

CRISTIANE VALÉRIA DE OLIVEIRA

MICORRIZAÇÃO, COMPACTAÇÃO E FÓSFORO NO CRESCIMENTO DE LEGUMINOSAS  
ARBÓREAS EM SOLO DEGRADADO

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das exigências  
do curso de Pós-Graduação em Agronomia, área  
de concentração Solos e Nutrição de Plantas  
para a obtenção do título de "Mestre"

Orientador:  
Prof. Fabiano Ribeiro do Vale

UNIVERSIDADE FEDERAL DE LAVRAS

LAVRAS - MINAS GERAIS

1995

*Cat*



Ficha Catalográfica preparada pela Seção de Catalogação e  
Classificação da Biblioteca central da UFLA

Oliveira, Cristiane Valéria de  
Micorrização, compactação e fósforo no crescimento de  
leguminosas arbóreas em solo degradado / Cristiane Valéria de  
Oliveira.--Lavras : UFLA, 1995.  
54 p. : il.

Orientador: Fabiano Ribeiro do Vale.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Lavras.  
Bibliografia.

1. Solos - Degradação. 2. Solos - Compactação. 3.  
Micorrizas - Solos. 4. Simbiose. 5. Solos - Recuperação.  
I. UFLA. II. Título.

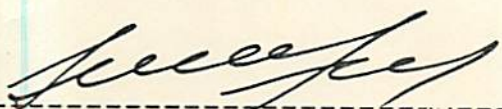
CDD-634.97332

CRISTIANE VALÉRIA DE OLIVEIRA

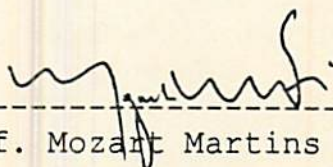
MICORRIZAÇÃO, COMPACTAÇÃO E FÓSFORO NO CRESCIMENTO DE LEGUMINOSAS  
ARBÓREAS EM SOLO DEGRADADO

Dissertação apresentada à Universidade  
Federal de Lavras, como parte das exigências  
do curso de Pós-Graduação em Agronomia, área  
de concentração Solos e Nutrição de Plantas  
para a obtenção do título de "Mestre"

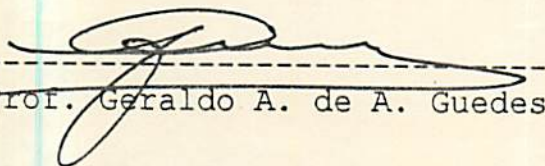
APROVADA EM 01 DE FEVEREIRO DE 1995:



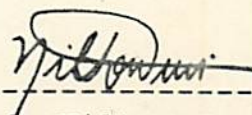
Prof. José Oswaldo Siqueira



Prof. Mozart Martins Ferreira



Prof. Geraldo A. de A. Guedes



Prof. Nilton Curi



Prof. Fabiano Ribeiro do Vale  
(ORIENTADOR)

## AGRADECIMENTOS

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao CNPq (Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e tecnológico), pela oportunidade de aprendizagem e pela concessão da bolsa de estudo.

À CEMIG (Companhia Energética de Minas Gerais) e ao Departamento de Ciência do Solo da UFLA, pelo auxílio financeiro na realização dos trabalhos de campo e laboratório.

Ao Professor José Oswaldo Siqueira, pelo interesse, ensinamentos e disposição, agradeço sinceramente.

Aos Professores, Fabiano Ribeiro do Vale, Mozart Martins Ferreira, Nilton Curi e Geraldo A. de A. Guedes, pelas oportunas contribuições.

Aos funcionários do Departamento de Ciência do Solo (UFLA), em especial a João Batista, Manuel, Josane, nos trabalhos de casa de vegetação e laboratório. Ao funcionário do Departamento de Fisiologia Vegetal (UFLA) Evaristo, pela paciência e boa vontade. Ao José Roberto e Daniel, pela ajuda no preparo do solo.

À minha mãe, pela paciência nos momentos de mau humor e pela eterna confiança e dedicação, meu tio, pela presença constante nos atrasos da bolsa e pela certeza da minha vitória e aos meus irmãos, Ricardo e Thaís que acreditam mais em mim que eu mesma.

Ao colega de curso, Renato Campbell Rocha que dividiu comigo a realização deste trabalho.

Aos colegas de casa, Eliane, Hedinaldo e Alessandra e aos colegas de curso, em especial à Daniela, Renato Assis e Inês por toda a ajuda prestada e por todas as cervejas tomadas.

Em especial, ao meu amigo e orientador, Luiz Eduardo Ferreira Fontes (DCS-UFV), responsável pela minha iniciação à Ciência do Solo, pelo apoio e incentivo.

A todos aqueles que trabalham para o engrandecimento da Ciência do Solo no Brasil.

## ÍNDICE

LISTA DE TABELAS .....	v
LISTA DE FIGURAS .....	vii
RESUMO .....	viii
SUMMARY .....	x
1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REFERENCIAL TEÓRICO	
2.1 - Degradação do Solo.....	3
2.2 - Compactação do solo .....	4
2.3 - Recuperação de áreas degradadas e potencialidade do uso de leguminosas na revegetação .....	6
2.4 - Simbioses radiculares .....	9
3 - MATERIAL E MÉTODOS	
3.1 - Produção das mudas .....	15
3.2 - Instalação e condução do experimento .....	16
3.3 - Avaliação .....	18
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO	
4.1 - Crescimento vegetativo e colonização micorrízica das plantas .....	19
4.2 - Micorrização e fósforo nos discos de folha .....	26
4.3 - Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas .....	28
5 - CONCLUSÕES .....	40
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	41
7 - ANEXO .....	49

- 8 - Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes da *Cássia verrugosa* ... 34
- 9 - Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea do Angico amarelo sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo ..... 36
- 10 - Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes do Angico amarelo ..... 37

## LISTA DE TABELAS

TABELA	PÁGINA
1 - Nutriente, quantidade, fonte e época das adubações de cobertura .....	17
2 - Produção de matéria seca de parte aérea (MSPA), raízes (MSR), relação raiz/parte aérea (R/PA) e diâmetro do colo para as espécies estudadas, sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo .....	21
3 - Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea da Acácia sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo .....	29
4 - Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes da Acácia .....	29
5 - Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea do Fedegoso sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo .	30
6 - Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes do Fedegoso .....	31
7 - Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea da Cássia verrugosa sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo .....	33



- 8 - Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes da *Cássia verrugosa* ... 34
- 9 - Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea do *Angico amarelo* sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo ..... 36
- 10 - Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes do *Angico amarelo* ..... 37

## LISTA DE FIGURAS

FIGURA	PÁGINA
1 - Crescimento em altura das espécies estudadas sob o efeito da pré-colonização das mudas, compactação e níveis de fósforo no solo .....	20
2 - Produção de matéria seca total das espécies .....	23
3 - Colonização micorrízica das espécies sob influência da pré-colonização das mudas (a) e dos níveis de fósforo (b) no solo .....	25
4 - Efeito da pré-colonização das mudas nos teores de fósforo em discos de folha das espécies estudadas, nas diferentes épocas de avaliação .....	27
5 - Relação entre o teor de fósforo na parte aérea das plantas e a produção de matéria seca total para as espécies estudadas .....	39

## RESUMO

OLIVEIRA, Cristiane Valéria de. *Micorrização, compactação e fósforo no crescimento de leguminosas arbóreas em solo degradado*. Lavras: UFLA, 1995. 54 p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).\*

Com o objetivo de avaliar o crescimento inicial de espécies arbóreas em solo compactado, em presença ou ausência de fungos micorrízicos-arbusculares (FMAs), com diferentes níveis de P no solo, conduziu-se por 120 dias, um experimento em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da UFLA. Utilizando subsolo de Latossolo Roxo, textura muito argilosa, da área de empréstimo da construção da represa de Volta Grande (MG). Mudanças de acácia (*Acacia mangium*), fedegoso (*Senna macranthera*), cássia verrugosa (*Senna multijuga*) e angico amarelo (*Peltophorum dubium*) foram transplantadas para vasos de 5 dm<sup>3</sup>, onde foi feito acompanhamento do seu crescimento em relação aos seguintes fatores: 2 níveis de compactação (1,15 e 1,30 g/cm<sup>3</sup>), ausência ou presença de pré-inoculação com FMAs (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*), e 2 níveis de fósforo (2 e 14 µg de P/g de solo).

A pré-colonização das mudas foi benéfica apenas para o angico amarelo, sendo que para as demais espécies houve redução do crescimento. O aumento da densidade aparente do solo de 1,15 para 1,30 g/cm<sup>3</sup> não limitou o crescimento das plantas, ao contrário estimulou o crescimento do angico amarelo e da cássia verrugosa. A elevação do nível de P disponível (Mehlich-1) no solo de 2 para 14 µg/g, não resultou em estímulo no crescimento

---

\* Orientador: Prof. Fabiano Ribeiro do Vale; Membros da Banca: Prof. José Oswaldo Siqueira, Prof. Mozart Martins Ferreira, Prof. Geraldo A. de A. Guedes, Prof. Nilton Curi.

das mudas, exceto em relação à altura do angico amarelo. Entretanto, os níveis de P influenciaram os teores e acúmulo de nutrientes das espécies, os quais foram também influenciados pelos outros tratamentos.

## SUMMARY

**Mycorrhization, compactation and phosphorus on the growth of arboreous legumes on degraded soil.**

The effects of presence or absence of mycorrhizal arbuscular fungus (MA fungus) and two levels of phosphorus on the growth of arboreous species in compacted soil were tested in a greenhouse experiment at the Department of Soil Science at UFPA, for 120 days, using a very clayey Dusky Red Latosol (Oxisol) subsoil from a lending area of Volta Grande hydroelectric plant. Seedlings of acacia (*Acacia mangium*), fedegoso (*Senna macranthera*), cássia verrugosa (*Senna multijuga*) and angico amarelo (*Peltophorum dubium*) were transplanted to pots with 5 dm<sup>3</sup> of soil, where the growth of the plants were evaluated, in relation to the following factors: 2 levels of compactation (1.15 and 1.30 g/cm<sup>3</sup>), absence or presence of pre-inoculation with MA fungus (*Glomus etunicatum* e *Gigaspora margarita*) and 2 levels of phosphorus (2 and 14 µg P/g soil).

The pre-colonization of seedlings with MA fungus was beneficial only for angico amarelo, occurring reduction of growth for the other species. The increase of the bulk density from 1.15 to 1.30 g/cm<sup>3</sup> didn't limit the growth of the plants, having stimulated the growth of angico amarelo and cassia verrugosa. The increase of the level of available phosphorus (Mehlich-1) in the soil from 2 to 14 µg/g, did not result in increase of the growth of the seedlings, except in relation to the height of angico amarelo. However, the levels of phosphorus influenced the amounts and accumulation of nutrients in the studied species, which were influenced by the other treatments.

## 1 - INTRODUÇÃO

A degradação do solo ocorre como consequência direta de vários processos que são iniciados pelo manejo inadequado do solo e, traz várias consequências como a compactação do solo, encrostamento, baixa capacidade de infiltração de água, problemas relacionados à aeração, erosão acelerada, perda da fertilidade natural do solo e alterações nas populações microbiológicas do solo.

Neste contexto, há atualmente uma grande preocupação de se recuperar áreas degradadas através do uso de espécies florestais, com o objetivo de reequilibrar os sistemas florestais e conservar a flora e a fauna. As leguminosas são espécies com potencial de utilização nos programas de reflorestamento, em função de sua grande produção de biomassa e sua capacidade de fixar o nitrogênio, o que diminui muito os gastos em insumos. O estabelecimento das leguminosas pode ser dificultado, entretanto, pela deficiência nutricional dos solos tropicais, principalmente no que se refere ao fósforo. Ressalta-se desta forma, a importância dos fungos micorrízicos arbusculares, que se associam às raízes das plantas, aumentando sua capacidade de absorver este elemento e facilitando assim o estabelecimento e o crescimento das leguminosas em função de sua melhor nutrição e, além disso, há um efeito sinérgico entre o fungo e o rizóbio fixador de  $N_2$ , o que aumenta a importância das leguminosas nos programas de revegetação.

No entanto, pouco se sabe sobre as suas exigências nutricionais e sua capacidade de desenvolvimento em solos

compactados, uma das alterações físicas mais comuns causadas pela degradação e que limita muito o estabelecimento e o crescimento das plantas.

O presente estudo teve como objetivo avaliar a influência da pré-colonização com fungos micorrízicos arbusculares no crescimento de mudas de leguminosas arbóreas em solo degradado, adubado com dois níveis de fósforo e submetido ou não à compactação. As espécies estudadas foram a acácia (*Acacia mangium*), o fedegoso (*Senna macranthera*), a cássia verrugosa (*Senna multijuga*) e o angico amarelo (*Peltophorum dubium*).

