

unesp



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Pós-graduação em Agronomia

**CARBONO DA BIOMASSA
MICROBIANA, DO CO₂ LIBERADO E
MICORRIZAÇÃO EM PASTAGENS
DEGRADADAS**

Michelle Cristina dos Santos

Ilha Solteira - SP

1210001525



unesp



**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA – CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA**

**Carbono da biomassa microbiana, do CO₂ liberado e micorrização em
pastagens degradadas**

Michelle Cristina Dos Santos

Bióloga

Profª. Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato

Orientadora

Dissertação apresentada à Faculdade
de Engenharia da UNESP, Campus de
Ilha Solteira, para obtenção do título
de Mestre em Agronomia – Área de
Concentração: Sistemas de Produção.

ILHA SOLTEIRA – SP

Agosto - 2004



FICHA CATALOGRÁFICA

Elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação/Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação da FEIS/UNESP

Santos, Michelle Cristina dos

S237c

Carbono da biomassa microbiana, do CO₂ liberado e micorrização em pastagens degradadas / Michelle Cristina dos Santos . -- Ilha Solteira : [s.n.], 2004
54 p.

Dissertação (mestrado) – Universidade Estadual Paulista. Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira. Área de concentração: Sistemas de Produção, 2004

Orientador : Ana Maria Rodrigues Cassiolato

Bibliografia: 39-53

1. Fungos micorrízicos – Arbusculares.
2. Fungos micorrízicos – Microbiologia.
3. Variações sazonais.
4. Degradação.

Carbono da Biomassa Microbiana, do CO₂ Liberado e Micorrização em Pastagens Degradadas

Michelle Cristina dos Santos

DISSERTAÇÃO APRESENTADA À FACULDADE DE ENGENHARIA DO CÂMPUS
DE ILHA SOLTEIRA – UNESP COMO PARTE DOS REQUISITOS PARA
OBTENÇÃO DO TÍTULO DE MESTRE EM AGRONOMIA

COMISSÃO EXAMINADORA:


Prof.ª Dr.ª Ana Maria Rodrigues Cassiolato – (Orientadora)


Dr. Arnaldo Colozzi Filho


Prof. Dr. Luiz Antonio Graciolli

Ilha Solteira/SP
Agosto de 2004

Doc. 063/04 - NPD 157

UNESP - "CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA"	
SERVIÇO TÉCN. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
DATA DE CHEGADA	DATA DE TOMBO
20.09.04	30.10.04
REGISTRO	TOMBO
Ailza	Te. 1525
AQUISIÇÃO	CLASSIFICAÇÃO
Doceiro Autor R\$ 10,00	S237c



Dedico e ofereço

Aos meus pais Dorival Suriano dos Santos e Vera Lúcia Meconi dos Santos pelo apoio, incentivo aos meus estudos e por tudo que me deram nesta vida, educação, carinho e amor.

Aos meus irmãos Dorival Júnior e Flávia Regina.

“O homem imagina muitos planos, mas o que permanece é o Projeto de Deus”

(Provérbio 19,21).

AGRADECIMENTOS

À Deus pela saúde que me concedeu nesta vida para enfrentar todos os obstáculos e por todas as graças recebidas, inclusive a conclusão do mestrado;

A minha orientadora Prof^a Dra. Ana Maria R. Cassiolato, pela orientação e paciência nos ensinamentos, com os quais adquiri muito conhecimento;

FAPESP e à FUNDUNESP pelo apoio financeiro e à CAPES pela concessão de bolsa de estudos;

Ao Prof^o Dr. Hélio Ricardo, por ter cedido o material analisado;

A Universidade Estadual Paulista, pela oportunidade da realização do curso de pós-graduação;

A todos os funcionários da seção de pós-graduação e da biblioteca;

Aos funcionários da Agronomia, em especial a Vera, André e Carlinhos, pela colaboração sempre quando precisei;

Aos professores da Agronomia, pela atenção, eficiência e amizade;

Aos amigos Martha, Guilherme, Thiago, Fabiana e Tânia, pelo apoio e pelos momentos que passamos juntos no laboratório;

As amigas Flávia Cristina, Sueli, Martha e o meu irmão Dorival Júnior por socorrer-me nos momentos que mais precisei;

As minhas amigas Flávia Cristina, Martha, Sandra Regina e minha irmã Flávia pela amizade, pelo apoio e companheirismo nas horas de laser;

A todos que direta ou indiretamente contribuíram para a realização deste trabalho.

SANTOS, M.C. Carbono da biomassa microbiana, do CO₂ liberado e micorrização em pastagens degradadas. Ilha Solteira, 2004. 54p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

RESUMO

O trabalho teve por objetivo quantificar o carbono da biomassa microbiana (CBM), do carbono do CO₂ liberado (C-CO₂) e da micorrização, em diferentes áreas de pastagens e épocas de amostragem (Agosto/2002, Outubro/2002, Dezembro/2002, Abril/2003 e Julho/2003). Os solos destas áreas (ARGISSOLO VERMELHO AMARELO Eutróficos) estão cobertos com pastagens de *Brachiaria brizantha* muito degradadas. As amostras de solo foram coletadas na profundidade de 0 a 0,10 m, nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), localizadas no noroeste do Estado de São Paulo na Região de Influência dos reservatórios das Usinas Hidrelétricas do Complexo Urubupungá. O delineamento foi inteiramente casualizado com 8 repetições por tratamento. Nas quatro áreas predominou a condição ácida assim como os baixos teores de nutrientes, MO e pH, evidenciando a atual situação de degradação do solo. Os maiores valores de CBM ocorreram predominantemente em Agosto e Abril, não existindo diferença entre Áreas para todas as Épocas, enquanto que para C-CO₂ liberado, os menores valores foram verificados no SJ e FSJ no mês de Outubro. Para produção da massa da matéria seca de parte aérea (PMMSPA), os menores valores, para todas as Épocas, ocorreram no SJ. Não foram observadas diferenças na porcentagem de colonização micorrízica entre Épocas ou entre Áreas, mas para número de esporos, os maiores valores verificados no CRIOLO e os menores para FSJ e SJ, em Abril e Julho. Dentre as variáveis avaliadas, CBM correlacionou positivamente com MO (0,87**) e CTC (0,82*) e negativamente com esporos (-0,72*); C-CO₂ correlacionou negativamente com P (-0,86**) e Mg (-0,80*) do solo, enquanto PMMSPA correlacionou negativamente com P (-0,71*) do solo. O CBM, C-CO₂ liberado, número de esporos e produção da PMMSPA foram influenciados pela variação sazonal.

Index terms: arbuscular mycorrhizal fungi, degradation, seasonal variation.

Termos de indexação: fungos micorrízicos arbusculares, degradação, variação sazonal.

SANTOS, M.C. **Microbial carbon biomass, carbon from evolved CO₂ and mycorrhization in distinct degraded pastures.** Ilha Solteira, 2004. 54p. Dissertation (Master Science in Agronomy) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

ABSTRACT

The objective of this study was to quantify the microbial carbon biomass (MCB), the carbon from evolved CO₂ (C-CO₂) and mycorrhization in distinct degraded pastures and sampling periods (August/2002, October/2002, December/2002, April/2003 and July/2003). The soil of this areas (ARGISSOLO VERMELHO AMARELO) are covered with very degraded *Brachiaria brizantha* pastures conditions. Soil samples were collected at the depth of 0 – 0,10 m from the following farms: São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) and Gior (SJ), situated at northwest of São Paulo State within the Region of Influence of the Hydroelectric of the Complex of Urubupungá. The experimental design was a completely randomized design with 8 replicates. At the four farms predominated the acid soil condition, as well as the low nutrients and organic matter level, showing the actual soil degradation situation. The highest MCB values were found specially in August and April, with not differences between areas for all sampling periods, while for the evolved C-CO₂, the lowest levels were observed in October in the farms SJ and FSJ. For the dry matter prodution (DMP), the lowest values were found in the SJ farm in all sampling periods. There were no differences in micorrhyzal colonization percentagem between sampling periods or between areas, but the highest spore numbers were count at CRIOLO farm found in CRIOLO and the lowest in FSJ and SJ, in April and July. Among the variables studied, the MCB were positive correlated with MO (0,87**) and CTC (0,82*) and negatively with spores (-0,72*); evolved C-CO₂ was negative correlated with P (-0,86**) and Mg (-0,80*) whereas DMP was negative correlated with P (-0,71*). The values of MCB, evolved C-CO₂, spore numbers and DMP were influenced by seasonal variations.

Index terms: arbuscular micorrhyzal fungi, degradation, seasonal variation.



LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Quadro		PÁGINA
01	Coordenadas geográficas dos limites das áreas testes.....	21
Figura		
01	Média de temperatura e precipitação para o período de maio de 2002 a julho de 2003.....	35
02	Valores de fósforo (P), matéria orgânica (MOL), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) em áreas de pastagens com <i>Brachiaria brizantha</i> , situadas nas fazendas São José de Itaipu (CRIOLO), Valença (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.....	25
03	Médias, coeficientes de variação e soma F para os valores de carbono de CO ₂ (C-CO ₂) liberada, do carbono da biomassa microbiana (CBM) e produção de massa de matéria seca da parte aérea (PMMSPA), em áreas de pastagens com <i>Brachiaria brizantha</i> , situadas nas fazendas São José de Itaipu (CRIOLO), Valença (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.....	27
04	Valores do Carbono do CO ₂ (C-CO ₂) liberada, do carbono da biomassa microbiana (CBM) e produção de massa de matéria seca da parte aérea (PMMSPA), em áreas de pastagens com <i>Brachiaria</i>	

LISTA DE TABELAS

Tabela

PÁGINA

- 01 Médias, coeficientes de variação e teste F para os valores de fósforo (P), matéria orgânica (MO), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem. 25
- 02 Valores de fósforo (P), matéria orgânica (MO), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem... 26
- 03 Médias, coeficientes de variação e teste F para os valores de carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado, do carbono de biomassa microbiana (CBM) e produção da massa da matéria seca da parte aérea (PMMSPA), em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem. 27
- 04 Valores do Carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado, do carbono da biomassa microbiana (CBM) e produção da massa de matéria seca da parte aérea (PMMSPA), em áreas de pastagens com *Brachiaria*



brizantha, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem..... 28

05 Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem 29

06 Valores da colonização micorrízica e números de esporos, em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem..... 30



SUMÁRIO

RESUMO

ABSTRACT

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE TABELAS

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	12
2. REVISÃO DE LITERATURA	14
3. MATERIAL E METÓDOS.....	20
4. RESULTADOS	24
5. DISCUSSÃO	31
6. CONCLUSÕES	38
7. REFERÊNCIAS	39
8. APÊNDICE	54

1. INTRODUÇÃO

O complexo de Urubupungá (Usinas Hidrelétricas de Ilha Solteira, Jupia e Três Irmãos) possui capacidade de geração de energia elétrica na ordem de 5.860 MVA, exercendo influência em área que se estende pelos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás.

Esta região é ocupada predominantemente por pastagens, que possuem baixa produtividade provocada pelo extrativismo da pecuária extensiva.

O mau uso e manejo inadequado causam erosão, mudando constantemente os locais de cultivo ou de propriedades. Na tentativa de resolver o problema de degradação das pastagens, os pecuaristas têm realizado a substituição de capins mais exigentes por outros de menor exigência, porém, com menores produtividade e qualidade, agravando ainda mais o processo erosivo.

A degradação destes solos está levando ao assoreando destes reservatórios, reduzindo portanto, a vida útil das usinas hidrelétricas. Além disso, a erosão eólica, atuando sobre os solos nas margens do reservatório de Três Irmãos, está propiciando a formação de dunas, ou seja, está ocorrendo um grave processo de degradação ambiental: a desertificação.

As pastagens, além de terem grande potencial na produção de alimentos, representam uma forma de conservação e recuperação de solos degradados. Por mantê-lo coberto durante o ano inteiro, constitui uma proteção contra o impacto das gotas de chuva, evitando a deterioração da estrutura na superfície do solo e reduzindo as perdas de água por evaporação.

A biomassa microbiana tem papel fundamental dentro dos ciclos biogeoquímicos, tanto para a produtividade agrícola como para a manutenção dos sistemas florestais. Além disso, a biomassa atua nos processos de decomposição da matéria orgânica, influenciando na disponibilidade de nutrientes para as plantas e regeneração da estabilidade dos agregados. É influenciada pelas variações sazonais, pelo manejo do solo e pelo cultivo.

A presença de plantas possibilita a incorporação de carbono ao solo, via fotossíntese favorecendo a atividade microbiana e permitindo a formação de simbioses radiculares. Dentre estas, os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) têm mostrado contribuir para aumento da produção de culturas, mediante seus efeitos na nutrição das plantas e na redução de perdas das culturas por estresses diversos, ao mesmo tempo que favorece a conservação ambiental.

