DOMSCH, 1989).

A quantificação do carbono do CO_2 (C-CO_2) liberado é o resultado do metabolismo da maioria dos microrganismos no solo, o qual tem mostrado ser uma determinação adequada para indicar a qualidade do sistema (COLOZZI FILHO et al., 2001). Assim, o monitoramento das comunidades microbianas, por meio destas variáveis, tem sido considerado um bom indicador da qualidade do solo, em razão dos diferentes sistemas de manejo e rotações de culturas (MERCANTE, 2001). O cálculo da proporção que o carbono da biomassa microbiana (CBM) do solo representa do carbono orgânico total, conhecido como quociente microbiano (q_{MIC}), é um índice usado para fornecer indicações da dinâmica da matéria orgânica do solo. O quociente metabólico (q_{CO_2}) é um índice que combina os resultados da biomassa microbiana com as determinações das taxas de respiração, representado pela taxa de respiração por unidade de biomassa microbiana (ANDERSON; DOMSCH, 1990).

O quociente microbiano (CBM:Carbono orgânico), homogeneiza a quantificação da biomassa em solos que contêm diferentes quantidades de carbono orgânico. Geralmente um solo com grande exploração agrícola, a relação $\text{C}_{\text{mic}}:\text{C}_{\text{org}}$ será baixa. O quociente metabólico (q_{CO_2}), ou seja, a respiração específica é maior em comunidades ecologicamente imaturas ou naquelas que estejam sob alguma situação de estresse, em que os microrganismos necessitam gastar grande quantidade de energia por unidade de biomassa. O quociente metabólico deve ser interpretado com cuidado, uma vez que uma baixa taxa de respiração específica pode indicar que parte da microflora é pouco ativa devido à deficiência de substrato, ou devido à proteção física em agregados (SPARLING, 1992). Portanto, o q_{CO_2} representa a quantidade de C-CO_2 liberado por unidade de CBM em determinado tempo (ANDERSON; DOMSCH, 1990) e o q_{MIC} , indica se o carbono está ou não em equilíbrio no solo (acumulando ou diminuindo).

2.10.2. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

Os microrganismos são os seres vivos mais primitivos do planeta, sendo que ao longo do processo de evolução, adquiriram características para estabelecer inúmeras relações biológicas. Destaca-se a simbiose entre plantas e microrganismos heterotróficos, como as micorrizas, que são associações mutualísticas entre fungos e raízes e ocorrem na maioria das

espécies vegetais superiores. A colonização das raízes pelos fungos resulta em micélio abundante na rizosfera, o que ajuda absorver nutrientes do solo e do húmus; e sua predominância e influência no crescimento das plantas tornam-nas potencialmente importantes do ponto de vista ecológico e econômico (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

O aumento do volume e extensão do solo explorado pelo micélio externo é importante para aumentar a absorção, pois se estende além da zona de depleção das raízes. Este processo é importante, pois transloca nutrientes, inclusive aqueles em baixa concentração na solução do solo ou que apresente lentidão no transporte, particularmente o fósforo. Assim, a absorção de nutrientes nas hifas dos FMA promove proteção contra lixiviação, adsorção ou outro fenômeno que os tornam indisponíveis às raízes das plantas (PEDERSEN; SYLVIA, 1996; SAGGIN-JÚNIOR; SILVA, 2005).

Um dos benefícios mais relatados na associação fungo-planta é a maior absorção de fósforo pelas plantas colonizadas, a qual tem sido relacionada com as propriedades morfológicas das raízes e o desenvolvimento da planta hospedeira, além do suprimento desse nutriente. O pH do solo também tem mostrado influência na eficiência de micorrizas, mostrando que alguns endófitos se comportam melhor em meio neutro ou alcalino, enquanto outros são melhores em solos ácidos (PRASAD et al., 2000).

O efeito dos sistemas de manejo sobre a microbiota, porém, não se restringem aos aspectos quantitativos. Também a composição da comunidade microbiana pode ser alterada, pois os grupos microbianos podem ser afetados diferentemente pelas práticas de manejo. O preparo freqüente do solo, por exemplo, pode ocasionar o rompimento físico de hifas, prejudicando a população fúngica, a qual pode ser favorecida no sistema plantio direto, podendo mesmo ser predominante (CALDERÓN et al., 2001). A riqueza dos FMA varia muito, sendo encontradas de 2 a 33 espécies em um ecossistema. O cultivo causa modificações nas comunidades fúngicas e altera a distribuição e a dominância das espécies, devido a alterações bióticas e abióticas do ambiente edáfico, como modificação na vegetação (raízes) e propriedades químicas do solo, em especial na acidez e disponibilidade de nutrientes (MOREIRA; SIQUEIRA, 2006).

A rotação de culturas favorece a micorríza, especialmente quando são utilizadas plantas com dependência micorrízica, as quais aumentam a população destes fungos no solo, beneficiando as plantas e os cultivos subsequentes (MIRANDA et al., 2001). Estes autores dizem ainda que a rotação de culturas maximiza os efeitos benéficos da micorríza no crescimento das plantas, aumento da produtividade e menor uso de insumos.

No sistema de rotação de culturas, têm sido observados efeitos positivos das simbioses com FMA, que aumenta a capacidade das plantas absorverem nutrientes do solo, principalmente o P, melhorando a resposta do vegetal aos diversos fertilizantes e corretivos e beneficiando a produção (MIRANDA et al., 2001).

Os FMA promovem benefícios resultantes da interação raízes-micélio moduladas pelo ambiente, tais como aumento da absorção de vários nutrientes; sinergismo, aumentando a fixação biológica de nitrogênio; alterações fisiológicas nas raízes, alterações rizosféricas (SAGGIN-JÚNIOR; SILVA, 2005).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Instalação do experimento

O experimento foi conduzido em dois anos agrícolas consecutivos, 2004/05 e 2005/06, na Fazenda de Ensino, Pesquisa e Extensão (FEPE), da UNESP - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, município de Selvíria-MS, região de cerrado. Apresenta as coordenadas geográficas de Latitude 20°18'16'' S e Longitude 52°40'15'' W com altitude de 340 m. A precipitação média anual é de 1370 mm e temperatura média anual de 23,5 °C, sendo os meses mais quentes janeiro e fevereiro (25,7 °C) e mais frios, junho e julho (20,5 °C). A umidade relativa do ar entre 70-80%, nos meses mais chuvosos. De acordo com Koppen, o tipo climático é Aw, caracterizado como tropical úmido, com estação chuvosa no verão e seca no inverno.

A classificação do solo foi atualizada para LATOSSOLO VERMELHO Distroférrico típico muito argiloso, A moderado, hipodistrófico, caulínítico, férrico, muito profundo, moderadamente ácido (EMBRAPA, 1999).

3.2. Histórico da Área

A área experimental apresentava como cobertura vegetal original o Cerrado *sensu stricto*, sendo desmatada em 1977 para instalação de pastagens com braquiária. Devido a pastagem de *Brachiaria decumbens* cv. Basilisk apresentar um grau médio de degradação, em dezembro de 2002 iniciou-se um experimento de integração lavoura pecuária utilizando a

Brachiaria brizanta Stapf cv. Marandu com a coleta das amostras de solo para caracterização da área e recomendações de calagem e adubação.

Em fevereiro de 2003 foram aplicados 1600 kg de calcário dolomítico visando a elevação da saturação por bases para 70%. O calcário foi aplicado a lanço sobre a pastagem e instalados três sistemas de manejos do solo e incorporação de calcário, os quais foram considerados como os tratamentos principais:

- Cultivo mínimo – CM: incorporação de calcário com escarificador a 30 cm de profundidade, seguido de gradagem niveladora;
- Preparo convencional – PC: incorporação de calcário com grade aradora pesada (14 x 32"), seguida de gradagem niveladora;
- Sem mobilização do solo – SM: aplicação de calcário em superfície, sem incorporação mecânica.

A área experimental permaneceu em pousio para que houvesse o restabelecimento da braquiária, por meio do banco de sementes e plantas remanescentes. Após esse período, foram instalados os tratamentos secundários, relacionados aos manejos da biomassa da braquiária:

Após um período de 135 dias depois das operações de incorporação de calcário, com a braquiária restabelecida foram instalados três tratamentos secundários referentes ao manejo da braquiária. As sub-parcelas foram:

- Feno (retirada da massa verde da área). Corte da forragem, com roçadora, para simular a produção de feno. Todo o material cortado foi retirado da área. Devido à escassez de chuvas esta operação foi realizada uma vez, no dia 02/07/2003;
- Pousio (área deixada em descanso). A área permaneceu em pousio desde a realização dos condicionamentos físicos do solo (Fevereiro de 2003) até a época da dessecação da braquiária (Novembro de 2003) e
- Pastejo (área pastejada por bovinos). Foram pastejadas 6 sub-parcelas por um período de 14 dias (02/07 a 16/07/2003) e outras 6 sub-parcelas foram pastejadas por 14 dias (16/07 a 30/07/2003), por 10 animais bovinos, com peso médio inicial de 226 kg. O número de animais foi baseado de acordo com o cálculo de forragem disponível.

As culturas de milho e soja foram utilizadas para compor o sistema de integração lavoura-pecuária. A soja foi semeada em plantio direto no dia 02/12/2003 e colhida no dia 02 e 03/04/2004 e o milho foi semeado em plantio direto no dia 03 e 04/12/2003 e a colheita foi realizada no dia 05 e 06/04/2004.

Os tratamentos principais e secundários foram instalados em quatro repetições e descritos conforme a Figura 1.

Bloco 2			Bloco 3		
CM PASTEJO	CM POUSIO	CM FENO	SM POUSIO	SM FENO	SM PASTEJO
PC PASTEJO	PC FENO	PC POUSIO	CM FENO	CM POUSIO	CM PASTEJO
SM PASTEJO	SM POUSIO	SM FENO	PC POUSIO	PC FENO	PC PASTEJO

PC PASTEJO	PC FENO	PC POUSIO	CM FENO	CM POUSIO	CM PASTEJO
CM PASTEJO	CM POUSIO	CM FENO	SM POUSIO	SM FENO	SM PASTEJO
SM PASTEJO	SM FENO	SM POUSIO	PC FENO	PC POUSIO	PC PASTEJO

Bloco 1 **Bloco 4**
 SM = Sem Mobilização do Solo; CM = Cultivo Mínimo; PC = Preparo Convencional
Figura 1. Esquema da área experimental do primeiro ano agrícola.

Após o restabelecimento da braquiária a área de 6,2 ha foi dividida em dois piquetes para o pastejo de 38 animais, com peso médio de 254 kg (25/08/2004 a 28/09/2004). Os animais foram submetidos a um jejum de 12 horas antes e depois do período em que permaneceram no experimento e, pesados a seguir. A quantidade de animais foi baseada no cálculo de matéria seca de forragem disponível na área para pastejo.

Para os anos 2004/05 e 2005/06 não foram utilizados os tratamentos de manejos da biomassa da braquiária. As parcelas foram subdivididas para a combinação do plantio do milho e da soja em plantio direto, dentro dos manejos de rotação e sucessão de culturas, conservando os tratamentos principais do ano de 2003:

- Sem Mobilização do Solo;

- Cultivo Mínimo e
- Preparo Convencional.

E os tratamentos secundários foram constituídos pelas seqüências de culturas de milho e soja (Rotação e Sucessão de Culturas):

- Rotação: Plantio do milho na sub-parcela onde havia a cultura da soja e plantio da soja na sub-parcela onde havia milho e
- Sucessão – Plantio do milho na sub-parcela onde havia milho e plantio da soja na sub-parcela onde havia soja.

As combinações dos tratamentos foram estabelecidas conforme a Figura 2.

Bloco 2		Bloco 3	
	CM – Sucessão		SM – Rotação
	CM – Rotação		SM – Sucessão
	PC – Sucessão		CM – Rotação
	PC – Rotação		CM – Sucessão
	SM – Sucessão		PC – Rotação
	SM – Rotação		PC – Sucessão
	PC – Sucessão		CM – Rotação
	PC – Rotação		CM – Sucessão
	CM – Sucessão		SM – Rotação
	CM – Rotação		SM – Sucessão
	SM – Sucessão		PC – Rotação
	SM – Rotação		PC – Sucessão
Bloco 1		Bloco 4	

SM = Sem Mobilização do Solo; CM = Cultivo Mínimo; PC = Preparo Convencional

Figura 2. Esquema da área experimental do ano agrícola 2004/05.

Para melhor entendimento dos esquemas estatísticos utilizados, segue abaixo a seqüência das atividades desenvolvidas (Tabela 1).

Tabela 1. Seqüência de atividades desenvolvidas para a instalação do sistema de integração lavoura pecuária.