## 2 - REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 - Degradação do solo

A degradação do solo, tem sido alvo de mais estudos, na medida que grandes áreas vão sendo incorporadas ao processo produtivo, tanto a nível de produção, propriamente dita, quanto a nível de ampliação da infra-estrutura, tais como: aterros, barragens, estradas, conjuntos habitacionis, etc. (Alvarenga e Souza, 1995).

O conceito de degradação é bastante amplo e de uma maneira geral, é o resultado das atividades humanas depredadoras e sua interação com o ambiente natural. Segundo Willians, Bugin e Reis (1990) a degradação de uma área ocorre quando a vegetação nativa e a fauna forem destruídas, removidas ou expulsas, a camada fértil do solo for perdida, removida ou enterrada e, a qualidade e regime de vazão do sistema hídrico for alterado e, de acordo com Lal e Stewart (1990) os processos de degradação são os mecanismos responsáveis pelo declínio da qualidade da solo e do ambiente envolvido neste contexto.

Para a construção de barragens, grandes áreas são utilizadas para a retirada de solo, são as chamadas áreas de empréstimo. A camada superficial do solo não serve como material para construção devido ao teor de matéria orgânica que normalmente está cobrindo o material. Desta forma esta camada é retirada, juntamente com parte dos horizontes subsuperficiais que é usada nas construções, ou seja, o solo é decapitado, restando



um subsolo compactado de difícil restauração para uso agro-florestal

(Boni, Espindola e Guimarães, 1994).

## 2.2 - Compactação do solo

A compactação do solo é uma alteração física, de grande importância, causada pela degradação (Borges, 1986). Compactação do solo é definida como um processo de rearranjo de partículas com decréscimo do espaço poroso e aumento da densidade aparente (Singer e Munnus citados por Wolkowski, 1990). De uma maneira geral, solos mais arenosos possuem densidade aparente natural mais elevada enquanto que solos mais argilosos têm densidade mais baixa e conseqüentemente quando compactados alcançam densidades menores em relação aos arenosos. No entanto, isto varia em função da estrutura, mineralogia e conteúdo volumétrico de água do solo (Torres, Saraiva e Galenari, 1993).

Com o aumento da compactação do solo há redução na taxa de infiltração de água, aceleração da erosão, assoreamento e destruição de barragens e menor reposição de água no subsolo em função do impedimento à drenagem (Lal, 1987). Por estas razões a compactação do solo se constitui num dos principais problemas encontrados em áreas degradadas. Tais efeitos agem direta e indiretamente sobre o crescimento e desenvolvimento das plantas. Em solos compactados, normalmente os poros maiores são destruídos resultando numa redução da movimentação de gases e água, modificando assim o microambiente radicular. A compactação aumenta a resistência à penetração das raízes. Para Wiersum (1957) a redução da porosidade e a rigidez dos poros são os fatores que mais influenciam negativamente o desenvolvimento radicular.

Quando as raízes não podem explorar o volume total do solo, os nutrientes se tornam indisponíveis (Wolkowski, 1990). A

compactação do solo age sobre as suas propriedades físicas, que são de grande importância nos processos de transporte no solo, particularmente no movimento de água e solutos (Young e Leeds-Harrison, 1990). O fato das raízes não explorarem todo o volume de solo também faz com que sob condições de estresse hídrico, os sintomas de falta de água ocorram mais rapidamente.

Além disso, a compactação pode causar encharcamento do solo em função da drenagem deficiente e, sob tais condições ocorre efeitos prejudiciais à respiração radicular, absorção de nutrientes, transpiração, transporte de substâncias orgânicas nas raízes e produção das plantas (Lal, 1987).

Por outro lado, a compactação quando ocorre em solos bem granulados, pode aumentar a condução de água e nutrientes até as raízes, pela redução dos poros maiores em poros menores, onde normalmente está a maior parte da água disponível às plantas (Resende, 1982). Este efeito é mais significativo para aqueles nutrientes que são transportados via difusão, como o caso do P, K e Zn. Segundo Phillips e Brown (1966) o aumento da densidade aparente característico da compactação pode atuar sobre a difusão de três formas: (i) causando um aumento no conteúdo volumétrico de água o que aumentaria a continuidade da fase líquida, reduzindo fisicamente a tortuosidade e facilitando a difusão. Warncke e Barber (1972) encontraram uma maior taxa de absorção de Zn com o aumento do conteúdo volumétrico de água no solo; (ii) causando um aumento da fração de sólidos por unidade de volume, o que manteria os filmes de água das partículas em contato, com consequente aumento da taxa de difusão e (iii) aproximando os sítios de troca, o que facilitaria a absorção e consequentemente a difusão pela ocorrência mais rápida de gradientes de concentração. Warncke e Barber (1972), trabalhando com um solo de textura média, observaram um aumento da difusão de Zn quando a densidade aparente foi aumentada de 1,10 para 1,50 g/cm<sup>3</sup>, Hira e Singh (1977), observaram o mesmo efeito para P, num solo arenoso

com um aumento da densidade de 1,25 para 1,60 g/cm<sup>3</sup>. Assim, a compactação pode melhorar a absorção de nutrientes, desde que o aumento da densidade aparente não limite o crescimento radicular.

Segundo Materechera, Dexter e Alston (1991) os efeitos da resistência mecânica ao crescimento, desenvolvimento e produção das plantas já são bem conhecidos. As raízes exercem ao crescer, uma pressão sobre o solo. A pressão máxima de crescimento é muito variável entre espécies, mostrando a importância de seleção de plantas adequadas para a recuperação de áreas degradadas (Evis, Ratliff e Taylor, 1969).

Muitos trabalhos têm sido realizados com o objetivo de avaliar o potencial de determinadas espécies em crescer sob condições de compactação do solo. Materechera, Dexter e Alston (1991) trabalhando com 22 espécies vegetais encontraram uma grande variação quanto ao seu comportamento sob condições de compactação. Taylor e Gardner (1960) comparando raízes de leguminosas e não leguminosas não encontraram tolerância diferenciada à compactação entre elas. Cintra e Mielniczuk (1983) testando várias espécies concluíram que por causa da maior capacidade da raiz pivotante em penetrar em solos compactados a Colza e o Tremoço revelaram-se culturas promissoras na recuperação de solos com este problema. Tais variações encontradas por pesquisadores ressaltam a importância da seleção de espécies a serem utilizadas com o objetivo de recuperar áreas degradadas.

### **2.3 - Recuperação de áreas degradadas e potencialidade do uso de leguminosas na revegetação**

Quando se fala em recuperar solos considera-se áreas em que o mau uso e/ou o uso das mesmas como áreas de empréstimo as colocou em um estado de degradação tal que, a fixação da vegetação é muito lenta ou muitas vezes impedida e, dentre os

vários tipos de áreas degradadas maiores atenções devem ser dadas àquelas originadas pela retirada da cobertura vegetal, principalmente florestal (Alvarenga e Souza, 1995).

A crescente preocupação de recuperar áreas degradadas através da revegetação, visa basicamente restaurar o equilíbrio dos sistemas florestais, da fauna e flora. A utilização de espécies florestais é uma opção interessante em função de sua importância ecológica e rusticidade. Parrota (1992), estudando a potencialidade de espécies florestais na recuperação de ecossistemas degradados, constatou maiores concentrações de N na planta e na biomassa e também maior teor de carbono orgânico no solo, em locais com plantação de *Albizia lebbek*, o que aumenta a quantidade de nutrientes no processo de ciclagem, mostrando a potencialidade desta espécie. Segundo este autor, a seleção de espécies assim como práticas de manejo adequadas, pode tornar promissora a utilização de plantações de florestais para a recuperação de áreas degradadas tropicais.

No entanto, este tipo de estudo é dificultado pela carência de conhecimentos acerca do comportamento destas espécies e de suas exigências nutricionais. Nos solos tropicais, é bem conhecido o problema da deficiência em N e P, nutrientes requeridos em grandes quantidades pelas plantas e cuja adubação mineral é dificultada por seu alto custo (Sanchez, 1981; Pritchett e Fisher, 1987). Experimentos mostram que a aplicação de N e P foi capaz de aumentar significativamente o crescimento de espécies arbóreas leguminosas ou não (Habte e Manjunath, 1991; Dias, Alvarez e Brienza Junior, 1990). Waring citado por Nambiar (1989), trabalhando com *Pinus radiata*, encontrou aumento na produção de biomassa de 20,9 para 79,5 e para 175 t/ha quando se utilizou P e N, respectivamente. Outros estudos mostraram que a ausência dos dois elementos foi expressivamente limitante ao crescimento de espécies arbóreas (Renó, 1994; Lima, 1994).

Pode-se observar que a recuperação de áreas degradadas é realizada com base em elevados investimentos, adotando-se grandes aplicações em corretivos e fertilizantes (Daniels, 1994). Para evitar isto, uma opção é o uso de espécies leguminosas. Caracterizadas por serem espécies pioneiras, agressivas, aparecendo em ampla faixa de condições climáticas e edáficas e de elevada produção de biomassa, as leguminosas florestais têm recebido destaques importantes na recuperação de solos degradados (Franco et al., 1994). As leguminosas são reconhecidas como eficientes restauradoras da fertilidade dos solos, promovendo a produção de grande quantidade de massa verde e de grande exploração do solo pelo sistema radicular, concorrendo expressivamente para o advento de benefícios físicos (maior agregação, aumento da capacidade de retenção de água, etc), além da proteção como cobertura, diminuindo perdas por erosão (Boni, Espindola e Guimarães, 1994). Por sua capacidade de fixar biologicamente o  $N_2$ , diminuindo assim a necessidade de insumos, as leguminosas possuem grande potencial de uso em sistemas florestais.

Talvez, nos solos dos trópicos, o maior impedimento à implantação de leguminosas seja a pobreza nutricional e a acidez características dos mesmos, já que estas espécies requerem um pH próximo da neutralidade e disponibilidade de cálcio e nutrientes, além da toxidez de alumínio afetar negativamente a nodulação e reduzir a absorção de fósforo e o crescimento das plantas (Franco e Munns, 1984), mas tais problemas podem ser solucionados através da calagem.

Em virtude do exposto, quatro leguminosas foram utilizadas no trabalho, cujas características são citadas a seguir:

A acácia (*Acacia mangium* L.) é uma espécie pioneira de grande agressividade, nodulífera, pertencente à família Leguminosae-Mimosoideae. A acácia é nativa da Austrália, e no

Brasil tem mostrado grande potencial para utilização em reflorestamento (Barnet e Catt, 1991).

O fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) Irwin e Barn.) é uma espécie nativa, pioneira, de rápido crescimento e de ocorrência no Brasil do Ceará até São Paulo, é indiferente às condições físicas do solo, e muito frequente em formações secundárias de regiões de altitude. O fedegoso pertence à família Leguminosae-Caesalpinoideae e sua madeira pode ser usada como lenha e para uso interno como caixotaria e confecção de brinquedos (Rizzini, 1981).

A cássia verrugosa (*Senna multijuga* (Rich.) Irwin e Barn.) é uma espécie de crescimento moderado a rápido, agressiva e de ocorrência natural no Brasil entre os estados da Bahia e Santa Catarina, é uma espécie indiferente às condições físicas do solo, característica de matas secundárias (capoeiras e capoeirões) da floresta pluvial atlântica. Pertence à família Leguminosae-Caesalpinoideae e sua madeira pode ser utilizada na construção civil, produção de lenha e para extração de resinas, corantes e taninos (Carvalho, 1992).

O angico amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng.) Taub.) é uma espécie nativa, secundária de rápido crescimento que ocorre no Brasil na Bahia, Rio de Janeiro, Minas Gerais, Goiás e Mato Grosso do Sul até o Paraná, pertencente à família Leguminosae-Caesalpinoideae o angico tem sua madeira empregada entre outros na construção civil e marcenaria (Rizzini, 1981).

Segundo Lorenzi (1992), as três últimas espécies citadas têm potencial para utilização em reflorestamentos mistos de áreas degradadas.

#### **2.4 - Simbioses radiculares**

A capacidade de fixação biológica de nitrogênio cria para as leguminosas, em relação às outras espécies, uma demanda

especial, notadamente por Mo e Co, mas também por B, Cu, P e Zn. Desequilíbrios nutricionais limitam esta fixação e, normalmente tal desequilíbrio é devido à deficiência em P. Bethlenfalvay, Dakessiam e Pacovski (1984); Siqueira, Hubbell e Valle (1984); Louis e Lin (1988) e Vejsadova et al. (1988) observaram que a disponibilidade de P afetou a fixação biológica de nitrogênio mais severamente do que o desenvolvimento da planta hospedeira. A atividade absoluta dos nódulos foi mais sensível a falta de P do que a produção dos nódulos, indicando que o efeito primário da deficiência foi sobre as bactérias.