Na verificação da degradação são considerados os atributos da planta e as características físicas, químicas e microbiológicas do solo. Considerando as variáveis microbiológicas, as estimativas de C, N e P da biomassa microbiana, as taxas líquidas de mineralização e nitrificação do nitrogênio e as taxas de C-CO₂ liberado, têm contribuído para melhor compreender o processo de ciclagem de nutrientes em pastagens degradadas.

O objetivo deste trabalho foi quantificar o carbono da biomassa microbiana, do carbono do CO₂ liberado e da micorrização, em diferentes áreas de pastagens e períodos de amostragem.

Estima-se que o Brasil seja atualmente com cerca de 10 milhões de hectares de pastagens cultivadas, das quais mais de 80 % são cultivadas com espécies da gênero *Brachiaria* (CARVALHO et al., 1991, p.193-200; RAO et al., 1996, p.33-71; ZIMMER et al., 1994, p.153-159). A *Brachiaria brizantha* é originária de uma região vulcânica da África, onde os solos geralmente apresentam bons níveis de fertilidade (BOKDAN, 1977, 457p). É uma planta ereta, muito robusta, de 1,5 a 2,5 m de altura, com entrenós muito próximos, mas produzindo muitos pedunculamentos aéreos. Os rizomas são muito curtos e encurvados e os colmos floríferos eretos, frequentemente com entrenós não desenvolvidos, o que leva à proliferação de inflorescências, especialmente sob regime de corte ou pastejo (VALES & SENTILHANS, 1984, citado por NUNES et al., 1995, 31p.).

2. REVISÃO DE LITERATURA

As pastagens constituem sistemas complexos formados pelos componentes solo-planta-animal, os quais estão sujeitos às modificações antrópicas causadas pelo manejo. A maioria das pastagens cultivadas no mundo foi estabelecida após a derrubada e queima de florestas naturais (HYNES & WILLIAMS, 1993, p.119-199). No Brasil, nas áreas de Mata Atlântica, a exploração ocorreu em regiões onde a fertilidade do solo era mais elevada, e as florestas foram substituídas por culturas. Porém, fatores como a pressão sobre o uso da terra, a demanda crescente de produção de alimentos e incentivos fiscais, levaram à exploração de áreas com maiores limitações ecológicas e de fertilidade do solo, a exemplo do que aconteceu na região do Cerrado (BODDEY et al., 1996, p.33-38; RAO et al., 1996, p.53-71; RESCK, 1996, p.81-89) e na Amazônia (VEIGA & SERRÃO, 1987, p.40-43). Assim, encontram-se pastagens estabelecidas em diferentes regiões fisionômicas, ocupando campos nativos, cerrados ou florestas (CORSI & MARTHA JÚNIOR, 1997, p.161-192).

Estima-se que o Brasil conte atualmente com cerca de 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas, das quais mais de 60 % são cultivadas com espécies do gênero *Brachiaria* (CARVALHO et al., 1991, p.195-200; RAO et al., 1996, p.53-71; ZIMMER et al., 1994, p.153-208). A *Brachiaria brizantha* é originária de uma região vulcânica da África, onde os solos geralmente apresentam bons níveis de fertilidade (BOGDAN, 1977, 457p.). É uma planta cespitosa, muito robusta, de 1,5 a 2,5 m de altura, com colmos iniciais prostrados, mas produzindo afilhos predominantemente eretos. Os rizomas são muito curtos e encurvados e os colmos floríferos eretos, freqüentemente com afilhamento nos nós superiores, o que leva à proliferação de inflorescências, especialmente sob regime de corte ou pastejo (VALES & SENDULSKY, 1984, citado por NUNES et al., 1985, 31p.).

A gramínea apresenta as fenofases rebrota, desenvolvimento vegetativo inicial, desenvolvimento vegetativo, florescimento e maturação/dormência ocorrendo, respectivamente, nos períodos Out / Nov, Nov / Dez, Dez / Abril, Mar / Jun e Jun / Set. (ISEPON, O.J., Unesp/Campus de Ilha Solteira, Comunicação Pessoal, 2000). Desta forma, ela cresce durante o período chuvoso quando as condições de umidade e temperatura são favoráveis e, neste período, são capazes de atender às exigências de algumas categorias animais. No período seco, com a parada do crescimento e a senescência das partes vegetativas, ocorre uma queda na qualidade da forragem pela redução do teor de proteína e da digestibilidade (SIMÃO NETO, 1976, 62p.). As braquiárias podem ter período de dormência de sementes. Este período de dormência normalmente coincide com período de seca ou inverno e normalmente as sementes estão aptas a germinar na estação de chuvas seguintes (ZIMMER et al., 1994, p.153-208). A maioria das espécies de *Brachiaria* é adaptada a solos de baixa fertilidade (BOTREL, 1990, p.21; RAO et al., 1996, p.53-71).

A qualidade do solo depende da natureza, dos fatores de formação e da interferência antrópica relacionada ao seu uso e manejo. A avaliação da qualidade do solo requer informações, compreendendo a medida de vários atributos físicos, químicos e biológicos (GREGORICH et al., 1994, p.367-385).

A pastagem causa menor degradação física do solo, por mantê-lo coberto durante o ano inteiro, constituindo uma proteção contra o impacto das gotas de chuva, evitando a deterioração da estrutura na superfície do solo e reduzindo as perdas de água por evaporação (CARVALHO, 1999, 103p.). Além disso, a existência de um sistema radicular denso e permanente, em especial nas pastagens de *Brachiaria*, contribui de forma efetiva para aumentar os conteúdos de matéria orgânica do solo e reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação. Tais características compõem importantes pré-requisitos para a sustentabilidade do agroecossistema (DE MARIA et al., 1998, 3p; MARUN, 1996, p.593-597; MORAES, 1993, p.191-215). No entanto, o que vem acontecendo em áreas com pastagens em diversas regiões tropicais e subtropicais, como por exemplo, a Austrália (MYERS & ROBBINS, 1991, p.104-110; ROBBINS et al., 1989, p.401-406; ROBERTSON et al., 1993, p.611-619) e América do Sul (BODDEY et al., 1996, p.33-38; SOARES FILHO et al., 1992 p.2-6; VEIGA & SERRÃO, 1987, p.40-43), é a perda da capacidade produtiva, dando início ao processo de degradação.

As causas de degradação de pastagens podem ser resumidas em deficiência de nitrogênio após 2 a 3 anos, decorrentes de perdas por volatilização e lixiviação nos locais que receberam urina, e imobilização, em formas estáveis, da matéria orgânica formadas por resíduos de gramíneas no solo; imobilização de fósforo e enxofre nessa mesma matéria orgânica, causando deficiência desses nutrientes; falta de adubação; aumento da incidência de pragas, doenças e plantas invasoras; erosão pela ação da chuva; mau estabelecimento, manejo inadequado e taxas de super pastoreio e compactação pelo pisoteio animal (SPAIN et al., 1996, p.39-45).

O mau uso e manejo inadequado do solo causam erosão, criando uma necessidade de mudança constante de locais de cultivo ou de propriedade. A agricultura, como tem sido praticada, considera a propriedade agrícola como a unidade mais importante de planejamento, o que tem trazido sérias consequências à região, tais como, erosão, perdas de solo e nutrientes, baixa produtividade das culturas e assoreamento dos rios e barragens, entre outras (RESCK & GOMES, 1997, p.198-222).

A utilização e o manejo inadequados, predominantes na pecuária extensiva, a elevada concentração da propriedade da terra, o intenso êxodo rural e as grandes dificuldades enfrentadas por pequenos produtores com propriedades na Área de Influência dos Reservatórios das Usinas Hidrelétricas do Complexo de Urubupungá, que se estende pelos estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais e Goiás, despertaram o interesse de pesquisadores que procuraram indicar soluções para reverter, ou pelo menos amenizar, o grave quadro econômico, social e ambiental existente nos municípios desta região (HESPAÑHOL, 1996, 273p.; SILVA et al., 1996, 6p.; FREITAS LIMA, 1997, 107p.).

A ocupação desordenada dos municípios de Ilha Solteira, Suzanópolis e Pereira Barreto contribuiu para a degradação dos solos com conseqüentes perdas destes por processos erosivos (SILVA & POLITANO, 1995, p.47-145; PAULA, 1997, 47p.; BRANDINI, 2000, 40p.). Como conseqüência, a erosão hídrica está assoreando os reservatórios de Ilha Solteira e Três Irmãos, reduzindo a vida útil destas usinas hidrelétricas (SILVA & POLITANO, 1995, p.47-145).

A pastagem está degradada quando esta sofreu diminuição considerável na sua produtividade potencial para as condições edafoclimáticas e bióticas a que está submetida (SPAIN & GUALDRON, 1991, 426p.). Assim, a região acima descrita é ocupada predominantemente por áreas de pastagens que possuem baixa produtividade provocada pelo extrativismo da pecuária extensiva.

Estabelecer critérios para a avaliação do estágio de degradação das pastagens cultivadas é tarefa bastante difícil, tendo em vista a diversidade das espécies com relação a suas características morfofisiológicas e dos ecossistemas em que são cultivados (NASCIMENTO JR. et al., 1994, p.51-107).

O solo é um sistema aberto que concentra resíduo orgânico de origem vegetal, animal e os produtos das transformações destes resíduos; a vegetação é a principal responsável pela deposição de materiais orgânicos no solo. O tipo de vegetação e as condições ambientais são fatores que determinam a quantidade e a qualidade do material que se deposita no solo, influenciando a heterogeneidade e a taxa de decomposição do material depositado a superfície (MOREIRA & SIQUEIRA, 2002, 625p.). A decomposição destes materiais depende dos processos de transformação da matéria orgânica pelos microrganismos do solo, por meio dos quais pode-se mensurar a qualidade do solo, determinando-se os valores do carbono da biomassa microbiana (SPARLING, 1992, p.195-207). A biomassa microbiana é a fração viva da matéria orgânica do solo composta por bactérias, fungos, actinomicetos, protozoários e algas. Ela é um importante componente na avaliação da qualidade do solo porque atua nos processos de decomposição natural interagindo na dinâmica dos nutrientes e regeneração da estabilidade dos agregados (FRANZLUEBBERS et al., 1999, P.395-405).

A biomassa microbiana é influenciada pelas variações sazonais de umidade e temperatura, pelo manejo do solo, pelo cultivo e, também, pelos resíduos vegetais. Representa pequena parte da fração ativa da matéria orgânica (DE LUCA, 1998, p.1293-1299), constituindo apenas 2 a 5 % do carbono orgânico do solo. A biomassa microbiana pode ser utilizada como um indicador biológico do impacto das práticas de manejo agrícola de sistemas de produção (ANDERSON & DOMSCH, 1993, p.393-395) e, geralmente, apresenta forte correlação com a matéria orgânica do solo, ou seja, reflete mudanças na concentração de matéria orgânica. A relação entre o carbono da biomassa microbiana (CBM) e o carbono orgânico do solo, reflete processos importantes relacionados com adição e transformação da matéria orgânica, assim como a eficiência de conversão do carbono desta em carbono microbiano (SPARLING, 1992, p.195-207). A atividade heterotrófica da biomassa pode ser avaliada pela liberação do carbono do CO_2 (C-CO_2) em amostras coletadas no campo, sendo a quantidade de C liberado indicativo do carbono lábil ou prontamente metabolizável do solo (DORAN & PARKIN, 1996, p.25-37).

As plantas terrestres estabelecem simbioses mutualísticas ou parasíticas com diversos microrganismos, os quais encontram ambientes favoráveis nas partes aéreas ou subterrâneas dos vegetais. Como simbioses obrigatórios os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) trazem benefícios à comunidade vegetal e ao ambiente, fornecendo nutrientes e água às plantas, assim como favorecendo a retenção de umidade, a agregação e a estabilidade dos solos (SYLVIA, 1992, p.53-66; AUGÉ et al. 2001, p.87-97). São importantes não só por promover a interface entre a planta e o ambiente físico, mas também com o ambiente biológico, conferindo às plantas maior resistência e tolerância a estresses bióticos e abióticos, além de influenciar a diversidade vegetal (MILLER & KLING, 2000, p.295-309). Entre os diversos tipos de micorrizas, as arbusculares, formadas por fungos Glomales (Zygomycetes), são de particular importância nos trópicos, onde estão bem distribuídas e ocorrem com grande frequência (SMITH & READ 1997, p.33-80). São considerados fenômenos de ocorrência generalizada, resultantes da união orgânica entre as raízes e o fungo, com dependência fisiológica íntima e recíproca, seguida pelo crescimento dos simbioses (SIQUEIRA & FRANCO, 1988, p.125-166). Para compensar a transferência de nutrientes minerais à planta, os fungos simbioses recebem carbono da planta hospedeira para o seu crescimento das células do córtex, região onde ocorre a formação dos arbúsculos, principal sítio de transferência (GIANINAZZI-PEARSON & GIANINAZZI, 1983, p.197-209). O carbono passa através da interface fungo-planta, onde os carboidratos, predominantemente a sacarose, são liberados pelas células do hospedeiro, hidrolisados na interface apoplástica por invertases a hexoses e absorvidas ativamente pelos fungos (SIQUEIRA & FRANCO, 1988, p.125-166). O conteúdo de fosfolipídios das células das raízes regula a simbiose, via fuga de carbono pela membrana, para manter a atividade do fungo (GRAHAM & EISSENSTAT, 1994, p.179-185).