Data	Atividades
Até 1977	- Cerrado <i>sensu stricto</i>
1977	- Instalação de pastagens com braquiária
10/12/2002	- Implantação do sistema de integração lavoura-pecuária com a coleta de amostras de solo para análise de fertilidade
10/02/2003	- Locação das parcelas experimentais
12 a 14/02/2003	- Aplicação de calcário a lanço, em área total, sobre a braquiária - Condicionamentos físicos do solo: Sem Mobilização do Solo; Cultivo Mínimo com Escarificação e Preparo Convencional com Grade Super Pesada e Grade Leve
14/02/2003 a 02/07/2003	- Pousio da área experimental para regeneração da pastagem
23/10/2003	- Coleta de amostras de solo para análise química
28/11/2003	- Dessecação da área experimental
02/12/2003	- Plantio direto da soja
03 e 04/12/2003	- Semeadura direta do milho
02 e 03/04/2004	- Colheita da soja -Avaliação da produção de soja
05 e 06/04/2004	- Colheita do milho -Avaliação da produção de milho
25/08/2004 a 28/09/2004	- Pastejo por 38 animais bovinos com peso médio de 254 kg
29/09/2004 a 09/11/2004	-Regeneração da pastagem -Subdivisão das subparcelas para a combinação do plantio do milho e da soja em plantio direto, dentro dos manejos de rotação e sucessão de culturas, conservando os tratamentos principais: Sem Mobilização do Solo; Cultivo Mínimo e Preparo Convencional.

3.3. Delineamento Experimental

Para o presente trabalho o delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados em esquema de parcelas sub-subdividas ($3 \times 2 \times 2$) com quatro repetições. Os tratamentos principais, instalados nas parcelas, foram os três sistemas de manejo do solo: Sem Mobilização do Solo; Cultivo Mínimo e Preparo Convencional. Os tratamentos secundários foram duas culturas (milho e soja) e duas seqüências de culturas (rotação - plantio do milho na sub-parcela onde havia a cultura da soja e sucessão - plantio do milho na sub-parcela onde havia a cultura de milho). Cada sub-parcela foi composta por 7,5 m x 180 m.

Em 2004/05 para a soja foi realizado o espaçamento nas entrelinhas de 0,45 m, utilizando como área útil 5 linhas de 4 m cada ($0,45 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 1,80 \text{ m}^2 \times 5 \text{ linhas} = 9 \text{ m}^2$). Para o milho o espaçamento utilizado nas entrelinhas foi 0,90 m e utilizou-se como área útil 3 linhas de 4 m cada ($0,90 \text{ m} \times 4 \text{ m} = 3,6 \text{ m}^2 \times 3 \text{ linhas} = 10,80 \text{ m}^2$).

Em 2005/06 para a soja o espaçamento foi de 0,45 m nas entrelinhas e a área útil utilizada foi de 6 linhas de 5 m cada ($0,45 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2 \times 6 \text{ linhas} = 13,50 \text{ m}^2$), enquanto que para o milho o espaçamento nas entrelinhas foi de 0,45 m e a área útil adotada foi de 6 linhas de 5 m cada ($0,45 \text{ m} \times 5 \text{ m} = 2,25 \text{ m}^2 \times 6 \text{ linhas} = 13,50 \text{ m}^2$).

3.4. Descrição dos tratamentos

O presente trabalho foi instalado em dois anos agrícolas 2004/05 e 2005/06, o qual faz parte de um projeto de sistema de integração lavoura pecuária que teve início em 2003, quando 1600 kg ha^{-1} de calcário foi distribuído a lanço, sobre a pastagem de braquiária.

Para a primeira fase deste experimento (ano agrícola 2004/05) a área que estava em pousio foi dessecada em 10/11/2004, e a semeadura direta da cultura de soja foi realizada em 25/11/2004 e a do milho em 26/11/2004. A colheita foi realizada em 12, 15 e 19/03/2005, sendo que a área permaneceu em pousio para regenerar a braquiária novamente. Em 02/09/2005 a área foi pastejada por 40 animais bovinos, permanecendo na área experimental por 30 dias. O número de animais foi baseado de acordo com o cálculo de forragem disponível.

As parcelas foram subdivididas para a combinação do plantio do milho em semeadura direta dentro dos manejos de rotação e sucessão de culturas, conservando os tratamentos principais: SM; CM e PC. As sub-parcelas foram constituídas pelas seqüências: Rotação: plantio do milho na sub-parcela onde havia a cultura da soja e Sucessão: plantio do milho na sub-parcela onde havia a cultura do milho (Figura 3).

A segunda fase do experimento (ano agrícola 2005/06) deste trabalho refere-se ao experimento do terceiro ano agrícola e os tratamentos foram os mesmos utilizados em 2004 (Figura 4).

Após a colheita anterior a área permaneceu em pousio para que ocorresse a regeneração da pastagem até Julho de 2006. No dia 26/07/2006 a área foi pastejada por 17 novilhos, permanecendo na área até o dia 05/09/2006. Após o pastejo a área permaneceu em pousio até o dia 10/12/2005, quando a área foi novamente dessecada para a semeadura das culturas da soja e do milho em 13/12/2005.

O esquema abaixo permite uma melhor compreensão dos tratamentos utilizados nas duas fases do trabalho:

BLOCO 2				BLOCO 3			
P21 PC MILHO R	P22 PC SOJA S	P23 PC SOJA R	P24 PC MILHO S	P33 PC SOJA S	P34 PC MILHO R	P35 PC MILHO S	P36 PC SOJA R
P17 CM MILHO R	P18 CM SOJA S	P19 CM SOJA R	P20 CM MILHO S	P29 CM SOJA S	P30 CM MILHO R	P31 CM MILHO S	P32 CM SOJA R
P13 SM MILHO R	P14 SM SOJA S	P15 SM SOJA R	P16 SM MILHO S	P25 SM SOJA S	P26 SM MILHO R	P27 SM MILHO S	P28 SM SOJA R
BLOCO 1				BLOCO 4			
P9 PC MILHO R	P10 PC SOJA S	P11 PC SOJA R	P12 PC MILHO S	P45 PC SOJA S	P46 PC MILHO R	P47 PC MILHO S	P48 PC SOJA R
P5 CM MILHO R	P6 CM SOJA S	P7 CM SOJA R	P8 CM MILHO S	P41 CM SOJA S	P42 CM MILHO R	P43 CM MILHO S	P44 CM SOJA R
P1 SM MILHO R	P2 SM SOJA S	P3 SM SOJA R	P4 SM MILHO S	P37 SM SOJA S	P38 SM MILHO R	P39 SM MILHO S	P40 SM SOJA R

SM = Sem Mobilização do Solo; CM = Cultivo Mínimo; PC = Preparo Convencional
R = Rotação de culturas; S = Sucessão de culturas

Figura 3. Esquema da área experimental do ano agrícola 2004/05.

BLOCO 2				BLOCO 3			
P21	P22	P23	P24	P33	P34	P35	P36
PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC
SOJA R	SOJA S	MILHO R	MILHO S	SOJA S	SOJA R	MILHO S	MILHO R
P17	P18	P19	P20	P29	P30	P31	P32
CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
SOJA R	SOJA S	MILHO R	MILHO S	SOJA S	SOJA R	MILHOS	MILHO R
P13	P14	P15	P16	P25	P26	P27	P28
SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
SOJA R	SOJA S	MILHO R	MILHO S	SOJA S	SOJA R	MILHOS	MILHO R

P9	P10	P11	P12	P45	P46	P47	P48
PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC	PC
SOJA R	SOJA S	MILHO R	MILHO S	SOJA S	SOJA R	MILHO S	MILHO R
P5	P6	P7	P8	P41	P42	P43	P44
CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM	CM
SOJA R	SOJA S	MILHO R	MILHO S	SOJA S	SOJA R	MILHO S	MILHO R
P1	P2	P3	P4	P37	P38	P39	P40
SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM	SM
SOJA R	SOJA S	MILHO R	MILHO S	SOJA S	SOJA R	MILHO S	MILHO R

BLOCO 1

BLOCO 4

SM = Sem Mobilização do Solo; CM = Cultivo Mínimo; PC = Preparo Convencional
R = Rotação de culturas; S = Sucessão de culturas

Figura 4. Esquema da área experimental do ano agrícola de 2005/06

Para melhor entendimento dos esquemas estatísticos utilizados, segue abaixo o a sequência das atividades desenvolvidas (Tabela 2).

Tabela 2. Seqüência de atividades desenvolvidas durante o período de condução do experimento em 2004/05 e 2005/06.

10/11/2004	- Dessecação da área experimental
25/11/2004	- Plantio direto da soja
26/11/2004	- Plantio direto do milho
12/03 a 15/03/2004	- Colheita do milho para grãos e avaliação dos componentes da produção
19/03/2005	- Colheita da soja (avaliação da massa verde e massa seca de palha)
04/05 a 01/09/2005	- Regeneração da pastagem
20/03 a 25/07/ 2005	- Pousio da área experimental para a regeneração da brachiária
02/09 a 01/10/2005	- Pastejo por 40 animais bovinos com peso médio inicial de ?? kg
10/12/2005	- Dessecação da área experimental
13/12/2005.	- Semeadura da soja e do milho em 13/12/2005.
14/03/2006	- Colheita do milho para forragem
19/04/2006.	- Colheita da soja para grãos
26/07 a 05/09/2006	- A área foi pastejada por 17 novilhos - Pastejo por 17 animais bovinos com peso médio de 254 kg

3.5. Máquinas e equipamentos

Para a instalação e condução do experimento utilizou-se: a) trator de pneu de marca Massey-Ferguson, modelo MF-275, tração 4 x 2, com potência de 54,4 kW no motor, com massa de 3.951 kg em ordem de marcha; b) trator de pneu de marca Massey-Ferguson, modelo MF-290, com potência de 59,6 kW no motor, com massa de 4.320 kg em ordem de marcha; c) distribuidor de adubo sólido a lança de marca Vicon, modelo PS-603, com faixa de distribuição de 6 m, acoplado ao trator MF-275; d) pulverizador da marca Jacto, modelo PJ - 600, com barra de 12 m de comprimento, provida de 24 bicos leque 110-02, com espaçamentos entre bicos de 0,50 m e tanque com capacidade de 600 L de calda, acoplado ao trator MF-275 e e) semeadora-adubadora da marca “Tatu” Marchesan, modelo Suprema-Pneumática (D - 44), com 7 linhas, espaçadas de 0,45 m, configurada para plantio direto com

discos de corte, mecanismo sulcador-adubador de discos duplos, sulcador-distribuidor de sementes de discos duplos e roda compactadora côncava, tracionada pelo trator MF-290.

3.6. Insumos utilizados

Para a dessecação da braquiária em 10 de novembro de 2004 e 10 de dezembro de 2005 foi utilizado o herbicida glifosato ($2,5 \text{ kg ha}^{-1}$ p.c.). No ano agrícola 2004/05 foi utilizado o fertilizante mineral na formulação 08-28-16 e dosagem de 300 kg ha^{-1} (24 kg ha^{-1} de N + 84 kg ha^{-1} de P_2O_5 + 48 kg ha^{-1} de K_2O), por ocasião da semeadura da soja (25 de novembro de 2004) e do milho (26 de novembro de 2004), aplicados no sulco de semeadura. Na adubação de cobertura do milho (20 de dezembro de 2004) foram utilizados 300 kg ha^{-1} do fertilizante mineral na formulação 20-00-20 e na adubação de cobertura da soja (23 de dezembro de 2004) foram utilizados 100 kg ha^{-1} de KCl (60 kg ha^{-1} de K_2O). No ano agrícola 2005/06 na adubação de plantio da soja (13 de dezembro de 2005) foi utilizado o fertilizante mineral na formulação 04-30-10 e dosagem de 250 kg ha^{-1} + 0,3% de Zn e na adubação de plantio do milho (13 de dezembro de 2005) foi utilizado 300 kg ha^{-1} fertilizante mineral na formulação 04-30-10. Na adubação de cobertura do milho (03 de janeiro de 2006) foram empregados 150 kg ha^{-1} de uréia + 100 kg ha^{-1} de KCl e na adubação de cobertura da soja (04 de janeiro de 2006) foram empregados 100 kg ha^{-1} de KCl. A colheita do milho e da soja no ano agrícola 2004/05 ocorreu nos dias 12, 15 e 19 de março de 2005 e a colheita do milho e da soja no ano agrícola 2005/06 ocorreram nos dias 14 de março de 2006 e 19 de abril de 2006, respectivamente. No ano agrícola 2004/05 para o plantio da soja em 25 de novembro de 2004 foram utilizados 60 kg ha^{-1} de sementes ($16 \text{ sementes m}^{-1}$), cultivar MG/BR-46 Conquista, peneira 6,5 mm, com poder germinativo de 80 e 99% de pureza, visando uma população de $340.000 \text{ plantas ha}^{-1}$. A cultivar apresenta ciclo médio (126 a 145 dias), hábito de crescimento determinado, altura média das plantas de 0,65 a 0,87 m e altura média de inserção de vagens de 0,14 a 0,16 m. A população recomendada é de 260 a 360 mil plantas ha^{-1} .

Após o tratamento da semente de soja com o fungicida Carbendazim (50 mL p.c. para cada 50 kg de sementes), no dia da semeadura, procedeu-se a inoculação utilizando-se, para cada 100 kg de sementes, 250 g do inoculante turfoso de marca comercial Biomax (*Bradyrhizobium japonicum* e *B. elkanii* - 3.10^9 células g^{-1}). Para o plantio do milho em 26 de novembro de 2004 foi utilizado o híbrido Dekalb (DKB 466) e para o tratamento de sementes foi utilizado o inseticida Tiodicarbe (2 L p.c. para cada 100 kg de sementes).