A maioria das plantas é capaz de aumentar a absorção de P, em solos deficientes em P, através de associações entre suas raízes e fungos do solo, formando as micorrizas. As micorrizas são associações simbióticas mutualísticas formadas entre certos fungos do solo e as raízes da maioria das plantas. Elas são divididas em dois grupos principais, denominadas ecto e endomicorrizas. As ectomicorrizas predominam em ecossistemas florestais, especialmente naqueles dominados por coníferas, enquanto que as micorrizas do tipo arbusculares são de ocorrência generalizada nos diversos ecossistemas terrestres, sendo encontradas na maioria das espécies vegetais superiores (Siqueira e Franco, 1988). A extensa superfície do micélio bem distribuída pelo solo aumenta a aquisição de nutrientes, principalmente aqueles menos móveis (Munns e Mosse, 1980). Segundo Bethlenfalvay, Bayne e Pacovsky (1983) as hifas dos fungos são geométrica e fisiologicamente mais eficientes na aquisição de P do que as próprias raízes, o que melhora significativamente a nutrição e o crescimento das plantas.

Segundo Munns e Mosse (1980) a capacidade dos fungos micorrízicos arbusculares (FMAs) de promover a absorção de P pela planta é determinada por três fatores básicos: (i) espécie de planta: as plantas diferem quanto a sua dependência dos FMAs e em alguns casos a associação pode reduzir o crescimento; (ii)

espécies de fungos: aparentemente os FMAs não têm hospedeiros específicos, sua eficiência é relacionada a capacidade de absorver, translocar e liberar P. As vezes fungos introduzidos são mais eficientes do que os nativos; (iii) disponibilidade de P: a quantidade de P disponível do solo pode limitar a potencialidade micorrízica.

Habte e Turk (1991), estudando o efeito de níveis de P sobre a infecção e a efetividade de FMAs em três espécies florestais, constataram que o alto teor deste elemento reduziu a colonização e que, apenas uma espécie se beneficiou da associação neste teor elevado de P. Sun, Simpson e Sands (1992), avaliando o crescimento de dois genótipos de *Acacia mangium* observaram um estímulo no crescimento na dose de 10 µg P/g de solo, redução na dose de 30 µg P/g de solo e sintomas de toxidez em um dos genótipos na dose de 80 µg P/g de solo. Bethenfalvay e Yoder (1981) observaram que para a soja, o maior benefício da associação com FMAs em relação a maior absorção de P, se deu nos níveis mais baixos de disponibilidade deste elemento.

Trabalhos vêm evidenciando cada vez mais os benefícios da inoculação com FMAs, principalmente em solos deficientes em P. Siqueira et al. (1993) trabalhando com produção de café ressaltaram esses benefícios.

A degradação do solo tem efeito negativo sobre a infecção e efetividade dos FMAs. A degradação do solo causada pela erosão, por exemplo, afeta seriamente a produtividade de muitos solos, principalmente de solos tropicais, sendo esta perda de produtividade atribuída a alterações das propriedades químicas e físicas do solo (Lal, 1984) e também das populações microbiológicas (Habte, 1989).

Moorman e Reeves (1979), estudando o efeito da degradação do solo na infectividade de FMAs em raízes de milho, encontraram valores de 2 e 77% para solos degradados e não degradados, respectivamente. Considerando a importância e a



função de fungos micorrízicos para as plantas hospedeiras, a redução da infectividade de solos degradados, pode ser um importante fator ecológico na sucessão e na estruturação da comunidade vegetal.

Em habitats semi-áridos degradados, com baixa vegetação de cobertura, há perda de água e solo o que afeta o número de propágulos micorrízicos, limitando as possibilidades de colonização (Habte et al., 1988). A importância relativa dos esporos, raízes micorrizadas ou hifas como propágulos, pode determinar como a infectividade é reduzida nos solos degradados. As hifas, por exemplo, são altamente vulneráveis à degradação (Jasper, Abbott e Robson, 1989 e Evans e Miller, 1990). Habte (1989) estudando o efeito da erosão simulada na atividade de FMAs verificou que a maior parte dos efeitos adversos da remoção da superfície sobre a colonização de raízes e a efetividade simbiótica destes fungos pode ser explicada pela remoção dos propágulos.

Segundo Jasper, Abbott e Robson (1991) solos degradados por mineração, têm a infectividade dos FMAs reduzida, no entanto, eles afirmam que a severidade deste efeito é diferenciada, podendo variar desde um pequeno atraso na colonização, aumento do número de propágulos sem redução na percentagem de raízes colonizadas, redução de 1/3 no comprimento de raízes colonizadas até a perda total da infectividade. As espécies de fungos podem diferir quanto a capacidade de seus propágulos sobreviverem em solos degradados. Estudos sobre a eficiência de FMAs nativos após a degradação do solo, sugerem que populações individuais podem apresentar pequenas taxas de tolerância a condições ambientais adversas (Stahl, Willians e Christensen, 1988). Espera-se que os fungos nativos sejam os melhores candidatos à reintrodução, em função da sua adaptação às condições edáficas e climáticas locais. No entanto, a degradação altera as características físicas, químicas e biológicas do solo e, como a eficiência dos

fungos é diretamente influenciada pelos fatores edáficos, fungos que estavam presentes antes da degradação podem não produzir micorrizas efetivas em solos degradados (Mosse, Stribley e Letacon, 1981). Em função disso, Menge (1983) e Stahl, Willians e Christensen (1988) ressaltam a importância da introdução de espécies fúngicas eficientes em solos degradados.

Segundo Veenendaal et al. (1992) em áreas degradadas, a taxa e o desenvolvimento de infecção de FMAs são fatores importantes na recuperação natural ou induzida nesses ecossistemas. Para Reeves et al. (1979) e Stahl, Willians e Christensen (1988) as associações simbióticas com FMAs podem ser de particular importância para plantas em habitats degradados e semi-degradados, estéreis, pobres em nutrientes e/ou em água como locais de mineração, dunas costeiras. Powell (1980) e Hall (1980) ressaltaram a importância da inoculação com FMAs em áreas degradadas com solo erodido, onde a capacidade de reinfecção natural é menor em função da perda da camada superficial do solo, na qual ocorre a maior parte da atividade biológica.

Carpenter e Allen (1988) observaram uma maior percentagem de sobrevivência de plantas inoculadas com rizóbio e FMAs em relação as não inoculadas, assim como, uma maior produção de biomassa total e maior concentração de N e P, quando estudaram o efeito dessas associações em áreas degradadas sob ambiente semi-árido. Michelsen e Rosendahl (1990) estudando o efeito de FMAs, P e estress hídrico sobre o crescimento de mudas de *Leucaena leucocephala* e *Acacia nilotica*, verificaram que para ambas as espécies a inoculação com FMAs resultou num maior crescimento das mudas, demonstrando o potencial da inoculação micorrízica no reflorestamento de áreas degradadas nos trópicos. Herrera, Salamanca e Barea (1993) trabalhando com leguminosas florestais inoculadas com FMAs e rizóbio selecionados com objetivo de recuperar ecossistemas desérticos, verificaram que apenas as espécies nativas foram capazes de sobreviver em tais

condições e dentre estas, as que haviam sido inoculadas tiveram maior crescimento e sobrevivência, assim como maior desenvolvimento da biomassa.

Além dos efeitos nutricionais as micorrizas também são capazes de aumentar a tolerância aos estresses abióticos. Segundo Siqueira, Safir e Nair (1991) plantas inoculadas com FMAs sofrem menos dano devido ao transplante e Simons e Pope (1988) mostraram que a inoculação com *Glomus fasciculatum* em *Liquidambar styraciflua* L. aliviou o efeito da compactação do solo sobre o crescimento, ressaltando que tal efeito varia em relação às espécies. Além disso, as micorrizas também contribuem no processo de formação de uma estrutura estável do solo (Miller e Jastrow, 1990). As hifas externas envolvem os microagregados, através de um processo físico de emaranhamento, criando assim agregados maiores (Miller e Jastrow, 1992), a produção de substâncias gomosas, possivelmente polissacarídeos, formados por fungos e bactérias associados, também indicam as micorrizas arbusculares como promotoras de formação de agregados semi-estáveis do solo, o que torna as plantas micorrizadas, adequadas à recuperação de áreas degradadas (Sutton e Sheppard citados por Bowen, 1980).

Segundo Materechera, Dexter e Alston (1991), há uma necessidade de se encontrar meios de recuperar áreas com solos compactados com um custo mínimo. A penetração de raízes de plantas em solos compactados é um possível processo natural, o qual pode efetivamente melhorar as condições do solo (Dexter, 1990), assim como as associações micorrízicas principalmente em solos deficientes em fósforo. Tudo isso demonstra a importância de estudos que objetivem esclarecer o comportamento das espécies leguminosas florestais frente às condições adversas do meio e suas potencialidades de utilização em reflorestamentos de áreas degradadas.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, utilizando subsolo de Latossolo Roxo, da área de empréstimo sob a influência da Represa de Volta Grande, localizada em MG, constante de duas fases.

#### 3.1 - Produção das mudas

As sementes das espécies florestais fedegoso (*Senna macranthera* (Collad.) I.& B.), cássia verrugosa (*Senna multijuga* (L.C. Rich.) I.& B.), acácia (*Acacia mangium* L.), e angico amarelo (*Peltophorum dubium* (Spreng) Taub.), foram submetidas a um pré-tratamento para quebra de dormência, conforme recomendações do Laboratório de Sementes Florestais da UFLA (\*) e utilizadas para produção de mudas em bandejas de poliestireno expandido em um substrato, consistindo de 20% de torta de filtro de usina de cana-de-açúcar, 40% de casca de arroz carbonizada, 25% de solo e 15% de vermiculita, mais 2,5 Kg de superfosfato simples/ m<sup>3</sup> de substrato, sendo que cada célula tinha capacidade para 70 ml de substrato.

Parte do substrato foi infestado com propágulos de fungos MAs (*Gigaspora margarita* e *Glomus etunicatum*) na base de 5

---

(\*) DAVIDE, A.C. e FARIA, J.M.R. Index seminum do laboratório de sementes florestais da UFLA (trabalho em fase de publicação).

esporos/ ml de substrato. O substrato não infestado recebeu filtrado de inóculo visando equilibrar a microbiota entre os dois substratos. Para a *Acacia mangium*, espécie nodulífera, procedeu-se a inoculação com estirpe de rizóbio específica fornecida pelo Centro Nacional de Pesquisa em Agrobiologia (CNPAB - EMBRAPA).

### 3.2 - Instalação e condução do experimento

As amostras de solo degradado da área de empréstimo, o qual havia sofrido decapitação e onde havia parte do horizonte B e o horizonte C, foram coletadas em novembro de 1993. Após a coleta as amostras foram secas ao ar e analisadas química e fisicamente.

A análise química e física do solo apresentou as seguintes características: pH em água (1:2,5) = 5,0;  $\text{Ca}^{2+}$  = 2 mmol/dm<sup>3</sup>;  $\text{Mg}^{2+}$  = 1 mmol/dm<sup>3</sup>;  $\text{Al}^{3+}$  = 1 mmol/dm<sup>3</sup>;  $\text{H}^+$   $\text{Al}^{3+}$  = 15 mmol/dm<sup>3</sup> de solo, extraídos com KCl 1N; P e K = 1 e 12 µg/g de solo, respectivamente, extraídos pelo Mehlich-1; matéria orgânica = 1,2; areia grossa = 50; areia fina = 250; silte = 50 e argila = 650 g/kg de solo. Foi feita também avaliação da densidade de esporos de fungos MAs com o auxílio de um estereomicroscópio, após a separação dos esporos do solo por peneiramento úmido (Gerdemann e Nicolson, 1963) e centrifugação em água e sacarose, que revelou uma média de 4 esporos/ 50 ml de solo.

A necessidade de calcário foi calculada pelo método da saturação de bases (Quaggio, 1983), considerando  $V_2$  = 60%, utilizando calcário dolomítico. Após a incubação o solo possuía pH em água (1:2,5) = 5,5;  $\text{Ca}^{2+}$  = 33 mmol/dm<sup>3</sup>,  $\text{Mg}^{2+}$  = 9 mmol/dm<sup>3</sup>; e  $\text{Al}^{3+}$  = 1 mmol/dm<sup>3</sup>. Foi feita também adubação potássica, na forma de KCl, na dose de 48 µg de K/g de solo e após esta o solo continha 55 µg de K/g de solo, extraído pelo Mehlich-1.

As mudas foram transplantadas, com 100 dias de idade, para vasos com capacidade de 5 dm<sup>3</sup> de solo, contendo o solo

compactado manualmente ou não com dois diferentes níveis de P. Nos vasos foram abertas covas de 5 cm de diâmetro por 12 cm de profundidade, sendo que cada vaso recebeu uma planta. As raízes das mudas foram lavadas de forma a retirar o excesso de substrato de modo a diminuir o efeito residual do P contido neste, que segundo extração com Mehlich-1, era de 36  $\mu\text{g}$  P/g de substrato.