Os efeitos benéficos da micorriza dependem de fatores que atuam direta ou indiretamente sobre os componentes da associação, como o fungo micorrízico e a planta hospedeira. Os esporos de resistência germinam no solo e emitem um micélio vegetativo que, encontrando a raiz de um hospedeiro suscetível, fixa-se a ela através de um apressório. Inicia-se, então, o processo de colonização da raiz pelo micélio, que se desenvolve inter e intracelularmente e se diferencia em duas estruturas: arbúsculos e vesículas, que são respectivamente, estruturas de transferência e de armazenamento de nutrientes, presente no micélio interno (SILVEIRA, 1992, p.257-282). A densidade de esporos de FMAs no solo influencia a sua infectividade e eficiência no crescimento das plantas, em solos de cerrado (PAULA & SIQUEIRA, 1987, p.54-64).

Aparentemente, as pastagens de gramíneas promovem um efeito positivo ao solo quando comparadas às culturas anuais (DeMARIA et al., 1998, 3p.; MARUN, 1996, p.593-597; MORAES, 1993, p.191-215). A existência de um sistema radicular denso e permanente, em especial nas pastagens de *Brachiaria*, contribui de forma efetiva para aumentar os conteúdos de matéria orgânica do solo e reduzir as perdas de nutrientes por lixiviação. Tais características compõem importantes pré-requisitos para a sustentabilidade do agroecossistema. No entanto, o que vem acontecendo em áreas com pastagens em diversas regiões tropicais e subtropicais, como por exemplo, na Austrália (MYERS & ROBBINS, 1991, p.104-110; ROBBINS et al., 1989, p.401-406; ROBERTSON et al, 1993, p.611-619) e na América do Sul (BODDEY et al., 1996, p.33-38; SOARES FILHO et al., 1992 p.2-6; VEIGA & SERRÃO, 1987, p.40-43), é a perda da capacidade produtiva, dando início ao processo de degradação.

As estratégias utilizadas para a recuperação da capacidade produtiva das pastagens buscam interromper o processo de degradação, atacando-se as causas a ele associadas. A abrangência das medidas adotada irá depender do grau de degradação, de modo que as causas possam ser controladas independentemente ou associadas. (ARRUDA et al., 1987, p.34-36; CARVALHO et al., 1990, p.24-28; SOARES FILHO et al., 1992, p.2-6).

A estimativa da biomassa microbiana do solo na avaliação dos efeitos dos manejos na recuperação de pastagens é uma importante ferramenta na compreensão do processo de ciclagem de nutrientes no sistema de pastagem (JENKINSON & LADD, 1981, p.415-470; POWLSON et al., 1987, p.159-164). A variação da biomassa microbiana do solo apresenta um padrão sazonal, devido a alternância das condições de umidade e temperatura durante o ano (TATE et al., 1991, p.233-241). Trabalhos têm mostrado que, em solos sob pastagens relativamente férteis, a biomassa e a atividade microbiana são mais afetadas pela variação sazonal do que pela adição de fertilizantes (BRISTON & JARVIS, 1991, p.9-21; PERROT et al., 1992, p.383-394; TATE et al., 1991, p.233-241).

O solo que predomina nas áreas estudadas é o ARGISSOLO VERMELHO AMARELO. As pastagens das áreas E1 e S1 foram formadas em 1965 e 1967, respectivamente, e as pastagens das áreas CRIOLO e FSI são mais antigas e foram reformadas pela última vez em 1987 utilizando-se das culturas de milho e feijão (CRIOLO = milho (FSI)). Desde essas datas nenhuma intervenção ou correção de acidez foi empregada.

3. MATERIAL E MÉTODOS

As áreas de pastagens em estudo estão localizadas na região noroeste do Estado de São Paulo, onde são encontradas as Usinas Hidrelétricas de Jupia (Engenheiro Souza Dias), de Ilha Solteira e de Três Irmãos. As temperaturas médias mensais variam entre 20,5 e 26,2 °C, e precipitações mensais entre 20 e 254 mm (UNESP, 2004). A vegetação original foi caracterizada como floresta latifoliada tropical, sendo também conhecida como mata úmida, floresta latifoliada semi-decídua ou mata seca (SILVA, 1991, 74p.). Atualmente, grande parte desta região está coberta com a gramínea *B. brizantha*, formando pastagens que, na maioria dos casos, estão muito degradadas.

Foram selecionadas 4 áreas testes, das quais uma está localizada no município de Ilha Solteira, SP, na Fazenda São José da Barra (denominada CRIOLO) e três no município de Suzanópolis, SP, nas Fazendas Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ). O Sistema de Posicionamento Global (GPS) foi utilizado na identificação dos limites das áreas testes, que possuem 1 ha e dos pontos de coleta de solo dentro das parcelas. Os dados foram coletados, ao longo de toda a parcela. As coordenadas geográficas dos limites das áreas testes, apresentadas no Quadro 1, foram representadas com base na Projeção Universal Transversa de Mercator (UTM) e usou como *datum* horizontal de referência o "South American Datum - 1969" (SAD69) (SANTOS, 1990).

O solo que predomina nas áreas testes é o ARGISSOLO VERMELHO AMARELO. As pastagens das áreas EE e SJ foram formadas em 1995 e 1987, respectivamente, e as pastagens das áreas CRIOLO e FSJ são mais antigas e foram reformadas pela última vez em 1997 utilizando-se das culturas de milho e feijão (CRIOLO) e milho (FSJ). Desde estas datas nenhuma adubação ou correção de acidez foi empregada.

Quadro 1. Coordenadas geográficas dos limites das áreas testes⁽¹⁾.

LONGITUDE	LATITUDE
Fazenda São José da Barra (CRIOLO)	
w 51° 17' 56,08"	s 20° 25' 20,38"
w 51° 17' 54,24"	s 20° 25' 23,12"
w 51° 17' 57,17"	s 20° 25' 24,82"
w 51° 17' 59,02"	s 20° 25' 22,09"
Fazenda Valência (EE)	
w 51° 07' 05,89"	s 20° 27' 56,94"
w 51° 07' 07,18"	s 20° 27' 59,96"
w 51° 07' 10,38"	s 20° 27' 58,72"
w 51° 07' 09,08"	s 20° 27' 55,71"
Fazenda Gior (SJ)	
w 50° 59' 14,29"	s 20° 31' 22,44"
w 50° 59' 15,92"	s 20° 31' 25,31"
w 50° 59' 19,00"	s 20° 31' 23,87"
w 50° 59' 17,38"	s 20° 31' 20,98"
Fazenda Primavera (FSJ)	
w 50° 59' 43,33"	s 20° 31' 12,85"
w 50° 59' 41,23"	s 20° 31' 15,48"
w 50° 59' 44,02"	s 20° 31' 17,42"
w 50° 59' 46,13"	s 20° 31' 14,81"

⁽¹⁾Projeção UTM – SAD69

Para análise das características químicas do solo, foram coletadas 4 amostras compostas de 8 amostras simples, por área teste, na profundidade de 0 – 0,10 m, em duas épocas (Agosto/2002 e Julho/2003). O solo foi seco à sombra, peneirado (2 mm), homogeneizado e enviado para análise no Laboratório de Fertilidade do Solo, Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, da UNESP, Campus de Ilha Solteira. O pH foi analisado em CaCl_2 e, para as demais análises, foram efetuadas as extrações: P, K, Ca^{+2} e Mg^{+2} com resina trocadora de íons, na relação solo:água:resina de 1:10:1: Al^{+3} com KCl 1N e C-orgânico:oxidação da MO com dicromato de sódio 0,4 N e titulação com sulfato ferroso amoniacal 0,1 N. As determinações foram efetuadas como se segue: P por colorimetria; K por fotometria de chama; Ca^{+2} e Mg^{+2} por

espectrofotometria de absorção atômica; ($H + Al^{+3}$) empregando o pH SMP; Al^{+3} por titulação com NaOH 0,025 N e C-orgânico por colorimetria, de acordo com Raij & Quaggio (1983, 31p).

Para análise microbiana foram coletadas, ao longo de toda a parcela, 8 amostras compostas de 5 amostras simples de solo e raízes por área teste, por períodos de amostragem (Agosto/2002, Outubro/2002, Dezembro/2002, Abril/2003 e Julho/2003). O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 8 repetições por tratamento, sendo cada amostra considerada uma repetição. O solo, peneirado e homogeneizado, foi usado para análise do CBM, C-CO₂ liberado e número de esporos de FMAs autóctones. As raízes, após terem sido separadas do solo, foram lavadas em água corrente e preservadas em álcool 50 % para posterior análise.

O CBM foi avaliado pelo método de fumigação-extração (VANCE et al., 1987, p.703-707) que envolve a eliminação da microflora do solo pelo clorofórmio. O carbono liberado pela morte dos microrganismos foi determinado por extração seguido de digestão, comparando as amostras de solo não-fumigadas com as fumigadas. Foram utilizadas 10 g de solo úmido, não fumigado e fumigado com clorofórmio livre de etanol (as quais permaneceram por 2 dias à 27 °C). O carbono foi extraído com o emprego do extrator K₂SO₄ 0,5 mol L⁻¹, em agitação por 30 minutos, seguido de filtração e centrifugação a 302,1 g, oxidado quando misturado com dicromato de potássio (K₂Cr₂O₇ 0,4 mol L⁻¹), ácido sulfúrico (H₂SO₄) e ácido fosfórico (H₃PO₄) concentrados. O excesso de dicromato foi, então, retitulado contra sulfato ferroso amoniacal [(NH₄)₂Fe(SO₄)₂.6H₂O] utilizando difenilamina como indicador, revelando a quantidade de dicromato utilizada na oxidação e, assim, a quantidade de carbono extraído.

Para a quantificação do C-CO₂ liberado, 100 g de solo foram colocados em jarros de vidro, com tampa de rosca, no centro do qual foi colocado um frasco com 10 mL de NaOH 0,1 mol L⁻¹. Os jarros foram fechados hermeticamente e mantidos em câmara climatizada à 27 °C. O tempo de incubação foi determinado por meio de uma Curva de Calibração, resultante de um monitoramento diário. Para as Épocas Agosto, Dezembro e Abril, os jarros permaneceram na câmara climatizada por 168 horas, enquanto que para Julho e Outubro, por 144 e 120 horas, respectivamente. A titulação da soda livre, a qual foi acrescido 1 mL de solução saturada de BaCl₂, foi realizada empregando HCl 0,1 mol L⁻¹. O controle foi feito com jarros de vidro, sem solo, contendo frascos com NaOH. A titulação da soda livre permitiu calcular, por saturação, a quantidade de CO₂ que combinou com o NaOH (ANDERSON & DOMSCH, 1982, p.471-479).



Para a avaliação da colonização radicular por FMAs autóctones, um grama de raiz preservada foi lavada em água corrente e clarificada em KOH 10 % por 20 minutos, seguidos de H_2O_2 por 10 minutos, acidificada com HCl 1 % por 10 minutos, coradas com azul de tripano a 0,05 % por 3 minutos, sempre a 90 °C (PHILLIPS & HAYMAN, 1970, p.158-161) e preservadas em lactoglicerol. A determinação da colonização micorrízica foi feita avaliando 100 segmentos de 1 cm cada, por repetição, pelo método da placa quadriculada (GIOVANETTI & MOSSE, 1980, p.489-500), sob microscópio estereoscópio (40x).

Para separação e contagem de esporos de FMAs autóctones foi empregada uma associação dos métodos de decantação e peneiramento por via úmida (GERDEMAN & NICOLSON, 1963, p.234-244), seguido de centrifugação e flutuação em sacarose (JENKINS, 1974, p.692). Para tanto, 100 gramas de solo de cada amostra foram misturadas em 300 mL de água, em um béquer, agitam vigorosamente. Após decantação por alguns segundos, para sedimentação das partículas maiores que os esporos, o sobrenadante foi passado por duas peneiras, com aberturas de 710 e 50 μ m, na sequência da maior para a menor malha. O processo foi repetido 4 vezes. Em seguida, as suspensões de esporos coletadas na peneira de menor malha foram transferidas para tubos e centrifugadas a 302,1 g por 3 minutos. Os sobrenadantes foram cuidadosamente descartados e os materiais ressuspensos em sacarose 50 %, com a ajuda de um agitador mecânico de tubos, para novamente serem centrifugados por mais 1 minuto. Os esporos presentes nos sobrenadantes foram transferidos para a peneira de malha de 50 μ m, lavados com água em abundância para retirada do excesso de sacarose, e recolhidos com água destilada em um béquer pequeno. A análise quantitativa dos esporos de FMAs foi realizada usando uma placa de acrílico com anéis concêntricos, sob o microscópio estereoscópico (40x).