No ano agrícola 2005/06 para o plantio da soja em 13 de dezembro de 2005 foram utilizados 60 kg ha⁻¹ de sementes do cultivar MG/BR-46 Conquista. Após o tratamento da semente de soja com o fungicida Tolifluanida (100 g p.c. para cada 100 kg de sementes) e o fungicida Carbendazim (60 mL p.c. para cada 100 kg de sementes), no dia da semeadura, procedeu-se a inoculação utilizando-se, para cada 50 kg de sementes, 200 mL do inoculante líquido de marca comercial Biomax e 170 mL do micronutriente Nodulus (Co e Mo). Para o plantio do milho em 13 de dezembro foi utilizado o híbrido Agromen (AGN 20A20), germinação de 95% e pureza de 98% e para o tratamento de sementes foi utilizado o inseticida Tiodicarbe (2 L p.c. para cada 100 kg de sementes). No experimento do ano agrícola 2004/05 foi efetuada uma pulverização na cultura da soja e do milho com o inseticida Methomyl (600 mL ha⁻¹ p.c.) no dia 23 de dezembro de 2004 para o controle de *Anticarsia gemmatilis* (lagarta da soja) e *Spodoptera frugiperda* (lagarta do milho). No dia 28 de dezembro de 2004 a cultura do milho foi pulverizada com o herbicida Atrazina (4 L ha⁻¹ p.c.) + 0,5% de óleo mineral e a cultura da soja, com os herbicidas Lactofen (500 mL ha⁻¹ p.c.) e Chlorimuron Ethyl (50 g ha⁻¹ p.c.). No dia 14 de janeiro de 2005 foi realizada uma pulverização com o herbicida Haloxifop R Éster Metílico (0,5 L ha⁻¹ p.c.) e com o inseticida teflubenzuron 100 mL ha⁻¹ p.c.

No experimento do ano agrícola 2005/06 foi realizada uma pulverização com o inseticida Methomyl (800 mL ha⁻¹ p.c.) e com o inseticida Teflubenzuron (100 mL ha⁻¹ p.c.) no dia 06 de janeiro de 2006 para controle de *Spodoptera frugiperda* (lagarta do cartucho do milho). Neste mesmo dia foi realizada uma pulverização com o herbicida Atrazina + S Metolacolor (4 L ha⁻¹ p.c.) + 0,25% de óleo mineral para controle de plantas daninhas da cultura do milho. No dia 06 de janeiro de 2006 na cultura da soja foi aplicado o inseticida Methomyl (500 mL ha⁻¹ p.c.) para controle de *Anticarsia gemmatilis* (lagarta da soja). Também foi realizada uma pulverização com os herbicidas Lactofen (500 mL ha⁻¹ p.c.) e Chlorimuron Ethyl (40 g ha⁻¹ p.c.). No dia 13 de janeiro de 2006 a cultura da soja foi pulverizada com o herbicida Haloxifop R Éster Metílico (0,5 L ha⁻¹ p.c.) + 0,5% de óleo mineral. No dia 23 de janeiro de 2006 foi realizada uma pulverização com o fungicida Epoxiconazol – Triazol (0,5 L ha⁻¹ p.c.) para o controle da ferrugem da soja (*Phakopsora pachyrhizi*) e com o inseticida Endosulfan (1,5 L ha⁻¹ p.c.) para o controle de (percevejo da soja).

3.7. Análise química do solo

Antes da implantação do experimento foram coletadas quatro amostras (compostas de 20 amostras cada) na profundidade de 0 - 0,15 m, para análise da fertilidade do solo, a qual foi empregada para determinar a quantidade de corretivo necessária (Tabela 1). O solo foi peneirado (malha de 2 mm), homogeneizado, enviado ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos da UNESP, Campus de Ilha Solteira, onde foi analisado seguindo a metodologia proposta por Raij; Quaggio (1983).

Tabela 3. Caracterização química do solo da área experimental, nas camadas de 0 - 0,15 m antes da instalação do experimento, 2003.

P	MO	pH	K	Ca	Mg	H + Al	Al	SB	CTC	V
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂	----- mmol _c .dm ⁻³ -----				-----			%
5,5	36,00	5,0	0,85	25	17	35,5	1	42,85	77,50	55,20

3.8. Análises microbiológicas

As variáveis microbiológicas avaliadas foram: quantificação do CBM e do C-CO₂ liberado, colonização e contagem de esporos de FMA autóctones. Para todas as variáveis o solo e raízes foram coletados quando as culturas estavam no período de enchimento de grãos, na estação de verão de dois anos agrícolas (2004/05 e 2005/06). As amostras foram coletadas na rizosfera das plantas, sendo que cada amostra foi composta por 10 amostras simples coletada aleatoriamente na profundidade 0-0,15 m, nas parcelas de todos os tratamentos. Todo o material coletado foi transportado até o Laboratório de Microbiologia e Fitopatologia da Unesp/Campus de Ilha Solteira, onde foram realizadas as análises.

3.8.1. Carbono da biomassa microbiana (CBM)

Para a determinação do CBM, utilizou-se o método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987) que promove a eliminação da microflora do solo. Foram pesadas 2 amostras de 10 gramas de solo, uma para ser fumigada e outra não, para ser usada como o controle. Para a

fumigação do solo, as amostras foram acondicionadas em um dessecador forrado com papel toalha umedecida com água destilada, para manter a umidade. No centro foi colocado um béquer contendo 50 mL de clorofórmio (CHCl_3) livre de etanol e com a ajuda de uma bomba, as amostras foram submetidas a vácuo até que o clorofórmio borbulhasse, por 4 vezes, para garantir o rompimento das células microbianas. O passo seguinte foi guardar as amostras (no dessecador) em local escuro por 48 horas a 27 °C. A extração do carbono microbiano do solo fumigado e não fumigado foi feita usando a solução extratora de potássio 0,5 M (K_2SO_4), em agitador por 30 minutos e, filtradas em filtro Whatman número 1. O carbono foi oxidado quando misturado com o K_2SO_4 0,66 M, ácido fosfórico e sulfúrico concentrados e encaminhados para o bloco digestor a 100 °C por 30 minutos. Quando as amostras atingiram a temperatura ambiente foi feita a titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,033 M $[(\text{NH}_4)_2\text{Fe}(\text{SO}_4)_2 \cdot 6\text{H}_2\text{O}]$, utilizando como indicador 3 gotas de difenilamina 1% para a estimativa de carbono extraído.

O CBM microbiano foi determinado pela seguinte fórmula: $B = C_f - C_{nf} / K_{ec}$, onde: C_f e C_{nf} indicam o carbono extraído dos solos fumigados e não fumigados e K_{ec} indica a proporção total do carbono microbiano extraído após a fumigação.

3.8.2. Carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado

A atividade respiratória microbiana (C- CO_2 liberado) foi determinada utilizando 100 g de solo peneirado. O solo foi colocado em jarros de vidro com tampa de rosca, sendo a capacidade de campo ajustada para 70% e, no centro foi depositado cuidadosamente um frasco pequeno com 10 mL de hidróxido de sódio 0,5 M (NaOH 0,1 mol L^{-1}). Os jarros foram fechados e vedados com filme plástico (fita isolante) e mantidos em uma sala com temperatura em torno de 27 °C. O controle foi feito com jarros de vidro sem solo, contendo os frascos com NaOH 0,5 M. O tempo de incubação foi determinado com ajuda de uma curva realizada diariamente. Depois de abertos, o NaOH livre foi titulado com HCl 0,1 mol L^{-1} , para calcular por subtração a quantidade de CO_2 que combinou com o NaOH (ANDERSON; DOMSCH, 1989).

3.8.3. Quociente metabólico ($q\text{CO}_2$) e quociente microbiano ($q\text{MIC}$)

O $q\text{CO}_2$, definido pela relação entre a respiração e o carbono microbiano (C- CO_2 liberado/CBM), foi determinado conforme Anderson; Domsch (1990), pela equação: $\text{mg C-}\text{CO}_2 \text{ g solo fresco}^{-1} \text{ h}^{-1} / \text{mg biomassa - C g solo}^{-1}$. Um índice da qualidade nutricional da matéria orgânica, o qMIC é definido pela relação entre o CBM e o C orgânico total do solo.

3.8.4. Porcentagem de colonização micorrízica

Para a avaliação da colonização micorrízica (COL) foi coletada, por parcela, uma amostra composta de 10 plantas. As raízes foram separadas, lavadas em água corrente e preservadas temporariamente em álcool 50% antes de serem clarificadas em KOH 10%, acidificadas com HCl 1%, coradas com azul de tripano a 0,05% (PHILLIPS; HAYMAN, 1970) e preservadas em lactoglicerol. Para a avaliação, um grama de segmentos de raízes finas, com cerca de 1 cm de comprimento (TOTH; TOTH, 1982) foram distribuídos em uma placa de Petri com quadriculados de um centímetro (GIOVANNETTI; MOSSE, 1980), sob microscópio estereoscópico. A porcentagem de segmentos de raiz colonizados por FMA autóctones foi verificada em 100 segmentos de raiz por parcela, para a presença de hifas (externas e internas), vesículas e arbúsculos, sendo então calculada a porcentagem de ocorrência destas estruturas em função da presença ou ausência nos pontos observados.

3.8.5. Contagem de esporos de FMA

Para a análise de contagem de esporos dos FMA, os solos amostrados foram submetidos ao método de peneiramento por via úmida e decantação (GERDEMANN; NICOLSON, 1963) seguido de centrifugação com sacarose (JENKINS, 1964). Para tanto, de cada parcela, 100 g de solo foram peneirados, suspensos em um béquer contendo aproximadamente 500 mL de água e agitado vigorosamente, seguido de decantação por alguns segundos para ocorrer à sedimentação de partículas maiores e/ou mais densas que os esporos. O processo foi repetido 4 vezes e os esporos ficaram retidos na peneira de menor abertura (50 μm). A seguir com auxílio de uma pisseta, estes foram transferidos para tubos e centrifugados por 3 minutos a 302,1 g e o sobrenadante foi cuidadosamente descartado e o material precipitado foi ressuspensão em sacarose 50% e novamente centrifugado. Os esporos

presentes no sobrenadante foram lavados com água em abundância, para retirar o excesso de sacarose e, em seguida, recolhidos em um béquer pequeno. A contagem dos esporos autóctones foi realizada utilizando uma placa de acrílico com anéis concêntricos usando o microscópio estereoscópio (40 x).

3.9. Avaliações das culturas de milho e soja

As avaliações de milho em 2004/05 e 2005/06 foram: a produção de grãos e a forragem, respectivamente e para a soja em 2004/05 e 2005/06 foram a forragem e a produção de grãos, respectivamente.

3.9.1. Produtividade de grãos e de massa seca de milho de 2004/05

A produtividade do milho foi obtida pela coleta manual de todas as espigas, da área útil de cada sub-parcela, nos dias 12, 15 e 19 de março de 2005, sendo estas trilhadas mecanicamente e separados os grãos para pesagem e determinação do teor de água. Após a determinação do teor de água realizou-se a correção da massa de grãos para o grau de 13% de umidade, que foram transformadas em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$, pela fórmula:

$$P = \frac{I \cdot (100 - U)}{100 - 13\%}$$

Onde:

P = produtividade de grãos a 13% de umidade (kg ha^{-1});

U = umidade real dos grãos e

I = produtividade inicial da amostra (kg ha^{-1}).

A produtividade de forragem de milho foi obtida pelo corte manual, a 0,20 m do solo, de todas as plantas contidas em 6 linhas de 5 m cada ($13,5 \text{ m}^2$) com 3 repetições de cada sub-parcela, e posterior pesagem do material, para estimativa da produtividade de massa seca de milho. A seguir foram separadas 10 plantas de cada sub-parcela, trituradas e pesadas, de onde retirou-se uma amostra, sendo esta levada para estufa à temperatura de 65°C , para determinação da matéria seca. A análise foi realizada em 14 de março de 2006. É importante

lembrar que por fatores relacionados com falta de chuva, neste ano foi possível colher o milho apenas para quantificar a produtividade de forragem.

3.9.2. Produtividade de massa seca e de grãos de soja de 2004/05

A produtividade de massa seca de soja foi obtida pela amostragem de 3 plantas de cada sub-parcela, e posterior pesagem do material, sendo estas levada para estufa à temperatura de 65 °C, para determinação da produtividade da massa seca de soja. A amostragem foi realizada no dia da colheita da soja, em 19 de março de 2005. Neste ano não houve avaliação da produtividade de grãos devido a pouca precipitação.

Para a produção de grãos de soja, as plantas contidas na área útil de cada sub-parcela foram colhidas manualmente, no dia 19 de abril de 2006. Estas plantas foram submetidas a trilha mecânica e após a debulha foram pesados os grãos. Uma sub-amostra dos grãos foi retirada para determinação do teor de água no Laboratório de Sementes da UNESP – Campus de Ilha Solteira. A massa de grãos foi corrigida para o grau de umidade de 13% à base úmida, pela seguinte equação:

$$P = \frac{I \cdot (100 - U)}{100 - 13}$$

Onde:

P = massa de grãos a 13% de umidade, em kg; U = teor de água atual dos grãos, em %

I = produção inicial da amostra. Após transformar a massa dos grãos à base de umidade, a produção de grãos foi transformada em kg ha⁻¹.