O delineamento foi inteiramente casualizado consistindo num esquema fatorial formado por 2 níveis de compactação do solo (1,15  $\text{g}/\text{cm}^3$  - C1 e 1,30  $\text{g}/\text{cm}^3$  - C2) x 2 níveis de P (2  $\mu\text{g}$  P/g - P1 e 14  $\mu\text{g}$  P/g de solo - P2) x 2 inoculações (presença: +M e ausência: -M de fungos micorrízicos), com 5 repetições. Os níveis de fósforo de 2 e 14  $\mu\text{g}$  P/g de solo foram obtidos com adubações de 50 e 250  $\mu\text{g}$  P/g de solo, respectivamente, na forma de superfosfato triplo com 44% de  $\text{P}_2\text{O}_5$ .

O experimento teve duração de 120 dias, sendo que neste período a irrigação foi feita de modo a ocupar 60% do VTP com água. Foram feitas adubações de cobertura conforme indicado na TABELA 1.

Tabela 1: Nutriente, quantidade, fonte e época das adubações de cobertura

Nutriente	Fonte	Quantidade ( $\mu\text{g}$ de nutr./g de solo)	Época (pós- transplante)
N	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	15	15 dias
B	$\text{H}_2\text{BO}_3$	0,5	30 dias
Cu	$\text{CuSO}_4 \cdot 5\text{H}_2\text{O}$	1,5	30 dias
Mo	$(\text{NH}_4)_6\text{Mo}_7\text{O}_{24} \cdot 4\text{H}_2\text{O}$	0,1	30 dias
Zn	$\text{ZnSO}_4$	5,0	30 dias
N	$(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$	20	50 dias
K	$\text{K}_2\text{SO}_4$	20	50 dias
N	$\text{NH}_4\text{NO}_3$	20	75 dias
K	$\text{K}_2\text{SO}_4$	20	75 dias

### 3.3 - Avaliação

Quinzenalmente foram feitas avaliações de altura de plantas, diâmetro do colo e teor de P na folha, tendo este último, o objetivo de monitorar a efetividade micorrízica segundo metodologia proposta por Habte (1992). Esta metodologia consiste na retirada de discos de folhas, seguida de uma queima em mufla a 500° C. À cinza são adicionados 2.5 ml de um reagente B com mais 10 ml de água destilada, a solução é então agitada e após 20 minutos lida a concentração de P em espectrofotômetro no comprimento de onda de 840 nm. O reagente B é obtido dissolvendo-se 0,428 g de ácido ascórbico em 100 ml de reagente A, que é formado por uma mistura de 0,12 g tartarato antimônio de potássio, 6,0 g de molibdato de amônio, 56 ml de ácido sulfúrico concentrado e água destilada para completar 1 litro de solução. Ao final do experimento os parâmetros avaliados foram: teor de nutrientes nas plantas, número e peso seco de nódulos para a acácia, colonização micorrízica e matéria seca.

A micorrização foi avaliada pela taxa de colonização das raízes pelo método da placa quadriculada (Giovanetti e Mosse, 1980) em raízes clarificadas com KOH 10% e coloridas com azul de tripano (Kormanik e McGraw, 1982).

Os teores de nutrientes foram avaliados por análise de matéria seca de parte aérea das plantas. Os extratos dos tecidos foram preparados conforme Hunter (1975) e o teor de N foi determinado pelo método de Kjeldahl modificado; P e B por colorimetria (Azul de Molibdênio e Curcumina, respectivamente); K por fotometria de chama; Ca, Mg, Cu, Zn, Mn e Fe por espectrofotometria de absorção atômica (Sarruge e Haag, 1974); e S por turbidimetria (Tabatabai e Bremner, 1970).

Os parâmetros estudados foram submetidos à análise de variância e testes de médias pelo programa estatístico SANEST (Sarriés, Oliveira e Alves, 1992)

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Crescimento vegetativo e colonização micorrízica das plantas

Os resultados para os parâmetros de crescimento e colonização, das quatro espécies estudadas em função de pré-colonização micorrízica, compactação e níveis de fósforo encontram-se nas FIGURAS 1 a 3 e nas TABELAS 2 e 1A (Anexo).

Pode-se observar na FIGURA 1 que os tratamentos interferiram no crescimento pós-transplante das espécies, sendo que para o parâmetro altura não houve interação entre os fatores. Para a acácia e o fedegoso (Figura 1 a,b,e,f,i,j) não houve resposta significativa a nenhum dos tratamentos. A cássia verrugosa (FIGURA 1c) apresentou menor crescimento nas plantas pré-colonizadas indicando possivelmente maior eficácia dos fungos indígenas do solo. Para o angico amarelo (FIGURA 1d) verifica-se pequeno efeito benéfico da pré-colonização, indicando que os fungos introduzidos foram mais eficazes que os fungos indígenas do solo. Tal efeito benéfico concorda com outros trabalhos nos quais a introdução de fungos foi capaz de influenciar significativamente o crescimento do cafeeiro (Saggin Jr., 1992) e espécies arbóreas (Pope et al., 1983 e Renó, 1994). Observa-se na FIGURA 1g e 1h que tanto a cássia verrugosa quanto o angico amarelo, apresentaram maior crescimento em altura quando o solo havia sido compactado. Com relação aos níveis de fósforo a cássia verrugosa (FIGURA 1k) não apresentou resposta significativa, enquanto o angico amarelo (FIGURA 1l) teve maior crescimento no nível mais alto de P no solo.



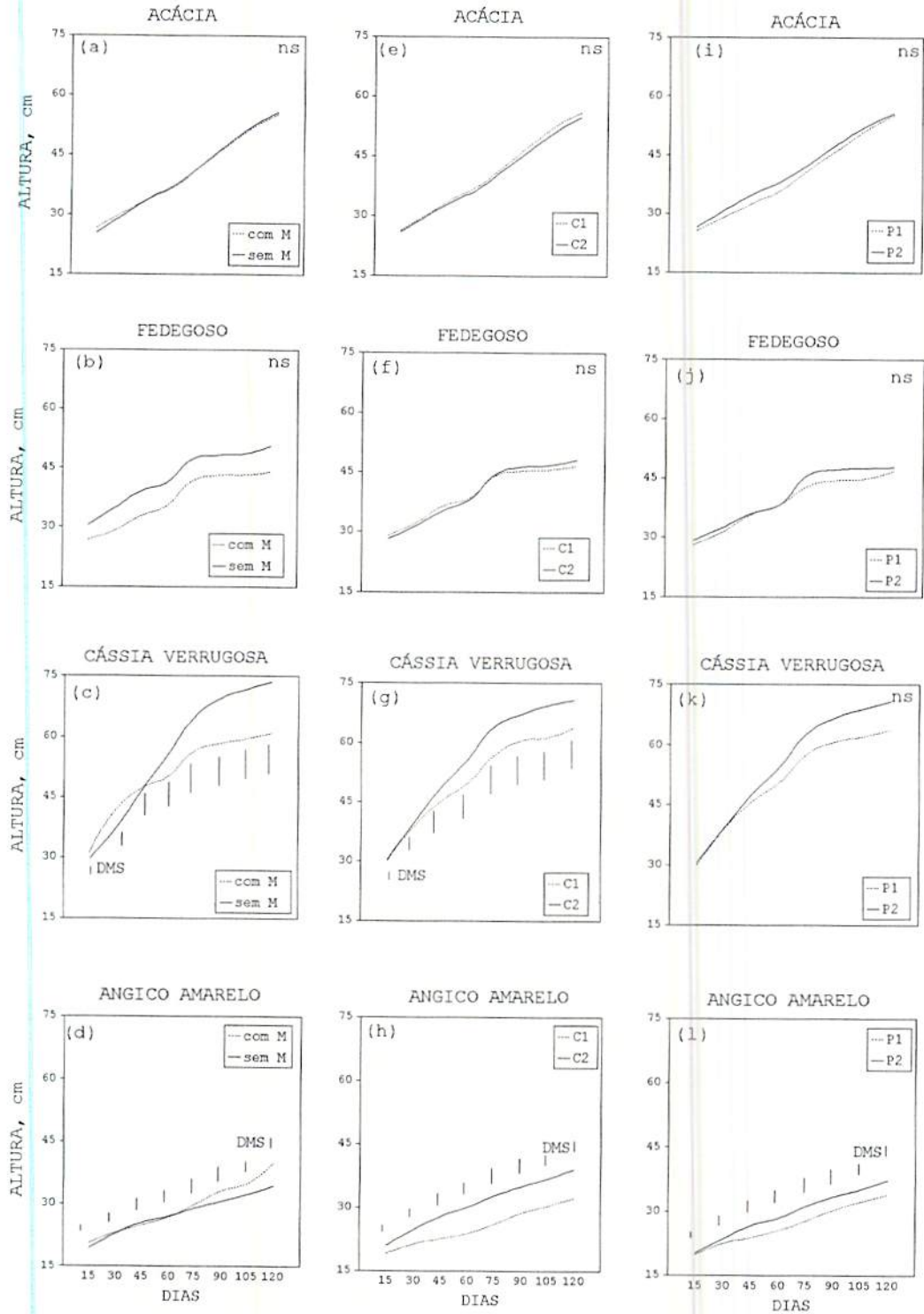


Figura 1: Crescimento em altura das espécies estudadas, sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C1-1,15 e C2-1,30 g/cm<sup>3</sup>) e níveis de fósforo (P1-2 e P2-14 ug/g) no solo. DMS= diferença mínima significativa (Tukey 5%) ns= efeito não significativo para o tratamento.

Pela TABELA 2 pode-se observar que os tratamentos influenciaram a produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), da raiz (MSR), a relação raiz/ parte aérea (R/PA) e o diâmetro do caule de maneira isolada, sem apresentar efeito interativo entre eles, sendo que houve espécie que não respondeu aos tratamentos.

Tabela 2: Produção de matéria seca da parte aérea (MSPA), raízes (MSR), relação raiz/ parte aérea (R/PA) e diâmetro do caule para as diferentes espécies estudadas, sob o efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Parâmetro avaliado	Pré-colonização		Compactação		Nível de P	
	-	+	1,15	1,30	2	14
.....Acácia.....						
MSPA, g	25,5	22,4	23,2	24,6	23,4	24,5
MSR, g	5,2	4,0	4,4	4,8	4,6	4,6
R/PA	0,19	0,21	0,21	0,20	0,21	0,20
Diâmetro, mm	6,2	6,1	6,1	6,2	6,0	6,3
.....Fedegoso.....						
MSPA, g	21,0 a	18,4 b	19,1	20,3	20,0	19,4
MSR, g	10,8 a	9,6 b	10,1	10,3	10,0	10,5
R/PA	0,51	0,53	0,53	0,51	0,52	0,52
Diâmetro, mm	8,4 a	7,7 b	7,7 b	8,5 a	8,2	8,0
.....Cássia verrugosa.....						
MSPA, g	20,0	15,0	16,6	18,4	16,8	18,3
MSR, g	8,9	8,0	8,3	8,6	8,5	8,4
R/PA	0,43 b	0,55 a	0,52	0,46	0,51	0,48
Diâmetro, mm	8,43	8,3	8,2	8,5	8,3	8,4
.....Angico amarelo.....						
MSPA, g	22,6	23,8	20,3 b	26,1 a	22,7	23,7
MSR, g	10,6	11,3	8,8 b	13,2 a	11,1	10,9
R/PA	0,44	0,45	0,41 b	0,48 a	0,46	0,44
Diâmetro, mm	9,9	10,1	8,9 b	11,1 a	10,0	9,9

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

A acácia não apresentou resposta para nenhum dos parâmetros em relação aos tratamentos. Faria (1993) observou que para a acácia a pré-colonização das mudas afetou apenas a produção de matéria seca da parte aérea, não influenciando os demais parâmetros. Para o fedegoso houve maior produção de MSPA e MSR assim como maior diâmetro nas plantas que não haviam sido

pré-colonizadas. Com relação à compactação apenas o diâmetro foi afetado sendo maior no tratamento em que o solo estava compactado. Não houve para esta espécie resposta aos níveis de P no solo. A cássia verrugosa só teve sua relação R/PA influenciada pela pré-colonização apresentando maior relação nas plantas pré-colonizadas. Os outros fatores não influenciaram nos parâmetros analisados. Para o angico amarelo não foi observado efeito da pré-colonização, nem dos níveis de P no solo, no entanto, todos os parâmetros analisados (MSPA, MSR, R/PA, diâmetro) foram influenciados pela compactação sendo significativamente maiores quando o solo estava compactado. Observando a não influência da compactação na produção de matéria seca da raiz para a acácia, a cássia verrugosa e o fedegoso e o aumento desta produção para o angico amarelo pode-se concluir que o aumento da densidade aparente de 1,15 para 1,30 g/cm<sup>3</sup>, não restringiu o crescimento radicular, não prejudicando assim o crescimento das plantas.

