



UNESP

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
FACULDADE DE ENGENHARIA DE ILHA SOLTEIRA
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA**

DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM AGRONOMIA

1210001188



***Importância de Micorrizas no Desenvolvimento
de Genótipos de Milho sob Solo de Cerrado em
Casa de Vegetação***

Aluna: Daniela Tiago da Silva Campos

Orientadora: Ana Maria Rodrigues Cassiolato

Te.1188

IMPORTÂNCIA DE MICORRIZAS NO DESENVOLVIMENTO
DE GENÓTIPOS DE MILHO, SOB SOLO DE CERRADO, EM
CASA DE VEGETAÇÃO

DANIELA TIAGO DA SILVA CAMPOS



Proc. 040/2001 - NPD 063

UNESP - "CAMPUS DE ILHA SOLTEIRA"	
SERVIÇO TÉCN. DE BIBLIOTECA E DOCUMENTAÇÃO	
DATA DE CHEGADA	DATA DE TÓRNO
<i>02.07.01</i>	<i>30.07.01</i>
<i>Ailza</i>	<i>Te. 1188</i>
<i>ilustração autor R\$ 10,00</i>	<i>COMUNICAÇÃO C198i</i>

ILHA SOLTEIRA

ESTADO DE SÃO PAULO - BRASIL

FEVEREIRO - 2001

*50/0301 - manipulação
culturas*

UNIVERSIDADE ESTADUAL JÚLIO DE MESQUITA FILHO

FACULDADE DE ENGENHARIA

CÂMPUS DE ILHA SOLTEIRA

**IMPORTÂNCIA DE MICORRIZAS NO DESENVOLVIMENTO
DE GENÓTIPOS DE MILHO, SOB SOLO DE CERRADO, EM
CASA DE VEGETAÇÃO**

Daniela Tiago da Silva Campos

Engenheira Agrônoma

Prof. Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato

Orientadora

**Dissertação apresentada à Faculdade de
Engenharia da Universidade Estadual
Paulista, Câmpus de Ilha Solteira, para a
obtenção do título de Mestre em Agronomia,
Área de Concentração: Sistemas de Produção.**

ILHA SOLTEIRA

ESTADO DE SÃO PAULO – BRASIL

FEVEREIRO – 2001



**“IMPORTÂNCIA DE MICORRÍZAS NO
DESENVOLVIMENTO DE GENÓTIPOS DE MILHO SOB
SOLO DE CERRADO EM CASA DE VEGETAÇÃO”**

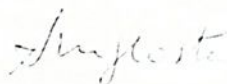
Daniela Tiago da Silva Campos

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

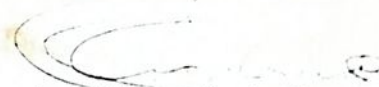
COMISSÃO EXAMINADORA:



Profª Drª Ana Maria Rodrigues Cassiolato
Orientadora



Profª Drª Sandra Gomes da Costa



Prof. Dr. João Antonio da Costa Andrade

Ilha Solteira – SP
fevereiro de 2001



À Deus,

Aos meus pais *Ednei* e *Hermelinda* e irmão *Hugo*, que não mediram esforços em toda caminhada, para que esse trabalho frutificasse,

DEDICO

Aos meus queridos tios *Benildo*, *Mariquinha*, *Nair* e *Rosires* e às queridas primas *Vera Lúcia* e *Ana Lúcia*, os quais estiveram sempre presentes,

OFEREÇO

AGRADECIMENTOS

À professora Dra. Ana Maria Rodrigues Cassiolato, pela orientação, paciência, dedicação e profissionalismo nos ensinamentos.

À Universidade Estadual “Júlio de Mesquita Filho”, Faculdade de Engenharia–Câmpus de Ilha Solteira-SP, pela oportunidade de realização deste trabalho.

À CAPES pela concessão de bolsa de estudo.

Ao professor Dr. João Antônio da Costa Andrade, pela ajuda constante e material cedido para a realização deste trabalho.

À Professora Dra. Kátia Luciene Maltoni do Departamento de Solos e Engenharia Rural, pela amizade, ensinamentos e encorajamento nas horas críticas.

Aos docentes do Programa de Pós-graduação em Agronomia da FEIS/UNESP, em especial aos Professores Dr. Morel de Passos Carvalho e Dr. Marco Eustáquio de Sá.

Aos funcionários do pomar: Sr. Otaciano e Sr. Durvalino, que com seus ensinamentos técnicos foram de grande valia na condução do experimento.

Aos amigos dos laboratórios e secretarias da FEIS/UNESP: Cássia C. Rossi Ricci, Vera Lúcia M. de Castro Andrade, Circélia P. dos Santos, André Luis Silva, Juarez dos Santos, Valdivino Santos e José Antônio Agustini.

Aos bons amigos de pós graduação que fiz nestes dois anos de convivência: Simone A. Oliveira, Ananda Aguiar, Maria Luiza Konrad, Mauricio



Konrad, Geovane Lima Guimarães, José Weselli, Vicente Pereira de Almeida, Daniela C. Araújo, Edson Cabral, Lázara Cabral, Horácio Francisco, Ary Gertes, Maria Luiza S. Souza, Simão C. Silva, Fabiano A. Bender da Cruz, Fernando G. Delavale e Alessandra Moreira.

Às amigas Maria Alexandra Reis Valpassos, Márcia Scabora e Fabiana Osawa.

Ao casal Hermes e Sueli Aquino pela amizade, companheirismo e ajuda em todas as etapas deste trabalho.

Ao Arlindo Avanso Urzulin, à Maria de Fátima e ao Donizeth Paulo Silva, da Seção de Pós-graduação da FEIS/UNESP, pela amizade e bom atendimento.

Aos amigos da cidade, Benedito e Cícera pelo carinho com que sempre me acolheram.

E a todos que de forma direta ou indireta colaboraram em minha caminhada.

Àqueles que sempre acreditaram em meu êxito e não mediram esforços para o término deste trabalho, o meu sincero agradecimento.

À cidade de Ilha Solteira, pela ótima acolhida durante minha passagem.



ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	V
LISTA DE FIGURAS.....	VI
RESUMO.....	VIII
SUMMARY.....	XI
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1. DEGRADAÇÃO DOS SOLOS	3
2.2. DEGRADAÇÃO DAS PASTAGENS	5
2.3. A CULTURA DO MILHO	9
2.4. FUNGOS MICORRÍZICOS ARBUSCULARES (FMA).....	11
2.5. EFEITOS DOS FMA NO CRESCIMENTO DA PLANTA	16
3. MATERIAL E MÉTODOS	23
3.1. LOCAL E SOLO	23
3.2. GENÓTIPOS DE MILHO ESTUDADOS	24
3.3. SOLO DE RIZOSFERA UTILIZADO PARA OBTENÇÃO DOS ESPOROS DOS FMA.....	25
3.4. PREPARO DO SUBSTRATO E INOCULAÇÃO	26
3.5. POTENCIAL DE INÓCULO	27
3.6. ANÁLISE DA ALTURA DAS PLANTAS E DIÂMETRO DO CAULE.....	27
3.7. DETERMINAÇÃO DA COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA.....	28
3.8. DEPENDÊNCIA MICORRÍZICA	28
3.9. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL	29
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	30
4.1. CRESCIMENTO VEGETATIVO.....	30
4.2. PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA.....	39
4.3. COLONIZAÇÃO MICORRÍZICA.....	42
4.4. POTENCIAL DE INÓCULO	47
5. CONCLUSÕES.....	49
6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50



LISTA DE TABELAS

Tabela.....	Página
1. Características químicas do solo utilizado para o experimento, coletado em área de pastagem em Selvíria-MS.....	24
2. Descrição dos genótipos de milho estudados.....	25
3. Efeito da inoculação (inoc) com esporos de fungos micorrizicos da comunidade indígena na altura e diâmetro aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE), em nove genótipos de milho.....	31
4. Produção de matéria seca de raiz e parte aérea de genótipos de milho, inoculados (inoc) e não inoculados (ninoc) com FMA indígenas, aos 60 dias após a emergência.....	39
5. Colonização micorrizica dos genótipos de milho, inoculados (inoc) e não inoculados (ninoc) com FMA indígenas, aos 60 dias após a emergência (DAE).....	42



LISTA DE FIGURAS

Figuras.....	Página
1. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena para altura da planta de milho dos genótipos tractor, condá e sol da manhã aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).....	33
2. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena para altura da planta de milho dos genótipos piranão VD 2, híbrido simples e F0, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).....	34
3. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena para altura da planta de milho dos genótipos D 1, F8 BT, D 7 BT, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).....	35
4. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena para diâmetro da planta de milho dos genótipos híbrido duplo, condá e sol da manhã aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).....	36
5. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena para diâmetro da planta de milho dos genótipos Piranão, Ag 9010 e F0, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).....	37
6. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena para diâmetro da planta de milho dos genótipos D 1, F8 BT, D 7 BT, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).....	38
7. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos da comunidade indígena na produção de matéria seca de parte aérea e raiz, de genótipos de milho, aos 60 dias após a emergência (DAE).....	40



8. Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena no ganho de matéria seca (%) da parte aérea e raiz e na dependência micorrízica (%) para os genótipos de milho..... 44
9. Efeitos da diluição do solo na colonização micorrízica de raízes de milho do genótipo tractor..... 45



RESUMO

O milho (*Zea mays* L.) em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo, constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. O presente estudo teve objetivo avaliar 9 genótipos de milho, dos quais 02 foram desenvolvidos para as condições de cerrado, 02 parentais e 05 comerciais, quanto à colonização por fungos micorrízicos arbusculares (FMA) da comunidade indígena e seus efeitos no crescimento vegetativo das plantas e determinar o potencial micorrízico do solo. Os estudos foram desenvolvidos e conduzidos em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Biologia, UNESP/Câmpus de Ilha Solteira, SP. O solo, do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, foi coletado de uma área originalmente caracterizado como cerrado "*sensu stricto*", mas atualmente ocupada por pastagem parcialmente degradada. O solo foi misturado com areia de rio lavada (4:1), fumigado com brometo de metila e posteriormente adubado para permitir o desenvolvimento das plantas



até a floração. O modelo experimental foi split-plot, onde a colonização micorrízica foi considerada parcela e genótipos as subparcelas, com 10 repetições por tratamento e 1 planta por repetição, sendo 10 sacos não inoculados e 10 sacos inoculados com cerca de 300 esporos de fungos micorrízicos arbusculares coletados da comunidade indígena desta área de pastagem. Para avaliar a influência dos fungos micorrízicos no crescimento vegetativo, as plantas foram mantidas por 80 dias em casa de vegetação, sendo que a cada 15 dias, e a partir da semeadura, foram realizadas avaliações da altura da planta, usando como parâmetro a folha mais desenvolvida (cm), e diâmetro do caule (cm). Ao término do experimento, as raízes e a parte aérea foram coletadas para a obtenção do peso da matéria seca. Para avaliar o potencial de inóculo dos FMA foi empregada a técnica do número mais provável. Para cada tratamento foi empregada 6 repetições e o experimento foi conduzido por 90 dias. Após este período, as raízes foram coletadas e avaliadas para porcentagem de colonização por FMA. O grau de dependência micorrízica dos materiais testados foi calculado pela diferença entre a biomassa da parte aérea das plantas inoculadas e das não inoculadas, e foi representada pela porcentagem da biomassa seca das plantas inoculadas. Apesar de não terem sido detectadas diferenças significativas para altura de planta, diâmetro de caule e peso de matéria seca para as raízes e parte aérea, foi possível observar no comportamento dos genótipos para todos os parâmetros avaliados, quando comparados com genótipos não inoculados com fungos micorrízicos arbusculares. Para a altura da planta foi possível detectar ganhos de até 18,19% (genótipo D7 BT). A infecção micorrízica também apresentou variações de porcentagem de colonização, com uma amplitude de 70,6% até 35,7% e média de 60% para a maioria dos genótipos.



SUMMARY

Corn (*Zea mays*), due to its productive potential, chemical composition and nutritious value, is one of the most important cultivated and consumed grains worldwide. The objectives of this study were to evaluate nine corn genotypes (two parental, two commercial and two developed for 'cerrado' conditions) for (a) colonization by wild arbuscular mycorrhizal fungi (AMF), (b) AMF effects on plant growth and (c) to determine the micorrhyzal potential of the soil. Studies were conducted in greenhouse conditions, at the Department of Biology, UNESP, campus of Ilha Solteira, São Paulo State, Brazil. The soil, classified as a LATOSSOLO VERMELHO Distrófico (Oxisol), was sampled in an area originally characterized as a 'cerrado' *sensu stricto*, but today it is a partially degraded pasture. The soil was mixed with washed river sand (4:1), fumigated with methyl bromide and later fertilized to



allow for plant growth until flowering. The design was in a split-plot with micorrhizal colonization as the whole unit, and the genotypes as sub-unity, with 10 replications per treatment and one plant per replication. Ten bags were not inoculated and other 10 bags were inoculated with ca. 300 AMF spores collected from a wild communities collected from the pasture soil. To evaluate the influence of the AMF on the vegetative growth of corn, plants were kept for 80 d in a greenhouse, and every 15 d after seeding the plant height (considering the most developed leaf) and stem diameter were measured. At the end of the experiment, root and canopy portions were weighed for dry matter. The AMF inoculum potential was assessed by the most probable number technique; with six replications in each treatment. The experiment lasted 90 d, after which roots were examined and evaluated for %AMF infection. The degree of mycorrhizal dependency with the genotypes was calculated by the difference of canopy biomass between inoculated and non-inoculated plants, and expressed as the percentage of dry biomass of the inoculated plants. There were no statistically significant differences for plant height, stem diameter and weight of dry matter for root and canopy portions. However, there were differences among genotypes for all measured parameters, when considering inoculated versus non-inoculated plants. There was an increase of up to 18.19% in plant height for the 'cerrado' genotype D7 BT. The mycorrhizal colonization rate varied, with an amplitude of 35.7% to 70.6% (average of 60% for the majority of the genotypes).



1. INTRODUÇÃO

A crescente preocupação com a degradação do meio ambiente e a consciência da necessidade de racionalização do uso dos recursos naturais deram novo enfoque à agricultura, onde ecologia e sustentabilidade são as palavras de ordem.

Os efeitos benéficos das associações micorrízicas sobre o crescimento de plantas, ciclagem de nutrientes e estruturação do solo estão amplamente demonstrados. Os fungos formadores de micorriza, da ordem *Glomales*, a qual compreende exclusivamente os fungos micorrízicos arbusculares (FMAs), são especialmente importantes para as regiões tropicais, pois potencializam a absorção de fósforo dos solos, especialmente em regiões cujas características predominantes do solo são os baixos teores de nutrientes e alta capacidade de fixação de fosfatos.