4. Análise estatística

Os dados foram analisados estatisticamente por comparação de médias entre os tratamentos e análises conjuntas que englobaram as individuais, com desdobramento nas interações significativas. O teste de Tukey foi empregado após a análise de variância e a análise de correlação foi feita para todos os parâmetros. As análises foram realizadas pelos programas SISVAR e SAS.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A calagem e a adubação melhoram a fertilidade do solo, promovendo o estabelecimento da pastagem (CAIRES; FONSECA, 2000) e, conseqüentemente, a microbiota do solo. Os resultados das análises do solo nas duas épocas (Tabelas 2 e 3) revelaram uma boa condição do solo, com todas as características químicas apresentando valores adequados após as correções realizadas, além de poucas diferenças entre os tratamentos. As variáveis analisadas, para as duas culturas, não exibiram diferenças significativas entre os sistemas de manejos, entre seqüências ou para a interação, nos dois anos experimentais, com exceção de P entre as seqüências de culturas, na soja, que apresentou os maiores valores observados em rotação.

Comparando os resultados para a cultura de soja, entre os dois experimentos, observa-se, de maneira geral, um pequeno decréscimo nos teores de todas variáveis, em todos os tratamentos (Tabelas 2 e 3). Este fato pode ser explicado pela demanda de nutrientes exportados para as culturas. Os valores de P, no entanto, apesar de serem considerados baixos para o desenvolvimento das culturas, favorecem o estabelecimento da simbiose com FMA, benéficos às plantas.

A acidez corrigida proporciona inúmeros benefícios, tais como, o aumento da SB e a disponibilidade de nutrientes; o aporte de Ca e Mg; neutralização de elementos tóxicos (como o alumínio e o manganês) aumenta a atividade microbiana do solo (GATIBONI et al., 2003). Em uma área experimental, mesmo após 23 anos da calagem, Azevedo et al. (1996) relatam que o solo ainda mantinha o pH e os teores de Ca e Mg trocáveis elevados e de Al trocável mais baixo, em relação ao solo natural, levando ao discernimento de que a adição do calcário no solo favorece essa condição.

Quanto aos valores de MO, entre as duas safras estudadas, houve uma ligeira redução em todos os tratamentos, mesmo em solo sem mobilização (plantio direto), onde teoricamente espera-se um maior aporte de material orgânico. Resultados semelhantes aos observados neste trabalho, também foram encontrados por Bayer; Bertiol (1999), com soja em rotação, sob plantio direto.

Tabela 4. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para as características químicas do solo, coletados na profundidade 0 - 0,10 m, para as culturas do milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.

Fontes de Variação	P resina	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
SOJA											
Manejos (M)											
SM	13,62	36,37	5,90	2,25	33,75	31,00	22,75	0,00	67,00	89,75	73,62
CM	14,62	38,12	6,00	2,75	38,12	35,12	21,25	0,00	76,00	97,25	77,62
PC	15,62	37,62	6,00	2,87	35,12	32,12	22,00	0,00	69,75	91,75	75,75
Valor de F	1,24 ^{ns}	0,61 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,74 ^{ns}	0,43 ^{ns}	0,52 ^{ns}	0,54 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,72 ^{ns}
CV (%)	17,36	8,72	3,43	21,53	27,11	25,57	13,08	0,00	25,71	18,68	8,83
Seqüências (S)											
rotação	14,00	37,25	6,00	2,50	36,67	33,92	21,75	0,00	72,75	94,50	76,42
sucessão	15,42	37,50	6,00	2,75	34,67	31,60	22,25	0,00	69,10	91,33	74,92
Valor de F	0,35 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,80 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,54 ^{ns}	0,30 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Valor de F (M x S)	1,22 ^{ns}	0,40 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,60 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,41 ^{ns}	1,10 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,34 ^{ns}
CV (%)	44,67	9,44	3,43	17,40	25,50	23,70	10,77	0,00	23,91	16,35	8,61
MILHO											
Manejos (M)											
SM	15,62	38,50	6,00	1,75	43,50	39,25	20,88	0,00	84,87	104,50	79,50
CM	16,25	37,37	5,87	1,50	39,75	36,50	21,62	0,00	77,37	99,00	77,50
PC	15,25	37,25	6,00	1,62	41,37	39,12	21,12	0,00	82,00	103,12	78,87
Valor de F	0,05 ^{ns}	0,17 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,10 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,25 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,67 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,55 ^{ns}
CV (%)	40,20	12,40	3,43	36,26	13,52	19,28	10,19	0,00	16,03	11,12	4,98
Seqüências (S)											
rotação	15,16	37,33	6,00	1,75	39,42	37,42	22,25	0,00	78,60	100,00	77,42
sucessão	16,25	38,08	5,92	1,50	43,42	39,20	20,17	0,00	84,25	104,42	79,83
Valor de F	0,18 ^{ns}	0,39 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,20 ^{ns}	2,21 ^{ns}	1,0 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,29 ^{ns}	1,08 ^{ns}
Valor de F (M x S)	0,37 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,45 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,91 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}
CV (%)	39,21	7,80	3,43	24,05	27,08	25,10	16,19	0,00	25,35	19,73	7,26

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** e * : significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

O acúmulo de material orgânico em sistema de plantio direto é decorrente do acúmulo dos resíduos vegetais sobre a superfície do solo. Este fato deve-se à ausência da incorporação destes por meio do revolvimento do solo, praticado em semeadura com PC, diminuindo a taxa de mineralização (STONE et al., 2006).

A perda da MO do solo pode interferir nos processos físico-químicos e biológicos, provocando desequilíbrios no sistema e desencadear o processo de degradação. Os teores de MO, nesse trabalho, foram considerados médios, independente dos tratamentos avaliados. No entanto, o tempo de condução do experimento não foi suficiente para que ocorressem incrementos significativos na quantidade de resíduos vegetais, aumentando o teor da MO. Os resultados, por sua vez, foram semelhantes aos relatados por Roscoe et al. (2006) para o manejo sem mobilização do solo em integração lavoura-pecuária, como alternativas de produção sustentável para as regiões tropical e subtropical.

Tabela 5. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para as características químicas do solo, coletados na profundidade 0 - 0,10 m, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.

Fontes de Variação	P	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
SOJA											
Manejos (M)											
SM	11,87	32,75	5,75	2,00	26,25	22,25	27,12	0,12	50,75	77,87	65,12
CM	16,12	35,12	5,75	2,75	32,75	27,37	24,50	0,00	63,12	87,62	71,75
PC	14,12	35,00	5,62	2,50	30,12	24,25	26,12	0,00	57,00	83,12	68,37
Valor de F	0,60 ^{ns}	0,92 ^{ns}	0,27 ^{ns}	1,00 ^{ns}	4,07 ^{ns}	2,09 ^{ns}	0,46 ^{ns}	1,00 ^{ns}	3,96 ^{ns}	2,37 ^{ns}	2,61 ^{ns}
CV (%)	55,82	11,51	6,85	44,69	15,42	14,22	21,36	489,90	15,44	10,82	8,47
Seqüências (S)											
rotação	15,66a	34,33	5,66	2,42	30,16	24,67	26,00	0,08	57,66	83,66	68,60
sucessão	12,42b	34,25	5,75	2,42	29,25	25,60	25,83	0,00	56,25	82,08	68,25
Valor de F	8,37*	0,01 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,01 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,02 ^{ns}
Valor de F (M x S)	3,17 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,64 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,00 ^{ns}	1,34 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,62 ^{ns}
CV (%)	19,59	5,36	6,85	36,49	16,79	20,48	14,05	489,90	15,33	8,30	7,84
MILHO											
Manejos (M)											
SM	16,12	33,87	5,75	2,00	28,37	22,00	24,62	0,12	52,00	79,12	66,62
CM	12,75	35,37	6,00	2,37	29,87	24,7	23,12	0,00	59,00	82,12	71,37
PC	12,25	33,25	5,75	1,75	33,75	24,75	24,75	0,00	67,37	85,50	70,00
Valor de F	3,60 ^{ns}	0,19 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,54 ^{ns}	0,62 ^{ns}	0,59 ^{ns}	0,22 ^{ns}	1,00 ^{ns}	2,11 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,35 ^{ns}
CV (%)	22,92	20,48	7,00	35,11	32,33	23,07	22,45	489,90	25,22	15,87	16,81
Seqüências (S)											
rotação	12,83	33,91	5,83	2,08	29,33	23,08	24,25	0,08	57,91	81,50	68,16
sucessão	14,58	34,41	5,83	2,00	32,00	24,33	24,08	0,00	61,00	83,00	70,50
Valor de F	1,12 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	3,77 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,00 ^{ns}	1,18 ^{ns}	0,36 ^{ns}	1,04 ^{ns}
Valor de F (M x S)	1,97 ^{ns}	0,75 ^{ns}	0,00 ^{ns}	0,04 ^{ns}	1,22 ^{ns}	0,45 ^{ns}	2,08 ^{ns}	1,00 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,14 ^{ns}	1,15 ^{ns}
CV (%)	29,52	9,74	5,71	47,25	10,96	15,52	8,13	489,90	11,67	7,45	8,07

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** e*: significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Os dois experimentos, quando comparados entre si para Ca e o Mg, mostram uma redução entre manejos, sendo mais elevada em solo SM. Podemos observar, ainda, que os

resultados de SB e de CTC exibiram uma redução maior no solo SM. O H+Al e teores de Al apresentaram uma pequena elevação em todos os manejos e, seguindo a mesma tendência, também foi mais alto em solo sem mobilização e rotação (Tabelas 2 e 3).

No experimento de 2004/05, o milho exibiu correlação positiva para MO com o Ca e SB e negativa para o H+Al e para o pH com Ca, Mg, SB e V% (Apêndice A), enquanto que no experimento de 2005/06, correlações significativas e positivas foram observadas entre MO, pH, K, Ca, Mg, SB, CTC e V% e negativa para Al e H+Al. Como era esperada, a SB apresentou correlações significativas e positivas com MO, pH, Ca, Mg, CTC e V% e negativas com Al e H+Al (Apêndice B).

A soja, no primeiro ano do experimento, proporcionou valores significativos de CBM para sistemas de manejo, mas não para seqüência de culturas ou para a interação, sendo os mais elevados obtidos em PC (Tabela 4). Para o milho, houve interação significativa entre sistemas de manejos e seqüência de culturas, com os menores valores encontrados em PC em rotação (Tabelas 4 e 5). No segundo ano agrícola, a soja, novamente, mostrou valores significativos apenas entre manejos, com os maiores valores em SM, enquanto que para o cultivo de milho não foram detectadas diferenças estatisticamente significativas para nenhum dos tratamentos estudados (Tabela 6). Quando comparados os dois anos de experimentação, houve uma tendência de aumento no teor de CBM para os tratamentos em geral, mas com os valores mais elevados em SM, tanto para a soja, como para o milho. Correlações linearmente positivas e negativas foram detectadas entre CBM e q_{MIC} e q_{CO_2} , respectivamente, para o milho, nos dois anos experimentais e para a soja no primeiro ano. No segundo ano, a soja mostrou uma correlação significativa e positiva entre CBM e q_{MIC} , C-CO₂ liberado, MO, pH e SB, e negativa para o q_{CO_2} . (Apêndices A, B, C e D). Diferentemente, MATSUOKA et al. (2003) observaram reduções em CBM e MO nas áreas sob cultivos anuais (soja, milho e milheto), em plantio direto. O CBM é mais sensível ao indicar mudanças e, por este motivo, pode ser utilizado como um bom indicador de qualidade, pois responde mais rápido, detectando as alterações do solo antes que o teor de MO apresente mudanças significativas, o que pode demorar anos (BALOTA et al., 1998; MENDES; VIVALDI, 2001).

A biomassa microbiana imobiliza mais carbono quando os resíduos vegetais são deixados na superfície, ocorrendo uma tendência de crescimento da biomassa microbiana em áreas SM do solo (VASCONCELLOS et al., 1999), como foi verificado no presente trabalho. Aumentos nos teores de CBM em CM, comparado ao plantio direto, com 16 anos de duração, também foram relatados por Balota et al. (1998). Alterações decorrentes da incorporação dos resíduos da superfície no CM podem ser confirmadas pelos altos teores de CBM (GARCIA et

al., 2004) que, concordante com Alvarez et al. (1995), afirmam que a biomassa microbiana permite acompanhar, de forma mais rápida, as perturbações ocasionadas ao solo.

Tabela 6. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para carbono de biomassa microbiana (CBM - $\mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado ($\mu\text{g CO}_2 \text{ g solo}^{-1} \text{ dia}^{-1}$), quociente metabólico ($q\text{CO}_2$ - $\mu\text{g C-CO}_2$ liberado/CBM h^{-1}), quociente microbiano ($q\text{MIC}$ - %), colonização micorrízica (COL - %) e número de esporos (NE - 100 g de solo seco $^{-1}$), em amostras de solo coletadas na profundidade 0 – 0,10 m, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.