O efeito dos tratamentos sobre a produção de matéria seca total encontra-se na FIGURA 2. Pode-se notar que para a acácia e o fedegoso (FIGURA 2a, 2b) não houve interação entre os fatores ocorrendo uma maior produção das plantas sem pré-colonização, sem efeito significativo dos outros fatores. Para o angico amarelo e a cássia verrugosa foi observado um efeito interativo da pré-colonização (M) x compactação (C). O angico amarelo (FIGURA 2c) teve menor produção na densidade de 1,15 g/cm<sup>3</sup> quando as plantas não haviam sido pré-colonizadas, já a cássia verrugosa (FIGURA 2d) também teve menor produção nesta densidade, no entanto, para esta espécie isso ocorreu quando as plantas haviam sido pré-colonizadas. Não houve efeito dos níveis de P no solo para estas espécies.

Pode-se notar, pelo exposto acima, que os tratamentos influenciaram de maneira diferenciada o crescimento vegetativo das espécies. A compactação não exerceu efeito depressivo sobre o crescimento, ao contrário, para o angico e a cássia verrugosa houve efeito benéfico. Talvez, tal resposta se deva a uma maior

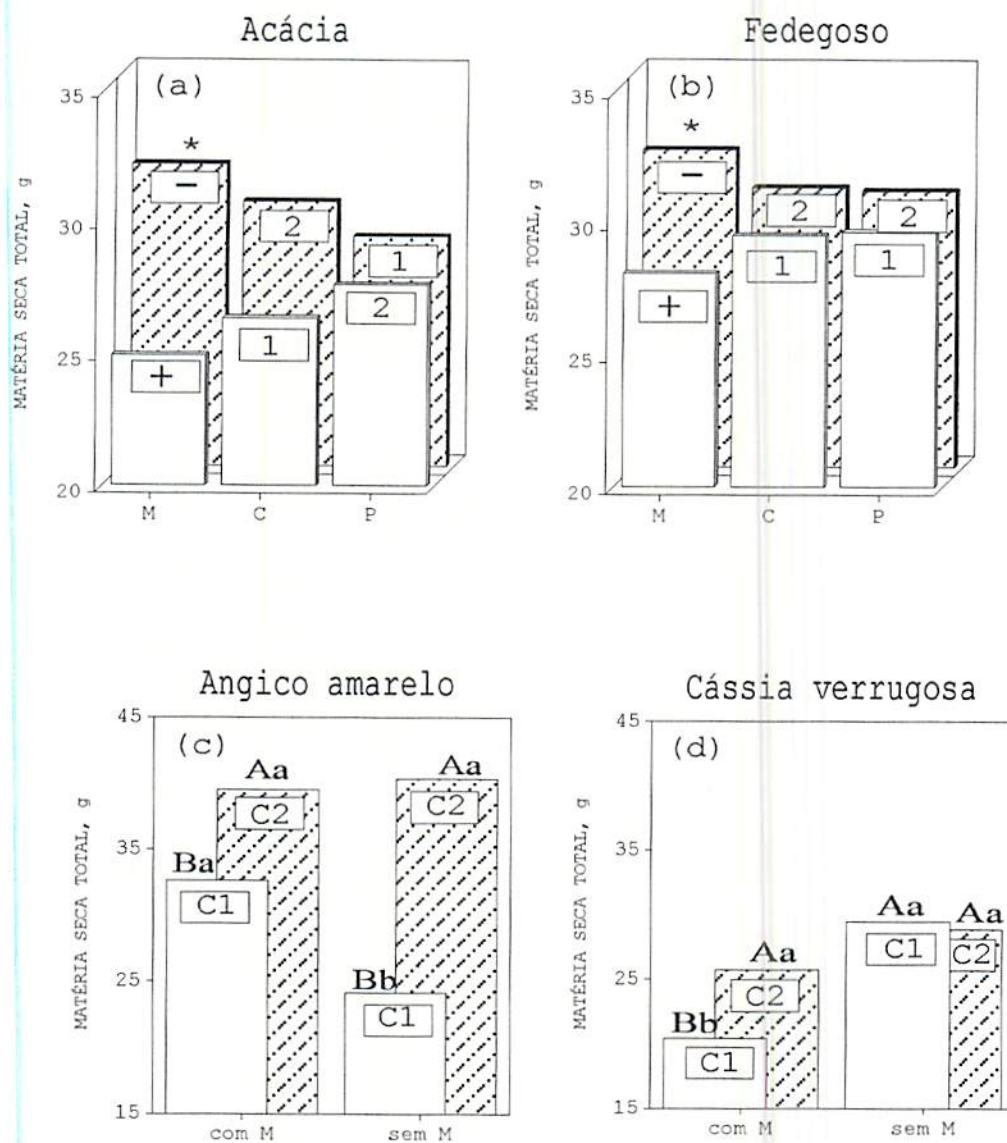


Figura 2: Matéria seca total das espécies estudadas, em função de micorriza (+M: com e -M: sem pré-colonização), compactação (C1-1,15 e C2-1,30 g/cm<sup>3</sup>) e níveis de fósforo (P1-2 e P2-14 ug/g), aplicados ao solo.  
 \* = efeito significativo (Tukey 5%)  
 Letras maiúsculas se referem à compactação e minúsculas ao efeito da micorriza.

difusão de nutrientes para as raízes conforme relatado por Warncke e Barber (1972) e Hira e Singh (1977) e já discutido no item 2.2.

Com relação ao fósforo, com exceção do parâmetro altura do angico amarelo, observou-se um completa falta de resposta aos níveis de P no solo. Tal comportamento, pode ser devido ao alto teor de P total normalmente presente em solos derivados de basalto. Segundo Raij (s.d.) tal teor não é detectado pelo extrator Mehlich-1, sendo que nestes casos a resina é capaz de extrair até 10 vezes mais P. Curi (1983) encontrou teor de 0.16% de  $P_2O_5$  em horizontes subsuperficiais pelo ataque sulfúrico, e segundo Alvin e Kozloxisky (1977) o teor de  $P_2O_5$  total nos solos tropicais bem intemperizados como o Latossolo Roxo pode alcançar valores maiores que 0.20 %. Desta forma para estes solos a adubação fosfatada pode não exercer efeito, como observaram Freitas et al. (1963) para o algodão e milho e Guimarães (1986) para café.

Pode-se observar pela FIGURA 1, que para todos os tratamentos a cássia verrugosa, a acácia e o fedegoso apresentaram um crescimento mais rápido que o angico amarelo, atingindo ao fim do experimento (120 dias) alturas maiores que 45 cm.

A colonização micorrízica das plantas foi bastante elevada no fedegoso e baixa nas demais espécies (FIGURA 3). A pré-colonização só exerceu influência na colonização das mudas pós-transplante para a acácia (FIGURA 3a), sendo que esta foi inibida pela adição de P na cássia verrugosa (FIGURA 3b). Tal redução demonstra que o nível mais alto de P no solo foi capaz de inibir a colonização. Outros trabalhos também indicam uma redução da colonização micorrízica por doses elevadas de P (Siqueira, Hubbell e Valle, 1984), no entanto, Faria (1993), encontrou um estímulo à colonização micorrízica em espécies arbóreas mesmo em doses mais altas de P aplicadas ao solo. A colonização micorrízica não foi afetada pela compactação.

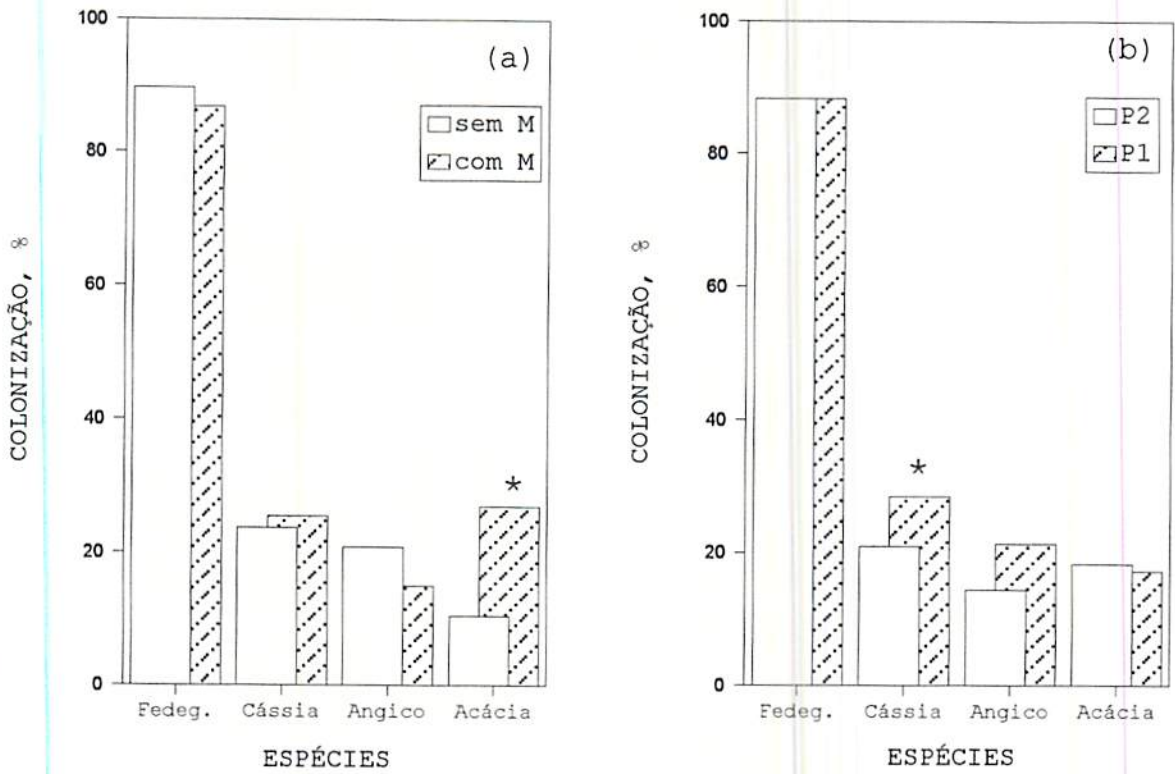


Figura 3: Colonização micorrízica das espécies sob influência da pré-colonização das mudas (M) (a) e dos níveis de fósforo (P1-2 e P2-14 ug/g) no solo (b).

\* significativo pelo teste de Tukey (5%).

#### 4.2 - Efeito da pré-colonização nos teores de fósforo nos discos de folha

O monitoramento da efetividade micorrízica através do conteúdo de fósforo em discos de folha encontra-se na FIGURA 4. A acácia e o fedegoso (FIGURA 4a, 4b) apresentaram variação do teor de P em função do tempo não apresentando padrão definido de comportamento. Para a cássia verrugosa foram observados maiores teores de P nas plantas sem pré-colonização sendo que tais plantas também apresentaram uma maior produção de matéria seca total. Para esta espécie é interessante ressaltar a semelhança entre o teor de P nos discos FIGURA 4c e seu crescimento em altura FIGURA 1c, onde se observa um menor crescimento e teor de P nas plantas sem pré-colonização até aproximadamente 45 dias e a partir daí um maior crescimento e teor de P. Tal comportamento parece indicar o potencial do método para acompanhar o crescimento das plantas e a efetividade micorrízica. Para o angico amarelo foi observado menor teor de P nas plantas pré-colonizadas, apesar da maior produção de matéria seca nestas condições, o que mostra um efeito de diluição de P para esta espécie que será discutido posteriormente.

Com relação aos outros fatores, apenas o angico amarelo teve seu teor de P nos discos influenciado pela compactação, sendo que havia maior teor no tratamento sem compactação, o que relacionado com a menor produção de matéria seca nesta situação demonstra novamente o efeito de diluição de P apresentado por esta espécie. Em se tratando dos níveis de P, o angico amarelo aos 60 e 75 dias, o fedegoso aos 60 e a acácia aos 15 apresentaram teor de P significativamente maior no nível mais alto do elemento no solo não havendo diferenças significativas nas outras épocas de avaliação.