O milho é um alimento de considerável importância para milhões de pessoas, sendo que na América do Sul, Ásia e África muitas vezes representa a



principal fonte alimentar, fornecendo 15% da proteína e 19% das calorias produzidas pelas culturas alimentares. Convém ressaltar que mais de 80% da produção de milho no Brasil é oriunda de regiões com algum tipo de estresse ambiental, onde mais de 70% dessa produção é realizada por pequenos e médios agricultores, envolvendo uma área superior a 3 milhões de hectares na América do Sul (Pandey et al., 1995). O potencial de utilização da cultura do milho associado à micorriza tem sido objeto de vários estudos, porém, a influência de genótipos sobre essa associação tem sido pouco relatada.

Levando-se em consideração a necessidade de expansão da agricultura para áreas com solos de baixa fertilidade, o uso mais eficiente dos insumos, os poucos trabalhos relacionados ao melhoramento genético das plantas e o uso de alternativas biológicas para o incremento de insumos, o alto custo relativo à fertilização e a exaustão das fontes de matéria prima, o presente trabalho teve como objetivo avaliar genótipos de milho para colonização das raízes por FMAs da comunidade indígena e os efeitos desses FMA no crescimento vegetativo, além de determinar o potencial micorrízico do solo.



2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Degradação dos solos

De acordo com a visão do projeto de avaliação mundial da degradação do solo (GLSOD-Global Assesement of Soil Degration), pertencente ao Programa de Meio Ambiente das Nações Unidas, os fatores da degradação de solo são: desmatamento ou a remoção da vegetação para fins de agricultura, florestas comerciais, construção de estradas e urbanização e superpastejo da vegetação; atividades agrícolas, onde estão inseridas a ampla variedade de práticas agrícolas, como o uso insuficiente ou excessivo de fertilizantes; e a exploração intensiva da vegetação para fins domésticos, como combustível, cercas, etc., expondo o solo à ação dos agentes de erosão (Oldeman, 1994). De acordo com a mesma fonte, cerca de 15% do solo mundial ($1,966 \times 10^6$ ha) encontra-se de uma maneira ou de outra degradado.



Nas últimas décadas, sob pressão do crescimento demográfico, os solos agrícolas têm sido intensivamente explorados, com tecnologias cada vez mais baseadas no uso de máquinas e insumos agrícolas. Segundo Alvarenga & Souza (1995), a degradação do solo tem sido alvo de mais estudos, na medida que grandes áreas vão sendo incorporados ao processo produtivo, tanto em nível de produção, propriamente dita, quanto em nível de ampliação da infra-estrutura, tais como: aterros, barragens, estradas e conjuntos habitacionais, entre outros (Dias & Griffith, 1998).

O desmatamento e o mau gerenciamento dos processos agrícolas têm provocado a perda dos recursos genéticos da fauna e da flora terrestre e aquática, muitas vezes, ainda desconhecidos. O manejo inadequado do solo tem causado a sua compactação, a diminuição dos microrganismos, a perda da matéria orgânica e da fertilidade. Como consequência, observa-se o aumento dos processos erosivos, perda da fertilidade, produtividade e ocorrência de contaminação ambiental (Alvarenga & Souza, 1995).

O Brasil, bem como outros países da América tropical, possui uma grande área de solos extremamente lixiviados, ácidos e distróficos, como os solos sob vegetação de cerrado, que ocupam uma área de aproximadamente 1,8 milhões de km^2 . Infelizmente a quantificação da extensão de solos degradados no Brasil é, ainda, muito precária (Schwan, 1984).

O cerrado constitui-se uma das poucas áreas restantes no mundo, ainda pouco utilizada, mas com um grande potencial para a produção agrossilvipastoril. No entanto, por centenas de anos, devido à grande distância dos



centros mais populosos no litoral do país e inexistência de infra - estrutura, o cerrado foi utilizado apenas para atividades extrativistas e para a produção pecuária extensiva, contando apenas com as pastagens nativas de baixa capacidade de suporte animal (Dias & Griffith, 1998).

2.2. Degradação das pastagens

As pastagens constituem sistemas complexos formados pelos componentes solo-planta-animal, os quais estão sujeitos à modificações antrópicas através do seu manejo. A maioria das pastagens cultivadas do mundo foram estabelecidas após a derrubada e queima da floresta natural (Hynes & Williams, 1993). No Brasil, a exploração ocorreu inicialmente em áreas onde a fertilidade do solo era mais elevada em substituição às culturas de café abandonadas e cana-de-açúcar na Mata Atlântica. Porém, fatores como a pressão sobre o uso da terra próximo aos grandes centros, 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, Rao et al., 1996, Resck, 1996) e na Amazônia (Veiga & Serrão, 1987), principalmente nas últimas três décadas. Assim, encontram-se pastagens estabelecidas em diferentes regiões fisionômicas, ocupadas anteriormente por campos nativos, cerrados ou florestas (Corsi & Martha Júnior, 1997).

Estima-se que o Brasil conta, atualmente, com cerca de 100 milhões de hectares de pastagens cultivadas, das quais mais de 60% são espécies de



Brachiaria (Carvalho et al., 1991, Rao et al., 1996, Zimmer et al., 1994), a qual destaca-se pela sua relativa adaptação a solos de baixa fertilidade (Botrel et al., 1990, Rao et al., 1996), favorecendo assim a sua disseminação.

A qualidade de qualquer solo depende da sua natureza, que é função dos fatores de formação e da interferência antrópica relacionada ao seu uso e manejo. O conceito de sustentabilidade implica na passagem do tempo, ao longo do qual o solo pode ser sustentável, e na sua habilidade para funcionar como um componente viável do sistema e produzir alimentos, degradado ou até mesmo melhorado. A avaliação da qualidade do solo requer um mínimo de informações, compreendendo a medida de vários atributos físicos, químicos e biológicos (Gregorich et al., 1994).

Certamente que a conversão da vegetação nativa em pastagens provoca a ruptura do estado de equilíbrio original, cujas modificações recaem principalmente sobre um dos componentes do sistema, o solo, em função da nova cobertura vegetal e da presença do animal pastejando (Hynes & Willians, 1993).

O quadro evolutivo do processo de degradação de uma pastagem, de acordo com Barcellos (1990) e Spain & Gualderon (1991), tem como consequência: 1) redução da produção e qualidade da forragem; 2) diminuição na cobertura do solo pela pastagem e reduzido número de plantas novas oriundas de ressemeadura natural; 3) aparecimento de espécies invasoras, com processos de competição, e erosão pela ação da chuva; 4) grande proporção de invasoras e colonização da área por gramíneas nativas e processos erosivos acelerados.

As áreas com pastagem degradadas atingem grandes dimensões em várias regiões do Brasil (Barcellos, 1990; Boddey et al., 1996; Soares Filho et al., 1992; Veiga & Serrão, 1987). Nas áreas de cerrado, segundo Macedo (1995), existem aproximadamente 50 milhões de hectares com pastagens artificiais, sendo que cerca de 85% são espécies de *Brachiaria* e mais de 50% já atingem algum grau de degradação. Apesar da baixa fertilidade natural na maioria desses solos, as pastagens apresentam-se produtivas nos primeiros anos de seu estabelecimento, reduzindo rapidamente a produção após 4 a 10 anos de uso, sendo que o efeito é mais acelerado em solos mais arenosos (Spain et al., 1996).

Ao contrário das pastagens produtivas e bem manejadas, as áreas com pastagens degradadas têm, decididamente, um impacto negativo sobre o meio ambiente em escala local e regional. Além dos reflexos econômicos, com a perda de produtividade e da qualidade da forrageira, têm-se ainda consequências ecológicas assinaladas, principalmente, pela degradação física, química e biológica do solo. Em regiões onde a pressão sobre o uso da terra é reduzida, a exploração pecuária é a atividade pioneira e está alicerçada no uso mínimo de insumos e a rápida degradação das pastagens provoca o abandono da área (Alvim, 1982; Serrão & Romama, 1982). Nestes casos, novas áreas são incorporadas ao processo produtivo através do procedimento habitual de derrubada e queima da floresta nativa, contribuindo para a redução das reservas florestais e aumento da emissão de CO₂ para a atmosfera.

Dessa forma, os estudos sobre as causas de degradação das pastagens e a eficiência das estratégias de recuperação tem despertado grande interesse, tanto por razões econômicas como por questões ambientais.



A degradação de pastagens pode ser causada por vários fatores como mau estabelecimento, manejo inadequado, pragas e doenças, compactação e queda da fertilidade do solo (Nascimento et al., 1994, Spain & Gualderon, 1991, Zimmer et al., 1994).

As causas de degradação de pastagens em áreas de cerrado podem ser resumidas em: a) deficiência de nitrogênio após dois a três 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; b) imobilização de fósforo e enxofre nessa mesma matéria orgânica, causando deficiência desses nutrientes; c) falta de adubação de manutenção; d) aumento da incidência de pragas, doenças e plantas invasoras; e) dificuldades no estabelecimento de leguminosas nas pastagens de gramíneas; f) super pastoreio e compactação pelo pisoteio animal (Spain et al., 1996).

A deficiência de fósforo é citada como a causa primária da degradação das pastagens em condições edáficas semelhantes à da região Amazônica (Dias & Serrão, 1987, Paulino et al., 1994, Veiga & Serrão, 1987).

O processo de ocupação dos cerrados deu-se de forma desordenada, onde os sistemas produtivos não foram caracterizados por um modelo técnico – econômico, não contemplando assim, de forma criteriosa, os aspectos ambientais, trazendo consequências negativas para a preservação dos recursos naturais.

Os efeitos benéficos dos FMAs têm sido repetidamente demonstrados nas mais variadas condições e espécies vegetais. Paralelamente, tem-se

desviado grande atenção para os processos fisiológicos envolvidos, na tentativa de esclarecer os mecanismos responsáveis pelos efeitos da simbiose sobre o crescimento e nutrição da planta (Silveira, 1992).

2.3. A cultura do milho

O milho *Zea mays* L. em função de seu potencial produtivo, composição química e valor nutritivo constitui-se em um dos mais importantes cereais cultivados e consumidos no mundo. Devido à sua multiplicidade de aplicações, quer na alimentação humana quer na alimentação animal, assume relevante papel socioeconômico, além de constituir-se em indispensável matéria prima impulsionadora de diversificados complexos agro-industriais. Comparando-se o milho a outras espécies cultivadas, avanços significativos nas mais diversas áreas do conhecimento agrônomo vêm sendo realizados para a cultura, nas áreas concernentes à ecologia e etnobiologia, propiciando melhor compreensão de suas relações com o meio e o homem. Tais interações mostram-se fundamentais para o exercício da previsão de comportamento da planta quando submetida a estímulos e ações negativos advindos da atuação de agentes bióticos e abióticos no sistema produtivo (Fancelli & Dourado Neto, 2000).

Quanto a base genética, as cultivares são agrupadas em variedades e híbridos (intervarietal, simples, simples modificado, duplo e triplo). Uma variedade de milho é constituída de um conjunto de plantas com características mais ou menos comuns (alturas de plantas e espigas, tipos de plantas, de espigas e de grãos, etc.) mas que diferem entre si em grande número de alelos e, portanto, apresentam uma



adaptação mais ampla. Porém, são menos uniformes e produtivas que os híbridos (Teixeira et al., 1997).

Os híbridos são obtidos através de cruzamentos controlados entre variedades ou linhagens, visando um aumento do vigor e da produtividade. Com relação aos híbridos de linhagens, a medida em que o número de linhagens envolvidas para a formação do híbrido torna-se maior, a uniformidade de plantas e espigas diminui e a capacidade de adaptação às condições adversas aumentam. Assim, entre os híbridos de linhagem o simples é o que apresenta maior uniformidade de características agrônômicas e maior susceptibilidade às condições adversas. O Tractor, entre os híbridos de linhagem é o que possui menor uniformidade, porém, possui maior capacidade de adaptação às condições adversas. Portanto, dependendo das condições climáticas prevalentes no local, e da possibilidade de ocorrência de estresses, deve-se fazer a escolha de qual base genética das cultivares é mais interessante ser utilizada (Teixeira et al., 1997).

A maioria dos programas de melhoramento de plantas que visam aumentos de produção (também, outros que não os especificamente relacionados a nutrição de plantas) utilizam altos níveis de fertilizantes. Nestas condições a colonização por microrganismos economizadores de nutrientes e seus efeitos nos hospedeiros são mínimos ou antagônicos, geralmente não sendo considerados ou monitorados (Pereira, 1995).

O material melhorado torna-se portanto excelente produtor de fotossintatos, apresentando crescimento inicial vigoroso. Porém descarta-se a possibilidade de se identificar genótipos que obtenham rápida infecção e colonização, sendo a resposta positiva anulada ou ignorada (Krishma et al., 1985).



Populações em milho denominadas de crioulo caracterizam-se pela utilização de poucos insumos e pela forma doméstica como são selecionados, isto é, manualmente e à partir dos melhores exemplares da última colheita, os quais são separados para o próximo plantio, escolhendo-se a forma, o tamanho e cor. Considerando-se os ditos crioulos como plantas domesticadas, espera-se respostas diferenciadas das novas variedades com alta produção em resposta à fertilização, irrigação e práticas agrícolas (Gavito & Varela, 1995).

Faz-se necessário o conhecimento do potencial de utilização de microrganismos como as micorrizas, no desenvolvimento e nutrição mineral das plantas, o que precisa ser considerado nos programas de melhoramento para maximizar a eficiência de utilização de nutrientes em culturas que demonstrem variabilidade na colonização ou na resposta à infecção. Isso se torna ainda mais importante quando o objetivo for a obtenção de cultivares mais rústicas, para agricultores de baixa tecnologia.

2.4. Fungos micorrízicos arbusculares (FMA)

As associações entre raízes e determinados fungos do solo são denominadas de micorriza e ocorrem na maioria das espécies vegetais superiores. O termo micorriza foi inicialmente proposto por Frank em 1855, originando-se do grego, onde “mico” significa fungo e “riza”, raiz. As micorrizas são de ocorrência generalizada e resultantes da união orgânica entre as raízes e o micélio de fungos, um órgão morfológicamente independente, gerando dependência fisiológica íntima e recíproca, entre eles. A colonização das raízes pelos fungos resulta em micélio



abundante na rizosfera, o qual favorece a absorção de nutrientes do solo (Siqueira & Franco, 1988).

As micorrizas arbusculares (MA) são associações mutualísticas entre as raízes da maioria das plantas e os fungos da ordem *Glomales* (Zigomicetos). Além do crescimento intercelular, típico de ecto e de endomicorrizas, o processo de colonização das raízes pelos FMA é caracterizado pelo crescimento intracelular das hifas no tecido cortical e pela diferenciação de hifas intracelulares terminais em estruturas efêmeras semelhantes a haustórios, chamados arbúsculos (Bonfante-Fasolo, 1984). As endomicorrizas são caracterizadas pela ausência de modificações morfológicas nas raízes e são de ocorrência muito generalizada (Siqueira & Franco, 1988).