Fontes de Variação	CBM	C- CO_2	$q\text{CO}_2$	$q\text{MIC}$	COL	NE
SOJA						
Manejos (M)						
SM	369,75b	12,75ab	0,04a	1,76b	21,00	139,37
CM	406,00b	13,25a	0,03a	1,83b	23,75	202,12
PC	492,25a	11,75b	0,02b	2,26a	21,50	125,25
Valor de F	10,99**	7,00*	12,16**	8,72*	0,14 ^{ns}	18,16**
CV (%)	12,70	6,49	18,07	13,31	50,50	17,45
Seqüências (S)						
rotação	377,50	12,50	0,04a	1,75	21,66	156,75
sucessão	467,83	12,67	0,03b	2,15	22,50	154,42
Valor de F	4,47 ^{ns}	0,12 ^{ns}	6,03*	5,00 ^{ns}	0,55 ^{ns}	0,27 ^{ns}
Valor de F (M X S)	1,23 ^{ns}	0,48 ^{ns}	1,97 ^{ns}	1,60 ^{ns}	0,82 ^{ns}	52,13**
CV (%)	24,77	9,37	26,22	22,20	14,90	7,06
MILHO						
Manejos (M)						
SM	533,37	59,87	0,025	2,65	59,87	166,25
CM	452,62	57,37	0,29	2,37	57,37	125,50
PC	450,75	54,12	0,30	2,59	54,12	152,12
Valor de F	1,01 ^{ns}	0,44 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,44 ^{ns}	4,46 ^{ns}
CV (%)	27,76	21,51	35,20	29,17	21,51	18,72
Seqüências (S)						
rotação	456,00	69,75a	0,29	2,74	69,75a	126,66
sucessão	501,83	44,50b	0,27	2,34	44,50b	169,25
Valor de F	3,75 ^{ns}	17,28**	2,47 ^{ns}	3,70 ^{ns}	17,28**	12,89**
Valor de F (M X S)	5,72*	0,084 ^{ns}	13,72**	3,15 ^{ns}	0,084 ^{ns}	25,705**
CV (%)	12,11	26,04	10,62	19,99	26,04	19,63

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** e * : significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Valores mais elevados da respiração basal indicam uma maior atividade biológica, o que tem relação direta com a disponibilidade de carbono do solo ou com o CBM (MERCANTE et al., 2004). Os teores de C- CO_2 liberado exibiram diferenças significativas entre manejo apenas para soja, com os maiores valores verificados para CM e SM, enquanto que para o milho, entre seqüências, para rotação de culturas (Tabela 4). Resultados

semelhantes para C-CO₂ liberado, entre sistema de manejo, para SM do solo, nas culturas de milho e soja, na época de florescimento, foram relatados por Mercante (2001). Trabalhando em diferentes sistemas de manejo, Balota et al. (1998) observaram que em preparo convencional a quantidade de C-CO₂ liberado tende a ser mais uniforme na profundidade entre 0-0,20 m e, como neste trabalho, também encontraram os maiores valores de liberação de C-CO₂ liberado em solo com menor revolvimento. Foram constatadas correlações significativas e positivas entre C-CO₂ liberado com SB, pH e V% e negativamente com H+Al em milho, no primeiro ano experimental, enquanto que no segundo apresentou correlações positivas com MFPA e MSPA (Apêndices A e B). Em 2004/05 houve correlações positivas com MO, SB e CTC e, em 2005/06 apresentou correlações positivas e negativas com MFPA, MSPA e NE, respectivamente (Apêndices C e D), para a soja.

Tabela 7. Desdobramento das interações significativas para número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, carbono de biomassa microbiana (CBM), quociente metabólico (qCO_2) para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.

Manejos/Seqüências	rotação	sucessão
SOJA		
Número de esporos (100 g de solo seco)		
SM	125,50bB	153,25bA
CM	186,00aA	218,25aA
PC	158,75abA	91,75cB
MILHO		
Número de esporos (100 g ⁻¹ de solo seco)		
SM	137,75aB	194,75aA
CM	159,50aA	91,50aB
PC	82,75bB	221,50bA
CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)		
SM	540,50aA	526,25aA
CM	456,25aA	449,00aA
PC	371,25aB	530,25aA
qCO_2 (µg g CO ₂ µg CBM ⁻¹ h ⁻¹)		
SM	0,024aA	0,025aA
CM	0,027aA	0,031aA
PC	0,035aA	0,024aB

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Os valores do índice de qCO_2 exibiram diferenças significativas apenas no primeiro ano do experimento. Para a soja, diferenças significativas foram verificadas entre sistemas de

manejo, sendo que os maiores valores encontrados em cultivo mínimo, enquanto que entre sequência de culturas, a rotação exibiu os valores mais elevados. Para o milho, houve interação significativa para sistemas de manejo e sequências de culturas (Tabela 4), com os menores valores encontrados para preparo convencional, em sucessão (Tabela 5). Situação inversa foi relatada por Mercante et al. (2004) em sistema de integração lavoura pecuária, quando encontrou os valores mais baixos em solo sem mobilização. A atividade microbiana, segundo Anderson; Domsch (1989) será mais eficiente quanto menos carbono for perdido na respiração e maior for sua incorporação nas células da microbiota do solo. Assim, o qCO_2 tende a diminuir em sistemas mais estáveis, ou seja, em solo sem mobilização e cultivo mínimo, quando comparando com o preparo convencional (BALOTA et al., 1998). Para os dois anos o qCO_2 mostrou correlações linearmente significativas negativas com CBM e $qMIC$ para o milho, e para a soja no primeiro ano (Apendices A, B e C). No ano seguinte as correlações foram significativamente positivas entre qCO_2 e SB e CTC, e negativas com CBM e $qMIC$ (Apendice D).

Analisando o $qMIC$, para os dois experimentos, diferenças significativas foram detectadas apenas para soja, entre sistemas de manejos, tendo o preparo convencional e o solo sem mobilização mostrado os maiores valores no primeiro e segundo experimentos, respectivamente (Tabelas 4 e 5). Os valores relatados por Mercante et al. (2001) foram superiores em sistema integração lavoura-pecuária em solo SM, indicando que houve acréscimos de carbono no solo ao longo do tempo nesses sistemas. Alterações na relação $qMIC$ refletem o padrão de entrada de MO nos sistemas, a eficiência de conversão de CBM, as perdas de C do solo e a estabilização do C-orgânico pela fração mineral do solo. Assim, valores elevados dessa variável indicam acúmulo de carbono no solo e os menores, perdas de carbono ao longo do tempo (SPARLING, 1992). Correlações significativas e positivas foram observadas para $qMIC$ com CBM e NE, mas negativas com qCO_2 e COL para o milho (2004/05). Em 2005/06 as correlações lineares significativas positivas foram com CBM e AI, e negativas com qCO_2 e MO (Apêndice A e B). A soja mostrou correlações lineares significativas positivas e negativas com CBM e qCO_2 , respectivamente (Apêndice C) e, no segundo ano apresentou correlação positiva com CBM e negativa com qCO_2 , MO, SB e CTC (Apêndice D).

Em integração lavoura-pecuária, com rotação de culturas soja-milho, Mercante et al. (2004) verificaram correlações significativas e positivas entre MO, CBM e C- CO_2 liberado, sugerindo a importância de manejos conservacionistas que elevam a qualidade do solo e,

conseqüentemente, o incremento da MO do solo. Essas condições propiciam o estabelecimento e a manutenção da biomassa microbiana, que será mais abundante e ativa.

A porcentagem de colonização micorrízica indicou, no primeiro experimento, diferenças significativas entre tratamentos apenas para milho, sendo alcançadas as porcentagens mais elevadas em rotação (Tabela 4). No ano seguinte, as duas culturas exibiram diferenças significativas entre seqüências, novamente com os melhores resultados para a rotação (Tabela 6). Apesar das duas culturas terem mostrado comportamentos semelhantes, na soja foram verificados maiores porcentagens de colonização micorrízica. Interessante notar, ainda, que a porcentagem de colonização aumentou do primeiro para o segundo ano experimental e, de uma forma geral, quase o dobro para soja e cerca de 20% para o milho. Houve correlação significativa negativa para o milho nos dois anos experimentais, entre colonização e $qMIC$ no primeiro ano e correlação negativa com MFPA e MSPA no segundo (Apêndices A e B). Para a soja, a correlação foi significativa e negativa entre $qMIC$ e NE somente no segundo ano do experimento (Apêndice D). Os sistemas de manejo do solo, segundo Moreira; Siqueira (2006) exercem grande influência nas micorrizas, podendo causar drásticas reduções no desenvolvimento dos FMA. A correlação negativa verificada neste trabalho para o rendimento das culturas de maneira geral, também foi relatada por Kaeppler et al (2000) na cultura de milho, sugerindo que o melhoramento genético das plantas pode ter interferido na simbiose, desenvolvendo cultivares menos responsivas aos FMA.

A rotação de culturas favorece a micorríza, especialmente quando são utilizadas plantas com dependência micorrízica, as quais aumentam a população destes fungos no solo, beneficiando as plantas e os cultivos subseqüentes (MIRANDA et al., 2001). Para estes autores a rotação de culturas maximiza os efeitos benéficos da micorríza no crescimento das plantas, aumento da produtividade e menor uso de insumos. Os valores médios de colonização encontrados nesse trabalho (37,25 a 77,91%) foram menores (56,7 a 87%) que os relatados por Carrenho et al. (2001) para a cultura de milho, o que pode ser justificado pelo longo período em que a área foi submetida à monocultivo, ou seja, pastagem. Muitas pesquisas foram realizadas com FMA em outros agrossistemas, porém poucos avaliaram essa relação com os diferentes manejos do solo e seqüência de culturas no sistema integração lavoura-pecuária. De acordo com Miranda et al. (2005), os FMA podem influenciar e ser influenciados pela composição vegetal, sendo essa interação relevante nos agrossistemas, sobretudo nos que envolvem rotação de culturas. A afirmação dos autores foi comprovada em experimentos utilizando-se vasos em casa de vegetação, porém ainda não é possível afirmar o mesmo quando nos referimos aos experimentos conduzidos em ambientes naturais.

Quanto ao número de esporos de FMA, o experimento de 2004/05 foi favorável para as duas culturas, tendo sido verificadas diferenças significativas para a interação sistemas de manejo e seqüências de culturas (Tabela 4). A menor quantidade de esporos foi encontrada em rotação para ambas as culturas, e em solo sem mobilização para a soja e houve interação entre os sistemas de manejos e seqüências de culturas para o milho (Tabela 6 e 7). No segundo experimento, ano agrícola de 2005/06, na cultura da soja, o número de esporos apresentou significância para sistemas de manejos, com as maiores médias obtidas em cultivo mínimo e preparo convencional, o que não diferiram entre si. Para o milho foram encontradas diferenças significativas para a interação entre manejos e seqüências (Tabela 5), com o valores superiores no cultivo mínimo, em sucessão (Tabela 7). O número de esporos na cultura de milho exibiu correlações positivas e negativas com $qMIC$ e qCO_2 , respectivamente (Apêndice A) e negativas com C- CO_2 , COL, MFPA e MSPA para a soja (Apêndice D).

Tabela 8. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para carbono de biomassa microbiana (CBM - $\mu g C g^{-1}$ solo seco), carbono do CO_2 (C- CO_2) liberado ($\mu g CO_2 g solo^{-1} dia^{-1}$), quociente metabólico (qCO_2 - $\mu g CO_2/CBM^{-1} h^{-1}$), quociente microbiano ($qMIC$ - %), colonização micorrízica (COL - %) e número de esporos (NE - 100 g de solo seco⁻¹) em amostras de solo coletadas na profundidade 0 - 0,10 m, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.

Fontes de Variação	CBM	C- CO_2	qCO_2	$qMIC$	COL	NE
SOJA						
Manejos (M)						
SM	609,87a	20,87	0,03	3,28a	47,37	67,37b
CM	440,37b	19,50	0,05	2,17b	42,12	98,37a
PC	439,87b	17,87	0,04	2,19b	37,37	105,37a
Valor de F	11,56 ^{**}	6,66 [*]	2,95 ^{ns}	8,22 [*]	2,70 ^{ns}	13,31 ^{**}
CV (%)	16,41	8,48	21,72	24,72	20,33	17,35
Seqüências (S)						
rotação	494,92	19,67	0,04	2,55	47,33a	85,83
sucessão	498,50	19,17	0,04	2,54	37,25b	94,91
Valor de F	0,01 ^{ns}	1,86 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,00 ^{ns}	8,97 [*]	1,62 ^{ns}
Valor de F (M x S)	0,20 ^{ns}	5,74 [*]	0,235 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,23 ^{ns}
CV (%)	23,91	4,62	25,07	28,46	19,50	19,30
MILHO						
Manejos (M)						
SM	500,25	17,25	0,04	2,65	71,12	73,12
CM	487,75	19,87	0,04	2,37	69,25	85,12
PC	489,62	19,62	0,04	2,60	62,12	72,25
Valor de F	0,03 ^{ns}	6,14 [*]	1,36 ^{ns}	0,32 ^{ns}	1,20 ^{ns}	1,91 ^{ns}
CV (%)	22,68	8,74	18,27	29,17	18,16	19,15
Seqüências (S)						

rotação	530,00	19,16	0,04	2,74	77,92a	74,83
sucessão	455,08	18,66	0,04	2,34	57,10 b	78,83
Valor de F	3,66 ^{ns}	0,81 ^{ns}	3,81 ^{ns}	3,70 ^{ns}	20,71 ^{**}	0,77 ^{ns}
Valor de F (M x S)	2,18 ^{ns}	6,11 [*]	0,33 ^{ns}	3,15 ^{ns}	2,66 ^{ns}	12,31 ^{**}
CV (%)	16,61	14,51	19,47	7,21	18,39	19,99

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

^{**} e ^{*}: significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

Em sistemas de manejo em que o solo sofre maior mobilização ocorre à quebra das hifas dos fungos micorrízicos e, em consequência, pode ocorrer uma maior esporulação, visando com essa estratégia garantir a continuidade destes no agroecossistema. Pode acontecer, também, um maior número de esporos de algumas espécies que se sentiram beneficiadas e o desaparecimento de outras, quando as condições forem desfavoráveis para tal espécie. Devido ao sinergismo entre os FMA com as bactérias do gênero rizóbio, o fósforo disponibilizado participa no processo de fixação biológica de nitrogênio.