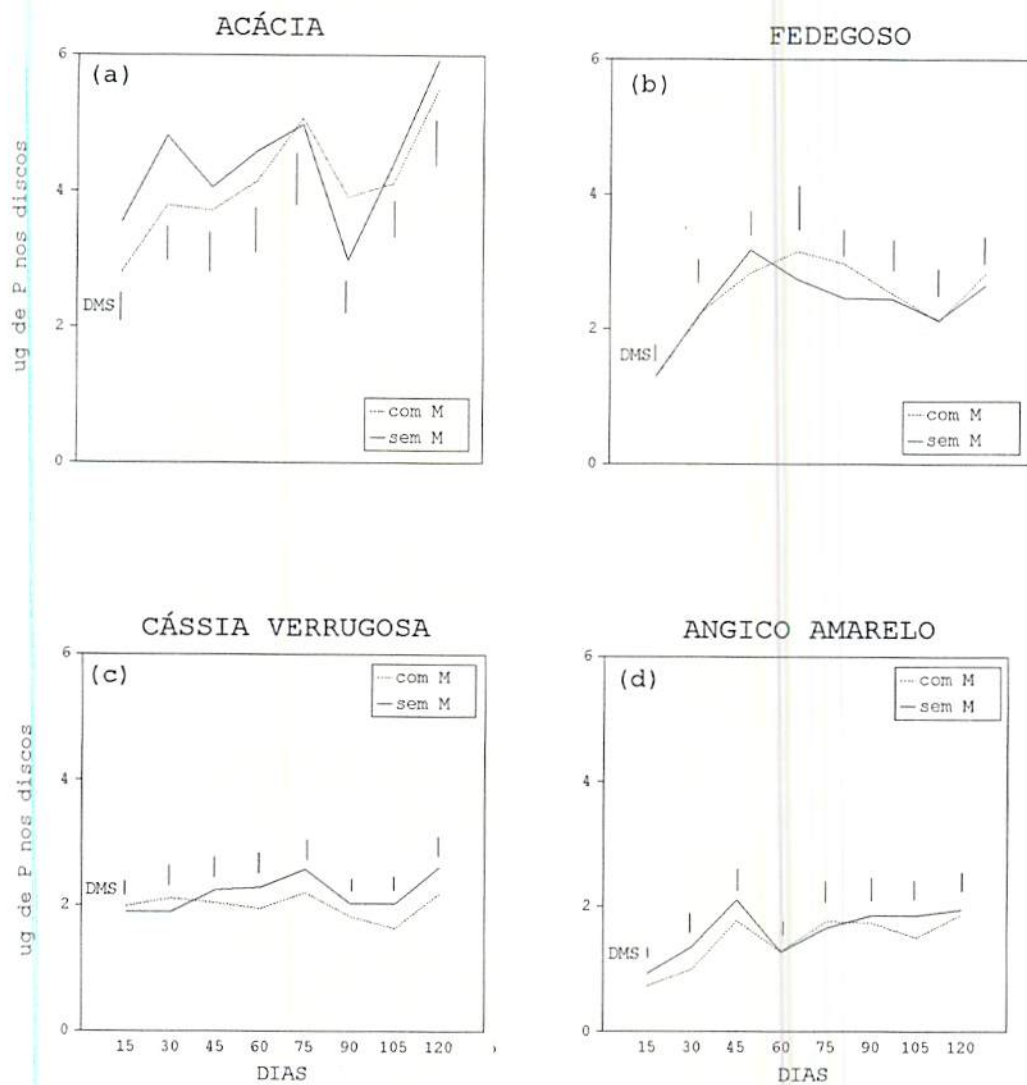


Figura 4: Efeito da pré-colonização das mudas (M) nos teores de fósforo em discos de folha das espécies estudadas, nas diferentes épocas de avaliação.



### 4.3 - Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea das plantas

Os efeitos da pré-colonização com FMAs, da compactação e dos níveis de fósforo no solo sobre os nutrientes na parte aérea das plantas encontram-se nas TABELAS 3 a 10 e 2A a 9A (Anexo) e na FIGURA 5. Verifica-se que o teor e o acúmulo de nutrientes foram afetados pelos tratamentos e que as espécies apresentaram respostas diferenciadas que serão apresentadas por espécie.

Os efeitos dos tratamentos sobre os teores e quantidade acumulada de nutrientes na acácia encontram-se nas TABELAS 3 e 4. O acúmulo de P só foi afetado pela adição de superfosfato sendo este maior quando a concentração do elemento no solo era de 14 µg/g. O N só foi influenciado pela pré-colonização apresentando maior teor nas plantas pré-colonizadas (+M). Os teores de Ca foram favorecidos pela pré-colonização e diminuídos pela compactação. Para o Mg só houve efeito significativo da pré-colonização que favoreceu o teor do elemento. Os teores de Zn foram dependentes da compactação e do nível de P, sendo reduzido no tratamento compactado e no maior nível de P no solo. O acúmulo de ferro foi diminuído pela pré-colonização, apresentando interação MxC (TABELA 4) na qual o teor foi reduzido pela pré-colonização na ausência de compactação. O Cu foi influenciado por todos os tratamentos apresentando maiores teores nas plantas pré-colonizadas, e no tratamento sem compactação no menor nível de P já que houve interação significativa CxP. Para o Mn só foi verificado efeito significativo para a interação CxP, sendo observado menor teor do elemento no nível mais alto de P no tratamento não compactado.

Para o fedegoso, o efeito dos tratamentos, nos teores e acúmulo de nutrientes, estão nas TABELAS 5 e 6. Os teores de P foram influenciados pelo nível do elemento no solo sendo maiores no nível mais alto, já o acúmulo foi influenciado por todos os

Tabela 3: Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea da acácia, sob efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Nutr.	Pré-colonização		Compactação		Níveis de P		Efeito significativo
	-	+	1,15	1,30	2	14	
Teores, g/kg							
P	1,1	1,3	1,3	1,2	1,3	1,1	
N	20,5 b	24,8 a	23,0	22,2	23,1	22,2	M
K	10,2	10,3	9,6	10,9	10,7	9,9	
Ca	13,2 b	15,3 a	14,9 a	13,6 b	13,7	14,8	M, C
Mg	2,2 b	3,0 a	2,6	2,7	2,7	2,6	M
S	1,8	2,0	1,8	1,9	1,9	1,9	
Teores, µg/g							
Zn	19	18	20 a	16 b	20 a	16 b	C, P
Fe	108	82	94	96	97	93	MxC
Cu	6 b	8 a	7	6	8	6	M, CxP
Mn	39	41	40	40	48	32	CxP
B	23	27	25	25	27	24	
Acúmulo, mg/planta							
P	24,8	24,4	24,3	25,0	19,8b	29,4 a	P
N	493,5	517,2	514,5	496,1	444,8	565,8	
K	226,3	199,4	195,2	230,6	203,8	222,0	
Ca	312,0	305,1	310,4	306,8	274,8	342,3	
Mg	52,9	60,0	52,7	60,3	52,7	60,2	
S	43,6	38,6	39,7	42,5	36,8	45,4	
Acúmulo, µg/planta							
Zn	413	348	402	359	339	358	
Fe	2606 a	1715 b	2076	2245	2076	2245	M
Cu	129	153	144	138	146	136	
Mn	940	806	811	935	966	780	
B	520	525	518	527	490	555	

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Tabela 4: Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes da acácia.

Nutriente	Compactação	- M		+ M	
		1,15	1,30	1,15	1,30
Fe, µg/g	1,15	115 Aa		73 Bb	
	1,30	100 Aa		91 Aa	
Nutriente	Níveis de P	Compactação			
		1,15	1,30	1,15	1,30
Cu, µg/g	2	9 Aa		6 Aa	
	14	6 Ba		6 Aa	
Mn, µg/g	2	52 Aa		44 Aa	
	14	28 Ba		36 Aa	

Médias seguidas de mesma letra minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Tabela 5: Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea do fedegoso, sob efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Nutr.	Pré-colonização		Compactação		Níveis de P		Efeito significativo
	-	+	1,15	1,30	2	14	
Teores, g/kg							
P	1,2	1,1	1,1	1,1	1,0 b	1,3 a	P
N	9,0	9,3	9,3	9,0	9,1	9,2	
K	4,8	5,5	4,9	5,1	4,9	5,1	MxC
Ca	16,2	16,9	16,6	16,4	16,0	17,1	MxP
Mg	1,4	1,5	1,5	1,5	1,5	1,4	
S	2,8 b	3,3 a	3,2	2,9	2,7 b	3,4 a	M, P
Teores, µg/g							
Zn	16	17	17	16	17	16	
Fe	86	92	90	88	102 a	77 b	P
Cu	2	2	2	2	3	2	
Mn	62	66	68	59	71 a	56 b	P, MxC
B	38 a	30 b	36 a	32 b	35	33	M, C
Acúmulo, mg/planta							
P	24,6 a	20,0 b	21,7	22,9	20,1	24,6	M, CxP
N	188,9	171,2	177,9	182,2	184,0	176,1	MxP
K	93,7	101,0	94,4	100,3	96,4	98,3	MxC
Ca	338,0 a	305,6 b	315,5	328,0	300,5	310,7	M
Mg	29,6	28,0	27,6	29,9	30,4 a	27,1 b	P
S	58,5	59,4	59,9	58,0	53,3 b	64,6 a	P
Acúmulo, µg/planta							
Zn	345	303	324	324	347	301	MxP
Fe	1813	1673	1704	1782	1997 a	1488 b	P
Cu	53	46	48	51	53	46	MxP
Mn	1296	1185	1284	1197	1404 a	1077 b	P
B	549 b	790 a	698	641	662	677	M

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Tabela 6: Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes do fedegoso.

Nutriente	Compactação	- M	+ M
K, g/kg	1,15	4,7 Aa	5,2 Ba
	1,30	4,2 Ab	5,9 Aa
Mn, µg/g	1,15	61 Ab	75 Aa
	1,30	62 Aa	56 Ba

Nutriente	Níveis de P	- M	+ M
Ca, g/kg	2	14,9 Bb	17,1 Aa
	14	17,5 Aa	16,6 Aa

Nutriente	Compactação	- M	+ M
K, mg/planta	1,15	97,8 Aa	91,1 Ba
	1,30	89,6 Ab	111,0 Aa

Nutriente	Níveis de P	- M	+ M
N, mg/planta	2	175,4 Aa	192,6 Aa
	14	188,9 Aa	163,2 Ba
Cu, µg/planta	2	60 Aa	45 Ab
	14	46 Ba	47 Aa
Zn, µg/planta	2	398 Aa	229 Ab
	14	293 Ba	309 Aa

Nutriente	Níveis de P	Compactação	
		1,15	1,30
P, mg/planta	2	20,4 Aa	19,7 Ba
	14	23,0 Ab	26,1 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

tratamentos sendo maior quando as plantas não foram pré-colonizadas (-M), além de um efeito significativo da interação CxP, na qual um menor acúmulo foi observado no tratamento compactado no menor nível de P. No acúmulo de N a interação MxP foi significativa com menor valor nas plantas +M no maior nível de P. Os teores e acúmulo de K foram menores nas plantas -M no tratamento compactado, já que se observou interação MxC significativa. Para o Ca só foi observado efeito significativo da pré-colonização com maior acúmulo nas plantas -M. O Mg teve maior acúmulo no nível mais baixo de P. Os teores de S foram aumentados pela pré-colonização, e também pelo maior nível de P no solo, fato também observado para o acúmulo. Houve efeito significativo da interação MxP para o acúmulo de Zn, o qual foi maior nas plantas -M no menor nível de P. Para o Fe tanto o teor quanto o acúmulo foram diminuídos pelo aumento de nível de P no solo. Para o Cu só foi observado efeito significativo para a interação MxP, onde foi constatado maior acúmulo nas plantas -M no nível mais baixo de P. O Mn foi influenciado por todos os tratamentos, apresentando menores teores e acúmulo no nível mais alto de P, e interação significativa MxC, sendo que menor teor foi observado nas plantas +M no tratamento compactado. O teor de B foi maior nas plantas -M, sendo que para estas o acúmulo foi menor. Também foi observado maior teor no tratamento não-compactado.

O efeito dos tratamentos sobre o teor e acúmulo de nutrientes da cássia verrugosa se encontram nas TABELAS 7 e 8. O P foi influenciado por todos os tratamentos apresentando maior teor e acúmulo no nível de 14 µg/g. Para o acúmulo foi observado interação MxC significativa, com menor valor nas plantas +M no tratamento não compactado. Para o N se deu maior acúmulo nas plantas -M. As plantas do tratamento compactado apresentaram maior teor e acúmulo, como também maior acúmulo no nível mais alto de P. O K só foi influenciado pela pré-colonização com maior acúmulo nas plantas -M. Maior teor de Ca foi encontrado nas plantas +M, sendo que nestas o conteúdo foi menor. Para as

Tabela 7: Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea da cássia verrugosa, sob efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Nutr.	Pré-colonização		Compactação		Níveis de P		Efeito significativo
	-	+	1,15	1,30	2	14	
Teores, g/kg.							
P	1,0	1,0	1,0	1,0	0,9 b	1,1 a	P
N	8,8	9,4	8,4 b	9,8 a	8,8	9,3	C
K	3,5	3,7	3,6	3,7	3,5	3,7	
Ca	21,2 b	23,6 a	22,4	22,5	21,6 b	23,3 a	M, P
Mg	1,5	1,6	1,5	1,6	1,6	1,5	CxP
S	0,7	0,9	0,8	0,8	0,7 b	0,9 a	P
Teores, µg/g							
Zn	36 a	26 b	31	31	31	31	M
Fe	77	106	100	83	101	82	MxC
Cu	5 a	4 b	5	5	5	5	M
Mn	37 b	44 a	40	41	44 a	38 b	M, P
B	58	62	60	60	62	58	
Acúmulo, mg/planta							
P	20,8	14,5	17,0	18,2	15,5 b	19,7 a	P, MxC
N	175,4 a	140,1 b	137,3 b	178,2 a	146,2 b	169,4 a	M, C, P
K	68,9 a	55,4 b	58,6	65,6	58,0	66,2	M
Ca	420,7 a	350,4 b	364,8 b	406,3 a	353,4 b	417,7 a	M, C, P
Mg	30,0 a	23,7 b	24,7 b	29,0 a	26,9	26,8	M, C
S	14,1	11,8	12,6	13,3	11,5 b	14,4 a	P
Acúmulo, µg/planta							
Zn	704 a	398 b	539	563	527	574	M, CxP
Fe	1520	1559	1569	1510	1573	1506	
Cu	103	73	83	93	86	90	MxC
Mn	721	655	643 b	734 a	700	677	C
B	1161	923	1001	1084	1033	1051	MxC

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Tabela 8: Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes da cássia verrugosa.