A colonização de uma planta micotrófica ocorre a partir de propágulos infectivos presentes no meio de crescimento do vegetal. Estes podem provir de esporos, micélio externo e/ou interno (raízes infectadas contendo vesículas ou clamidosporos). Na superfície da raiz ocorre o processo de infecção propriamente dito, através da diferenciação da hifa infectiva em apressório, e penetração por combinação de pressão mecânica e degradação enzimática parcial da parede celular vegetal (Lambais, 1996). A colonização intracelular é caracterizada pela invaginação da membrana plasmática vegetal e síntese de interfaces características (Bonfante & Perotto, 1995).

Para que ocorra a simbiose micorrízica é necessário que haja colonização das raízes pelos propágulos do fungo micorrízico no solo, levando os simbiossiontes a estabelecerem uma estreita sintonia morfológica, fisiológica, bioquímica e funcional e que por sua vez, são regulados pelo genótipo do fungo e da



planta, bem como por condições ambientais, como exsudados radiculares, interferência de outros microrganismos, quantidade de inóculo e fatores abióticos como cultivo do solo, fertilidade, regime hídrico, uso de pesticidas, manejo do solo e concentração de metais pesados no solo (Siqueira, 1994, Siqueira & Franco, 1988).

A ocorrência generalizada de fungos micorrízicos em plantas sugere um papel de relevância dos mesmos para as plantas em si e para as comunidades vegetais. Ao enfocar o significado ecológico das associações micorrízicas para as comunidades vegetais, Baylis (1975), Malloch et al. (1980) e Janos (1980) comentam sobre a vantagem nutricional às plantas advinda da associação com os fungos. Espécies com sistema radicular extremamente ramificado dependem menos dos FMA para a absorção de nutrientes, mesmo em solos muito deficientes (Baylis, 1975).

Para o estabelecimento da simbiose é necessário, principalmente, uma alta densidade de inóculo presente no solo. Segundo Wilson (1984), com o aumento do nível de inóculo, a colonização será mais rápida e o comprimento de raiz colonizada aumenta. A colonização geralmente é favorecida em sistemas de cultivo pouco perturbados, em solos de baixa fertilidade (Smith & Read, 1997) e em solos com níveis de fósforo disponíveis em torno de $12\mu\text{g}$ por g de solo (Siqueira & Saggin Júnior, 1995), mas é reduzida com condições diferentes destas, havendo a necessidade de elevar a densidade de propágulos e/ou maximizar a atividade dos presentes no solo.

Várias metodologias vem sendo empregadas para avaliação da ocorrência dos FMAs e incluem: extração e contagem de esporos (Gerdemann & Nicolson, 1963), taxa e comprimento de raízes colonizadas (Giovannetti & Mosse,



1980), estimativa da densidade de propágulos infectivos (esporos, hifas e raízes colonizadas) presentes no solo, utilizando a técnica do número mais provável (NMP; Porter, 1979).

A percentagem do comprimento de raízes colonizadas ou a percentagem de raízes colonizadas, são tradicionalmente utilizados como método de avaliação da micorrização (Schwab et al., 1991), embora não seja uma característica consistente quando correlacionado com outros valores (Vierheilig & Ocampo, 1991). As maiores críticas feitas aos métodos mais utilizados, devem-se ao fato de que esta medição depende de ambos, do fungo e da taxa de crescimento das raízes (Schwab et al., 1991) e mais do fato de ser uma avaliação pontual, normalmente feita em uma única época e pela destruição das plantas. Outras considerações a serem feitas é o tempo em que os segmentos de raízes se mantêm infectados (Buwalda et al., 1982) e a flutuação destas taxas.

Um perfeito entendimento da ecologia das espécies de FMAs é necessário para um melhor aproveitamento desta simbiose, principalmente em sistemas agrícolas de baixo uso de insumos (Dodd & Jeffries, 1986; Siqueira & Saggin Júnior, 1995).

Os benefícios advindos das associações micorrízicas são dependentes das interações entre o sistema radicular da planta hospedeira com fungos em determinadas condições edafoclimáticas. Assim, em um determinado local (solo) pode ocorrer uma população de FMA nativos com endófitos eficientes ou não a um determinado hospedeiro.

Respostas à inoculação ocorrem quando a população nativa é ineficiente e/ou o potencial de inóculo seja baixo (Abbott & Robson, 1982). Como



foi mostrado nos locais onde ocorria uma população de FMA efetiva e com alto potencial de inóculo, não havia resposta a inoculação com *Glomus manihotis*, mesmo quando foram utilizadas diferentes fontes e níveis de material de inóculo. A inoculação com fungos desta espécie em outro local onde o potencial de inóculo era baixo e a população era composta por espécies ineficientes, a inoculação promoveu um significativo aumento na produtividade da mandioca até um nível intermediário de 100 kg de P por hectare (Howeler & Sieverding, 1983).

O conhecimento da densidade de propágulos infectivos, capacidade infectiva e efetividade dos FMA nativos é fundamental para o desenvolvimento de estudos sobre ecologia e manejo destes fungos, bem como para auxiliar na introdução de fungos exóticos ao sistema, quando for necessário (Abbott & Robson, 1991).

O desenvolvimento e a propagação das hifas externas depende principalmente do tipo de solo, do hospedeiro e do fungo. O micélio externo liga-se ao micélio intraradical podendo haver correlação entre a sua quantidade e a taxa de colonização da raiz (Tinker, 1975).

Os FMA são de ocorrência generalizada nos ecossistemas, sendo, geralmente, encontrados em todo solo, mas não em quantidade suficiente para garantir a colonização nos estádios iniciais das culturas anuais e, assim, beneficiá-las, o que de fato apresenta enorme potencial para o desenvolvimento das mudas. Embora existam práticas agronômicas para manejar os FMAs, as respostas ao manejo dos fungos indígenas são imprevisíveis (Romero, 1999).

O fósforo é um elemento essencial às plantas e tem funções na maioria dos processos metabólicos dos vegetais. Nos solos tropicais e subtropicais, a

maior parte do fósforo encontra-se em formas pouco disponíveis às plantas, fator que freqüentemente tem limitado a produção das culturas, tornando a agricultura, praticamente, dependente de adições de fertilizantes fosfatados (Tsai & Rosseto, 1992).

Plantas micorrizadas apresentam um aumento na absorção de fontes de P pouco solúveis como os fosfatos de ferro e alumínio e rochas fosfatadas, possivelmente, pelo deslocamento do equilíbrio das reações de fixação de fósforo. A maior eficiência na absorção de fósforo por plantas micorrizadas se deve, basicamente, a exploração de um volume maior de solo e ao movimento de fósforo mais rápido nas hifas fúngicas do que no solo (Bolan, 1991).

2.5. Efeitos dos FMA no crescimento da planta

A micorriza, na maioria dos casos, estimula o crescimento vegetal, como uma consequência de seu efeito sobre a nutrição mineral da planta, principalmente, no aumento da absorção de fósforo. A simbiose não só aumenta a biomassa vegetal como, também, influencia a proporção na qual esta se distribui entre a parte aérea e a raiz. Assim a relação peso da matéria seca da parte aérea/peso da matéria seca da raiz é, em geral, mais elevada em plantas micorrizadas (Silveira, 1992).

Em algumas condições, entretanto, observam-se efeitos negativos da micorriza. Nesse caso pode ocorrer depressão no crescimento da planta, pois o fungo passa a se comportar como parasita, provavelmente em consequência de: competição entre planta e fungo por fotossintatos nos estágios iniciais da infecção;



condições sub-ótimas para fotossíntese quanto à intensidade e qualidade luminosa e temperatura; concentrações supra-ótimas de fósforo nos tecidos vegetais; e grande disponibilidade de fósforo no substrato (Smith, 1980).

O fósforo é o mais importante nutriente envolvido na resposta de crescimento das plantas micorrizadas (Tinker, 1975, Rhodes & Gerdemann, 1980). Experimentos em casa de vegetação têm demonstrado que a aplicação de fósforo no solo diminui a colonização das raízes e a produção de esporos por fungos micorrizicos (FMA), e a aplicação de nutrientes sem fósforo, geralmente, aumentam a esporulação (Douds & Schenck, 1990) e a colonização de raízes (Hepper, 1983). Efeitos semelhantes foram obtidos em milho e soja por Douds et al. (1993).

Jasper et al. (1991) conduziram experimento na Austrália, para determinar a capacidade infectiva de micorrizas arbusculares em três solos degradados e com diferentes tipos de vegetação nativa. Os solos oriundos dos diferentes tipos de gramas apresentaram entre 10 a 25 vezes mais propágulos infectivos do que os solos da floresta nativa e da área degradada. Nos solos sob diferentes tipos de gramas existia alto número de propágulos, visto que nas diluições até 60%, a infectividade permaneceu praticamente inalterada. A taxa de redução da colonização das plantas utilizadas no bioensaio, ao longo da diluição, foi menor do que a taxa de diluição dos solos, o que indicou que, mesmo perturbados, estes solos possuíam elevada densidade de propágulos antes da diluição. A conclusão dos autores foi de que o alto número de propágulos, como hifas e esporos, em solos onde gramas crescem, garante que a infectividade possa ser mantida durante uma perturbação, enquanto que nos solos da floresta nativa e da área degradada a perturbação pode limitar a formação de novas associações com os FMAs.



Gavito & Varela (1995) testaram os efeitos da inoculação de *Glomus mosseae*, *Acaulospora bireticulata* e uma população nativa de FMAs no crescimento de milho “criolo” (*Zea mays* L.). Os testes foram conduzidos em casa-de-vegetação, utilizando-se três níveis de fósforo. Os resultados indicaram diferenças significativas entre os tratamentos e o peso de matéria seca foi maior no tratamento sem adição de fósforo. Para o nível de 40 kg/ha de P_2O_5 , os tratamentos controle, inoculado com *Acaulospora bireticulata* e fungos nativos produziram a mesma quantidade de matéria seca, ficando inferior à produzida por plantas inoculadas com *Glomus mosseae*. Quando se utilizou 80 kg/ha de P_2O_5 , o tratamento controle e os inoculados com *Acaulospora bireticulata* e os com fungos nativos produziram uma quantidade semelhante de matéria seca.

Comparando a distribuição vertical de fungos micorrízicos, hifas extraradiculares e esporos na profundidade de 0-25 cm, na cultura do milho, em solo cultivado tradicionalmente e em solo não cultivado, Kabir et al. (1998) verificaram que a colonização das raízes, a densidade total de hifas e a densidade de esporos foram correlatas, e foram altas na profundidade de 0-15cm.

Em estudos com milho, utilizando-se 100 a 120 esporos de *Glomus etunicatum* por kg de solo, adubado com 3 mg fósforo, Pacovsky (1989) observou que a concentração de fósforo nas folhas e a produção de matéria seca não diferiram, e a concentração de fósforo nas raízes das plantas micorrizadas foi menor.

Flores-Aylas (1999), estudando *Glomus etunicatum* e doses de fósforo no desenvolvimento inicial de sete espécies arbóreas: fedegoso (*Senna macranthera*), mutamba (*Guazuma ulmifolia*), cassia verrugosa (*Senna multijuga*), gravitinga (*Solanum garamuloso-leprosum*), aroeira (*Schinus terebentifolius*) e trema



(*Trema micrantha*), em semeadura direta, verificou que a altura de planta, diâmetro de caule, área foliar, produção de massa seca da parte aérea e raiz, foi superior nas espécies micorrizadas, na dose de $P < 0,02 \text{ mg/L-1}$. No nível de $0,02 \text{ mg/L-1}$ o teor de P aumentou na parte aérea, exceto para a *Trema micrantha* com micorrização. O teor de potássio não foi influenciado pela micorrização.

Estudando a importância dos fungos micorrízicos arbusculares no processo de transferência de nitrogênio das plantas de feijão para o milho, utilizando isótopo ^{15}N , Cruz & Martins (1997) verificaram que a presença do fungo proporcionou maior resposta na produção de matéria seca e no conteúdo de P em todos os tratamentos e ^{15}N apenas no tratamento em que não havia sem tela, para parte aérea das plantas de milho. O fungo micorrízico atuou no processo de transferência de ^{15}N entre plantas.

Gavito & Varela (1993) comparando a interferência de fungos micorrízicos no desenvolvimento de quatro variedades de milho, nas diferentes estações do ano (início, meio e fim da estação chuvosa e início da estação seca) no México, avaliaram o número de esporos e a percentagem de infecção, relacionando esses dados obtidos com algumas características agrônômicas, como propriedades dos solos e o ciclo das plantas. Verificaram que a colonização foi mais intensa nos primeiros dois meses de crescimento das plantas, tendo um desenvolvimento de micélio interno nas raízes muito abundante. O desenvolvimento de arbúsculos e vesículas predominaram entre o segundo e o quarto mês, no período de crescimento máximo das plantas e no florescimento. A maior esporulação ocorreu no quinto e sexto mês, quando as plantas já estavam bem desenvolvidas.



Quintero et al. (1993), trabalhando com milho, encontraram diferenças significativas no peso da matéria seca entre híbrido e nativo. Milho nativo respondeu mais eficientemente à inoculação com FMA que o híbrido. Os efeitos de diferentes endófitos foram mais importante que a intensidade de colonização nas respostas do hospedeiro.

Krishma et al. (1985) obtiveram resultados opostos e sugeriram que diferenças genótípicas na colonização micorrízica e sua distribuição foram dependentes do genótipo do milheto, e levaram à respostas diferenciadas no crescimento da planta e na resposta à maior disponibilidade de fósforo e inoculação. Eles demonstraram que genótipos de milheto apresentam diferenças na micorrização quando expostos a inoculação com um único fungo ou mistura, e ainda sugerem que a seleção de genótipos para rápida e extensiva colonização deve ser considerados nos programas de melhoramento. O genótipo 5912 obteve máxima resposta (maior dependência micorrízica) e acumulou menor quantidade de massa seca quando não inoculado. A percentagem de colonização variou entre os parentais e progênes, sugerindo diferença hereditária, o que possibilitou o melhoramento neste aspecto. Mais ainda, o fator para alta colonização é dominante quando se cruzam plantas de alta e baixa susceptibilidade (Krishma et al, 1985).

Toth et al. (1990) afirmaram que o controle genético exercido por diferentes espécies e variedades de ambos, a planta e o fungo, são provavelmente os mais importantes fatores a influenciar a micorrização. Os autores, trabalhando com milho em um ensaio que visava a obtenção de plantas melhoradas para resistência a fungos patogênicos, observaram que linhagens selecionadas para maior resistência obtinham menor colonização e maior sistema radicular. Sem determinar a sequência

causa-efeito, eles asseguraram que independente da causa, o programa de melhoramento para resistência a doença influenciou a capacidade das plantas de milho em formarem micorrizas.