Tabela 9. Desdobramento das interações significativas para carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.

Manejos/Seqüências	rotação	sucessão
SOJA		
	C-CO ₂ liberado (g CO ₂ g solo seco dia ⁻¹)	
SM	21,00aA	20,75aA
CM	19,75aA	19,25aA
PC	16,75bB	19,00aA
MILHO		
	Número de esporos (100 g de solo seco)	
SM	58,25aB	88,00aA
CM	97,75bA	72,50aB
PC	68,50aA	76,00aA
	C-CO ₂ liberado (g CO ₂ g solo seco dia ⁻¹)	
SM	18,75aA	15,75bB
CM	19,00aA	20,75aA
PC	19,75aA	19,50aA

Médias seguidas por letras diferentes, minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada variável, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Em solos de cerrado a população dos FMA é naturalmente baixa e aumenta gradativamente com o cultivo de plantas (MIRANDA et al., 2001). A soja em rotação com milho, para Miranda et al. (2005), não resultou em alterações significativas no número de

esporos no solo. Esses autores relataram, ainda, para o período chuvoso, que o número de esporos nas pastagens diminuiu gradativamente após o primeiro ano, possivelmente em virtude do menor estresse decorrente do pouco revolvimento do solo nos anos subsequentes ao estabelecimento das pastagens, assim como, da dependência temporária dessas plantas em relação à micorriza arbuscular, para o seu crescimento inicial. De acordo com Abbott; Robson (1991) são muitos os fatores que podem interferir na esporulação dos FMA, como disponibilidade de nutrientes, tipo de solo, sazonalidade, tratos culturais e a planta hospedeira.

No primeiro ano do experimento para o rendimento/produktividade, as culturas de soja e de milho não apresentaram diferenças significativas entre os diferentes sistemas de manejo e seqüência, para e MSPA (Tabela 8).

Tabela 10 Valores de F e coeficiente de variação (CV) para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2004/05.

Fontes de Variação	MFPA (kg ha ⁻¹)	MSPA (kg ha ⁻¹)
SOJA		
Manejos (M)		
SM	11.319,00	4.975,00
CM	10.277,00	4.492,00
PC	9.097,00	4.450,00
Valor de F	3,38 ^{ns}	0,65 ^{ns}
CV (%)	16,72	21,15
Seqüências (S)		
rotação	10.601,00	4.846,00
sucessão	9.861,00	4.719,00
Valor de F	1,37 ^{ns}	0,07 ^{ns}
Valor de F (S X M)	0,71 ^{ns}	0,48 ^{ns}
CV (%)	15,17	24,65
MILHO		
Manejos (M)		
SM	16.990,00	10.010,00
CM	18.887,00	11.614,00
PC	19.467,00	11.269,00
Valor de F	3,47 ^{ns}	4,40 ^{ns}
CV (%)	10,65	10,40
Seqüências (S)		
rotação	18.487,00	11.093,00
sucessão	18.402,00	10.835,00
Valor de F	0,01 ^{ns}	0,65 ^{ns}
Valor de F (S X M)	0,49 ^{ns}	1,33 ^{ns}
CV (%)	11,84	22,63

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade. ^{ns}: não significativo.

Como discutido anteriormente, não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos para os atributos de fertilidade química do solo (Tabela 2), exceto P, sugerindo pouca interferência dessas variáveis no rendimento de grãos das culturas de soja e milho, em 2004/05. De forma semelhante, Lima et al. (2000) explicam que a ausência de uma resposta significativa para o rendimento de grãos de milho, pode ser parcialmente explicada quando verificaram que os principais atributos de fertilidade química de sua área experimental também não apresentavam diferenças significativas entre os tratamentos. Resultados semelhantes com soja e milho foram relatados por Lima et al. (2000) e Pauletti et al. (2003), para diferentes sistemas de manejo de solo, na região sul do Brasil.

Entretanto, no segundo experimento (2005/06), para de soja, foram verificadas diferenças estatísticas entre os sistemas de manejos e entre seqüências, mas não para a interação, com os maiores valores detectados em SM e rotação, respectivamente. Para a MSPA em soja, apenas foram detectadas diferenças estatísticas entre manejos, novamente com os maiores valores verificadas em SM (Tabela 9). Correlações significativas e positivas foram verificadas no cultivo de milho, no primeiro ano, entre MFPA com MSPA e P. No segundo ano as correlações foram positivas com MSPA, C-CO₂ liberado, P, SB e CTC e negativa com COL (Apêndices A e B).

Houve correlação positiva entre MFPA com MSPA, no primeiro ano do experimento, na cultura da soja (Apêndice C) e com MSPA, CBM e C-CO₂ liberado, além de negativa com número de esporos (Apêndice D). Moreira; Siqueira (2006) relatam que a monocultura com milho por muito tempo favoreceu a incidência de uma determinada espécie, que se correlacionou negativamente com a produtividade da cultura, mas positivamente com a soja em rotação. A monocultura com soja favoreceu a ocorrência de outra espécie de FMA, que se correlacionou negativamente com sua produtividade e, positiva para o milho. Os autores afirmam, ainda, que estes resultados indicam que a monocultura por tempo prolongado, seleciona os fungos de rápido crescimento e esporulação, selecionando-os para a sobrevivência, mas não para uma maior eficiência no hospedeiro.

Para o milho, contudo, não foram detectadas diferenças estatísticas significativas para os tratamentos avaliados (Tabela 9), porém os valores médios indicam para menores valores sob solo SM e em rotação. Valores superiores aos encontrados no presente trabalho foram relatados por Fontaneli et al. (2000) para a cultura de milho, com rendimento de grãos

variando de 5.102 a 9.683 kg ha⁻¹. Diferente do encontrado no presente trabalho, Melo et al. (2004) demonstraram que o cultivo consorciado do milho com *B. brizantha* não comprometeu o rendimento de grãos da cultura.

Tabela 11. Valores de F e coeficiente de variação (CV) para massa fresca (MFPA) e seca (MSPA) da parte aérea, para as culturas de milho e soja, em diferentes seqüências de culturas (rotação e sucessão) e sistemas de manejo (solo sem mobilização - SM, cultivo mínimo - CM e preparo convencional - PC), em integração lavoura-pecuária, em 2005/06.

Fontes de Variação	(kg ha ⁻¹)	MSPA (kg ha ⁻¹)
SOJA		
Manejos (M)		
SM	3.718,00a	3.146,00a
CM	2.606,00b	2.231,00b
PC	2.329,00b	2.015,00b
Valor de F	10,72*	8,70*
CV (%)	22,01	23,37
Seqüências (S)		
rotação	3.177,00a	2.669,00
sucessão	2.591,00b	2.259,00
Valor de F	5,26*	2,92 ^{ns}
Valor de F (S X M)	3,83 ^{ns}	2,48 ^{ns}
CV (%)	21,70	23,79
MILHO		
Manejos (M)		
SM	21.527,00	6.935,00
CM	28.580,00	9.596,00
PC	30.601,00	10.279,00
Valor de F	4,22 ^{ns}	4,85 ^{ns}
CV (%)	24,37	25,38
Seqüências (S)		
rotação	25.164,61	8.354,27
sucessão	28.641,00	9.520,00
Valor de F	2,74 ^{ns}	2,51 ^{ns}
Valor de F (M X S)	1,24 ^{ns}	1,82 ^{ns}
CV (%)	19,11	20,15

Médias seguidas por letras diferentes, na coluna, diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

** e * : significativos a 1 e 5% de probabilidade, respectivamente. ^{ns}: não significativo.

A integração lavoura-pecuária em sistema de plantio direto tem mostrado contribuir para a recuperação de pastagens degradadas (MELO et al., 2004). O autor indica esse manejo, em cultivos de verão, em rotação com pastagens e, na mesma área, o cultivo de culturas de inverno, pois ajuda na formação de palhada e/ou suplementação animal por meio de pastagem

direta ou na forma de forragens (feno e silagem). No sistema integração lavoura-pecuária é importante a rotação de culturas de verão, sendo o milho, na região dos cerrados, uma das culturas que proporcionam maior produção de palhada (MELLO, 2001).

O cultivo de soja por mais de dois anos proporcionou resultados satisfatórios na recuperação de *B. decumbens* degradada após 10 anos de utilização em solo arenoso do Mato Grosso do Sul (ZIMMER et al., 1994). No sistema de integração lavoura-pecuária, o uso de rotação com culturas anuais propicia melhora na pastagem, pois os resíduos dos insumos que ficam no solo após a colheita serão utilizados pela pastagem. Este sistema de integração, aliado à manejos conservacionistas, como plantio direto e rotação, é benéfico tanto para as culturas de inverno e verão como para o pastejo dos animais na entressafra (FONTANELI et al., 2000).

Os dados encontrados neste estudo ainda são insipientes, mas nota-se uma tendência de melhora nas atividades microbiológicas e rendimento no segundo ano do experimento. Devido à preocupação crescente visando à produtividade e a sustentabilidade dos agrossistemas, os estudos em solos de Cerrado permitem entender o funcionamento da biota do solo, assim como, os efeitos provocados em diversos sistemas de manejos na atividade dos microrganismos.

5. CONCLUSÕES

1. As características químicas do solo apresentaram redução pequena no decorrer dos dois anos agrícolas nas duas culturas, com exceção do fósforo, que apresentou um aumento no segundo ano na soja, em rotação com o milho;

2. As variáveis microbiológicas e a produtividade apresentaram valores ligeiramente superiores no segundo ano do experimento e são favorecidas em solo sem mobilização, na cultura da soja;

3. A rotação de culturas proporcionou maior colonização micorrízica em relação à monocultura;

4. As atividades dos microrganismos indicaram melhoria no sistema de integração lavoura-pecuária.

6. REFERÊNCIAS

AIDAR, H.; KLUTHCOUSKI, J. Evolução das atividades lavoureira e pecuária nos Cerrados. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.23-58.

ALVAREZ, R.; DOAZ, R.A.; BARBERI, N.; SANTANATOGLIA, O.J.; BALOTA, L. Soil organic carbon, microbial biomass and CO₂ – C production from tree tillage systems. **Soil and Tillage Research**, Amsterdam, v.33, n.1, p.17-28, 1995.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.21, p.471-479, 1989.

ANDERSON, T.H.; DOMSCH, K.H. Application of eco-physiological quotients ($q\text{CO}_2$ and qD) on microbial biomass from soils of different cropping histories. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.22, p.251-255, 1990.

AZEVEDO, A.C.; KÄMPF, N.; BOHNEN, H. Alterações na dinâmica evolutiva de latossolo bruno pela calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.20, p.191-198, 1996.

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**, Campinas, v.22, p.641-649, 1998.

BAYER, C.; BERTOL, I. Características químicas de um cambissolo húmico afetadas por sistemas de preparo, com ênfase à matéria orgânica. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, p.687-694, 1999.

BERNARDI, A.C.C.; MACHADO, P.L.O.A.; FREITAS, P.L.; COELHO, M.R.; LEANDRO, W.M.; OLIVEIRA JÚNIOR, J.P.; OLIVEIRA, R.P.; SANTOS, H.G.; MADARI, B.E.; CARVALHO, M.C.S. **Correção do solo e adubação no sistema de plantio direto nas cerrados**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 2003. 22p. (Documentos, 46).

BEUTLER, A.N.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; FERREIRA, M.M.; CRUZ, J.C.; PEREIRA FILHO, I.A. Resistência à penetração e permeabilidade de Latossolo vermelho distrófico típico sob sistemas de manejo na região dos cerrados. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 25, n.1, p.167-177, 2001.

CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F. Fertilidade do solo e nutrição de plantas absorção de nutrientes pela soja cultivada no sistema de plantio direto em função da calagem na superfície. **Bragantia**, Campinas, v.59, n.2, p.213-220, 2000.

CALDERÓN, F.J.; JACKSON, L.E.; SCOW, K.M.; ROLSTON, D.E. Short-term dynamics of nitrogen, microbial activity, and phospholipid fatty acids after tillage. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v.65, p.118-126, 2001.