Nutriente	Níveis de P	Compactação	
		1,15	1,30
Mg, g/kg	2	1,5 Ab	1,7 Aa
	14	1,5 Aa	1,4 Ba

Nutriente	Compactação	- M	+ M
		Fe, µg/g	1,15
1,30	76 Aa		90 Ba

Nutriente	Compactação	- M	+ M
		P, mg/planta	1,15
1,30	20,1 Aa		16,3 Ab
Cu, µg/planta	1,15	105 Aa	61 Bb
	1,30	101 Aa	85 Aa
B, µg/planta	1,15	1218 Aa	783 Bb
	1,30	1104 Aa	1063 Aa

Nutriente	Níveis de P	Compactação	
		1,15	1,30
Zn, µg/planta	2	583 Aa	471 Ba
	14	494 Aa	654 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

plantas do tratamento compactado assim como no nível mais alto de P houve maior acúmulo do elemento. Para o Mg foram observados maior acúmulo nas plantas -M, e menor nas plantas do tratamento não compactado, sendo que para o teor foi observada interação significativa CxP onde maior teor se deu no tratamento compactado no menor nível de P no solo. Maior teor e acúmulo de S foram encontrados no maior nível de P, não sendo constatado efeito significativo para os demais tratamentos. Todos os tratamentos influenciaram significativamente o Zn, sendo que maior teor e acúmulo ocorreram nas plantas -M. Foi observada interação significativa CxP com menor acúmulo no tratamento compactado no menor nível de P. Para o Fe só foi constatado efeito significativo da interação MxC, onde se obteve maior teor nas plantas +M no tratamento não compactado. O teor de Cu foi maior nas plantas -M e para o acúmulo houve interação significativa MxC com menor valor nas plantas +M no tratamento onde o solo não havia sido compactado. Para o Mn foi observado maior teor nas plantas +M e também no nível mais baixo de P. Maior acúmulo ocorreu no tratamento compactado. Para o B só houve efeito significativo para a interação MxC, com menor acúmulo nas plantas +M no tratamento não compactado.

Para o angico amarelo, o efeito dos tratamentos sobre o teor e nutriente acumulado se encontram nas TABELAS 9 e 10. O teor e acúmulo de P foram afetados pela pré-colonização, sendo menores nas plantas +M. O teor também sofreu efeito da compactação sendo reduzido pelo tratamento. Para o N só houve efeito significativo para o teor que foi reduzido pela compactação. O teor de K foi maior no tratamento sem compactação e no nível mais alto de P, sendo que para o acúmulo houve interação significativa entre os dois fatores (CxP), sendo que menor acúmulo foi observado no tratamento compactado no nível mais baixo de P. Com relação ao Ca, houve interação MxC significativa, ocorrendo um menor teor nas plantas -M quando o solo havia sido compactado, no entanto, o acúmulo de Ca foi



Tabela 9: Teores e acúmulo de nutrientes na parte aérea do angico amarelo, sob efeito da pré-colonização das mudas (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Nutr.	Pré-colonização		Compactação		Níveis de P		Efeito significativo
	-	+	1,15	1,30	2	14	
Teores, g/kg							
P	1,1 a	0,7 b	1,1 a	0,7 b	0,8	0,9	M, C
N	9,3	8,9	10,2 a	7,9 b	8,5	9,7	C
K	4,9	4,3	5,1 a	4,1 b	4,3 b	4,9 a	C, P
Ca	10,0	10,6	11,0	9,6	10,0 b	10,7 a	P, MxC
Mg	1,3	1,2	1,3 a	1,1 b	1,2	1,2	C
S	1,5 a	1,0 b	1,2	1,3	1,2 b	1,4 a	M, P
Teores, µg/g							
Zn	15	14	14	15	15	14	
Fe	91	97	92	96	93	95	
Cu	5 a	3 b	4 a	3 b	4	4	M, C
Mn	53	48	51	50	58 a	43 b	P
B	17	20	21	16	18	19	MxC
Acúmulo, mg/planta							
P	21,9 a	15,2 b	18,7	18,4	16,9	20,2	M
N	189,6	197,1	201,6	185,1	181,5	205,2	
K	102,4	97,7	92,8	107,4	91,9	108,2	CxP
Ca	214,7	242,8	207,7 b	249,8 a	216,5	241,0	C
Mg	27,0	26,8	24,8 b	29,0 a	26,6	27,2	C
S	34,2	24,2	23,3	35,0	25,8 b	32,6 a	P, MxC
Acúmulo, µg/planta							
Zn	322	347	297	372	330	339	
Fe	2016	2217	1763 b	2470 a	2029	2204	C
Cu	100	64	74	91	84	80	MxC
Mn	1159	1101	975	1280	1269 a	987 b	P, MxC
B	340	560	388	412	393	407	MxC

Médias seguidas de letras distintas na linha diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

Tabela 10: Desdobramento das interações significativas para os teores e acúmulo de nutrientes do angico amarelo.

Nutriente	Compactação	Compactação	
		- M	+ M
Ca, g/kg	1,15	11,3 Aa	10,8 Aa
	1,30	8,8 Bb	10,4 Aa
B, µg/g	1,15	22 Aa	20 Aa
	1,30	11 Bb	21 Aa
<hr/>			
Nutriente	Compactação	Compactação	
		- M	+ M
S, mg/planta	1,15	24,3 Ba	22,4 Aa
	1,30	44,1 Aa	26,0 Ab
Cu, µg/planta	1,15	85 Ba	63 Ab
	1,30	116 Aa	65 Ab
Mn, µg/planta	1,15	878 Ba	1071 Aa
	1,30	1429 Aa	1131 Aa
B, µg/planta	1,15	374 Aa	401 Ba
	1,30	306 Ab	518 Aa
<hr/>			
Nutriente	Níveis de P	Compactação	
		1,15	1,30
K, mg/planta	2	92,1 Aa	91,8 Ba
	14	93,5 Ab	122,9 Aa

Médias seguidas de mesma letra minúscula (linha) e maiúscula (coluna) não diferem entre si pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade

favorecido pela compactação. O teor também foi influenciado pelos níveis de P, sendo maior no nível mais elevado. Para o Mg só foi verificado efeito da compactação, o que resultou em menor teor e maior acúmulo quando o solo foi compactado. O S foi influenciado por todos os fatores, apresentando maior teor nas plantas +M e maior teor e acúmulo no nível mais alto de P. Verificou-se interação MxC significativa para o acúmulo de S no qual um maior valor foi observado nas plantas -M quando o solo havia sido compactado. Para o Fe só houve efeito significativo da compactação sobre o acúmulo que foi favorecido por esta. Maior teor de Cu foi observado nas plantas -M e no tratamento sem compactação, sendo que para o acúmulo houve interação significativa entre os fatores (MxC) no qual maior acúmulo foi constatado nas plantas -M quando o solo havia sido compactado. Com relação ao Mn, o nível mais alto de P reduziu o teor e acúmulo de nutriente e houve interação MxC significativa, na qual maior acúmulo se deu nas plantas -M no tratamento compactado. Para o B, houve interação MxC para teor e nutriente acumulado, sendo que menores valores foram observados nas plantas -M quando o solo havia sido compactado.

Com relação ao teor de P na parte aérea pode-se observar pela FIGURA 5, que apenas o angico amarelo apresentou uma correlação significativa deste parâmetro com a produção de matéria seca, mostrando um claro efeito de diluição deste elemento, fato não observado para as demais espécies. Menge et al. citados por Jarrell e Beverly (1981) trabalhando com plantas micorrizadas e não micorrizadas em 26 solos observaram efeito de diluição de fósforo em apenas 15% dos casos.

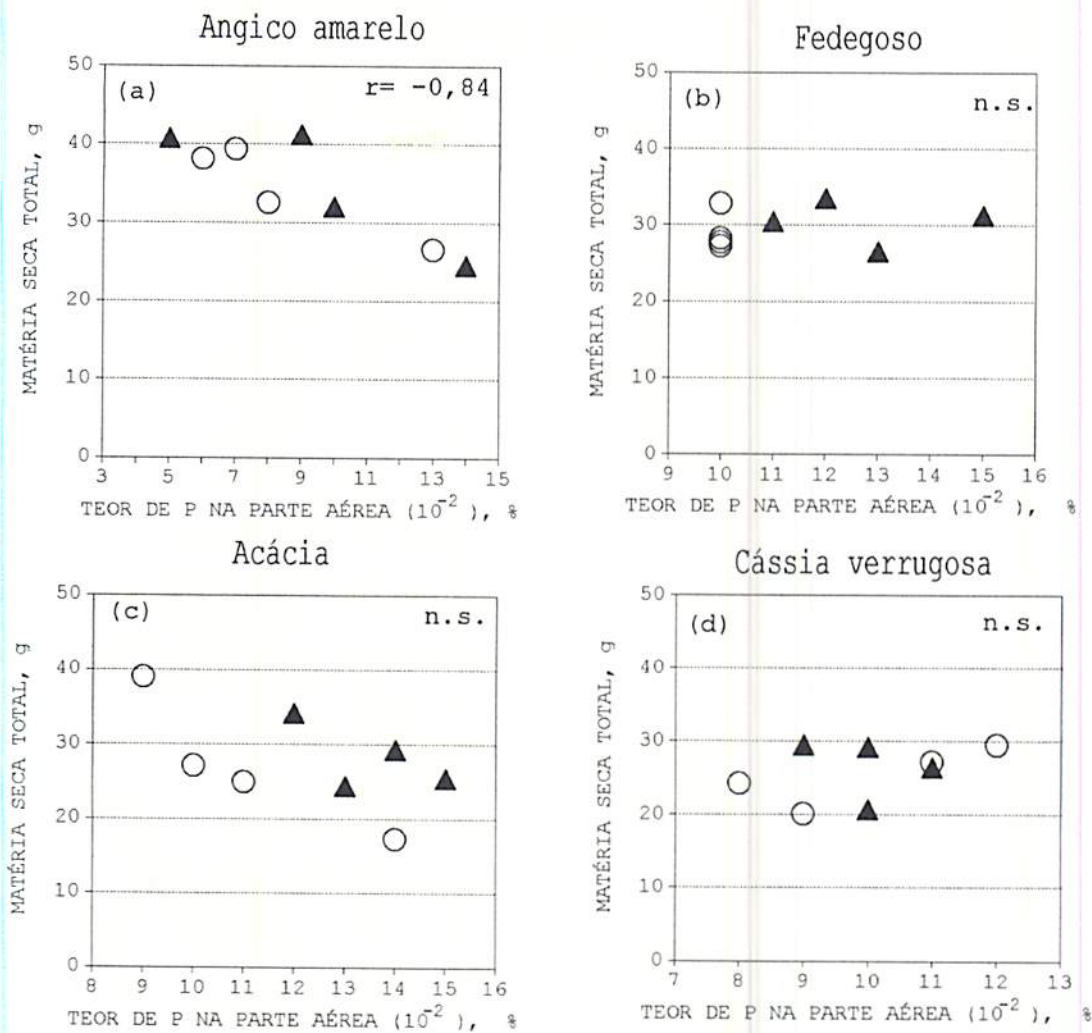


Figura 5: Relação entre produção de matéria seca e teor de P na parte aérea das plantas.  
Níveis de P (círculo 2 ug/g e triângulo 14 ug/g)

## 5 - CONCLUSÕES

A pré-colonização das mudas com fungos MAs foi benéfica apenas para o angico amarelo, e prejudicou o crescimento das demais espécies.

A compactação do solo até  $1,30 \text{ g/cm}^3$  não reduziu o crescimento pós-transplante de nenhuma das espécies, ao contrário, verificou-se efeito benéfico para o angico e para a cássia verrugosa.