Diferenças marcantes foram encontradas por Tewari et al. (1993) quando trabalharam com genótipos de milheto inoculado com *G. caledonicum* e não inoculado. O genótipo HR-374 apresentou maior desenvolvimento da parte aérea e produção de matéria seca, independente da micorrização. Neste genótipo, a porcentagem de eficiência micorrízica e a colonização das raízes são também significativamente maiores. No genótipo PES-400, as raízes não micorrizadas apresentaram volume muito menores que as micorrizadas, assim como as taxas de colonização. Neste caso a eficiência micorrízica foi significativamente alta e o genótipo da planta influenciou a taxa de distribuição das micorrizas, parecendo que a demanda da planta hospedeira pode determinar, pelo menos parcialmente, a resposta induzida das micorrizas.

A maioria dos estudos envolvendo variação genética de plantas/fungos na colonização micorrízica, normalmente empregam plantas adultas e as comparações são feitas na época de máxima infecção ou não, dependendo da planta, não mencionando a história inicial da infecção (Smith et al., 1992).

Em estudos sobre o desenvolvimento de plantas de milho, a partir de sementes pre-germinadas, em vasos com substrato inoculado com *Glomus mosseae*, a concentração de fósforo e zinco encontrada, foi maior na parte aérea do que nas raízes. A maior aquisição de fósforo e zinco pelas plantas micorrizadas foi relacionada com o fato das hifas dos FMAs absorverem e translocarem mais nutrientes para as plantas (Kothari et al., 1990).



A colonização micorrízica em ciperáceas e gramíneas, em savanas naturais, degradadas e em processo de recuperação, em La Gran Sabana, na Venezuela foi estudada, sendo a mais alta frequência micorrízica e porcentagem de vesículas arbusculares encontrada na área de savana natural, quando comparada à área de savana degradada. Segundo os autores, este resultado pode ser explicado pelo fato da savana degradada possuir uma população de FMAs inferior à da savana natural, dado o processo de degradação que ali existe (Lovera & Cuenca, 1996).

As ligações entre a dependência micorrízica em diferentes concentrações de fósforo e genótipos de plantas de *Citrus* spp., inoculados com *Glomus intraradices* foram estabelecidas, e a dependência micorrízica foi maior para *Citrus aurantium*, que respondeu melhor em baixa concentração de fósforo, seguida de *Citrus volkameriana*, sendo que o genótipo *Poncirus trifoliata* teve uma maior dependência micorrízica quando estava em alta concentração de fósforo, diferindo dos outros genótipos (Grahm & Eissenstat, 1994).



3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local e solo

O experimento foi conduzido na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP, no município de Ilha Solteira-SP e no Laboratório de Microbiologia do Departamento de Biologia da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira.

O solo foi classificado como LATOSSOLO VERMELHO, por Demattê (1980) e atualizado de acordo com Embrapa (1999). As amostras foram retiradas de uma área originalmente sob cerrado *sensu stricto*, hoje ocupado com pastagem degradada, que recebeu a última calagem sem adubação química há quatro anos e está localizada na Fazenda de Ensino e Pesquisa da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, localizada no município de Selvíria-MS.

O solo coletado foi retirado da camada arável (0-20 cm), seco à sombra, peneirado (malha de 2 mm) e homogeneizado. Uma amostra composta foi enviada para o Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas do



Departamento de Ciência do Solo e Engenharia Rural da UNESP, Câmpus de Ilha Solteira, para análise segundo metodologia de Raij et al. (1987) e Embrapa (1997). As características químicas do solo utilizado encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características químicas do solo utilizado para o experimento, coletado em área de pastagem em Selvíria-MS.

pH	P	MO	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
CaCl ₂	mg/dm ³	g/dm ³	mmol _c /dm ³					-----%-----		
5,1	5	53	2,3	27	11	28	0	39,8	67,8	59

Baseando-se nestas informações foram aplicados nitrogênio, fósforo e potássio, nas formas de uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio, respectivamente. As doses empregadas foram calculadas seguindo as recomendações para a cultura do milho: 10 kg/ha de N, 50 kg/ha de P₂O₅ e 15 kg/ha de K₂O, (Raij et al., 1996), além do fator de correção para cultivos em vasos, e 1/5 desta recomendação foi aplicado.

3.2. Genótipos de milho estudados

Os genótipos de milho utilizados foram escolhidos por suas características quanto ao nível de melhoramento imposto para sua obtenção. As descrições dos genótipos encontram-se na Tabela 2.



Tabela 2. Descrições dos genótipos de milho estudados.

Genótipos	Descrições
Tractor	hibrido duplo comercial da empresa Novartis, de características rústicas, recomendado para média e baixa tecnologia
Condá	variedade comercial obtida pela Empresa de Pesquisa Agropecuária de Santa Catarina (EMPASC), para atendimento a pequenos produtores
Sol da Manhã	variedade comercial da EMBRAPA, recomendada para pequenos agricultores e regiões de baixa altitude
Piranão VD2	variedade comercial obtida na ESALQ/USP, caracterizada como de porte baixo devido homozigose para o gene “braquitico” e grão tipo dente
Ag 9010	hibrido simples hiperprecoce, recomendado para condições de alta tecnologia
FO	composto flintisa original (variedade), obtido na FEIS/UNESP, à partir de germoplasma de grãos duros
D1	composto dentado (variedade) com um ciclo de seleção em solo de cerrado, em condições de baixa tecnologia, para melhorar rendimento
F 8 BT	composto flintisa (variedade) após oito ciclos de seleção em solo de cerrado, em condições de baixa tecnologia, sendo sete ciclos para melhorar o rendimento e um ciclo para diminuir a altura da espiga
D 7 BT	composto dentado (variedade) com sete ciclos de seleção em solo de cerrado, em condições de baixa tecnologia, sendo seis ciclos para melhorar rendimento e um para diminuir altura da espiga

3.3. Solo de rizosfera utilizado para obtenção dos esporos dos FMA

O solo coletado e preparado, como anteriormente descrito, foi mantido em local fresco por 5 dias até seu uso.

Os esporos dos fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena foram obtidos do solo homogeneizado, do qual foram retiradas amostras para serem processadas segundo uma associação dos métodos de decantação e peneiramento úmido (Gerdemann & Nicolson, 1963) e de centrifugação e flutuação em sacarose (Jenkins, 1964) modificado, e efetuado o isolamento dos esporos e purificação.



Após a extração, os esporos foram contados em microscópio estereoscópio (40x), separados em lotes de aproximadamente 300 esporos, colocados em potes com tampas e mantidos refrigerados à temperatura de 5°C, onde permaneceram cerca de 10 dias até sua transferência para os sacos plásticos, em casa de vegetação.

3.4. Preparo do substrato e inoculação

O substrato foi composto de uma mistura de solo de pastagem (80%) e areia de rio lavada (20%).

Para desinfecção foi utilizado brometo de metila na dosagem de $263 \text{ cm}^3\text{m}^{-3}$ de substrato seco (Hungria et al., 1994). O substrato foi fumigado por três dias, ficando mais cinco dias descoberto para ventilação antes do uso.

A correção do substrato foi realizada através da adição de suplementos químicos, individualmente para cada saco plástico (3 kg), como anteriormente descrito.

Um dia antes da semeadura, o substrato foi molhado e para cada saco de cultivo, foram adicionados 100 mL de filtrado do solo peneirado e isento de propágulos de FMA, objetivando a equalização e reincorporação da microbiota do solo fumigado.

Para cada genótipo de milho, foram semeados 20 sacos, colocando-se 5 sementes na região central dos mesmos. Em 10 sacos foram adicionados também 20 mL de água destilada contendo aproximadamente 300 esporos de FMA, previamente separados. Cada saco constitui-se em uma parcela experimental.



O desbaste das plantas foi realizado aos 15 dias após a emergência (DAE), deixando-se apenas uma planta por saco plástico.

3.5. Potencial de inóculo

Para a avaliação do potencial de inóculo dos FMA, o solo coletado da área de pastagem degradada foi diluído em 90, 80, 70, 60, 50, 40, 30, 20 e 10%, utilizando-se uma mistura do solo da pastagem (80%) e areia lavada (20%) fumigado com brometo de metila. Os solos não diluídos (0% de diluição), o solo de pastagem degradada + areia (100% de diluição) e aqueles diluídos, foram colocados em sacos plásticos com 3 kg do substrato, com 6 repetições cada. Procedeu-se a semeadura do milho Tractor, colocando para cada saco 5 sementes. Posteriormente foi realizado desbaste aos 15 DAE, deixando apenas uma planta por vaso. Após 90 dias de crescimento as plantas foram retiradas dos sacos plásticos e suas raízes lavadas em água corrente. Reservou-se 1 g das raízes finas de cada planta, para serem posteriormente clarificadas, acidificadas e coradas, e a colonização micorrízica foi avaliada, conforme técnica descrita posteriormente.

3.6. Análise da altura das plantas e diâmetro do caule

Para a avaliação do crescimento vegetativo, os nove genótipos de milho permaneceram por 80 dias em casa de vegetação, no período de agosto a outubro de 2000. Foram realizadas, quinzenalmente, as medições de altura da planta (cm), tomando-se a distância entre o solo e a folha mais nova. O diâmetro do caule (cm), medido no nível do solo, foi obtido com auxílio de um paquímetro.



Após a última medição, as partes aérea e raízes foram colocadas em saco de papel etiquetado e secas em estufa com circulação forçada de ar, a 60°C, até peso constante, tendo-se em seguida, efetuada a pesagem em balança analítica.

3.7. Determinação da colonização micorrízica

As amostras de raízes coletadas foram acondicionadas em álcool 50%. Para a coloração, 1 g de raiz foi lavado com água corrente e colocado em KOH 10%, aquecidas à 90°C por 1 hora, seguida de acidificação com HCl 1% por 15 minutos, aquecida à 90°C.

Para a quantificação da colonização micorrízica, utilizou-se o método de coloração de raiz descrito por Phillips & Hayman (1970), seguido da determinação da porcentagem de colonização por um método descrito por Giovanetti & Mosse (1980).

A coloração foi realizada imergindo as raízes por 4 minutos em lactoglicerol mais azul de tripan 0,05%, aquecidas à 90°C e deixadas esfriar para posteriormente serem colocadas em solução de lactoglicerol para conservação.

3.8. Dependência micorrízica

A dependência micorrízica (Gerdemann, 1975) foi calculada pela razão entre a biomassa da parte aérea e raízes de plantas inoculadas e não inoculadas e foram expressas como porcentagem da biomassa seca de plantas e raízes inoculadas (Plenchette et al., 1983). Com base nas respostas das plantas inoculadas



para produção de matéria seca da parte aérea, as espécies foram arbitrariamente categorizadas em: altamente responsivas (resposta acima de 1000% sobre o controle), muito responsivas (resposta entre 500 a 999%), responsivas (resposta entre 100 a 499%), pouco responsivas (resposta entre 20 a 99%), não responsivas (resposta entre 19 a -19%) e depressivas (resposta abaixo de -20%) (Zangaro Filho, 1997).

3.9. Delineamento experimental

Foi utilizado o delineamento inteiramente ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, onde o fator micorrização foi a parcela e o fator genótipo a subparcela, com 10 repetições. Os dados foram transformados em $\log(x+10)$ para a análise e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.



4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Crescimento vegetativo

Os resultados das análises referentes às características altura e diâmetro das plantas inoculadas e não inoculadas com esporos de fungos micorrizicos da comunidade indígena, para as diferentes épocas de avaliação, estão na Tabela 3 e Figuras 1, 2, 3, 4, 5, 6.

Somente foram observadas diferenças estatísticas para altura e diâmetro das plantas entre os genótipos de milho na avaliação realizada aos 15 DAE. As diferenças foram verificadas tanto entre genótipos como entre os tratamentos inoculados e não inoculados com FMA da comunidade indígena. Para o tratamento não inoculado, as plantas do Tractor foram as mais altas e não diferiram do F0. Os demais genótipos que não diferiram estatisticamente entre si foram Condã, Piranão VD2, F8 BT, D7 BT, Sol da Manhã, D1 e Ag 9010.



Tabela 3- Efeito da inoculação (inoc) com esporos de fungos micorrízicos da comunidade indígena, na altura e diâmetro de plantas aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE), em nove genótipos de milho.

Genótipos	15 DAE			
	Altura (cm)		Diâmetro (cm)	
	n-inoc	inoc	n-inoc	inoc
Tractor	8,13 a A	5,28 b B	0,6020	0,9340
Condá	6,43 bc A	6,76 ab A	0,5450	0,5720
Sol da Manhã	5,21 c B	6,17 ab A	0,5510	0,1163
Piranão VD2	6,42 bc A	5,23 b B	0,5540	0,5310
Ag 9010	5,81 c B	6,98 a A	0,5060	0,5960
F 0	7,56 ab A	7,31 a A	0,6120	0,6320
D 1	5,09 c B	7,00 a A	0,5530	0,6160
F 8 BT	6,22 bc B	7,39 a A	0,5710	0,6330
D 7 BT	6,22 bc B	7,39 a A	0,5700	0,6330
Média	6,34	6,69	0,5637	0,5848
CV	2,49		0,21	
Genótipos	30 DAE			
	Altura (cm)		Diâmetro (cm)	
	n-inoc	inoc	n-inoc	inoc
Tractor	16,0999	14,1700	1,0698	1,1025
Condá	15,4000	15,8099	1,0360	1,0425
Sol da Manhã	14,6800	14,4900	1,1140	1,1112
Piranão VD2	14,6400	12,5700	1,0310	0,9670
Ag 9010	14,4500	15,3299	1,0050	0,9980
F 0	15,4600	14,4299	1,0660	1,0950
D 1	13,7000	14,4500	1,0570	1,0805
F 8 BT	14,7300	14,4400	1,1045	1,1090
D 7 BT	15,5100	15,4800	1,0785	1,0640
Média	14,9633	14,5744	1,0624	1,0633
CV	2,30		0,31	
Genótipos	45 DAE			
	Altura (cm)		Diâmetro (cm)	
	n-inoc	inoc	n-inoc	inoc
Tractor	25,8500	24,7200	1,4725	1,3890
Condá	25,6600	27,6200	1,2610	1,1985
Sol da Manhã	23,3700	23,2099	1,2490	1,1930
Piranão VD2	18,7899	19,2700	1,2915	1,4345
Ag 9010	24,2700	23,6300	1,1565	1,1675
F 0	24,4800	24,6699	1,1725	1,2300
D 1	22,2800	23,8599	1,1665	1,2700
F 8 BT	21,5100	22,5200	1,2770	1,2615
D 7 BT	22,5500	24,9600	1,2305	1,2265
Média	23,1955	23,8289	1,2530	1,2634
CV	3,51		0,55	
Genótipos	60 DAE			
	Altura (cm)		Diâmetro (cm)	
	n-inoc	inoc	n-inoc	inoc
Tractor	55,1900	56,2200	1,3845	1,4105
Condá	54,6499	58,3600	1,2685	1,2295
Sol da Manhã	56,2800	61,5099	1,2695	1,1810
Piranão VD2	33,4199	28,7800	1,4535	1,5835
Ag 9010	71,3099	75,5200	1,1055	1,1175
F 0	55,6800	57,2299	1,1780	1,2350
D 1	48,9110	50,0799	1,2233	1,2630
F 8 BT	42,0300	46,3100	1,3205	1,2905
D 7 BT	47,8200	56,5199	1,2215	1,2225
Média	51,6990	54,5032	1,2693	1,2814
CV	3,84		0,56	

Médias seguidas pela mesma letra (minúscula na coluna e maiúscula na linha) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

As diferenças dentro de genótipos inoculados com FMA indígenas também foram significativas. O Tractor e Piranão VD2 não diferiram entre si, apresentaram as menores taxas de desenvolvimento e não diferiram do Condá e Sol da Manhã, os quais não diferiram entre si ou dos demais genótipos (Tabela 3).