Para avaliar a produção da massa da matéria seca (MMSPA) da parte aérea, foi coletada dentro de um arco de 1 m², lançado aleatoriamente, 5 amostras compostas de 2 amostras simples, por área teste, e acondicionado em sacos. No laboratório, as amostras foram colocadas na estufa de 60° C até peso constante.

Os dados foram analisados estatisticamente por contraste de médias entre os tratamentos e análises conjuntas, com desdobramento das interações significativas. O teste de Tukey foi empregado após a análise de variância e a análise de correlação foi feita para todos os caracteres.



Tabela 1. Médias, coeficientes de variação e teste F para os valores de fósforo (P), matéria orgânica (MO), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) para as áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José de Barra (CRIOLO), Valinhos (FSJ), Javaca (FSJ) e Glor (SJ), na cidade de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.¹⁾

Característica	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
Agosto	2,97	15,46	4,21	1,97	10,18	6,12	24,18	2,21	18,77	42,28	42,71

4. RESULTADOS

As médias, os coeficientes de variação e o teste F para os valores de fósforo (P), matéria orgânica (MO), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) para as diferentes pastagens nas duas épocas de amostragem, são apresentados na Tabela 1.

Para as características químicas, diferenças significativas foram verificadas entre Épocas entre Áreas e para a interação Épocas x Áreas (exceto para H+Al e Al). Entre Épocas, somente foram verificadas diferenças para H+Al e CTC, com os maiores valores observados em Agosto. Entre áreas foram detectadas diferenças para Ca, H+Al, Al, CTC e V %. Para a interação Épocas x Áreas (Tabela 2) para Agosto, o EE apresentou os maiores valores para as variáveis P, pH, Ca, Mg, CTC, SB e V %, enquanto que no CRIOLO foram verificadas as menores médias para P, MO, Mg, SB e CTC. Para Julho, não foram detectadas diferenças significativas entre áreas, para P, MO e Mg e os maiores valores de Ca foram verificados em EE; de pH, K, SB e V %, em FSJ.

As médias, os coeficientes de variação e o teste F para os valores de C-CO₂ liberado, CBM e MMSPA de *B. brizantha*, para as diferentes áreas de pastagens e épocas de amostragem estão apresentados na Tabela 3. Para C-CO₂ liberado, o teste F mostrou diferenças significativas para a interação Épocas x Áreas, mas não entre Épocas ou entre Áreas (Tabela 3). Para a interação Épocas x Áreas (Tabela 4), os menores valores foram detectados em Outubro, nas áreas FSJ e SJ.

Interação Épocas x Áreas: Entre áreas, CRIOLO, FSJ e EE não diferiram entre si e apresentaram as maiores médias de MMSPA (Tabela 4).

Tabela 1. Médias, coeficientes de variação e teste F para os valores de fósforo (P), matéria orgânica (MO), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.⁽¹⁾

Causa de Variação	P mg dm ⁻³	MO g dm ⁻³	pH CaCl ₂	K	Ca	Mg	H+Al mmol _c dm ⁻³	Al	SB	CTC	V %
Agosto/02	2,93	19,46	4,51	1,97	10,18	6,12	24,15a	2,21	18,37	42,52a	42,71
Julho/03	3,65	16,96	4,69	2,58	9,68	6,18	18,90b	1,87	18,48	37,39b	45,03
Criolo	2,62	16,06	4,53	1,74	8,56ab	4,37	19,62bc	1,81b	14,70	34,33b	42,87ab
EE	4,00	19,37	4,66	2,08	13,31a	7,43	22,93ab	1,25b	22,71	45,65a	49,68ab
FSJ	3,56	18,37	4,78	3,53	10,81ab	6,81	18,56c	1,06b	21,30	39,86ab	53,50a
SJ	3,00	18,56	4,42	1,77	7,06b	6,00	25,00a	4,06 ^a	14,98	39,98ab	37,43b
Áreas (A)	2,51 ^{ns}	2,49 ^{ns}	5,10 ^{ns}	1,89 ^{ns}	14,14 [*]	4,42 ^{ns}	34,21 ^{**}	50,95 ^{**}	6,31 ^{ns}	8,41 ^{ns}	10,46 [*]
Épocas (E)	3,52 ^{ns}	6,20 ^{ns}	6,09 ^{ns}	0,98 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,01 ^{ns}	106,9 ^{**}	3,16 ^{ns}	0,94 ^{ns}	10,37 [*]	8,18 ^{ns}
A x E	4,33 ^{**}	3,73 [*]	3,36 [*]	4,35 ^{**}	3,37 [*]	4,62 ^{**}	0,91 ^{ns}	0,94 ^{ns}	6,27 ^{**}	4,04 [*]	3,54 [*]
CV (%)	2 2,33	11,41	3,30	51,65	15,88	19,04	9,83	38,96	14,41	7,93	10,21

⁽¹⁾ os valores representam médias de oito repetições e, quando seguidas por mesma letra, minúscula na coluna, e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** e * significativo a 5 e 1 %, respectivamente; ns = não significativo.

Para CBM, foram detectadas diferenças significativas tanto entre Épocas como para a interação Épocas x Áreas (Tabela 3). Entre Épocas, os maiores valores foram verificados em Abril, seguido de Agosto. Para a interação Época x Área (Tabela 4), na FSJ foi verificada a maior taxa de CBM ($180,62 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) em Abril, a qual não diferiu de Agosto, enquanto o menor valor de CBM ($32,37 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) foi verificado para EE em Outubro, porém este não diferiu das demais épocas para a mesma Área.

A MMSPA de *B. brizantha* mostrou diferenças estatísticas significativas entre Áreas e para interação Épocas x Áreas. Entre áreas, CRIOLO, FSJ e EE não diferiram entre si e apresentaram as maiores médias de MMSPA (Tabelas 3).

Tabela 2. Valores de fósforo (P), matéria orgânica (MO), índice de acidez (pH), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg), acidez potencial (H+Al), alumínio (Al), soma de bases (SB), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V), em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.⁽¹⁾

	Agosto/2002	Julho/2003	Agosto/2002	Julho/2003
	P (mg dm ⁻³)		MO (g dm ⁻³)	
CRIOLO	1,87bB	3,37aA	16,00bA	16,12aA
EE	4,12aA	3,87aA	22,00aA	17,75aB
FSJ	3,00abA	4,12aA	19,37aA	17,37aA
SJ	2,75bA	3,25aA	20,50aA	16,62aB
	pH (CaCl ₂)		K (mmol _c dm ⁻³)	
CRIOLO	4,43abA	4,63bA	1,80aA	1,68bA
EE	4,67aA	4,66bA	2,26aA	1,90bA
FSJ	4,62aB	4,95aA	2,35aB	4,71aA
SJ	4,33bA	4,51bA	1,50aA	2,05bA
	Ca (mmol _c dm ⁻³)		Mg (mmol _c dm ⁻³)	
CRIOLO	8,62bcA	8,50bcA	3,75cA	5,00aA
EE	14,62aA	12,00aB	8,25aA	6,62aA
FSJ	10,75bA	10,87abA	6,87abA	6,75aA
SJ	6,75cA	7,37cA	5,62bA	6,37aA
	SB (mmol _c dm ⁻³)		CTC (mmol _c dm ⁻³)	
CRIOLO	14,22cA	15,80bA	36,10cA	32,56bA
EE	25,11aA	20,32aB	50,48aA	40,82aB
FSJ	20,07bA	22,53aA	41,07bcA	38,66aA
SJ	14,07cA	15,90bA	42,45bA	37,52abB
	V (%)			
CRIOLO	39,37bB	46,37bcA		
EE	49,75aA	49,62bA		
FSJ	48,87aB	58,12aA		
SJ	32,87bB	42,00cA		

⁽¹⁾ os valores representam médias de oito repetições e, quando seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

Tabela 3. Médias, coeficientes de variação e teste F para os valores de carbono de CO₂ (C-CO₂) liberado, do carbono de biomassa microbiana (CBM) e produção da massa da matéria seca da parte aérea (PMMSPA), em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.⁽¹⁾

Causas de Variação	C-CO ₂ liberado (mg CO ₂ g ⁻¹ solo seco dia)	CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)	PMMSPA (kg ha ⁻¹)
Épocas			
Agosto	10,74	145,09ab	5244,84
Outubro	9,54	62,50d	4130,80
Dezembro	9,87	116,34bc	5361,29
Abril	9,06	160,46a	5205,12
Julho	10,28	87,40cd	2674,61
Áreas			
CRIOLO	10,84	97,42	6028,84a
EE	10,19	114,12	4452,05a
FSJ	9,48	125,30	6235,34a
SJ	9,08	120,60	1377,10b
Épocas	1,16 ^{ns}	19,25 ^{**}	2,38 ^{ns}
Área	2,08 ^{ns}	2,20 ^{ns}	11,42 ^{**}
Épocas x Área	10,15 ^{**}	2,22 ^{**}	12,07 ^{**}
CV (%)	10,80	30,42	21,13

⁽¹⁾ os valores de C-CO₂ liberado e CBM representam a média de oito repetições e de PMMSPA, de cinco repetições. Médias seguidas por mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** significativo a 1 % respectivamente; ns = não significativo.

Para a interação Épocas x Áreas (Tabela 4), SJ exibiu os menores valores para todas as Épocas, que não diferiram entre si, enquanto que os maiores valores foram verificados para FSJ em Agosto, Outubro e Dezembro e no CRIOLO em Abril e Julho.

As médias, os coeficientes de variação e o teste F para as análises da colonização micorrízica e do número de esporos de FMAs, para as diferentes áreas de pastagens e épocas de amostragem, são apresentados nas Tabela 5. A colonização radicular por FMAs mostrou diferenças estatísticas

significativas entre Épocas e para a interação Épocas x Áreas (Tabela 5). Entre Épocas, foi verificada a maior porcentagem de colonização em Julho, a qual não diferiu de Agosto e Dezembro. Para a interação, a maior porcentagem de colonização micorrízica foram observadas para CRIOLO em Julho (Tabela 6).

Tabela 4. Valores do carbono do CO₂ (C-CO₂) liberado, do carbono da biomassa microbiana (CBM) e produção da massa de matéria seca da parte aérea (PMMSPA), em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.⁽¹⁾

	Agosto/02	Outubro/02	Dezembro/02	Abril/03	Julho/03
C-CO ₂ liberado (mg CO ₂ g ⁻¹ solo seco dia)					
CRIOLO	12,03aA	11,84aA	11,34aA	8,54aB	10,45aA
EE	9,62bAB	11,43aA	9,35bB	9,67aAB	10,88aAB
FSJ	10,55abA	7,90bB	9,91bA	9,52aA	9,52aA
SJ	10,75abA	6,99bB	8,89bAB	8,51aB	10,27aAB
CBM (µg C g ⁻¹ solo seco)					
CRIOLO	108,37aAB	70,50aB	98,12aAB	148,12aA	62,00aB
EE	163,37aA	32,37aB	114,50aA	151,50aA	108,87aA
FSJ	164,00aAB	65,62aC	114,37aB	180,62aA	101,87aB
SJ	144,62aA	81,50aB	138,37aAB	161,62aA	76,87aB
PMMSPA (kg ha ⁻¹)					
CRIOLO	6511,76bAB	4984,31abB	6786,28aAB	7444,67aA	4417,17aB
EE	4023,93cAB	3982,98bAB	5771,39aA	5192,45bAB	3289,49abB
FSJ	9510,89aA	6981,22aB	7519,00aB	5510,28abB	1655,32bC
SJ	932,77dA	574,70cA	1368,50bcA	2673,10cA	1336,46bA

⁽¹⁾Os valores de C-CO₂ liberado e CBM representam a média de oito repetições e os de PMMSPA, de cinco repetições. Médias seguidas por mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$). ** significativo a 1 % respectivamente; ns = não significativo.

Para número de esporos de fungos MAs foram detectadas diferenças significativas entre Áreas e entre Épocas e para a interação Épocas x Áreas (Tabela 5). Entre Épocas, os maiores valores foram detectados em Julho que não diferiu de Abril e Dezembro. Entre as Áreas, CRIOLO mostrou o maior valor, enquanto que FSJ o menor. Para a interação, o número de esporos, CRIOLO mostrou os maiores valores, em Abril, e as demais áreas, em Julho o menor número foi observado em FSJ em dezembro (Tabela 6).