CAMPOS, F.S. **Uso de lodo de esgoto na reestruturação de um Latossolo Vermelho degradado**. Ilha Solteira, 2006. 97f. Dissertação (Mestrado em Agronomia – Sistemas de Produção) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2006.

CARDOSO, F.P. **Brachiaria mais que pasto II**. Brasília: APDC, 2003. p.4. (Direto no Cerrado, 28).

CARRENHO, R.; SILVA, E.S.; TRUFEM, S.F.B.; BONONI, V.L.R. Successive cultivation of maize and agricultural practices on root colonization, number of spores and species of arbuscular mycorrhizal fungi. **Brazilian Journal of Microbiology**, São Paulo, v.32, p.262-270, 2001.

COLOZZI FILHO, A.; ANDRADE, D.S.; BALOTA, E.L. Atividade microbiana em solos cultivados em sistema plantio direto. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.22, p.84-91, 2001.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M.; SOUZA DIAS, H. Atributos físicos do solo e crescimento radicular de soja em latossolo roxo sob diferentes métodos de preparo do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.23, n.3, p.703-709, 1999.

DE MARIA, I.C.; CASTRO, O.M. Fósforo, potássio e matéria orgânica em um latossolo roxo, sob sistemas de manejo com milho e soja. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, p.471-477, 1993.

DE-POLLI, H.; PIMENTEL, M.S. Indicadores de qualidade do solo. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Processos biológicos no sistema solo-planta**: ferramentas para uma agricultura sustentável. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.17-28.

DIAS, D.S. O panorama é muito favorável; obter crédito é que são elas. In: NEHMI, I.M.D. (Coord.). **Agrianual 2006**: Anúário da agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2006a. p.385-406.

DIAS, D.S. Cenário melhora ao longo da safra 2005/06, mas o preço em alta só no final da temporada. In: NEHMI, I.M.D. (Coord.). **Agrianual 2006**: Anúário da agricultura Brasileira. São Paulo: FNP, 2006b. p.433-468.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Sistema brasileiro de classificação de solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/ CNPS, 1999. 412p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Tecnologias de produção de soja** – região central do Brasil 2003. Londrina: EMBRAPA, 2002. 199p.

FREITAS, F.C.L.; FERREIRA, L.R.; FERREIRA, F.A.; SANTOS, M.V.; AGNES, E.L.; CARDOSO, A.A.; JAKELAITIS, A. Formação de pastagem via consórcio de *Brachiaria brizantha* com o milho para silagem no sistema de plantio direto. **Planta Daninha**, Rio de Janeiro, v.23, p.49-58, 2005.

FONTANELI, R.S.; AMBROSI, I.; SANTOS, H.P. Análise econômica de sistemas de produção de grãos com pastagens anuais de inverno, em sistema plantio direto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.11, p.2129-2137, 2000.

GATIBONI, L.C.; SAGGIN, A.; BRUNETTO, G.; HORN, D.; FLORES, J.P.C.; RHEINHEIMER, D.S.; KAMINSKI, J. Alterações nos atributos químicos de solo arenoso pela calagem superficial no sistema plantio direto consolidado. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.2, p.283-290, 2003.

GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v.46, p.234-244, 1963.

GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in roots. **New Phytologist**, Cambridge, v.84, p.489-500, 1980.

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant and Soil**, Hague, v.73, p.288-300, 1964.

KAEPPLER, S.M.; PARKE, J.L.; MUELLER, S.M.; SENIO, L.; STUBER, C.; TRACY, W.F. Variation among maize inbred lines and detection of quantitative trait loci for growth at low phosphorus and responsiveness to arbuscular mycorrhizal fungi. **Crop Science**, Madison, v.40, p.358-364, 2000.

KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F. Desempenho de culturas anuais sobre palhada de braquiária. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.499-522.

KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H. Uso da integração lavoura-pecuária na recuperação de pastagens degradadas. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. 1.ed. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.183-223.

LIMA, M.R. et al. Características químicas de um latossolo vermelho ao longo de um período de seis anos sob diferentes sistemas de preparo de solo e semeadura. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 24. 2000, Santa Maria. **Resumos...** Santa Maria : SBSCS, SBM, 2000. p.197.

MARTINAZZO, R. **Diagnóstico da fertilidade de solos em áreas sob plantio direto consolidado**. Santa Maria, 2006. 83 f. Dissertação (mestrado) – Universidade Federal de Santa Maria, Centro de Ciências Rurais, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Santa Maria, 2006.

MATSUOKA, M. MENDES, I.C.; LOUREIRO, M.F. Biomassa microbiana e atividade enzimática em solos sob vegetação nativa e sistemas agrícolas anuais e perenes na região de Primavera do Leste (MT). **Revista brasileira de ciência do solo**, Viçosa. v.27, p.425-433, 2003.

MEDEIROS, J.C.; AMORIM NETO, M.S.; BELTRÃO, N.E.M.; FREIRE, E.C.; NOVAES FILHO, M.B. **Zoneamento para a cultura do algodão no Nordeste**: I. Algodão arbóreo. Campina Grande: Embrapa Algodão, 1996. 23p. (Embrapa Algodão. Boletim de Pesquisa, 31).

MELLO, L.M.M. **Integração agricultura-pecuária em plantio direto**: atributos físicos e cobertura residual do solo, produção de forragem e desempenho econômico. Ilha Solteira, 2001. 72f. Tese (Livre Docência) – UNESP/Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Ilha Solteira, 2001.

MELO, K.V.V.; MATEUS, G.P.; CRUSCIOL, C.A.C.; BORGHI, E. Produção do milho em consórcio com *Brachiaria brizantha* em função da adubação nitrogenada. I. Diagnose foliar. In: FERTBIO2004. 2004, Lages. **Anais...** Lages: SBCS/SBM, 2004. (CD-ROM).

MENDES, I.C.; VIVALDI, L. Dinâmica da biomassa e atividade microbiana em uma área sob mata de galeria na região do DF. In: RIBEIRO, J.F.; SILVA, J.C.S; LAZARINI, C.E. (Ed). **Conservação e recuperação da biodiversidade das matas de galeria do bioma cerrado**. Planaltina. EMBRAPA Cerrados, 2001. p.665-687.

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

MERCANTE, F.M.; FABRÍCIO, 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. 27p. (Embrapa Agropecuária Oeste. Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento, 20).

MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N.; VILELA, L.; VARGAS, M.A.; CARVALHO, A.M. **Manejo da micorriza arbuscular por meio da rotação de culturas nos sistemas agrícolas do Cerrado**. Planaltina:Embrapa Cerrados, 2001. p.1-3. (Embrapa Cerrados. Comunicado Técnico, 42).

MIRANDA, J.C.C.; VILELA, L.; MIRANDA, L.N. Dinâmica e contribuição da micorriza arbuscular em sistemas de produção com rotação de culturas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.40, n.10, p.1005-1014, 2005.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. (eds.). **Microbiologia e Bioquímica do solo**. Lavras: Editora UFLA. 2006. 729p.

OLIVEIRA, I.P; ROSA, S.R.A; KLUTHCOUSKI, J.; AIDAR, H.; COSTA, J.L. Palhada no sistema Santa Fé. **Informações Agrônômicas**, Piracicaba, n.93, p.69, 2001.

PAULETTI, V.; LIMA, M.R.; BARCIK, C; BITTENCOURT, A. Rendimento de grãos de milho e soja em uma sucessão cultural de oito anos sob diferentes sistemas de manejo de solo e de culturas. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.3, p.491-495, 2003.

PEDERSEN, C.T.; SYLVIA, D.M. Mycorrhiza: ecological implications for plant interactions. In: MUKERJI, K.G. (Ed.) **Concepts in mycorrhizal research**. Netherlands: Kluwer, 1996. p.195-222.

PEREIRA, J.C. As pastagens no contexto dos sistemas de produção de bovinos. In: MANEJO INTEGRADO: INTEGRAÇÃO AGRICULTURA-PECUÁRIA, 1. 2004, Viçosa. **Anais...** Viçosa:UFV, 2004. p.287-330.

PERON, A.J.; EVANGELISTA, A.R. Degradação de pastagens em regiões de cerrado **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.28, n.3, p.655-661, 2004.

PHILLIPS, J.M.; HAYMAN, D.S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transactions of British Mycological Society**, Cambridge, v.55, p.158-161, 1970.

PINAZZA, L.A. Perspectiva da cultura do milho e do sorgo no Brasil. In: BÜLL, L.T.; CANTARELLA, H. (Eds.). **Cultura do milho**: fatores que afetam a produtividade. Piracicaba: POTAFOS, 1993. 301p.

PORTES, T.A.; CARVALHO, S.I. C.; OLIVEIRA, I. P.; KLUTHCOUSKI, J. Análise de crescimento de uma espécie de braquiária consorciada com as culturas de milho, sorgo, milheto e arroz. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.35, n.7, p.1349-1358, 2000.

PRASAD, V.; MANJUNATH, G.T.S.; REDDY, C.N. Influence of *Glomus etunicatum* on growth and phosphorus uptake in *Gladiolus* sp. **Mycorrhiza News**, New Delhi, v.11, n.4, p.17-18, 2000.

QUAGGIO, J.A. **Acidez e calagem em solos tropicais**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2000. 111p.

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

RAIJ, B.; QUAGGIO, J.A. Extractable phosphorus availability indices as affected by liming. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, New York, v.21, n.13/16, p.1267-1276, 1990.

ROSCOE, R.; MERCANTE, F.M.; SALTON, J.C. Sistemas de manejo e matéria orgânica do solo In:____. **Dinâmica da matéria orgânica do solo em sistemas conservacionistas: modelagem matemática e métodos auxiliares**. Dourados: MS: Embrapa, 2006. 304p.

SAGGIN-JÚNIOR, O.J.; SILVA, E.M.R. Micorriza arbuscular - papel, funcionamento e aplicação da simbiose. In: AQUINO, A.M.; ASSIS, R.L. **Processos biológicos no sistema solo-planta: ferramentas para uma agricultura sustentável**. Brasília: Embrapa Informação Tecnológica, 2005. p.101-149.

SATURNINO, H.M. Como será o plantio direto no cerrado? **Revista Plantio Direto**, Passo Fundo, n.63, p.23, 2001.

SPARLING, G.P. Ratio of microbial biomass carbon to soil organic carbon as a sensitive indicator of changes in soil organic matter. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.30, p.195-207, 1992.

SILVA, A.R.B.; BENEZ, S.H. Cultivares de milho: produtividade em diferentes sistemas de manejo de solo e espaçamentos. **Energia na Agricultura**, Botucatu, v.20, p.77-90, 2005.

STEVENSON, F.J.; COLE, M.A. **Cycles of soils: carbon, nitrogen, phosphorus, sulfur and micronutrients**. New York: John Wiley and Sons, 1999.

STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; MOREIRA, J.A.A. **Atributos físico-hídricos do solo sob plantio direto**. Santo Antônio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2006. 39p. (Documentos, 191).

STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; KLUTHCOUSKI, J. Influência das pastagens na melhoria dos atributos físico-hídricos do solo. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p.171-182.

THEODOROL, V.C.A.; ALVARENGA, M.I.N.; GUIMARÃES, J.R.; MOURÃO JR, M. Carbono da biomassa microbiana e micorriza em solo sob mata nativa e agroecossistemas cafeeiros. **Acta Scientiarum. Agronomy**, Maringá, v.25, n.1, p.147-153, 2003.

TOTH, R.; TOTH, D. Quantifying vesicular-arbuscular mycorrhizae using a morphometric technique. **Mycologia**, New York, v.74, n.2, p.182-187, 1982.

VANCE, E.D.; BROOKES, P.C.; JENKINSON, D.S. An extraction method for measuring soil microbial biomass C. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.19, p.773-77, 1987.

VASCONCELLOS, C.A; FIGUEIREDO, A.P.H.D.; FRANÇA, G.E.; COELHO, A.M.; BRESSAN, W. Resposta da soja e da biomassa de carbono do solo aos resíduos de cinco genótipos de sorgo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.69-77, 1999.

VIDOR, C.; FONTOURA, J.U.G.; MACEDO, J.; NAPOLEÃO, B.A.; MIN, T. Tecnologias de Produção de Soja Região Central do Brasil 2004 Embrapa Soja Sistema de Produção, n. 1. Disponível em: <<http://www.cnpso.embrapa.br/producao soja/SojanoBrasil.htm>>. Acesso em 06 de out. 2007.

VILELA, L.; BARCELLOS, A.; SOUSA, D.M.G. **Benefícios da integração lavoura e pecuária**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2002a. 21p. (Embrapa Cerrados, Documentos, 42).

VILELA, L.; MACEDO, M.C.M.; JÚNIO, G.B.M.; KLUTHCOUSKI, J. Degradação de pastagens e indicadores de sustentabilidade. In: KLUTHCOUSKI, J.; STONE, L.F.; AIDAR, H. **Integração lavoura-pecuária**. Santo Antonio de Goiás: Embrapa Arroz e Feijão, 2003. p. 107-128.

WEISS, A.; BACK, N; FORCELLINI, F.A. Adequação de máquinas e implementos para mecanização agrícola em cultivo mínimo e semeadura direta em pequenas propriedades rurais. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.20, n.3, p.267-276, 2000.