Até a fase dos 15 DAE também foi possível detectar diferenças estatísticas significativas entre as plantas inoculadas e não inoculadas, exceto para os genótipos Condá e F0. As plantas inoculadas foram as que apresentaram maior altura, exceto para Tractor. Para as demais épocas de avaliação de altura e diâmetro não foram verificadas diferenças estatísticas significativas tanto entre as plantas inoculadas ou entre as não inoculadas com FMAs indígenas, como entre genótipos para cada tratamento, como pode ser constatado na Tabela 3 e Figuras 2, 3, 4, 5 e 6.

As plantas dos genótipos avaliados apresentaram grande amplitude de resposta, embora estatisticamente não significativa quanto ao ganho de altura, quando foram feitas as comparações entre plantas inoculadas e não inoculadas, como pode ser conferido à seguir, pela ordem decrescente da resposta à micorrização: D7 BT (18,19%), F8 BT (10,18%), Sol da manhã (8,75%), Condá (6,78%), Ag 9010 (5,90%), F0 (12,78%), DI (2,38%), Tractor (1,86%) e Piranão VD2 (-13,88%) aos 60 DAE.

Os estudos de melhoramento deverão considerar, cada vez mais, características das micorrizas que possam influenciar na produção das plantas (Smith et al., 1992).



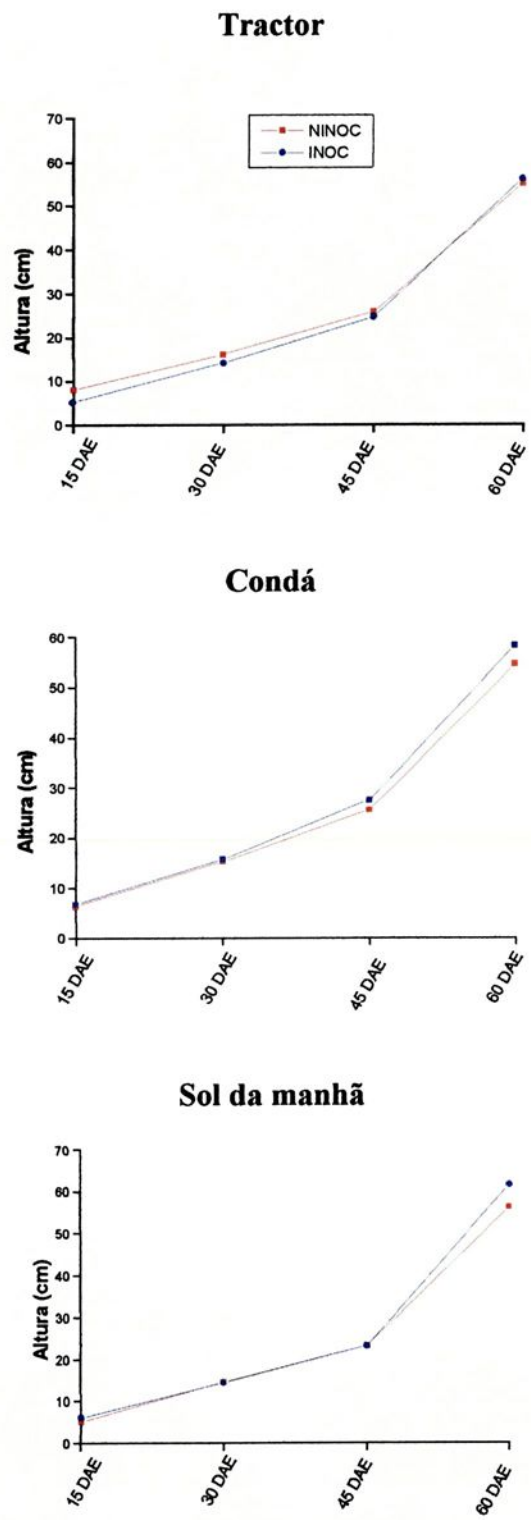


Figura 1 – Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena na altura da planta dos milhos Tractor, Condá e Sol da manhã, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).

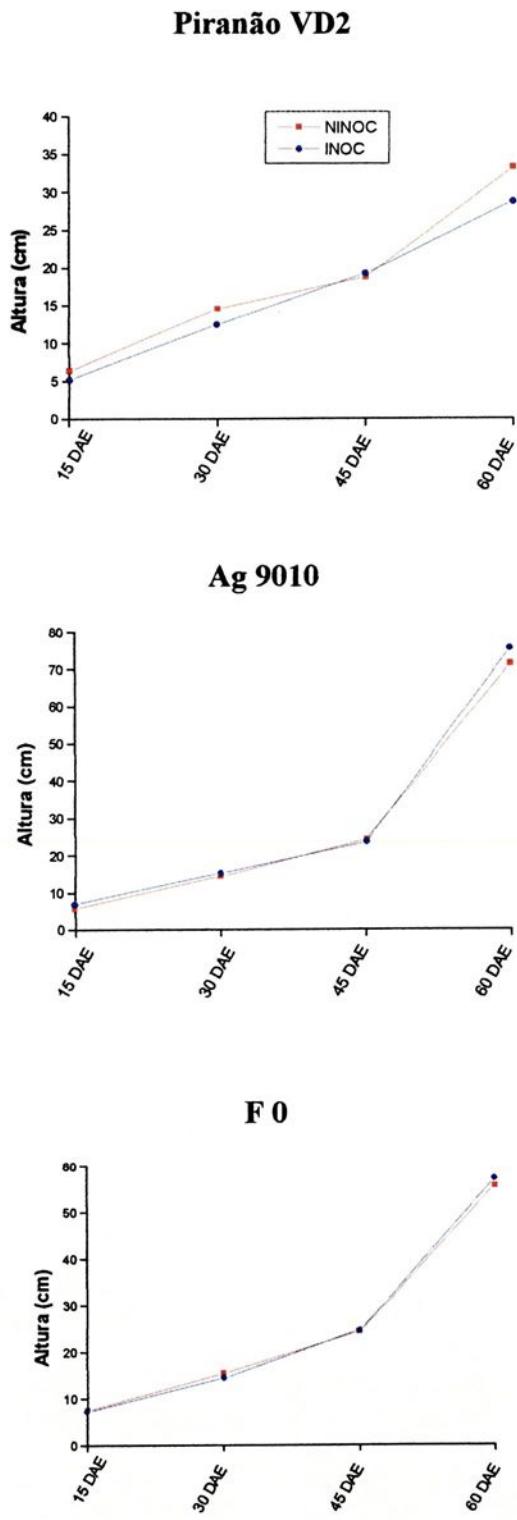


Figura 2 – Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena na altura da planta dos milhos Piranão VD2, Ag 9010 e F0, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).

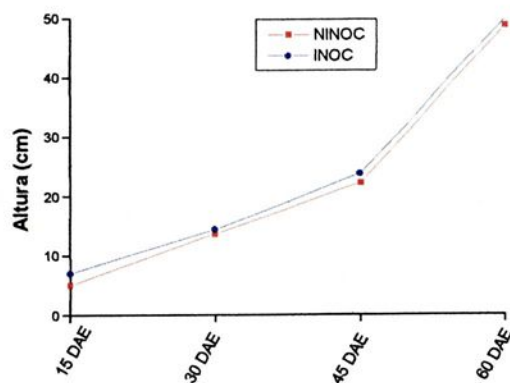
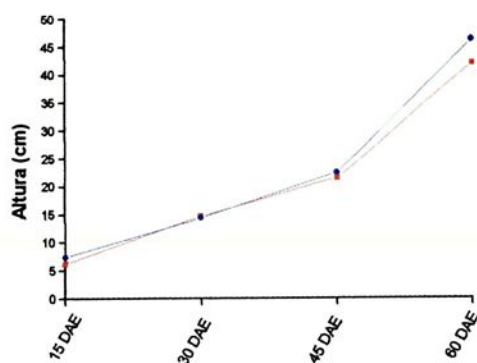
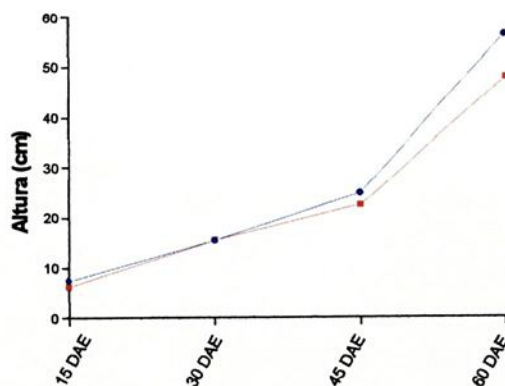
D 1**F 8 BT****D 7 BT**

Figura 3 – Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena na altura da planta dos milhos D1, F8 BT e D7 BT, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).

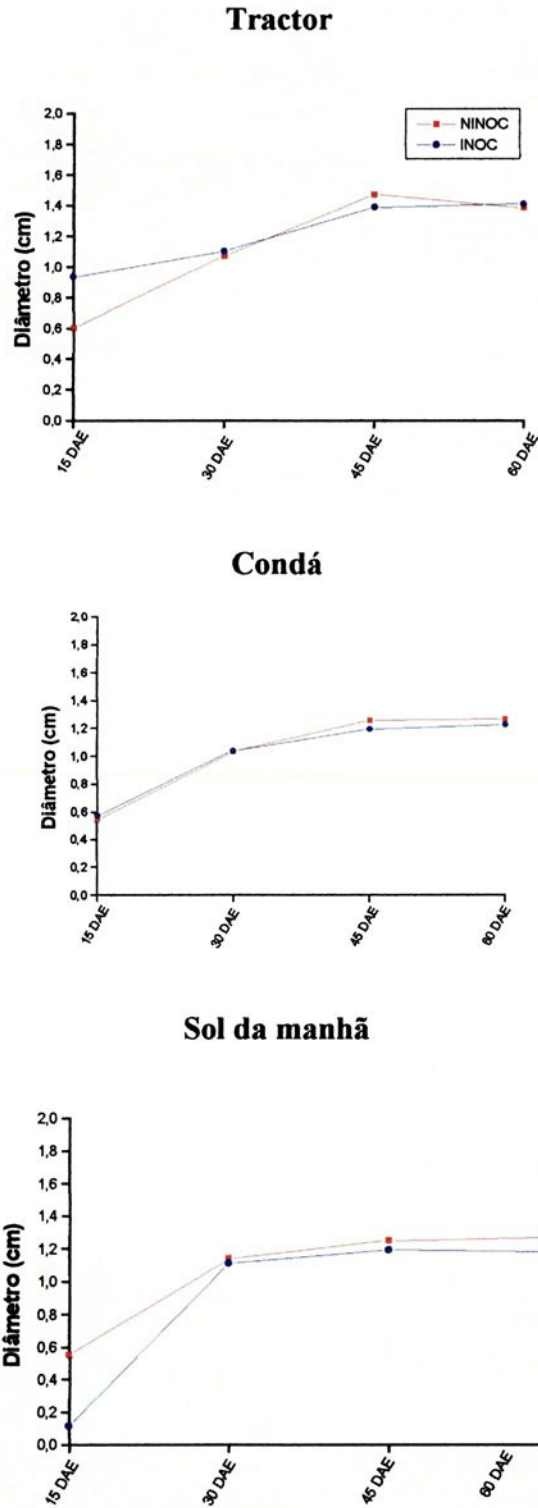


Figura 4 – Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena no diâmetro do caule dos milhos Tractor, Condá e Sol da manhã, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).

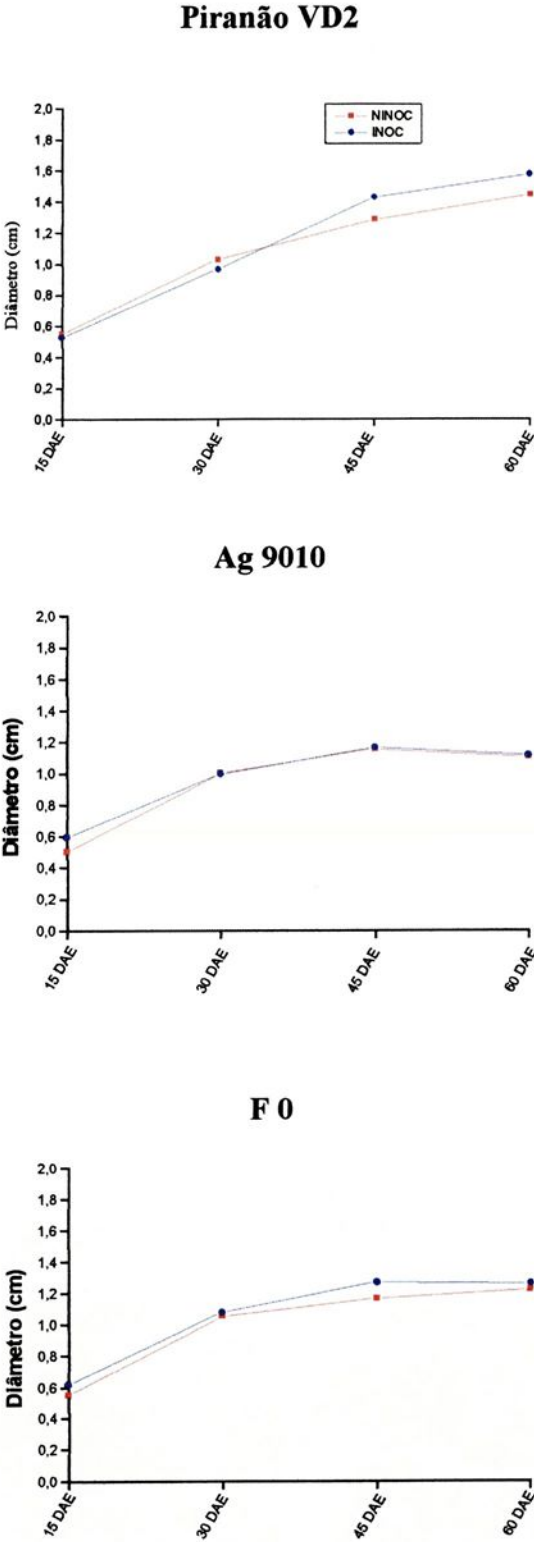


Figura 5 – Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena no diâmetro do caule dos milhos Piranão VD2, Ag 9010 e F0, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).