Tabela 5. Médias, coeficientes de variação e teste F para colonização micorrízica e número de esporos de fungos micorrízicos arbusculares, em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.⁽¹⁾

Causas de Variação		Colonização micorrízica (%)	Número de Esporos (100 g solo seco ⁻¹)
Épocas	Agosto	74,06ab	43,59ab
	Outubro	72,71b	33,96b
	Dezembro	73,43ab	42,53ab
	Abril	72,71b	57,62ab
	Julho	78,18a	64,81a
Áreas	CRIOLO	74,45	72,25a
	EE	74,57	53,57ab
	FSJ	73,57	29,42c
	SJ	74,30	38,77bc
Épocas		4,39*	3,31*
Áreas		0,21 ^{ns}	14,96**
Épocas x Áreas		8,46**	7,06**
CV (%)		2,85	23,71

⁽¹⁾ os valores representam médias de oito repetições e, quando seguidas por mesma letra, na coluna e dentro de cada variável, não diferem entre si pelo teste de Tukey ($p \leq 0,05$). ** significativo a 1 % respectivamente; ns = não significativo.

Tabela 6. Valores da colonização micorrízica e números de esporos em áreas de pastagens com *Brachiaria brizantha*, situadas nas fazendas São José da Barra (CRIOLO), Valência (EE), Primavera (FSJ) e Gior (SJ), no estado de São Paulo, em diferentes períodos de amostragem.⁽¹⁾

	Agosto/02	Outubro/02	Dezembro/02	Abril/03	Julho/03
Colonização micorrízica (%)					
CRIOLO	71,62bB	72,25aB	72,75aB	73,00aB	82,62aA
EE	74,50abB	73,37aB	72,87aB	72,25aB	79,87aA
FSJ	73,25abA	72,25aA	73,62aA	73,00aA	75,75bA
SJ	76,87aA	73,00aB	74,50aAB	72,62aB	74,50bAB
Número de esporos (100g de solo seco ⁻¹)					
CRIOLO	64,25aB	38,37abC	73,75aB	100,87aA	84,00aAB
EE	50,12abB	47,87aB	40,75bB	53,87bAB	75,25abA
FSJ	29,75bA	25,87bA	19,37cA	33,12cA	39,00cA
SJ	30,25bB	23,75bB	36,25bcB	42,62bcAB	61,00bA

⁽¹⁾ os valores representam médias de oito repetições e, quando seguidas da mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, dentro de cada variável, não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey (p≤0,05).

5. DISCUSSÃO

As pastagens, quando degradadas, restringem a produtividade em decorrência da retirada da cobertura vegetal e da ocorrência dos processos erosivos, geralmente iniciados com o impacto da gota de chuva, reduzindo os teores de matéria orgânica (MO) e velocidade de infiltração da água. A MO tem papel fundamental no solo, pois ajuda na sua estruturação aumentando a porosidade, permeabilidade e capacidade de retenção e absorção de água, evitando a erosão (SÃO PAULO, 1987, 41p).

Os baixos valores de MO e P, entre outras variáveis, verificados no presente trabalho, revelam a degradação destas áreas, ou seja, a baixa fertilidade e a falta de manejo adequado. Esses resultados podem ser confirmados com o histórico das áreas. As pastagens nas fazendas EE e SJ foram formadas em 1995 e 1987, respectivamente, enquanto as da CRIOLO e FSJ são mais antigas, tendo sido reformadas pela última vez em 1997. Desde estas datas nenhuma adubação ou correção da acidez foi realizada. Os baixos teores de nutrientes têm como consequência a redução do desenvolvimento do sistema radicular, o que torna as plantas mais suscetíveis às deficiências hídricas e nutricionais durante a ocorrência do período de estiagem (FOY, 1984, p.57-98; MENGEL & KIRKBY, 1982, 655p; RITCHEY et al., 1980, p.40-44).

Baixos teores de nutrientes, como encontrado nas pastagens estudadas, têm sido relatados, por vários autores. Muller et al. (2004, p.279-288) comentaram também não ter conseguido correlacionar níveis de K, Ca ou Mg com a idade ou produtividade da pastagem, além de não terem encontrado correspondência, entre as pastagens, para o conteúdo de P, mas mostraram que este, embora limitante, não era o principal fator responsável pela degradação. Nas áreas estudadas predominam também uma outra característica de degradação, os solos ácidos. Como no presente

trabalho, Oliveira et al. (2004, p.289-300) verificaram que solo sob pastagens de *B. decumbens* degradadas, as áreas mais degradadas apresentavam pH igual a 4,9.

Para a variável C-CO₂ liberado o maior valor foi verificado em Agosto (12,03mg CO₂ g⁻¹ solo seco dia) e o menor em Abril (8,54 mg CO₂ g⁻¹ solo seco dia), indicando que a comunidade microbiana em Abril estava mais ativa que em Agosto. Segundo Chander & Brookes (1993, p.1231-1239) e Leita et al. (1995, p.103-108), um maior valor da respiração microbiana deve-se à maior reciclagem proporcionada pela população microbiana, com aumento no consumo de energia. Ainda seguindo estes autores, os baixos valores de C-CO₂ observados em todas as áreas estudadas no presente trabalho, podem ter sido afetado negativamente pelos baixos teores de nutrientes, pH e MO verificados nas pastagens estudadas.

No presente estudo foram verificadas diferenças significativas na interação épocas x áreas para respiração microbiana, fato também relatado por Pekka (2002, p.1375-1379). Os autores observaram valores variando de 12 a 19μL CO₂ h⁻¹ g⁻¹ entre áreas durante os meses de Agosto / Outubro e relataram também que a atividade microbiana do solo, neste caso a respiração do solo, foi altamente dependente da umidade e temperatura no solo, as quais flutuaram consideravelmente durante as variações sazonais. No presente trabalho, o teor de C-CO₂ verificado SJ (6,99 mg CO₂ g⁻¹ de solo seco), em Outubro, pode ser decorrente do fato destas áreas terem sido formadas a mais tempo e não ter recebido nenhum manejo desde 1987, apresentando um alto grau de degradação, com o solo mostrando locais com cobertura descontínua da gramínea, o que pode ter acarretado perdas de água e, conseqüentemente, da atividade microbiana. Dentre as variáveis, o C-CO₂ mostrou correlacionar negativamente com P (-0,86**) e Mg (-0,80*) (Apêndice A). A Correlação negativa com P pode significar estresse na biomassa que não tem P para formar ATP leva a perda de C pela respiração, não crescendo e acumulando na biomassa (COLOZZI-FILHO, A, comunicação pessoal, 2004).

Com início da estação chuvosa (Dezembro), na área FSJ, foi observado um incremento na atividade respiratória da biomassa. Esse aumento na liberação de C-CO₂ pode estar relacionado a um elevado efeito rizosférico decorrente de um maior crescimento da gramínea que, durante estes meses, estão na fase de desenvolvimento vegetativo e de produção de sementes (ROVIRA & DAVEY, 1974, p.153-194; SILVA FILHO, 1984, 153p). Por outro lado, a atividade microbiana do solo das áreas estudadas pode ter sido limitada pelo reduzido teor de MO e SB e pela acidificação do solo, o que também foi observado por Hunter (1972, p.313-346). As informações sobre a taxa

respiratória do solo sob pastagem são escassas na literatura, com poucos estudos feitos em condições tropicais (FERNANDES, 1999, 131p).

Valores elevados de CBM, segundo Gama-Rodrigues (1999, p.227-243), conferem função de reserva à biomassa microbiana, por acumularem grandes quantidades de nutrientes. No presente trabalho, a maior taxa ($180,62 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) foi verificadas na FSJ, em Abril e a menor ($32,37 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) no EE, em Outubro (Tabela 4) e foram inferiores aos observados na literatura. Marchiori Júnior & Melo (1999, p.257-263) encontraram altos valores de CBM para solo sob pastagens (que variaram de 363 a 402 mg kg^{-1} de C), assim como Ndaw et al. (2002, p.249-251), para pastagem no norte Fluminense ($455 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo), Oliveira et al. (2001, p.863-871) nas pastagens consorciadas (440 mg C kg^{-1} de solo), D'Andréa et al. (2002, p.913-923) em pastagem de brachiaria ($666,2 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) e Alvarenga et al. (1999, p.617-625) para pasto natural ($207,1 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo). Estes últimos autores justificaram os baixos valores à excessiva pressão de pastejo que deixa o solo muito exposto favorecendo a erosão da camada superficial onde se concentra a maior atividade biológica. Assim, o fato de não ter havido diferenças significativas entre áreas e os valores de CBM verificados no presente trabalho podem estar relacionados aos reduzidos teores de carbono e acidez do solo, como relatado por Martens (1995 p.87-89), Bolton et al. (1993, p.27-63), Cattelan & Vidor (1990, p.125-132), Siqueira & Franco (1988, p.125-166) e Tsai et al. (1992 p.59-72).

Outro fator de interferência na qualidade da pastagem, seguindo Cattelan & Vidor (1990, p.133-142), é a pressão do pastejo, que deixa o solo muito exposto, favorecendo a erosão da camada superficial, onde se concentra a maior atividade biológica. De acordo com Oliveira et al. (2004, p.289-300), os índices de CBM são bons indicadores da qualidade da pastagem. Os autores comentaram ainda que foram detectadas grandes variações entre áreas, possivelmente devido ao grau de degradação das pastagens de *B. decumbens* e de *B. brizantha* com diferentes históricos, ou seja: reformada à dois anos ($80 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), quatro anos ($60 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) e a sete anos ($65 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco), pastagem degradada ($35 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco) e floresta ($57 \mu\text{g C g}^{-1}$ solo seco).

Correlação positiva entre CBM e MO foi relatada por Gama-Rodrigues et al. (1994, p.427-432), que comentaram também que o valor de biomassa microbiana é um reflexo da microbiota do solo estimulada pelo fornecimento contínuo de materiais orgânicos, originados da vegetação, com diferentes graus de susceptibilidade à decomposição, além da diversidade de compostos orgânicos

depositados na rizosfera. Desta forma, os baixos valores de CBM, ou seja, de reservas na biomassa microbiana, comprovam a hipótese de que as áreas estudadas estavam muito degradadas. Assim com citados por estes autores, no presente trabalho o CBM mostrou correlação positiva com MO (0,87^{**}). Esta variável correlacionou-se positivamente também com CTC (0,82^{*}) e negativamente com esporos de fungos MAs (-0,72^{*}) (Apêndice A).

O comportamento sazonal da biomassa microbiana, como verificado no presente trabalho, vem sendo registrado na literatura (SARATHCHANDRA et al. 1988, p.328-335; PATRA, 1990, p.739-742; TATE et al., 1991, p.233-241; PERROT et al., 1992, p.383-394; HE et al., 1997, p.421-428), com aumento da biomassa microbiana no período das chuvas, resultado da maior disponibilidade de resíduos orgânicos, principalmente exsudatos de raízes, liberados em função do maior crescimento das plantas.

Os teores de CBM, em todas as áreas, foram maiores em Abril e Agosto (Tabela 4), época de frutificação e dormência da gramínea, ou seja, no final do período chuvoso e do período seco, respectivamente. Assim como relatado pelo European Economic Community (1994, 130p.), os valores mais altos de CBM observados durante a estação seca são, provavelmente, devido à dinâmica da queda das folhas e à decomposição das raízes das gramíneas. A atividade microbiana, no entanto, é também dependente de fatores climáticos (BARROS & CALDAS 1980, p.7-14), e os reduzidos teores de biomassa microbiana como verificado no presente trabalho, podem ter sido decorrência dos meses de seca que precederam a coleta de solo, especialmente o de Outubro.

A produção da massa de matéria seca da paste aérea (PMMSPA), assim com o CBM, sofreu variação sazonal. Houve redução de PMMSPA durante a fase de produção de sementes e dormência da planta para a época seca e, exceto para SJ, não foram verificadas diferenças estatísticas entre as áreas. Segundo Barros & Caldas (1980, p.7-14), a queda das folhas e a morte dos ramos tornam-se mais evidentes nos meses secos do ano, devido à diminuição de pluviosidade, da temperatura mensal e da umidade relativa do ar. Neste período, as plantas perdem suas folhas para minimizar os efeitos das fontes de estresse (térmico ou hídrico) nos períodos prolongados de seca ou frio (LONGMAN & JENIK, 1987, p.2-6). No entanto, os maiores valores de CBM, assim como das outras variáveis, verificados em Agosto, devem ter ocorrido por interferência climática, visto que a ocorrência de chuva nos meses que precederam a coleta (Figura 1) pode ter adiado a entrada da gramínea no período de dormência, garantindo bons resultados ainda em Agosto.