ZANINE, A.M.; SANTOS, E.M.; FWEEWIRA, D.J.; CARVALHO, G.P. Potencialidade da integração lavoura - pecuária: relação planta-animal. **Revista Eletrônica de veterinária REDVET**. v.7, n.1, 2006. <<http://www.veterinaria.org/revistas/redvet>>. Acesso em: 20/07/2007.

ZIMMER, A.H.; MACEDO, M.C.M.; BARCELLOS, A.O.; KICHEL, A.N. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Brachiaria*. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DE PASTAGEM, 11. Piracicaba, 1994. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.153-208.

7. APÊNDICES

Apêndice A. Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de milho, no primeiro ano experimental (2004/05).

Variável	C-CO ₂	qCO ₂	qMIC	COL	NE	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	MFPA	MSPA
CBM-	-0,01 ^{ns}	-0,93 ^{**}	0,91 ^{**}	0,31 ^{ns}	0,53 ^{**}	-0,03 ^{ns}	0,74 ^{**}	0,38 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,0 ^{ns}	-0,0 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
C-CO ₂	-	0,30 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,50 [*]	0,01 ^{ns}	0,56 ^{**}	0,53 ^{**}	-0,56 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,57 ^{**}	0,50 [*]	0,67 ^{**}	0,17 ^{ns}	0,03 ^{ns}
qCO ₂	-	-	0,84 ^{**}	0,21 ^{ns}	-0,58 ^{**}	0,05 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,03 ^{ns}
qMIC	-	-	-	-0,41 [*]	0,50 [*]	-0,06 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	0,27 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	-0,10 ^{ns}
COL	-	-	-	-	0,32 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,39 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,2 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,22 ^{ns}
NE	-	-	-	-	-	0,12 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}
P	-	-	-	-	-	-	0,05 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,38 ^{ns}	0,54 ^{**}
MO	-	-	-	-	-	-	-	0,23 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,49 [*]	0,29 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,41 [*]	0,40 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,12 ^{ns}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,08 ^{ns}	0,50 [*]	0,48 ^{ns}	-0,92 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,50 [*]	0,35 ^{ns}	0,81 ^{**}	0,15 ^{ns}	0,44 ^{ns}
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,16 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,87 ^{**}	-0,40 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,97 ^{**}	0,95 ^{**}	0,84 ^{**}	0,38 ^{ns}	0,32 ^{ns}
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,41 [*]	0,01 ^{ns}	0,96 ^{**}	0,94 ^{**}	0,86 ^{**}	0,28 ^{ns}	0,33 ^{ns}
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01 ^{ns}	-0,41 [*]	-0,25 ^{ns}	-0,78 ^{**}	-0,15 ^{ns}	0,04 ^{ns}
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,98 ^{**}	0,88 ^{**}	0,35 ^{ns}	0,34 ^{ns}
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,78 ^{**}	0,35 ^{ns}	0,38 ^{ns}
V%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34 ^{ns}	0,23 ^{ns}
MFPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,79 ^{**}

^{**} e ^{ns}: significativo a 5 e 1%, respectivamente; ^{ns}: não significativo. CBM: C-biomassa microbiana; C-CO₂ liberado: atividade respiratória; qCO₂: quociente metabólico; qMIC: quociente microbiano; COL: colonização micorrízica; NE: número de esporos; MFPA: matéria fresca de parte aérea; MSPA: matéria seca de parte aérea e demais informações são da análise química do solo.

Apêndice B. Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de milho, no segundo ano experimental (2005/06).

Variável	C-CO ₂	qCO ₂	qMIC	COL	NE	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	MFPA	MSPA
CBM-	0,40 ^{ns}	0,90 ^{**}	0,87 ^{**}	-0,01 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,08 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,21 ^{ns}
C-CO ₂	-	0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,19 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,40 ^{ns}	0,40 ^{ns}
qCO ₂	-	-	-0,79 ^{**}	0,04 ^{ns}	0,25 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
qMIC	-	-	-	-0,01 ^{ns}	-0,38 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,59 ^{**}	-0,24 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,45 [*]	-0,27 ^{ns}	-0,12 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,12 ^{ns}
COL	-	-	-	-	-0,18 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,32 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,42 [*]	-0,41 [*]
NE	-	-	-	-	-	0,09 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,04 ^{ns}
P	-	-	-	-	-	-	-0,20 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	0,07 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,22 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,42 [*]	-0,26 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	-0,25 ^{ns}
MO	-	-	-	-	-	-	-	0,44 [*]	0,47 [*]	0,38 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	0,56 ^{**}	0,54 ^{**}	0,49 [*]	0,08 ^{ns}	0,05 ^{ns}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24 ^{ns}	0,79 ^{**}	0,68 ^{**}	-0,89 ^{**}	-0,55 ^{**}	0,62 ^{**}	0,63 ^{**}	0,95 ^{**}	0,23 ^{ns}	0,27 ^{ns}
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,27 ^{ns}	0,33 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,36 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,05 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,81 ^{**}	-0,77 ^{**}	-0,28 ^{ns}	0,78 ^{**}	0,89 ^{**}	0,89 ^{**}	0,36 ^{ns}	0,38 ^{ns}
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,65 ^{**}	-0,32 ^{ns}	0,66 ^{**}	0,77 ^{**}	0,79 ^{**}	0,24 ^{ns}	0,29 ^{ns}
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,25 ^{ns}	-0,41 [*]	-0,60 ^{**}	-0,90 ^{**}	-0,07 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,39 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	-0,47 [*]	-0,03 ^{ns}	-0,07 ^{ns}
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,81 ^{**}	0,67 ^{**}	0,47 [*]	0,45 [*]
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,75 ^{**}	0,43 [*]	0,42 [*]
V%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,19 ^{ns}	0,22 ^{ns}
MFPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,98 ^{**}

^{**} e ^{*}: significativo a 5 e 1% , respectivamente; ^{ns}: não significativo. CBM: C-biomassa microbiana; C-CO₂ liberado: atividade respiratória; qCO₂: quociente metabólico; qMIC: quociente microbiano; COL: colonização micorrízica; NE: número de esporos; MFPA: matéria fresca de parte aérea; MSPA: matéria seca de parte aérea e demais informações são da análise química do solo.

Apêndice C. Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de soja, no primeiro ano experimental (2004/05).

Variável	C-CO ₂	qCO ₂	qMIC	COL	NE	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	MFPA	MSPA
CBM-	-0,03 ^{ns}	-0,93 ^{**}	0,94 ^{**}	-0,07 ^{ns}	0,16 ^{ns}	-0,03	-0,37 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-0,06 ^{ns}
C-CO ₂	-	0,26 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,37	0,25 ^{ns}	0,42 [*]	0,22 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,43 [*]	0,49 [*]	-0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,47 [*]	0,48 [*]	0,37 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,32 ^{ns}
qCO ₂	-	-	-0,95 ^{**}	0,03 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,23 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,28 ^{ns}	0,12 ^{ns}
qMIC	-	-	-	-0,02 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	0,12 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,25 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
COL	-	-	-	-	0,03 ^{ns}	0,19 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,04 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,27 ^{ns}
NE	-	-	-	-	-	0,04 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,21 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,24 ^{ns}	0,27 ^{ns}	0,15 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,07 ^{ns}
P	-	-	-	-	-	-	0,07 ^{ns}	-0,24 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,02 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	0,30 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,14 ^{ns}	-0,15 ^{ns}
MO	-	-	-	-	-	-	-	0,27 ^{ns}	0,09 ^{ns}	0,71 ^{**}	0,65 ^{**}	-0,07 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,70 ^{**}	0,74 ^{**}	0,51 [*]	-0,19 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	0,24 ^{ns}	0,53 ^{**}	0,69 ^{**}	-0,94 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,62 ^{**}	0,48 [*]	0,87 ^{**}	-0,17 ^{ns}	0,09 ^{ns}
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,34 ^{ns}	0,22 ^{ns}	-0,21 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,31 ^{ns}	0,32 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,29 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,88 ^{**}	0,38 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,97 ^{**}	0,98 ^{**}	0,83 ^{**}	-0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,59 ^{**}	0,01 ^{ns}	0,96 ^{**}	0,92 ^{**}	0,91 ^{**}	0,08 ^{ns}	0,14 ^{ns}
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01 ^{ns}	-0,49 [*]	-0,33 ^{ns}	-0,80 ^{**}	0,09 ^{ns}	-0,09 ^{ns}
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,01 ^{ns}
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,98 ^{**}	0,89 ^{**}	-0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,80 ^{**}	-0,01 ^{ns}	0,07 ^{ns}
V%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,11 ^{ns}	0,08 ^{ns}
MFPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,50 [*]

^{**} e ^{ns} : significativo a 5 e 1% , respectivamente; ^{ns} : não significativo. CBM: C-biomassa microbiana; C-CO₂ liberado: atividade respiratória; qCO₂: quociente metabólico; qMIC: quociente microbiano; COL: colonização micorrízica; NE: número de esporos; MFPA: matéria fresca de parte aérea; MSPA: matéria seca de parte aérea e demais informações são da análise química do solo.

Apêndice D. Correlação linear entre as variáveis estudadas para a cultura de soja, no segundo ano experimental (2005/06).

Variável	C-CO ₂	qCO ₂	qMIC	COL	NE	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V%	MFPA	MSPA
CBM-	0,25 ^{ns}	0,86 ^{**}	0,94 ^{**}	0,17 ^{ns}	-0,34 ^{ns}	-0,16 ^{ns}	-0,47 [*]	-0,18 ^{ns}	-0,29 ^{ns}	-0,57 ^{**}	-0,50 [*]	0,09 ^{ns}	0,06 ^{ns}	-0,58 ^{**}	-0,60 ^{**}	-0,39 ^{ns}	0,42 [*]	0,37 ^{ns}
C-CO ₂	-	0,21 ^{ns}	0,23 ^{ns}	0,28 ^{ns}	-0,47 [*]	-0,26 ^{ns}	-0,13 ^{ns}	0,10 ^{ns}	-0,09 ^{ns}	-0,05 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,22 ^{ns}	0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	0,44 [*]	0,44 [*]
qCO ₂	-	-	-0,79 ^{**}	0,22 ^{ns}	0,16 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,52 ^{**}	0,53 ^{**}	-0,08 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,56 ^{**}	0,59 ^{**}	0,37 ^{ns}	0,18 ^{ns}	0,14 ^{ns}
qMIC	-	-	-	0,21 ^{ns}	0,31 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	-0,72 ^{**}	-0,14 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,62 ^{**}	-0,50 [*]	0,03 ^{ns}	0,05 ^{ns}	-0,60 ^{**}	-0,65 ^{**}	-0,38 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,26 ^{ns}
COL	-	-	-	-	0,46 [*]	-0,15 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,10 ^{ns}	0,19 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,19 ^{ns}
NE	-	-	-	-	-	0,07 ^{ns}	0,13 ^{ns}	0,05 ^{ns}	0,26 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,09 ^{ns}	-0,11 ^{ns}	-0,07 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,11 ^{ns}	-0,54 ^{**}	0,52 ^{**}
P	-	-	-	-	-	-	0,25 ^{ns}	-0,39 ^{ns}	0,33 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,20 ^{ns}	0,45 [*]	0,25 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,27 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,02 ^{ns}
MO	-	-	-	-	-	-	-	-0,05 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,46 [*]	0,21 ^{ns}	0,17 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,50 [*]	0,17 ^{ns}	-0,03 ^{ns}	0,04 ^{ns}
pH	-	-	-	-	-	-	-	-	0,31 ^{ns}	0,56 ^{**}	0,62 ^{**}	-0,96 ^{**}	-0,59 ^{**}	0,59 ^{**}	0,11 ^{ns}	0,90 ^{**}	-0,11 ^{ns}	-0,11 ^{ns}
K	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,23 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,37 [*]	0,13 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,12 ^{ns}
Ca	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,88 ^{**}	-0,42 [*]	-0,22 ^{ns}	0,98 ^{**}	0,86 ^{**}	0,81 ^{**}	-0,32 ^{ns}	-0,28 ^{ns}
Mg	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,54 ^{**}	-0,20 ^{ns}	0,96 ^{**}	0,77 ^{**}	0,85 ^{**}	-0,38 ^{ns}	-0,35 ^{ns}
H+Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,62 ^{**}	-0,47 [*]	0,05 ^{ns}	-0,86 ^{**}	0,09 ^{ns}	0,10 ^{ns}
Al	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,20 ^{ns}	0,13 ^{ns}	-0,48 [*]	0,10 ^{ns}	0,12 ^{ns}
SB	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,86 ^{**}	0,84 ^{**}	0,35 ^{ns}	-0,32 ^{ns}
CTC	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,45 [*]	-0,34 ^{ns}	-0,30 ^{ns}
V%	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-0,21 ^{ns}	-0,20 ^{ns}
MFPA	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	0,99 ^{**}

^{**} e ^{*}: significativo a 5 e 1% , respectivamente; ^{ns}: não significativo. CBM: C-biomassa microbiana; C-CO₂ liberado: atividade respiratória; qCO₂: quociente metabólico; qMIC: quociente microbiano; COL: colonização micorrízica; NE: número de esporos; MFPA: matéria fresca de parte aérea; MSPA: matéria seca de parte aérea e demais informações são da análise química do solo.