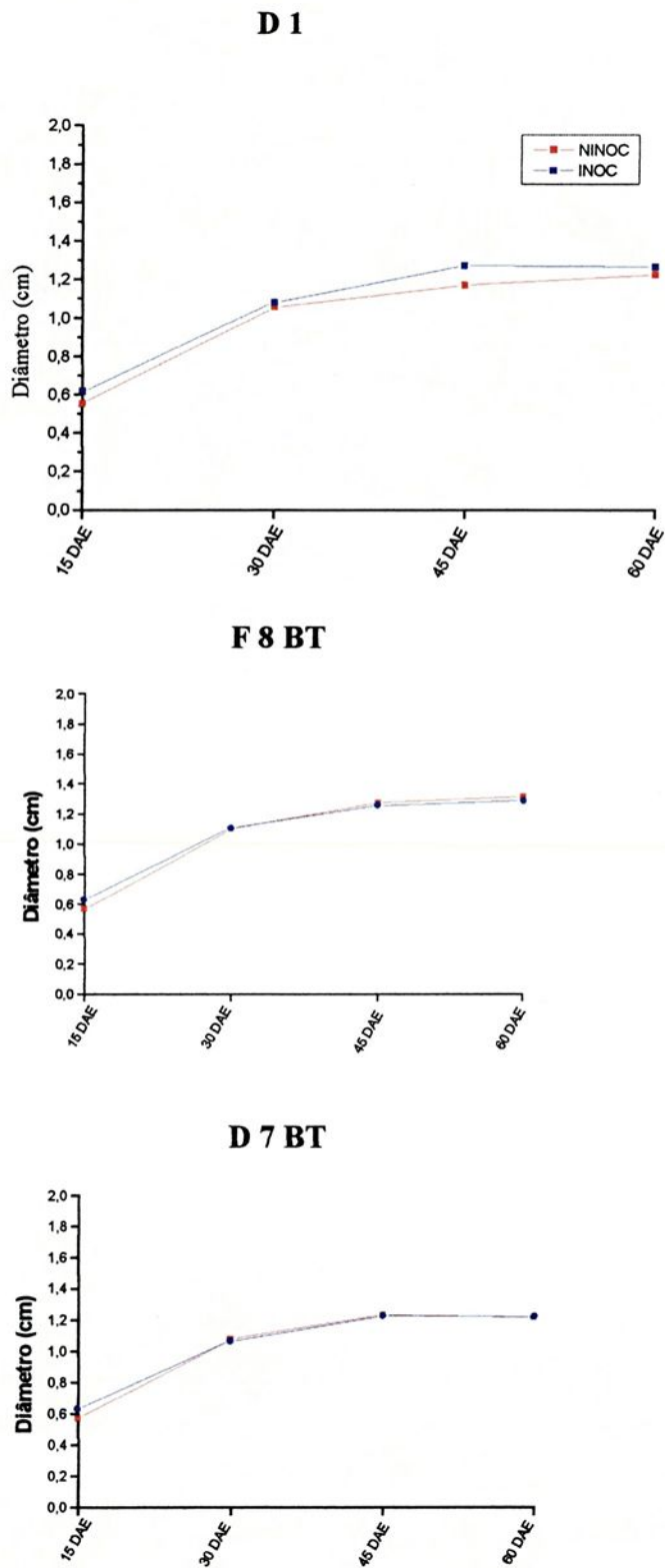


Figura 6 – Efeito da inoculação (inoc: inoculado, ninoc: não inoculado) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena no diâmetro do caule dos milhos D1, F8 BT e D7 BT, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a emergência (DAE).

4.2. Produção de matéria seca

Os resultados das análises referentes a produção de matéria seca para as plantas não inoculadas e inoculadas com FMAs encontram-se na Tabela 4 e Figura 7.

Foram detectadas diferenças estatísticas para a produção de matéria seca da raiz, entre inoculados e não inoculados para todos os milhos. Dentro de não inoculado e inoculado, os genótipos também mostraram comportamentos diferentes. Sem inoculação os maiores pesos de raiz foram do D7 BT, Tractor e F8 BT. Este comportamento deve-se às diferenças genéticas entre os vários tipos de milho. Dentro do tratamento inoculado os genótipos também mostraram diferenças, sendo que D7 BT e D1 apresentaram os maiores pesos de raiz. Sem inoculação o destaque foi para o D7 BT, que obteve uma produção média de 8,0501 g/planta, não diferiu do D1, Tractor e F8 BT, mas diferiu dos genótipos Condá, Ag 9010 e F0.

Tabela 4 – Produção de matéria seca de raiz e parte aérea de genótipos de milho, inoculados (inoc) e não inoculados (n-inoc) com fungos micorrízicos indígenas, aos 60 dias após a emergência.

Genótipos	Raiz (g/planta)		Parte aérea da planta (g/planta)	
	n-inoc	inoc	n-inoc	Inoc
Tractor	7,6902 a A	9,5070 abc B	23,7923 a A	24,7908 a A
Condá	4,1911 b A	9,2088 abc B	19,6789 a A	21,8413 a B
Sol da Manhã	5,5416 ab A	9,7862 abc B	23,2394 a A	22,3215 a A
Piranão VD2	5,1145 ab A	10,9969 abc B	21,7552 a A	22,6461 a A
Ag 9010	3,9002 b A	7,4675 c B	24,5673 a A	22,8674 a A
F 0	3,8416 b A	10,5186 abc B	20,6773 a A	23,3595 a B
D 1	5,6444 ab A	12,9265 ab B	18,9506 a A	23,0825 a B
F 8 BT	7,3252 a A	11,8706 ab B	21,0297 a A	24,3065 a B
D 7 BT	8,0501 a A	13,0982 a B	20,2235 a A	22,1815 a A
Média	5,6998	10,5978	21,5460	23,0441
CV	6,34		4,05	

Médias seguidas pela mesma letra (minúscula na coluna e maiúscula na linha) não diferem entre si pelo Teste de Tukey a 5%.

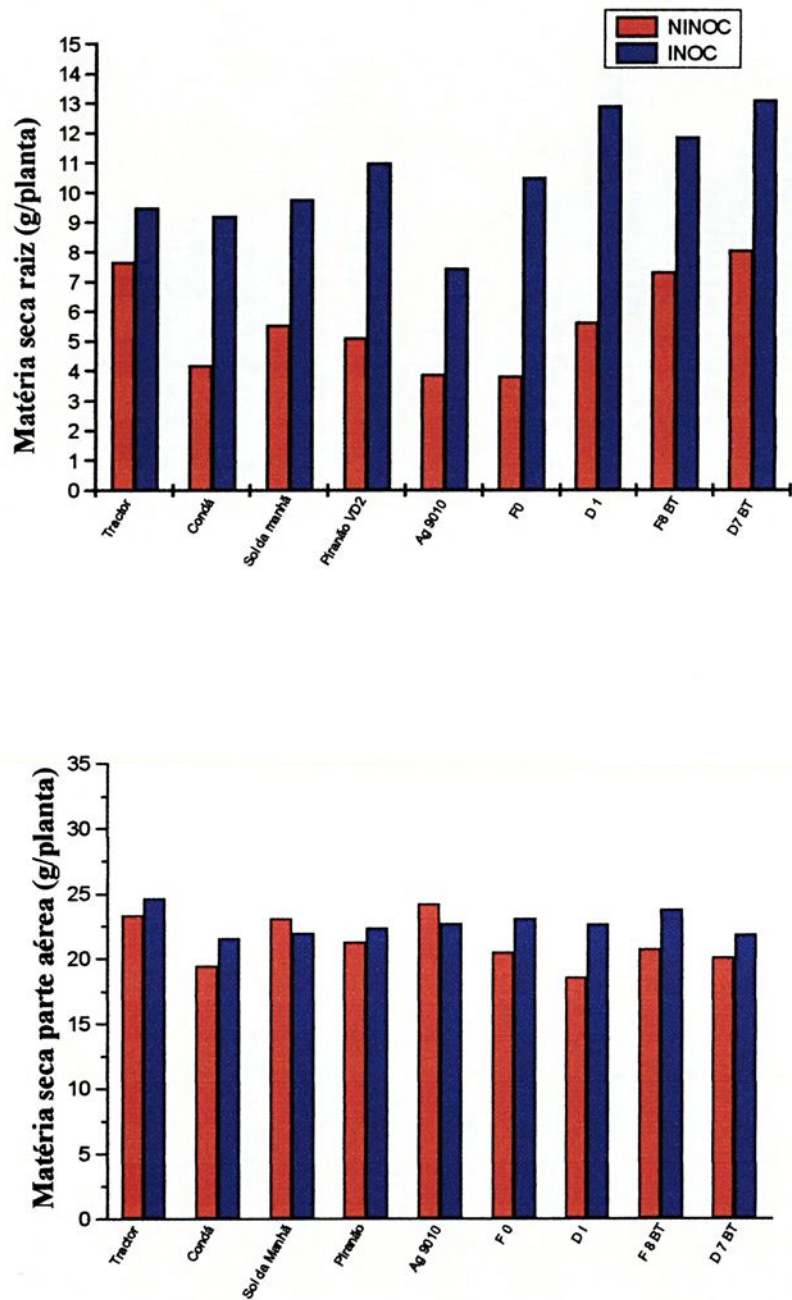


Figura 7 – Efeito da inoculação (inoc) e não inoculação (n-inoc) com esporos de fungos micorrízicos da comunidade indígena na produção de matéria seca de parte aérea e raiz, de genótipos de milho, aos 60 dias após a emergência (DAE).

Dentro do tratamento inoculado o destaque também foi para o genótipo D7 BT, com produção média de 13,0982 g/planta, diferindo apenas do Ag 9010, o qual apresentou a menor média que foi de 7,4675 g/planta.

Na parte aérea, não foram detectadas diferenças significativas dentro dos tratamentos inoculados e não inoculados, porém foram verificadas diferenças significativas entre os tratamentos, onde os genótipos que diferiram foram Condá, F0, F8 BT e D7 BT.

Os resultados encontrados neste ensaio coincidiram com os apresentados por Gavito & Varela (1995) que, estudando os efeitos da inoculação de *Glomus mossae* e *Acaulospora delicata* e de uma população nativa de FMAs no crescimento de milho “criolo” *Zea mays* L., encontraram diferenças significativas para o peso de matéria seca, a qual foi maior no tratamento sem adição de fósforo. Diferenças significativas na produção de massa de matéria seca no milho, também foram encontradas em estudos da importância dos FMAs no processo de transferência de nitrogênio do feijão para o milho (Cruz & Martins, 1997).

Respostas positivas para o peso de matéria seca de plantas de milho, sob solo degradado, em casa de vegetação e em campo; foram observadas quanto à absorção de fósforo e produção de matéria seca das plantas, porém mesmo com esses ganhos, a porcentagem de colonização micorrízica não mostrou diferença significativa (Mcgoingle et al., 1990).



4.3. Colonização micorrízica

Para a colonização micorrízica não houve diferenças significativas entre os genótipos, quando não se inoculou o solo (Tabela 5). Porém com a inoculação, as taxas de colonização mostraram significativamente diferentes.

O genótipo Sol da Manhã apresentou a mais alta porcentagem de colonização (70,6%) não diferindo do Condá, Piranão VD2, DI, F0, e F8 BT, os quais não diferiram entre si. O genótipo D7 BT apresentou a menor porcentagem de colonização (35,7%) diferindo dos demais (Tabela 5).

Todos os genótipos mostraram um aumento drástico na taxa de colonização, com a inoculação.

Apesar da resposta mais baixa à micorrização, o genótipo D7 BT mostrou um desenvolvimento normal (Tabela 3) quanto à altura, diâmetro e matéria seca da parte aérea.

Tabela 5 - Colonização micorrízica dos genótipos de milho, inoculados (inoc) e não inoculados (n-inoc) com fungo micorrízico, aos 60 dias após a emergência (DAE).

Genótipos	Infecção micorrízica (%)	
	n-inoc	inoc
Tractor	3,2 a A	47,6 b B
Condá	5,4 a A	66,7 a B
Sol da Manhã	3,9 a A	70,6 a B
Piranão VD2	2,3 a A	59,8 a B
Ag 9010	4,3 a A	45,6 b B
F 0	3,9 a A	66,3 a B
D I	5,3 a A	68,7 a B
F 8 BT	1,3 a A	59,5 a B
D 7 BT	4,2 a A	35,7 c B
CV	3,12	

Médias seguidas pela mesma letra (minúscula na coluna e maiúscula na linha) não diferem entre si pelo Teste de Tukey à 5%.

As populações de FMAs indígena, em certos casos, tem se mostrado suficiente para promover um bom desenvolvimento das plantas. Neste experimento, no entanto, a falta de diferenças estatísticas significativas nas

avaliações para altura e diâmetro, realizadas aos 30, 45 e 60 DAE, pode ter sido decorrente das condições experimentais, estressantes especialmente as altas temperaturas que ocorreram durante o período experimental.

Espécies de gramíneas, como milho, sorgo, milheto e *Brachiaria decumbens*, têm mostrado favorecimento para a esporulação e o conseqüente aumento do número de propágulos infectivos, mais que algumas espécies de leguminosas (Ilag et al., 1987, Reis et al., 1991, Simpson & Daft, 1990). Este comportamento tem sido atribuído à estrutura do sistema radicular e ao comprimento de raízes das gramíneas.

Apesar do solo desta área estudada possuir esporos com uma alta infectividade, a quantidade de esporos utilizada no experimento como única fonte de propágulos de FMA, talvez não tenha sido suficiente para promover uma maior colonização das raízes, assim como um efeito positivo no crescimento das plantas, até 60 dias após a emergência. Verificou-se, no entanto um ganho que variou entre 28 e 180% de peso matéria seca nas raízes para todos os genótipos e entre 7 e 28% para parte aérea (Figura 8).

O número de propágulos aqui utilizado, cerca de 300 esporos/vaso de cultivo, é uma quantidade considerada até que alta para as condições experimentais empregando inóculos de FMAs purificados em condições naturais. Entretanto, relatos têm mostrado que os fragmentos de raízes colonizadas e o micélio presentes no solo, podem ser tão ou mais infectivos do que os esporos, aspectos relatado por Brundrett (1991) e Smith & Read (1997), firmando sua importância na ecologia dos fungos micorrizicos.