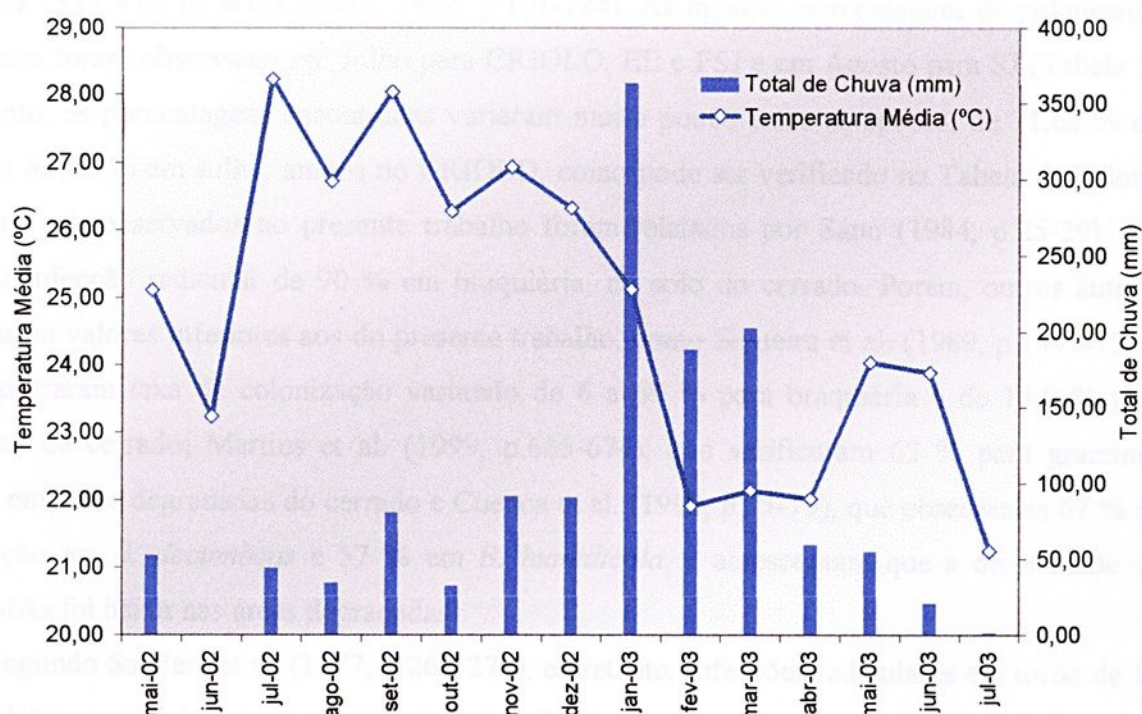


Figura 1. Média de temperatura e precipitação para o período de maio de 2002 a julho de 2003 (Unesp, 2004).

Da mesma forma, a PMMSPA, o CBM e o C-CO₂ liberado também acompanharam as alterações das fenofases, com os menores valores em Outubro (época seca e início da rebrota) e os maiores valores em Abril, fase de produção de sementes e final do período chuvoso (Tabela 4 e Figura 1). Foi verificada correlação negativa entre PMMSPA e P (-0,71*) no solo (Apêndice A).

Para a maioria das regiões pastoris dos estados do Sudeste, pode ser verificada a ocorrência da redução no crescimento das forrageiras tropicais enquanto no inverno seco, face à baixa umidade do solo, queda de temperatura e radiação solar (PEDREIRA, 1973, p.59-146). Botrel et al. (2002, p.393-398) relataram uma PMMSPA da *B. brizantha* de 614,3kg ha⁻¹ durante o inverno e 2.375kg ha⁻¹ durante o verão. A baixa PMMSPA de Julho (inverno seco e período de dormência) verificada no presente trabalho, deve ter sido influenciada pela queda de temperatura e a falta de chuva, reduzindo o crescimento das plantas.

Plantas micorrizadas apresentam menor estresse nutricional (KOIDE, 1991, p.365-386), maior disponibilidade de água e aumento na taxa fotossintética (SMITH & READ, 1997, 605p), maior densidade e longevidade das raízes (JANOS, 1996, p.129-162) e maior proteção contra

patógenos (SYLVIA & WILLIAMS, 1992, p.101-124). As maiores porcentagens de colonização micorrízica foram observadas em Julho para CRIOLO, EE e FSJ e em Agosto para SJ (Tabela 5). No entanto, as porcentagens encontradas variaram muito pouco entre as épocas, de 71,62 % em Agosto a 82,62 % em Julho, ambos no CRIOLO, como pode ser verificado na Tabela 6. Valores superiores aos observados no presente trabalho foram relatados por Sano (1984, p.25-29), que verificou infecção radicular de 90 % em braquiária, no solo do cerrado. Porém, outros autores encontraram valores inferiores aos do presente trabalho, como Siqueira et al. (1989, p.1499-1506) que encontraram taxa de colonização variando de 6 a 69 % para braquiária e de 13,0 % para gramíneas de cerrado; Martins et al. (1999, p.665-674), que verificaram 62 % para gramínea pioneira em áreas degradadas do cerrado e Cuenca et al. (1992, p.73-79), que observaram 67 % de colonização em *B. decumbens* e 57 % em *B. humidicola*, e acrescentam que a diversidade de fungos MAs foi baixa nas áreas degradadas.

Segundo Sanders et al. (1977, p.268-275), entretanto, infecções radiculares em torno de 10 % já podem ser suficientes para aumentar significativamente o crescimento das plantas, o que pode ser explicado pela alta afinidade das hifas com os íons ou aumento na transferência do P para a planta (FERGUSON & WOODHEAD, 1982, p.47-54).

Assim, alta colonização micorrízica verificada no presente trabalho, especialmente em Julho, fase de produção de sementes e entrada do período de seca, pode ter ocorrido em função da necessidade de aquisição de nutrientes pelas plantas nestas áreas de baixa fertilidade. Para Janos (1996, p.129-162), plantas micorrizadas têm apresentado maiores chances de instalação e crescimento em solos de baixa fertilidade, mostrando também maior capacidade competitiva.

Em áreas degradadas, os esporos de fungos MA podem ser a fonte mais importante de propágulos, devido à sua resistência aos estresses mais severos (BRUNDRETT, 1991, p.171-313; CUENCA et al., 1998, p.711-719). O maior número de esporos (100,8 por 100g de solo seco) foi verificado no CRIOLO em Abril (final do período chuvoso) (Tabela 4), e foram inferiores aos relatados por Martins et al. (1999, p.665-674), que encontraram 260 esporos por 50g solo em áreas degradadas do cerrado e semelhantes a outros também relatados para áreas degradadas: Melloni et al. (2001, p.7-13) que encontraram 10,3 esporos por 20g solo⁻¹ em campo de cerrado; Melloni et al. (2003, p.267-276) que observaram 67 esporos por 50 mL⁻¹ em área recém minerada e coberta por braquiária e 77 por 50 mL⁻¹ em campo fechado sem alteração antrópica, enquanto Soares et al. (2002, p.56-82) verificaram de 35 e 335 esporos por 50g de solo para *B. mutica*, 35 esporos por

50g de solo para *Andropogon* sp. e 8 esporos por 50g de solo para *B. decumbens*, todas crescendo em áreas degradadas pela contaminação por metais pesados.

Habte (1989, p.164-167) observou menores teores de carbono microbiano e número de esporos de fungos MAs no solo com aumento da espessura da camada erodida. Segundo Maschio et al. (1992, p.440-445), os fungos MAs tem adaptabilidade para colonizarem plantas em áreas que apresentem condições físicas, químicas e biológicas adversas, mas dependem da umidade do solo para a sua multiplicação.

Os fungos MAs podem contribuir para o crescimento de plantas em áreas degradadas pelo fato da simbiose aumentar o acesso das plantas a nutrientes relativamente pouco móveis no solo, com o P (DÍAZ et al., 1996, p.241-249). Carneiro et al. (1995, p.281-288), avaliando os efeitos de *B. decumbens* na revegetação de solos degradados observaram que, além da proteção física do solo, houve um aumento da biomassa de raízes, enriquecimento do solo em carbono e aumento de 400 % na densidade de esporos no solo. Quando inoculada com *G. etunicatum*, ficou confirmado que esta espécie de gramíneas era boa multiplicadora desses fungos. Cuenca et al. (1998, p.711-719), em solos degradados da Venezuela, também relataram que a revegetação com braquiária proporcionou aumento da densidade de esporos de fungos MAs, de 18 a 471 vezes com relação a solos degradados não revegetado.

Os números de esporos de fungos MAs, verificado no presente trabalho foram bastante reduzidos, principalmente para SJ, correspondendo a 23,75 por 100g solo seco em Outubro e FSJ, a 19,37 por 100g solo seco em Dezembro, permitindo dizer que as áreas estudadas estão degradadas pois, como relatado por Cuenca et al. (1998, p.711-719), em áreas muito degradadas, a densidade de esporos variou entre 4 a 24 esporos 100 g^{-1} de solo.



6. CONCLUSÕES

1. O carbono de biomassa microbiana, o carbono do CO_2 liberado e colonização micorrízica não diferiram entre as áreas de pastagem.
2. Todas as variáveis microbiológicas e a produção da massa de matéria seca da parte aérea da braquiária foram influenciadas pela variação sazonal;
3. Os baixos teores de nutrientes e MO e o pH permite dizer que as quatro áreas estão degradadas.

ARPUDA, N.G.; CANTARUTTI, R.H.; MOREIRA, E.M. Translocção físico-mecânica e fertilização na recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. *Pasturas Tropicais, Calif.*, v. 9, p.36-39, 1987.

BAUGE, R.M.; STODOLA, A.J.W.; TINS, J.E.; SEXTON, A.M. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. *Plant and Soil, The Hague*, v. 130, p.87-91, 1991.

BARROS, M.A.G.R.; CALDAS, L.S. Acompanhamento de eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos do cerrado. *Brasilia, D.F. Brasil Flora* 10, 1980 p.7-14.

BOGDAN, A.V. Tropical pastures and fodder plants. London: Longman, 1977. 457p.

7. REFERÊNCIAS

- ALVARENGA, M.I.N.; SIQUEIRA, J.O.; DAVIDE, A.C. Teor de carbono, biomassa microbiana, agregação e micorriza em solos de cerrado com diferentes usos. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.23, n.3, p.617-625, 1999.
- ANDERSON, T.H; DOMSCH, K.H. Ratios of microbial biomass carbon to total organic carbon in arable soils. **Soil Biology Biochemistry**, Elmsford, v.21, p.471-479, 1982.
- ANDERSON, J.P.; DOMSCH, K.H. The metabolic quotient for CO₂ ($q\text{CO}_2$) as a specific activity parameter to asses the effects of environmental conditions, such as pH, on the microbial biomass of forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.25, p.393-395, 1993.
- ARRUDA, N.G.; CANTARUTTI, R.B.; MOREIRA, E.M. Tratamentos físico-mecânicos e fertilização na recuperação de pastagem de *Brachiaria decumbens* em solos de tabuleiro. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.9, p.36-39, 1987.
- AUGÉ, R.M.; STODOLA, A.J.W.; TIMS, J.E. ; SAXTON, A.M. Moisture retention properties of a mycorrhizal soil. **Plant and Soil**, The Hague, v.230, p.87-97, 2001.
- BARROS, M.A.G.E.; CALDAS, L.S. Acompanhamento de eventos fenológicos apresentados por cinco gêneros nativos do cerrado. Brasília, D.F: Brasil Flora 10, 1980. p.7-14.
- BOGDAN, A.V. **Tropical pastures and fodder plants**. Londres: Longman, 1977. 457p.

BODDEY, R.R.; ALVES, B.; URQUIAGA, S. Nitrogen cycling and sustainability of improved pastures in the Brazilian cerrados. In: PEREIRA, R.C.; NASSER, C.B. (Ed.) SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8., INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANAS, 1, 1996, Planaltina. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p.33-38.

BOTREL, M.A.; ALVIM, M.S.; MOZZER, O.L. **Fatores de adaptação de espécies forrageiras.** Curso de pecuária leiteira. Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, 1990. p.21 (Documentos, 13).

BOTREL, M.A.; ALVIM, M.J.; FERREIRA, R.P.; XAVIER, D.F. Potencial forrageiro de gramíneas em condições de baixas temperaturas e altitude elevada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.37, n.3, p.393-398, 2002.

BOLTON JUNIOR, H.; FREDRICKSON, J.K.; ELLIOTT, L.F. Microbial ecology of the rhizosphere. In: METTING, Jr.; BLANE, F. (Eds.) **Soil microbial ecology: application in agricultural and environmental management.** New York: M. Dekker, 1993. p.27-63.

BRANDINI, O.L. **Tipologia e distribuição dos processos erosivos do município de Suzanápolis, SP.** Três Lagoas, 2000. 40p. Monografia (Trabalho de Graduação) – Faculdade de Geografia, Universidade Federal do Mato Grosso do Sul.

BRUNDRETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research.**, London, v.21, p.171-313, 1991.

CARNEIRO, M.A.C.; SIQUEIRA, J.O.; VALE, F.R.; CURI, N. Limitação nutricional e efeito do pré-cultivo do solo com *Brachiaria decumbens* e da inoculação com *Glomus etunicatum* no crescimento de mudas de espécies arbóreas em solo degradado. **Ciência e Prática**, Lavras, v.19, n.3, p.281-288, 1995.

CATTELAN, A.J.; VIDOR, C. Sistemas de culturas e a população microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.14, n.2, p.125-132, 1990.

CARVALHO, M.M.; MARTINS, C.E.; VERNEQUE, R.S.; SIQUEIRA, S. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.15, p.195-200, 1991.

CARVALHO, S.I.C.; VILELA, L.; SPAIN, J.M.; KARIA, C.T. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens* c.v. Basilisk na região de cerrados. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.12, p.24-28, 1990.

CARVALHO, M.C.S. **Práticas de recuperação de uma pastagem degradada e seus impactos em atributos físicos, químicos e microbiológicos do solo**. Piracicaba, 1999. 103p. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Quieroz”, Universidade de São Paulo.

CHANDER, K.; BROOKES, P.C. Residual effects of zinc, copper and nickel in sewage sludge on microbial biomass in a sandy loam. **Soil Biology and Biochemistry**, Oxford, v.25, n.9, p.1231-1239, 1993.

CORSI, M.; MARTHA JÚNIOR, G.B. Manutenção da fertilidade do solo em sistemas intensivos de pastejo rotacionado. In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 14, 1997, Piracicaba. **Anais...** Fundamentos do pastejo rotacionado Piracicaba: FEALQ, 1997. p.161-192.

CUENCA, G.; LOVERA, M. Vesicular-arbuscular mycorrhizae in disturbed and revegetated sites from Gran Savana, Venezuela. **Canadian Journal Botany**, Ottawa, v.70, p.73-79, 1992.

CUENCA, G.; ANDRADE, Z.; ESCALANTE, G. Diversity of glomalean spores from natural disturbed and revegetated communities growing on nutrient-poor tropical soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.30, p.711-719, 1998.

D'ANDRÉA, A.F.; SILVA, M.L.N.; CURI, N.; SIQUEIRA, J.O.; CARNEIRO, M.A.C. Atributos biológicos indicadores da qualidade do solo em sistemas de manejo na região do

cerrado no sul do estado de Goiás. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, MG, v.26, p.913-923, 2002.

DE LUCA, T.H. Relationship of 0,5 M K_2SO_4 extractable anthrone-reactive carbon to indices of microbial activity in forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.30, p.1293-1299, 1998.

De MARIA, I.C.; VIEIRA, S.R.; DECHEN, S.C.F. Assessment of soil quality using parameter indicators (compact disc). In: WORLD CONGRESS OF SOIL SCIENCE, 16. Montpellier, 1998. **Proceedings...** Montpellier: ISSS, 1998. 3p.

DÍAZ, G.; AZEÓN-AGUILAR, C.; HONRUBIA, M. Influence of arbuscular mycorrhizae on heavy metal (Zn and Pb) uptake and growth of *Lygeum spartum* and *Anthyllis eytisoides*. **Plant and Soil**, Netherlands, v.180, p.241-249, 1996.

DORAN, J.W.; PARKIN, T.B. Quantitative indicators of soil quality: a minimum data set. In: DORAN, J.W.; JONES, A.J. (Eds.) **Methods for assessing soil quality**. Madison: Soil Science Society of América, 1996. p.25-37. (SSSA Special Publication, 49).

EUROPEAN ECONOMIC COMMUNITY - EEC. Project (STD2). **Dynamics of soil organic matter in the Brazilian Amazon Basin**. Paris: Final Report n° TS 22* -0301-F (SMA), 1994. 130p.

FERNANDES, S.A.P. **Propriedades do solo na conversão de floresta em pastagem fertilizada e não fertilizada com fósforo na Amazônia (Rondônia)**. Piracicaba, 1999. 131p. Tese (Doutorado em Energia Nuclear na Agricultura) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.

FERGUSON, J.J.; WOODHEAR, S.H. Production of Endomycorrhizal inoculum. A. Increase and maintenance of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: SCHENK, N.C.(Ed.) **Methods and principles of mycorrhizal research**. St. Paul: American Phytopathological Societh, 1982. p.47-54.

FOY, C.D. Physiological effects of hydrogen, aluminium and manganese toxicities in acid soils. In: ADAMS, F. (Ed.) **Soil acidity and liming**. 2.ed. Madison: ASA, 1984. p.57-98.

FRANZLUEBBERS, A.J.; HANEY, R.L.; HONS, F.M. Relationships of chloroform fumigation-incubation to soil organic matter pools. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.31, p.395-405, 1999.

FREITAS LIMA, E.A.C. **Estudo da paisagem do município de Ilha Solteira – SP: subsídios para o planejamento físico-ambiental**. São Carlos, 1997. 107p. Tese (Doutorado em Ciências) – Centro de Ciências Biológicas e da Saúde, Universidade Federal de São Carlos.

GAMA-RODRIGUES, E.F.; GUERRA, J.G.M.; ALMEIDA, D.L.; DE-POLLI, H. Biomassa microbiana de carbono de solos de Itaguaí (RJ): comparação entre os métodos fumigação-incubação e fumigação extração. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.18, p.427-432, 1994.

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

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

GIANINAZZI-PEARSON, V.; GIANINAZZI, S. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. **Plant and Soil**, The Hague, v.71, p.197-209, 1983.

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

GRAHAM, J.H.; EISSENSTAT, D.M. Host genotype and the formation and function of VA mycorrhizae. **Plant and Soil**, The Hague, v.159, p.179-185, 1994.

GREGORICH, E.G.; CARTER, M.R.; ANGERS, D.A.; MONREAL, C.M.; ELLERT, B.H. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, Ottawa, v.74, p.367-385, 1994.

HABTE, M. Impact of simulated erosive on the abundance and activity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhiza endophytes in *Oxissol*. **Biology and Fertility of Soils**, Heidelberg, v.7, n.3, p.164-167, 1989.

HE, Z.L.; WU, J.; O'DONNELL, A.G.; SYERS, J.K. Seasonal responses in microbial biomass carbon, phosphorus and sulphur in soils under pasture. **Biology and Fertility of Soil**, Heidelberg, v.24, p.421-428, 1997.

HESPANHOL, A.N. **Dinâmica agro-industrial, intervenção estatal e a questão do desenvolvimento da região de Andradina - SP**. Rio Claro, 1996, 273p. Tese (Doutorado) – Instituto de Geociências e Ciências Exatas, Universidade Estadual Paulista.

HUNTER, S.H. Inorganic nutrition. **Annual Review of Microbiology**, Palo Alto, v.26, p.313-346, 1972.

HYNES, R.J.; WILLIAMS, P.H. Nutrient cycling and soil fertility in grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, San Diego, v.49, p.119-199, 1993.

JANOS, D.P. Mycorrhizas, succession, and the rehabilitation of deforested lands in the humid tropics. In: FRANKLAND, J.C.; MAGAN, N.; GADD, G.M. (Ed.) **Fungi and environmental change**. Cambridge: Cambridge University Press, 1996. p.129-162. (British Mycological Society Symposium, 20).

JENKINS, W.R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant Disease Reporter**, Washington, v.48, 692p, 1974.

JENKINSON, D.S.; LADD, J.N. Microbial biomass in soil measurement and turnover. In: PAUL, E.E.; LADD, E. E. (Ed.) **Soil biochemistry**. New York: Marcel Dekker, 1981. v.5, p.415-470.

KOIDE, R.T. Nutrient supply, nutrient demand and plant response to mycorrhizal infection. **New Phytologist**, Cambridge, v.117, n.3, p.365-386, 1991.

LEITA, L.; DE NOBILE, M.; MUHLBACHOVA, G.; MONDONI, C.; MARCHIOL, L.; ZERBI, G. Bioavailability and effects of heavy metals on soil microbial biomass survival during laboratory incubation. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n.2-3, p.103-108, 1995.

LONGMAN, K.A.; JENIK J. **Tropical forest and its environment**. 2.ed. London: Longman Scientific, 1987. p.2-6,

MARCHIORI JÚNIOR, M.; MELO, W.J. Carbono, carbono da biomassa microbiana e atividade enzimática em um solo sob mata natural, pastagem e cultura do algodoeiro. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.23, p.257-263, 1999.

MARTENS, R. Current methods for measuring microbial biomass C in soil: potentials and limitations. **Biology and Fertility of Soils**, Berlin, v.19, n.2, p.87-89, 1995.

MARTINS, C.R.; MIRANDA, J.C.C.; MIRANDA, L.N. Contribuição de fungos micorrízicos arbusculares nativos no estabelecimento de *Aristida setifolia* Kunth em áreas degradadas do cerrado. **Pesquisa Agropecuária brasileira**, Brasília, DF, v.34, n.4, p.665-674, 1999.

MASCHIO, L.; GAIAD, S.; MONTOYA, L.; CURCIO, G.R.; RACHWALL, M.F.G.; CAMARGO, C.M.S.; BATTI, A.M.B. Microrganismos e auto-sustentação de ecossistemas em solos alterados. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS

DEGRADADAS, 2, 1992, Curitiba. **Anais...** Curitiba: UFPR Fundação de Pesquisas Florestais do Paraná, 1992. p.440-445.

MARUN, F. Propriedades físicas e biológicas de um latossolo vermelho escuro do arenito Caiuá sob pastagem e culturas anuais. **Pesquisas Agropecuária Brasileira**, Brasília DF, v.31, n.8, p.593-597, 1996.

MELLONI, R.; PEREIRA, E.G.; TRANNIN, I.C.B.; SANTOS, D.R.; MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. Características biológicas de solos sob mata ciliar e campo cerrado no Sul de Minas Gerais. **Ciência Agrotécnica**, Lavras, v.25, n.1, p.7-13, 2001.

MELLONI, R.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Fungos micorrízicos arbusculares em solos de área de mineração de bauxita em reabilitação. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.38, n.2, p.267-276, 2003.

MENGEL, K.; KIRKBY, E.A. **Principles of plant nutrition**. 3.ed. Bern: Internacional Potash Institute, 1982. 655p.

MIELNICK, P.C.; DUGAS, W.A. Soil CO₂ flux in a tallgrass prairie. **Soil Biology and Biochemistry**, Emsford, v.32, p.221-228, 2000.

MILLER, R.M. & KLING, M. The importance of integration and scale in the arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Plant and Soil**, The Hague v.226, p.295-309, 2000.

MORAES, A. Pastagens como fator de recuperação de áreas degradadas. In: SIMPÓSIO SOBRE ECOSSISTEMAS DE PASTAGENS, 2. Jaboticabal 1993. **Anais...** Jaboticabal:FUNEP, 1993. p.191-215.

MOREIRA, F.M.S.; SIQUEIRA, J.O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras UFLA, 2002. 625p.

MULLER, M.M.L.; GUIMARÃES, M.F.; DESJARDINS, T.; MITJA, D. The relationship between pasture degradation and soil properties in the Brazilian amazon: a case study. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.103, p.279-288, 2004.

MYERS, R.J.K.; ROBBINS, G.B. Sustaining productive pasture in tropics, 5. Maintaining productive sown grass pastures. **Tropical Grasslands**, Brisbane, v.25, p.104-110, 1991.

NASCIMENTO JUNIOR, D.; QUEIROZ, D.S.; SANTOS, M.V.F. Degradação das pastagens e critérios de avaliação. In: MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba, SP. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1994. p.51-107.

NUNES, S.G.; BOOCK, A.; PENTEADO, M.I.O.; GOMES, D.T. *Brachiaria brizantha* c.v. *marandu*. Campo Grande: EMBRAPA-CNPGC, 1985. 31p. (EMBRAPA-CNPGC. Documento, 21).

NDAW, S.M.; SANTOS, M.L.; PAULINO, G.M.; GAMA RODRIGUES, E.F. Biomassa e atividade microbiana em solos sob cana, Pasto e Floresta na Região Norte Fluminense, RJ. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5, 2002, Belo Horizonte. Água e Biodiversidade. **Anais...** Belo Horizonte: UFLA, 2002. p.249-251.

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

OLIVEIRA, O.C.; OLIVERIA, I.P.; ALVES, B.J.R.; URQUIAGA, S.; BODDEY, R.M. Chemical and biological indicators of decline/degradation of *Brachiaria* pastures in the Brazilian Cerrado. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, Amsterdam, v.103, p.289-300, 2004.

PATRA, D.D.; BROOKES, P.C.; COLEMAN, K.; JENKINSON, D.S. Seasonal changes of soil microbial biomass in an arable and a grassland soil which have been under uniform management for many years. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.6, p.739-742, 1990.

PAULA, M.A.; SIQUEIRA, J.O. Efeito da adubação fosfatada, cultivos e densidade de esporos na infectividade e efetividade de fungos micorrizicos vesiculos-arbusculares em solo sob cerrado. **Ciência e Prática**, Lavras, v.11, p.54-64, 1987.