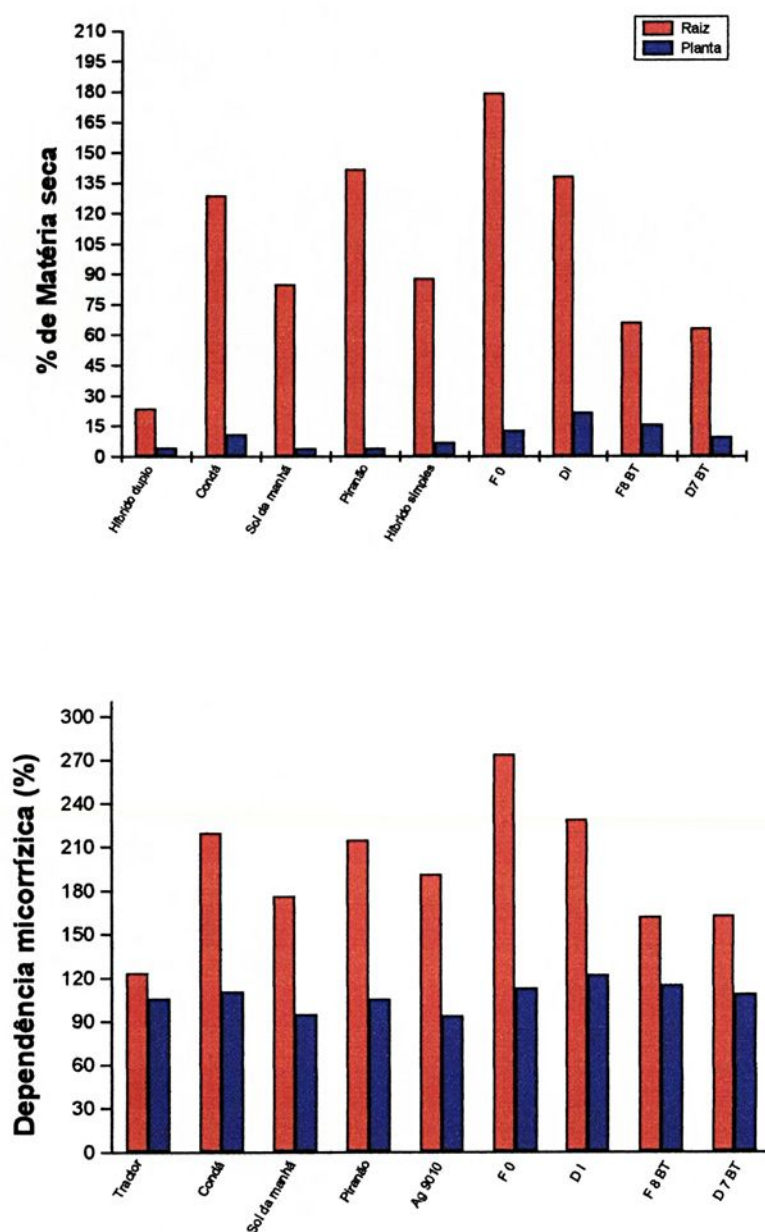


Figura 8 – Efeito da inoculação (inoc) e não inoculação (ninoc) com esporos de fungos micorrízicos arbusculares da comunidade indígena no ganho de matéria seca (%) da parte aérea e raiz e na dependência micorrízica (%) para os genótipos de milho.

Correlacionando a porcentagem de colonização dos genótipos de milho com o potencial micorrízico do solo, é possível verificar que a porcentagem de colonização média foi de 60%, comparável com o resultado obtido para a diluição de 50% do teste de potencial de inóculo do solo. Desta forma, a capacidade infectiva dos esporos inoculados foi comparável ao total de propágulos presentes no solo e infectando as raízes para a diluição de 50% (Figura 9).

Resultado semelhante foi encontrado por Pacovsky (1989) que, utilizando cerca de 100 a 120 esporos de *Glomus etunicatum* por kg de solo adubado com fósforo, não verificou diferença significativa na produção de matéria seca em plantas de milho.

A presença de segmentos de raízes infectados, além do número de esporos pode ter influenciado no resultado. No teste de potencial micorrízico ocorreu uma alta porcentagem de infecção, como pode ser apresentado na Figura 9, para potencial de inóculo do solo.

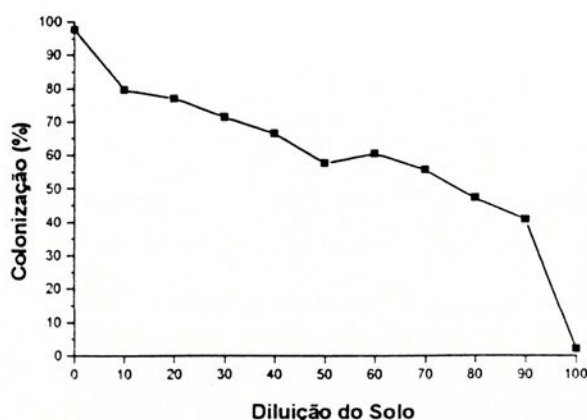


Figura 9 – Efeitos da diluição do solo na colonização micorrízica de raízes de milho do genótipo Tractor.

A porcentagem de colonização de raízes não deve ser interpretada como a taxa de atividade do fungo. Porém, sua taxa máxima de infecção, quando as taxas de crescimento de raízes e de colonização pelo fungo são constantes, indica a infectividade da população fúngica (Sieverding, 1991). A infecção contínua das raízes sem um benefício à planta, leva ao estabelecimento de uma relação parasítica (Mcgoingle & Fitter, 1988).

Amostras de solos coletadas na Nova Zelândia, apresentavam fungos menos eficientes que as espécies de fungos que haviam sido inoculadas (Powell, 1976).

Genótipos de milheto (*Pennisetum americanum*) foram avaliados quanto à micorrização em três diferentes pH. No primeiro ensaio foram verificadas a dependência micorrízica de 30 genótipos de milheto à campo. A taxa de colonização variou de 25 a 56% e destes foram selecionados 10 para o ensaio em casa de vegetação. Para o ensaio em casa de vegetação foi usado solo com pH 6,8, e a inoculação foi feita com *Gigaspora calospora* utilizando-se cerca de 2000 esporos puros por vaso. Os resultados indicaram que o comprimento total de raiz colonizada e a colonização micorrízica variou entre cultivares e o crescimento das plantas micorrizadas, demonstrando a dependência do genótipo ao hospedeiro em colonizar as raízes (Krishma et al., 1985).

Interações entre genótipos de plantas e colonização por FMAs, com diferentes respostas entre genótipos também foi relatado por Mosse (1980). Para Krishma et al. (1985), as diferenças na taxa de colonização entre genótipos pode ser consequência de diferenças na taxa de crescimento dos fungos no córtex das raízes.



A rápida e elevada taxa de colonização pode ser determinada pela eficiência da simbiose entre o fungo e a planta (Menge, 1983).

Assim, as diferenças existentes quanto à colonização por FMAs nas raízes entre genótipos de plantas também pode ser devido ao balanço da produção de substâncias inibitórias em resposta à infecção, como os compostos fenólicos e fitoalexinas, ou de substâncias promotoras de crescimento, como os carboidratos (Menge, 1978).

Desta forma, a infecção micorrízica pode ser afetada por fatores fisiológicos e bioquímicos das plantas e esta resposta provavelmente depende do genótipo das plantas (Carling & Brow, 1982, Gianinazzi & Gianinazzi, 1983).

Assim, o incremento e a seleção de genótipos com uma rápida e alta capacidade de colonização pode ser um dos fatores a serem incorporados aos programas de melhoramento genético no futuro.

4.4. Potencial de inóculo

O solo da área estudada, pastagem degradada, apesar de não receber calagem há quatro anos, revelou conter elevada quantidade de propágulos viáveis de FMAs da comunidade indígena. No teste de potencial de inóculo, as raízes dos tratamentos controle, com solo esterilizado e sem diluição, exibiram 90% de colonização micorrizica, enquanto que na maior diluição (90%), a porcentagem de colonização foi cerca de 40% permanecendo alta (Figura 9).

Estes resultados mostram que, apesar das perturbações que esta área vem sofrendo ao longo de muitos anos, os FMAs indígenas têm se mostrado

bastante resistentes e com capacidade de multiplicação, mantendo um alto potencial de inóculo composto por propágulos bem infectivos.

O conhecimento da densidade de propágulos infectivos, capacidade infectiva e efetividade dos FMAs indígenas é fundamental para o desenvolvimento de estudos sobre ecologia e manejo destes fungos, bem como para auxiliar na introdução de fungos exóticos ao sistema (Abbott & Robson, 1991). Infelizmente, como confirmado por Espíndola et al. (1998), o potencial de inóculo dos FMAs das comunidades indígenas dos solos brasileiros não tem sido diretamente investigado faltando assim subsídios para melhor compreender as influências recíprocas entre FMAs indígenas e seu hospedeiro, em condições naturais.



5. CONCLUSÕES

- Verificou-se que a inoculação das plantas com FMA acarretou um incremento da produção de peso matéria seca de raízes e parte aérea de forma diferenciada entre os genótipos;
- os genótipos mostraram comportamento diferente quanto à colonização micorrízica, sendo que Condá, Piranão, F0 e D1 apresentaram uma colonização média de 60% e também apresentaram os mais elevados pesos de matéria seca das raízes e parte aérea;
- todos os genótipos mostraram ser responsáveis quanto à dependência micorrízica;
- o solo da área de pastagem, apesar de degradado, apresentou alto potencial de inóculo.



6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ABBOTT, L. K., ROBSON, A. D. Factores influencing the occurrence of vesicular arbuscular mycorrhizas. **Agriculture Ecosystems and Environment**, v. 35, p. 121-50, 1991.

ABBOTT, L. K., ROBSON, A. D. The role of vesicular-arbuscular micorrhizal fungi in agricultural and the selection of fungi for inoculation. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.33, n.2, p.389-408, 1982.

ALVARENGA, M. I. N., SOUSA, J. A. **Atributos do solo e o impacto ambiental**. Lavras: ESL/FAEPE, 1995. 140p.: il. (Curso de especialização por tutoria à distância em solos e meio ambiente).

ALVIM, P. T. Potencial da produção agropecuária na região Amazônica. In: SANCHES, P. A., TERGAS, L. A., SERRÃO, E. A. S. (Eds.) **Produção de pastagens em solos ácidos dos trópicos**. Brasília: EDITERRA, 1982. p. 24-40.



- BARCELLOS, A. de O. Recuperação de pastagens degradadas. **Curso de formação em manejo de pastagens**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1990. 35p. (Série treinamento)
- BAYLIS, G. T. S. The magnolioid mycorrhiza and mycotrophy in root systems derived from it. In: SANDERS, F. E., MOSSE, B., TINKER, P.B., (Eds.) **Endomycorrhizas**. London: Academic Press, 1975. p.373-89.
- BODDEY, R. R., ALVES, B. URQUIAGA, S. Nitrogen cycling and sustainability of improved pastures in the Brazilian cerrados. In: **SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO**, 8., INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1., 1996, Planaltina. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p. 33-8.
- BOLAN, N. S. A. critical review on the role of mycorrhizal fungi in the uptake of phosphorus by plants. **Plant and Soil**, v.134, n.2, p.189-207, 1991.
- BONFANTE, P., PERROTO, S. Strategies of arbuscular mycorrhizal fungi when infecting host plants. **New Phytologist**, v.130, p. 3-21, 1995.
- BONFANTE-FASOLO, P. Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. In: POWELL, C. L., BAGYARAJ, D. J.(Eds.) **VA mycorrhiza**. Boca Raton: CRC Press, 1984. p.5-33.
- BOTREL, M. A., ALVIM, M. S., MOZZER, O. L. **Fatores de adaptação de espécies forrageiras**. **Curso de pecuária leiteira**. Coronel Pacheco: EMBRAPA/CNPGL, 1990. 21p. (Documentos, 13).
- BRUNETT, M. Mycorrhizas in natural ecosystems. **Advances in Ecological Research**, v. 21, p. 171-313, 1991.



- BUWALDA, J. G. et al. The development of endomycorrhizal root systems. IV. The mathematical analysis of effects of phosphorus on the spread of vesicular arbuscular mycorrhizal infection in root systems. **New Phytologist**, v. 92, p. 391-9, 1982.
- CARLING, D. E., BROWN, M. F. Anatomy and physiology of vesicular-arbuscular and non-mycorrhizal roots. **Phytopatology**, v. 72, p. 1108-14. 1982.
- CARVALHO, M. M. et al. Resposta de uma espécie de braquiária à fertilização com nitrogênio e potássio em um solo ácido. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 195-20, 1991.
- 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. FUNDAMENTOS DO PASTEJO ROTACIONADO. Piracicaba: FEALQ, 1997. p. 161-92.
- CRUZ, , A. F., MARTINS, M. A. Transferência de nitrogênio entre plantas interconectadas por fungos micorrízicos arbusculares (FMAs). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 21, n. 4, p. 559-65, 1997.
- DIAS, L. E., GRIFFITH, J. J. Conceituação e caracterização de áreas degradadas. In: DIAS, L. E., MELLO, J. W. V. (Eds.) **Recuperação de Áreas Degradadas**, Viçosa:UFV. Sociedade Brasileira de Recuperação de Áreas Degradadas, 1998. p. 1-9.
- DIAS, M. B. F., SERRÃO, E. A S. Limitações de fertilidade do solo na recuperação de pastagem degradada de capim colônia (*Panicum maximum*) em



- Paragominas, na Amazônia Oriental. Belém: EMBRAPA/CPATU, 1987. 19p.
(Boletim de Pesquisa, 87)
- DODD, J. C., JEFFRIES, P. Early development of vesicular-arbuscular mycorrhizas in autumn-sown cereals. **Soil Biology and Biochemistry**, v.18, p. 149-54, 1986.
- DOUDS, D. D., JANKE, R. R. Jr. A, PETERS, S.E. VAM fungus spore populations and colonization of roots of maize and soybean under conventional and low-input sustainable agriculture. **Agriculture Ecosystem Environmental**, v. 43. p. 325-35. 1993.
- DOUDS, D. D., SCHENCK, N. C. Increased sporulation of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi by manipulation of nutrient regimes. **Application Environmental Microbiology**, v.56, p. 413-8, 1990.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 1997. 212p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPq, 1999. 412p.
- ESPÍNDOLA, J. A A. et al. Influência da adubação verde na colonização micorrízica e na produção de batata-doce. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.33, p. 339-47, 1998.
- FANCELLI, A. L., NETO, D. N. **Produção de milho**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 360p.
- FLORES-AYLAS, W. W. **Desenvolvimento inicial de espécies arbóreas em semeadura direta: efeito de micorriza e de fósforo**. Lavras, 1999. 81p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.

- GAVITO, M. E., VARELA, L. Response of "criollo" maize to single and mixed species inocula of arbuscular mycorrhizal fungi. **Plant and Soil**, v. 176, p. 101-5, 1995.
- GAVITO, M. E., VARELA, L. Seasonal dynamics of mycorrhizal associations in maize fields under low input agriculture. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.45, p. 275-82, 1993.
- GERDEMANN, J. W. Vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: TORREY, J. G. & CLARKSON, D. T. (Eds.) **The development and function of roots**. Academic Press, 1975. p. 575-91.
- GERDEMANN, J. W., NICOLSON, T. H. Spores of mycorrhizal Endogone species extracted from soil by wet sieving and decanting. **Transaction British Mycology Society**, v.46, p. 235-44, 1963.
- GIANINAZZI, V. P., GIANINAZZI, S. The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. **Plant and Soil**, v. 71, p. 197-209. 1983.
- GIOVANNETTI, M., MOSSE, B. An evaluation of techniques for measuring vesicular arbuscular mycorrhizal infection in roots. **New Phytologist**, 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**, v. 159, p. 179-85, 1994.
- GREGORICH, E. G. et al. Towards a minimum data set to assess soil organic matter quality in agricultural soils. **Canadian Journal of Soil Science**, v. 74, p. 367-85, 1994.
- HEPPER, C. M. Effect of nitrate and phosphate on the vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of lettuce. **New Phytologist**, v. 92, p. 389-9, 1983.



- HOWELER, R. H., SIEVERDING, E. Potentials and limitations of mycorrhizal inoculation illustred by experiments with field-grown cassava. **Plant and Soil**, v. 75, p. 245-61, 1983.
- HUNGRIA, M., et al. Segurança, equipamentos e técnicas em um laboratório de microbiologia do solo. In: HUNGRIA, M., ARAUJO, R. S. **Manual de métodos empregados em estudos de microbiologia agrícola**. Brasília: EMBRAPA/CPAO, 1994. p. 21-43.
- HYNES, R. J., WILLIAMS, P. H. Nutrient cycling and soil fertility in grazed pasture ecosystem. **Advances in Agronomy**, v. 49, p. 119-99, 1993.
- ILAG, L. et al. Changes in the population of infective endomycorrhizal fungi in a rice-based cropping system. **Plant and Soil**, v. 103, p. 67-73, 1987.
- JANOS, D. P. Vesicular-arbuscular mycorrhizae affect lowland tropical rain forest growth. **Ecology**, v. 61, p. 151-62, 1980.
- JASPER, D. A., et al. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, v. 118, p. 471-6, 1991.
- JENKINS, W. R. A rapid centrifugal-flotation technique for separating nematodes from soil. **Plant and Soil**, v. 73, p. 288-300, 1964.
- KABIR, Z. et al. Vertical distribution of arbuscular mycorrhizal fungi under corn (*Zea mays* L.) in no-till and conventional tillage systems. **Mycorrhiza**, v. 8, p. 53-5, 1998.
- KOTHARI, S. K., MARSCHNER, H. ROMHELD, V. Direct and indirect effects of VA mycorrhizal fungi and rhizosphere microorganisms on acquisition of mineral



- nutrients by maize (*Zea mays* L.) in a calcareous soil. **New Phytology**, v. 116, p. 637-45, 1990.
- KRISHMA, K. R., et al. Genotype dependent variation in mycorrhizal colonization and response to inoculation of pearl millet. **Plant and Soil**, v. 86, n.1, p. 113-25, 1985.
- LAMBAIS, M. R. Aspectos bioquímicos e moleculares da relação fungo-planta em micorrizas arbusculares. In: SIQUEIRA, J.O.(Eds.) **Avanços em fundamentos e aplicação de micorrizas**. Lavras: UFLA, 1996. p. 5-39.
- LOVERA, M. CUENCA, G. Arbuscular mycorrhizal infection in Cyperaceae and Graminae from natural, disturbed and restored savanas in la Gran Sabana, Venezuela. **Mycorrhiza**, v. 6, p. 111-8, 1996.
- MACEDO, J. **Perspectives for the rational use for the brazilian cerrados for food production**. Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1995. 19p.
- MALLOCH, D. W., PIROZYNSKI, K. A., RAVEN, P. H. Ecological and evaluationary significance of mycorrhizal symbioses in vascular plants (a review). **Procut Natland Academic Science**, v. 77, p. 2113-8, 1980.
- McGOINGLE, T. P., EVANS, D. G., MILLER, M. H. Effect of degree of soil disturbance on mycorrhizal colonization and phosphorus absorption by maize in growth chamber and field experiments. **New Phytologist**, v. 116, p. 629-36, 1990.
- McGOINGLE, T. P., FITTER, A. H. Ecological consequences of arthropod grazing on VA mycorrhizal fungi. **Procedings of the Royal Society of Edingurg**, v. 94, p. 25-32. 1988.

- MENGE, J. A. et al. Phosphorus concentrations in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. **New Phytologist**, v. 80, p. 575-8, 1978.
- MENGE, J. A. Utilization of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. **Canadian Journal of Botany**, v. 61, p. 1015-24. 1983.
- MOSSE, B. Vesicular-arbuscular mycorrhiza research for tropical agriculture. **Hawaii Institute of Tropical Agriculture and Human Resources**, v. 194, p. 14-5, 1980. Research Bulletin,
- NASCIMENTO, D. J., QUEIROZ, D. S. SANTOS, M. V. F. Degradação das pastagens e critérios para avaliação. In: PEIXOTO, A. M., MOURA, J. C., FARIA, V. P. SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DAS PASTAGENS, 11, Piracicaba. 1994. **Anais...** Piracicaba:FEALQ, 1994. p. 107-151.
- OLDEMAN, L. R. The global extent of soil degradation. In: GREENLAND, D. J., SZABOCLS, I. (Eds) **Soil resilience and sustainable land use**. Wallingford: Cab International, 1994. p. 99-118.
- PACOVSKY, R. S. Metabolic differences in *Zea-Glomus-Azospirillum* symbioses. **Soil Biology Biochemistry**, v.21, n.7, p. 953-60, 1989.
- PANDEY, S., et al. Variabilidade genética do milho e adaptação a diferentes condições de estresse. In: SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL, O milho em perspectivas, 1, 1992. Belo Horizonte. **Simpósio...** Belo Horizonte: CNPMS/CIMMYT, 1995. p. 295-319.
- PAULINO, V.T. et al. Resposta de *Brachiaria brizantha* cv. marandú à calagem e a fertilização fosfatada em um solo ácido. **Pasturas Tropicais**, v. 16, p. 34-40, 1994.



- PEREIRA, J. A. R. **Bactérias diazotróficas e fungos micorrízicos arbusculares em diferentes genótipos de milho (*Zea mays* L.)**. Lavras, 1995. 60p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.
- PHILLIPS, J. M., HAYMAN, D. S. Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. **Transaction British Mycology Society**, v.55, p. 158-61, 1970.
- PLENCHETTE, C., FORTIN, J. A., FURLAN, V. Growth response of several plants species to mycorrhiza in a soil of moderate P fertility. I. Mycorrhizal dependency under field conditions. **Plant and Soil**, v. 70, p. 191-209, 1983.
- PORTER, W. M. The most probable number method for enumerating infective propagules of vesicular arbuscular mycorrhizal fungi in soil. **Australian Journal of Soil Research**, v.17, n.3, p.515-9, 1979.
- POWELL, C. L. I. Development of mycorrhizal infections from Endogone spores and infected root segments. **Transaction Mycological**, v. 66, p. 439-45, 1976.
- QUINTERO, M. R. et al. Fitting plants to soil through mycorrhizal fungi: mycorrhiza effects on plant growth and soil organic matter. **Biology and Fertility of Soils**, v. 15, n. 2, p. 103-6, 1993.
- RAIJ, B. van et al. **Análise química do solo para fins de fertilidade**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. 170p.
- RAIJ, B. van et al. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico & Fundação IAC, 1996, 285p. (Boletim 100)



- RAO, I. M., KERRIDGE, P. C., MACEDO, M. C. M. Nutritional requeriments 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.
- REIS, M. A, ZAMBOLIM, L. NASCIMENTO, J. R. Potencial de utilização de gramíneas para multiplicação de inóculo de fungos micorrízicos vesículo-arbuscular *Glomus etunicatum*. *Fitopatologia Brasileira*, v. 16, n. 3, p. 164-170, 1991.
- RESCK, D. Manejo de solos e sustentabilidade dos sistemas agrossilvipastoris na região dos cerrados. In: PEREIRA, R. C. (Eds.) SIMPÓSIO SOBRE o CERRADO, 8., INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1. 1996, Planaltina. *Anais...* Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p. 81-9.
- RHODES, L. H., GERDEMANN, J. W. Nutrient translocation in vesicular-arbuscular mycorrhizae. In: COOKS, P. W., PAPPAS, P. W., RUDOLPH, E. D. (Eds.). *Cellular interactions in symbiosis and parasitism*. Columbus:Ohio State University Press, 1980. p.173-95.
- ROMERO, A. G. F. Avaliação agronômica de formulações de isoflavonóide estimulante da micorrização no milho (*Zea mays* L.). Lavras, 1999. 40p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Lavras.
- SCHWAB, S. M., MENJE, J. A., TINKER, P. B. Regulation of nutrient transfer between host and fungus in vesicular-arbuscular mycorrhizal. *New Phytologist*, v.117, p.387-98, 1991.



- SCHWAN, K. R. F. Caracterização, incidência e ecologia de micorrizas em viveiros e florestas de *Eucaliptus* spp. na região de Viçosa, Minas Gerais. Viçosa, 1984. 55p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Viçosa.
- SERRÃO, E. A. S., ROMAMA, A. K. O. **Recuperação e melhoramento de pastagens cultivadas em áreas de floresta amazônica.** Belém: EMBRAPA/CPATU, 1982. 22 p. (Documentos, 17).
- SIEVERDING, E. Ecology of VAM fungi in tropical agrosystems. **Agriculture, Ecosystems and Environment**, v.29, p. 369-90, 1991.
- SILVEIRA, A. P. D. Micorrizas. In: CARDOSO, E. J. B. N., TSAI, S. M., NEVES, M. C. P. (Coord.) **Microbiologia do solo.** Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 257-319.
- SIMPSON, D., DRAFT, M. J. Spore production and mycorrhizal development in various tropical crop host infected with *Glomus clarum*. **Plant and Soil**, v. 121, p. 117-78, 1990.
- SIQUEIRA, J. O. Micorrizas arbusculares. In: ARAUJO, R. S., HUNGRIA, M. (Eds.) **Microrganismos de importância agrícola.** Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. p.151-94.
- SIQUEIRA, J. O., FRANCO, A. A. **Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas.** Lavras: FAEPE, 1988. p. 125-66.
- SIQUEIRA, J. O., SAGGIN-JÚNIOR, O. J. The importance of mycorrhizae association in natural low-fertility soils. In: MACHADO, A. T., MAGNAVACA, R., PANDEY, S., et al. (Eds.) **SIMPÓSIO INTERNACIONAL SOBRE ESTRESSE AMBIENTAL: O milho em perspectiva.** Sete Lagoas: EMBRAPA/CNPMS, 1995. p. 239-80.



- SMITH, S. E. Mycorrhizas of autotrophic higher plants. **Biological Review**, v.55, p. 475-510, 1980.
- SMITH, S. E., READ, D. J. **Mycorrhizal symbioses**. California: Academic Press, 1997. 604p.
- SMITH, S. E., ROBSON, A. D., ABBOTT, L. K. The involvement of mycorrhizas in assessment of genetically dependent efficiency of nutrient uptake and use. **Plant and Soil**, v. 146, n.1, p. 169-79, 1992.
- 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 Tropicalis**, v. 14, p. 2-6, 1992.
- SPAIN, J. M., AYARZA, M. A., VILELA, L. Crop pasture rotation in the brazilian cerrados. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 8, INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON TROPICAL SAVANNAS, 1. 1996, Planaltina. **Anais...** Planaltina: EMBRAPA/CPAC, 1996. p. 39-45.
- 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.
- TEIXEIRA, M. R. O., et al. Cultivares. In: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro de Pesquisa Agropecuária do Oeste. **Milho: informações técnicas**. Dourados: EMBRAPA/CPAO, 1997. p. 101-6. (Circular técnica, 5).
- TEWARI, L. JOHRI, B. N., TANDON, S. M. Host genotype dependency and growth enhancing ability of VA-mycorrhizal fungi for *Eleusine coracana* (finger millet). **World Journal of Microbiology and Biotechnology**, v. 9, p. 191-5. 1993.

- TINKER, P. B. Soil chemistry of phosphorus and mycorrhizal effects on plant growth. In: SANDERS, F. E., MOSSE, B., TINKER, P. B. (Eds.) **Endomycorrhizas**. London: Academic Press, 1975. p. 353-72.
- TOTH, R. et al. Vesicular-arbuscular colonization in *Zea mays* affected by breeding for resistance to fungal pathogens. **Canadian Journal of Botany**, v. 68, p. 1039-44, 1990.
- TSAI, S. M., ROSSETO, R. Transformações microbiológicas do fósforo. In: CARDOSO, E. J. B. N., TSAI, S. M., NEVES, M. C. P. (Coords.) **Microbiologia do solo**. Campinas: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1992. p. 231-42.
- VEIGA, J. B., SERRÃO, E. E. Recuperación de pasturas en la región este de la Amazônia Brasileña. **Pasturas Tropicalis**, v. 9, p. 40-3, 1987.
- VIERHEILIG, H., OCAMPO, J.A. Susceptibility and effectiveness of vesicular-arbuscular mycorrhizae in wheat cultivars under different growing conditions. **Biology and Fertility of Soils**, v.11, n.4, p.290-4, 1991.
- WILSON, J. M. Comparative development of infection by three vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, v. 97, n.3, p.413-26, 1984.
- ZANGARO FILHO, W. Micorrizas arbusculares em espécies arbóreas nativas da bacia do Rio Tibagi (PR) e suas relações com os grupos sucessionais, 1997. 157p. (Tese de Doutorado – Instituto de Biociências da Universidade de São Paulo. São Paulo)



ZIMMER, A. H., et al. Estabelecimento e recuperação de pastagens de *Brachiaria*.

In: SIMPÓSIO SOBRE MANEJO DA PASTAGEM, 11, 1994, Piracicaba.

Anais... Piracicaba: FEALQ, 1994. p. 153-208.



CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM SISTEMAS DE PRODUÇÃO
AV. BRASIL, 56 - CAIXA POSTAL 31
15385-000 - ILHA SOLTEIRA - SP