PAULA, R.C. **Avaliação dos principais fatores do meio físico do município de Suzanápolis, SP, relacionados com a produção agropecuária mediante o emprego de imagens aéreas**. Ilha Solteira, 1997. 47p. Monografia (Trabalho de Graduação) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, Universidade Estadual Paulista.

PEDREIRA, J.V.S. Crescimento estacional dos capins colônia (*Panicum maximum* Jacq), gordura (*Melinis minutiflora* Beauv.), Jaraguá (*Hyparrhenia rufa* (Ness) Stapf) e Pangola Taiwan A-24, *Digitaria pentzsi* Stent. **Boletim da Indústria Animal**, Nova Odessa, v.30, n.1, p.59-146, 1973.

PEKKA, V. Seasonal variation in the soil respiration rate in coniferous forest soils. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.34, p.1375-1379, 2002.

PERROT, K.W.; SARATHCHANDRA, S.U.; DOW, B.W. Seasonal and fertilizer effects on the organic cycle and microbial biomass in a hill country soil under pasture. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.30, p.383-394, 1992.

POWLSON, D.D.; BROOKES, P.C.; CHRISTENSEN, B.T. Measurement of soil microbial biomass provides an early indication of changes in total soil organic matter due to straw incorporation. **Soil Biology and Biochemistry**, Elmsford, v.19, p.159-164, 1987.

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

RAICH, J.W.; SCHLESINGER, W.H. The global carbon dioxide flux in soil respiration and its relationship to vegetation and climate. **Tellus**, Copenhagen, v.44, p.81-99, 1992

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

RAO, I.M.; KERRIDGE, P. C.; MACEDO, M.C.M. Nutritional requirements of *Brachiaria* and adaptation to acid soils. In: MILES, J.W.; MAASS, B.L.; VALLE, C.B. **Brachiaria: biology, agronomy and improvement**. Cali: CIAT/EMBRAPA-CNPGC, 1996. p.53-71.

RESCK, D. Manejo de solos e sustentabilidade dos sistemas agrosilvipastoris na região dos cerrados. In: PEREIRA, R.C.; NASSER, C.B. (Ed.) **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 8, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1, 1996, Planaltina. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p.81-89.

RESCK, D.V.S.; GOMES, J.F.M. Planejamento agropecuário de microbacias hidrográficas na região dos cerrados. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 7, 1989, Brasília, DF. **Anais...** Planaltina: Embrapa/CPAAC, 1997. p.198-222.

RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.H.G.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian Savannah Oxisol. **Agronomy Journal**, Madison, v.72, p.40-44, 1980.

ROBBINS, G.M.; BUSHELL, J.J.; MCKEON, G.M. Nitrogen immobilization in decomposing litter contributes to productivity decline in aging pastures of green panic (*Panicum maximum* var. trichoglume). **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.113, p.401-406, 1989.

ROBERTSON, F.A.; MYERS, R.J.K.; SAFFIGNA, P.G. Carbon and nitrogen mineralization in cultivated and grassland soils in subtropical Queensland. **Australian Journal of Soil Research**, Melbourne, v.31, p.611-619, 1993

ROVIRA, A.D.; DAVEY, C.B. Biology of the rhizosphere. In: CARSON, E.W. (Ed.) **The plant root and its environment**. Virginia: Charlottesville University Press of Virginia, 1974. p.153-194.

SÃO PAULO (Estado). Secretaria Executiva de Assuntos Fundiários. **Companhia agrícola imobiliária e colonizadora**. São Paulo: CAIC, 1987. 41p. (CAIC, v.1, n.1, 1987).

SANDERS, F.E.; TINKER, P.B.H.; BLACK, R.L.B.; PALMERLEY, S.M. The development of endomycorrhizal root systems. I. Spread of infection and growth promoting effects with four species of vesicular-arbuscular endophyte. **New Phytologist**, Oxford, v.78, p.268-275, 1977.

SANO, S.M. Influência de endomicorrizas nativas do cerrado no crescimento de plantas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.8, p.25-29, 1984.

SANTOS, M.C.S.R. **Manual de fundamentos de cartográficos e diretrizes gerais para a elaboração de mapas geológicos, geomorfológicos e geotécnicos**. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas, 1990. 53p.

SARATHCHANDRA, S.U.; PERROT, K.W.; BOASE, M.R.; WALLER, J.E. Seasonal changes and the effects of fertilizer on some chemical biochemical and microbiological characteristics of high-producing pastoral. **Soil Biology and Fertility**, v.6, p.328-335, 1988.

SILVA FILHO, G.N. **Flutuação populacional de microrganismos em solos submetidos a diferentes sistemas de manejo**. Porto Alegre, 1984. 153p. Dissertação (Mestrado) -Faculdade de Agronomia, Universidade Federal do Rio Grande do Sul

SILVA, H.R. **Avaliação dos principais fatores do meio físico do município de Pereira Barreto, SP, relacionado com a produção agropecuária, mediante o emprego de imagens aéreas**. Ilha Solteira, 1991. 74p. (Relatório interno apresentado para a Comissão Permanente de Regime de Trabalho).

SILVA, H.R.; POLITANO, W. Análise do uso e ocupação do solo e processos de erosão na área de influência do conjunto de Urubupungá: estudo dos municípios de Pereira Barreto, Ilha Solteira e Suzanápolis (SP). In: SIMPÓSIO NACIONAL DE CONTROLE DE EROSÃO, 5, 1995, Bauru. **Anais...** Bauru: ABGE-IPT-DIGEO, 1995. p.47-145.

SILVA, H.P. et al. Proposta metodológica para a elaboração de zoneamento agrícola nos municípios do Noroeste Paulista. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 8, 1996, Salvador. **Anais...** Salvador: INPE, 1996. 6p.

SYLVIA, D.M. Quantification of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. In: NORRIS, J.R.; READ, D.J.; VARMA, A.K. (Eds.) **Methods in mycobiology**: techniques for the study of mycorrhiza. New York: Academic Press, 1992. p.53-66.

SILVEIRA, A.P.D. Micorrizas. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Eds.) **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.257-282.

SIMÃO NETO, M. **Composição botânica e qualidade da dieta selecionada em pastagem nativa por novilhos azebuados com fístula esofágica**. Belo Horizonte, 1976. 62p. Dissertação (Mestrado) - Escola de Veterinária, Universidade Federal de Minas Gerais.

SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do solo**: fundamentos e perspectivas. Lavras: FAEPE, 1988. p.125-166.

SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; OLIVEIRA, E. Ocorrência de MVA em agro e ecossistemas do estado de Minas Gerais. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, DF, v.24, n.12, p.1499-1506, 1989.

SYLVIA, D.M.; WILLIAMS, S.E. Vesicular-arbuscular mycorrhizal and environmental stress. In: BETHLENFALVAY, G.J.; LINDERMAN, R.G., ed. **Mycorrhizal in sustainable agriculture**. Madison: ASA Special Publication, 1992. p.101-124.

SOARES FILHO, C.V.; MONTEIRO, F.A.; CORSI, M. Recuperação de pastagens degradadas de *Brachiaria decumbens*. 1. Efeito de diferentes tratamentos de fertilização e manejo. **Pasturas Tropicais**, Cali, v.14, p.2-6, 1992.

SOARES, C.R.F.S.; ACCIOLY, A.M.A.; SIQUEIRA, J.O.; MOREIRA, F.M.S. Diagnóstico e reabilitação de área degradada pela contaminação por metais pesados. In: SIMPÓSIO NACIONAL SOBRE RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, 5, 2002, Belo Horizonte. **Anais...** Água e Biodiversidade. Belo Horizonte: UFLA, 2002. p.56-82.

SMITH, S.E.; READ, D.J. **Mycorrhizal symbiosis**. 2.ed. London: Academic Press, 1997. 605p.

SMITH, S.E.; READ, D.J. The symbiontes forming VA mycorrhizas. In. **Mycorrhizal symbiosis**. San Diego: Academic Press, 1997. p.33-80.

SPAIN, J.M.; GUALDRON, R. Degradación e rehabilitación de pasturas. In: LASCANO, C.; SPAIN, J.M. (Eds.) **Establecimiento y renovación de pasturas**. Cali: CIAT, 1991. 426p.

SPAIN, J.M.; AYARZA, M.A.; VILELA, L. Crop pasture rotations in the brazilian cerrados. In: PEREIRA, R.C.; NASSER, C.B. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8; INTERNACIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1, 1996, Planaltina. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p.39-45.

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

TATE, K.R.; ROSS, D.J.; RAMSAY, A.J.; WHALE, K.N. Microbial biomass of measurement procedures, temporal variations, and the influence of P fertility status. **Plant and Soil**, The Hagwe, v.132, p.233-241, 1991.

TSAI, S.M.; BARAIBAR, A.V.L.; ROMANI, V.L.M. Efeitos de fatores físicos e químicos sobre os microrganismos do solo. In: CARDOSO, E.J.B.N.; TSAI, S.M.; NEVES, M.C.P. (Eds.) **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p.59-72.

UNESP Ilha Solteira – Área de Hidráulica e Irrigação. Http: www.feis.unesp.br/clima.php. Acesso em 13/01/2004.

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.703-707, 1987.

VEIGA, J.B.; SERRÃO, E.E. Recuperación de pastures en la region este de la Amazônia Brasileira. **Pasturas Tropicales**, Cali, v.9, p.40-43, 1987.

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

Apêndice A - Correlação entre as variáveis estudadas.

Variáveis	CBM	C-CO ₂	ESP	CM	MMSPA	P	MO	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V %
CBM	.	-0,10 ^{ns}	-0,72*	-0,48 ^{ns}	0,20 ^{ns}	0,009 ^{ns}	0,87**	-0,11 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	0,47 ^{ns}	0,49 ^{ns}	0,62 ^{ns}	-0,08 ^{ns}	0,45 ^{ns}	0,82*	-0,03 ^{ns}
C-CO ₂	.	.	0,28 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	0,51 ^{ns}	-0,86**	-0,41 ^{ns}	-0,67 ^{ns}	-0,59 ^{ns}	-0,44 ^{ns}	-0,80*	0,18 ^{ns}	0,21 ^{ns}	-0,69 ^{ns}	-0,41 ^{ns}	-0,61 ^{ns}
ESP	.	.	.	0,54 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	0,03 ^{ns}	-0,61 ^{ns}	0,009 ^{ns}	-0,35 ^{ns}	-0,01 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,40 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	-0,23 ^{ns}	-0,48 ^{ns}	0,03 ^{ns}
CM	.	.	.	.	-0,37 ^{ns}	0,41 ^{ns}	-0,18 ^{ns}	0,17 ^{ns}	-0,17 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,04 ^{ns}	-0,30 ^{ns}	-0,02 ^{ns}	-0,10 ^{ns}	-0,31 ^{ns}	0,12 ^{ns}
MMSPA	.	.	.	.	.	-0,71*	-0,16 ^{ns}	-0,37 ^{ns}	-0,26 ^{ns}	-0,36 ^{ns}	-0,42 ^{ns}	-0,0008 ^{ns}	0,04 ^{ns}	-0,42 ^{ns}	-0,33 ^{ns}	-0,30 ^{ns}
P	.	.	.	.	.	.	0,30 ^{ns}	0,77*	0,51 ^{ns}	0,65 ^{ns}	0,80*	-0,29 ^{ns}	-0,43 ^{ns}	0,79*	0,40 ^{ns}	0,75*
MO	.	.	.	.	.	.	.	-0,06 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	0,48 ^{ns}	0,68 ^{ns}	0,69 ^{ns}	0,07 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,92**	-0,03 ^{ns}
pH	.	.	.	.	.	.	.	.	0,84**	0,60 ^{ns}	0,50 ^{ns}	-0,72*	-0,77*	0,75*	0,04 ^{ns}	0,98**
K	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,32 ^{ns}	0,35 ^{ns}	-0,56 ^{ns}	-0,49 ^{ns}	0,57 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,76*
Ca	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,71*	-0,08 ^{ns}	-0,76*	0,92**	0,66 ^{ns}	0,69 ^{ns}
Mg	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,11 ^{ns}	-0,28 ^{ns}	0,86**	0,76*	0,55 ^{ns}
H+Al	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,62 ^{ns}	-0,15 ^{ns}	0,62 ^{ns}	-0,70 ^{ns}
Al	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	-0,68 ^{ns}	-0,06 ^{ns}	-0,85**
SB	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,67 ^{ns}	0,80*
CTC	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	0,10 ^{ns}
V %	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.	.

** e * = significativo a 5 e 1 %, respectivamente, ns = não significativo.

carbono da biomassa microbiana (CBM); carbono do CO₂ liberado (C-CO₂); esporos (ESP); colonização micorrízica (CM) e

produção da massa de matéria seca de parte aérea (MMSPA).



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

Câmpus de Ilha Solteira

Programa de Pós-graduação em Agronomia

Av. Brasil, 56 Centro

15385-000 Ilha Solteira - SP

www.feis.unesp.br