Os diferentes níveis de fósforo no solo tiveram efeito significativo sobre os teores e o acúmulo de nutrientes das plantas, mas isso não se refletiu no crescimento das mesmas.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVARENGA, M.I.N; SOUSA, J.A. **Atributos do solo e o impacto ambiental.** Lavras: ESAL/FAEPE, 1995. 140p.: il. (Curso de especialização por tutoria à distância em solos e meio ambiente) (no prelo).
- ALVIN, P.T.; KOZLOXISKY, T.T. **Ecophysiology of tropical crops.** New York, Academic Press, 1977. 502p.
- BARNETT, Y.M.; CATT, P.C. Distribution and characteristics off root nodule bacteria isolated from australian *Acacia spp.* **Plant and Soil**, The Hague, v.135, n.1, p.109-120, Aug. 1991.
- BETHLENFALVAY, G.J.; BAYNE, H.G.; PACOVSKI, R.S. Parasitic and mutualistic association between a mycorrhizal fungus and soybean: the effect of phosphorus on host plant-endophyte interation. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.57, n.3, p.543-548, July, 1983.
- BETHLENFALVAY, G.J.; DAKESSIAM, S.; PACOVSKI, R.S. Mycorrhizae in a southern California desert: ecological implications. **Canadian Journal of Botanic**, Ottawa, v.62, p.519-524, Mar., 1984.
- BETHLENFALVAY, G.J.; YODER, J.F. The glycine-glomus-Rhizobium symbiosis. I. Phosphorus effect on nitrogen fixation and mycorrhizal infection. **Physiology Plantarum**, Copenhagen, v.52, p.141-145, Jan., 1981.
- BONI, N.R.; ESPINDOLA, C.R.; GUIMARÃES, E.C. Uso de leguminosas na recuperação de um solo decapitado. In: BALENSIEFER, M.; ARAÚJO, A.J. de; ROSOT, N.C. eds. SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1 E SIMPÓSIO NACIONAL, 2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS, Foz do Iguaçu. **Anais...**, Curitiba: FUPEF, 1994. p.563-568.
- BORGES, E.M. **Resposta da soja e do eucalipto a camadas compactadas do solo.** Viçosa: UFV, 1986. 74p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

- BOWEN, G.D. Mycorrhizal roles in the tropical plants and ecosystems. In: MIKOLA, P. ed. **Tropical mycorrhizal research**, New York: John Wiley & Sons, 1980, p.165-190.
- CARPENTER, A.T.; ALLEN, M.F. Responses of *Hedysarum boreale* Nutt. to mycorrhizas and *Rhizobium*: plant and soil nutrient changes in a disturbed shrub-steppe. **New Phytologist**, London, v.109, n.1, p.125-132, May, 1988.
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Curitiba: EMBRAPA - CNPF, 1992. 572p. (no prelo).
- CINTRA, F.L.D.; MIELNICZUK, J. Potencial de algumas espécies vegetais para recuperação de solos com propriedades físicas degradadas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.3, p.323-327, Set./Dez., 1983.
- CURI, N. **Lithosequence and toposequence of oxisols from Goiás and Minas Gerais states, Brasil**. Purdue: Purdue University. 1983. 158p. (Tese - PhD in Soil and Plant Nutrition).
- DANIELS, W.L. Restoration principals for disturbed lands. In: BALENSIEFER, M.; ARAÚJO, A.J. de; ROSOT, N.C. eds. **SIMPÓSIO SUL-AMERICANO, 1 E SIMPÓSIO NACIONAL, 2 RECUPERAÇÃO DE ÁREAS DEGRADADAS**, Foz do Iguaçu, 1994. **Anais...**, Curitiba: FUPEF, 1994. p.3-18.
- DEXTER, A.R. Amelioration of soil by natural process. **Plant and Soil**, The Hague, v.131, n.1, p.120-126, Feb., 1990.
- DIAS, L.E.; ALVAREZ, V.H.; BRIENZA JÚNIOR, S.B. Formação de mudas de *Acacia mangium* 1: resposta a calcário e a fósforo. In: **CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6**, Campos do Jordão, 1990. **Anais...** Campos do Jordão, 1990. p.449-453.
- EVANS, D.G.; MILLER, M.H. The role of the external mycelial network in the effect of soil disturbance upon vesicular-arbuscular mycorrhizal colonization of maize. **New Phytologist**, London, v.114, n.1, p.65-71, Jan., 1990.
- EVIS, B.W.; RATLIFF, L.F.; TAYLOR, H.M. Use of dead-loam technique to determine axial root growth pressure. **Agronomy Journal**, Madison, v.61, n.5, p.640-643, Sep./Oct., 1969.
- FARIA, M.P. de. **Resposta de mudas de leguminosas arbóreas ao fósforo e endomicorrizas em um latossolo da região de influência da represa de Camargos/Itutinga (MG)**. Lavras: ESAL, 1993. 120p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).

- FRANCO, A.A.; MUNNS, D.N. Plant assimilation and nitrogen cycling. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.3, p.253-261, Jun., 1984.
- FRANCO, A.A.; CAMPELO, E.F.C.; FARIA, S.M. de; SILVA, L.M.; DIAS, L.E. Reclamation of acid residues from bauxite-mining using nodulated and mycorrhized legume trees. In: WORKSHOP OM NITROGEN-FIXING TREES FOR ACID SOILS. Turrialba: Costa Rica, 1994, s.n.t.
- FREITAS, L.M.M.; MIKKELSEN, D.S.; McCLUNG, A.C.; LOTT, W.L. *Agricultura no cerrado* In: \_\_\_\_\_ Simposio sobre o cerrado, USP, 1963. 375p.
- GERDEMANN, J.W.; NICOLSON, T.H. Spores of mycorrhizal endogone species extracted from soil by wet sieving and decating. *Transaction British Mycological Society*, London, v.46, p.235-44, 1963.
- GIOVANNETTI, M.; MOSSE, B. An evaluation of techniques to measure vesicular-arbuscular mycorrhizal infection in roots. *New Phytologist*, London, v.84, n.3, p.489-500, Mar., 1980.
- GUIMARÃES, P.T.G. *Resposta do cafeeiro (Coffea arabica L. cv Catuaí) à adubação mineral e orgânica em solos de baixa fertilidade do sul de Minas Gerais*. ESALQ: Piracicaba, 1986. 140p. (Tese - Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas).
- HABTE, M. Impact of simulated erosion on the abundance and activity of indigenous vesicular-arbuscular mycorrhizal. *Biology and Fertility of Soils*, Heidelberg, v.7, n.3, p.164-167, Mar., 1989.
- HABTE, M. Usefulness of the pinnule technique in mycorrhizal research. *Methods in Microbiology*, Academic Press, New York, 1992. v.24, p.323-338.
- HABTE, M.; FOX, R.L.; AZIZ, T.; EL-SWAIFY, S.A. Interaction of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi with erosion in an Oxisol. *Applied and Environmental Microbiology*, Washington v.54, n.4, p.945-950, Apr., 1988.
- HABTE, M.; MANJUNATH, A. Categories of vesicular-arbuscular mycorrhizal dependency of host species. *Mycorrhiza*, Springer-Verlog, v.1, n.1, p.3-12, 1991.
- HABTE, M.; TURK, D. Response of two species of *Cassia* and *Gliricidia sepium* to vesicular arbuscular mycorrhizal infection. *Communications in Soil Science and Plant Analyses*, New York, v.22, n.17e18, p.1861-1872, Nov., 1991.



- HALL, I.R. Growth of *Lotus pedunculatus* Cav. in an eroded soil containing soil pellets infested with endomycorrhizal fungi. **New Zealand Journal of Agricultural Research**, Wellington, v.23, n.1, p.103-105, 1980.
- HERRERA, M.A.; SALAMANCA, C.P.; BAREA, J.M. Inoculation of woody legumes with selected arbuscular mycorrhizal fungi and Rhizobia to recover desertified Mediterranean ecosystems. **Applied and Environmental Microbiology**, Washington, v.59, n.1, p.129-133, Jan., 1993.
- HIRA, G.S.; SINGH, N.T. Observed and predicted rates of phosphorus diffusion in soils of varying density and water content. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.41, n.3, p.537-540, May/June, 1977.
- HUNTER, A.H. **Laboratory analysis of vegetal tissues samples**. Raleigh: International Soil Fertility Evaluation and Improvement Program, N.C.S.U., 1975. 5p.
- JARRELL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, New York, v.34, p.197-224, 1981.
- JASPER, D.A.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. Soil disturbance reduces the infectivity of external hyphae of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. **New Phytologist**, London, v.112, n.1, p.93-99, May, 1989.
- JASPER, D.A.; ABBOTT, L.K.; ROBSON, A.D. The effect of soil disturbance on vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in soils from different vegetation types. **New Phytologist**, London, v.118, n.3, p.471-476, July, 1991.
- KORMANIK, P.P.; MCGRAW, A.C. Quantification of vesicular-arbuscular mycorrhizal in plant roots. In: SCHENCK, N.C., ed. **Methods and Principles of Mycorrhizal Research**, St. Paul: American Phytopathological Society. 1982. p.37-46.
- LAL, R. Soil erosion from tropical arable lands. **Advances Agronomy**, New York, v.37, p.183-248, 1984.
- LAL, R. Surface soil degradation and management strategies for sustained productivity in the tropics. In: GARVER, C.L. Bangkok: **Management of acid tropical soils for sustainable agriculture**. proceedings of an IBSRAM inaugural workshop, 1987. p.167-77.
- LAL, R. Tillage and agricultural sustainability. **Soil & Tillage Research**, Amsterdam, v.20, n.2, p.133-146, Apr., 1991.

- LAL, R.; STEWART, B.A. Soil degradation: a global thieat. *Advances in Soil Science*, New York, v.14, p.25-31, 1990
- LIMA, H.N. Resposta à adubação com NPK e a doses de fósforo no crescimento inicial e sobrevivência a campo por sete espécies arbóreas nativas. Lavras: ESAL, 1994. 63p. (Dissertação - Mestrado Solos e Nutrição de Plantas)
- LORENZI, H. *Árvores do Brasil: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil*. Nova Odessa: ed. 1992. 352p.
- LOUIS, I.; LIN, G. Differential response in growth and mycorrhizal colonization of soybean to inoculation with two isolates of *Glomus clarum* in soils of different P availability. *Plant and Soil*, The Hague, v.112, n.1, p.37-43, Aug., 1988.
- MATERECHERA, S.A.; DEXTER, A.R.; ALSTON, A.M. Penetration of very strong soils by seedlings roots of different plant species. *Plant and Soil*, The Hague, v.135, n.1, p.31-41, Aug., 1991.
- MENGE, J.A. Utilization of vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi in agriculture. *Canadian Journal of Botanic*, Ottawa, v.61, n.3, p.1015-1024, Mar., 1983.
- MICHELSEN, A.; ROSENDAHAL, S. The effect of VA mycorrhizal fungi, phosphorus and drought stress on the growth of *Acacia nilotica* and *Leucaena leucocephala* seedlings. *Plant and Soil*, The Hague, v.124, n.1, p.7-13, May, 1990.
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. Hierarchy of root and mycorrhizal fungal interactions with soil agregation. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.22, n.5, p.579-584, 1990.
- MILLER, R.M.; JASTROW, J.D. The role of mycorrhizal fungi in soil conservation. In: *MYCORRHIZAE IN SUSTAINABLE AGRICULTURE*, Madison, 1992. p.29-44.
- MOORMAN, T.; REEVES, F.B. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid west. II. Biossay to determine the effect of land disturbance on endomycorrhizal populations. *American Journal Botanic*, Columbus, v.66, n.1, p.14-8, Jan., 1979.
- MOSSE, B.; STRIBLEY, D.P.; LETACON, F. Ecology of mycorrhizae and mycorrhizal fungi. *Advances in Microbiol Ecology*, New York, v.5, p.137-210, 1981.

- MUNNS, D.N.; MOSSE, B. Mineral nutrition of legume crops. In: SUMMERFIELD, R.J.; BUNTING, A.H. *Advin Legume Science*, New York, HMSO, 1980. 262p.
- NAMBIAR, E.K.S. Plantation forest: their scope and perspective on plantation nutrition. In: BOWEN, G.B.; NAMBIAR, E.K.S., eds. *Nutrition of plantation forests*, London: Academic Press, 1989, p.1-15.
- PARROTA, J.A. The role of plantation forest in rehabilitating degraded tropical ecosystems. *Agriculture, Ecosystems and Environments*, Amsterdam, v.41, p.115-133, 1992.
- PHILLIPS, R.E.; BROWN, D.A. Counter diffusion of Rb<sup>86</sup> and Sr<sup>89</sup> in compacted soil. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.17, n.1, p.200-211, Mar., 1966.
- POPE, P.E.; CHANEY, W.R.; RHODES, J.D.; WOODHEAD, S.H. The mycorrhizal dependency of four hardwood free species. *Canadian Journal of Botanic*, Ottawa, v.61, n.12, p.412-417, Dec., 1983.
- POWELL, C.L. Mycorrhizal infectivity of eroded soils. *Soil Biology and Biochemistry*, Oxford, v.12, n.3, p.247-250, 1980.
- PRITCHETT, N.L.; FISHER, R.F. *Properties and management of forest soils*. 2nd ed., New York, John Wiley & Sons, 1987. 494p.
- QUAGGIO, J.A. *Critérios de calagem em solos do Estado de São Paulo*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1983. 78p. (Dissertação - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- RAIJ, B. van. *Critical evaluation of different phosphorus extractions on oxisols*. Campinas, s.d. 18p. (Mimeografado)
- REEVES, F.B.; WAGNER, D.; MOORMAN, T.; KIEL, J. The role of endomycorrhizae in revegetation practices in the semi-arid west. I. A comparison of incidence of mycorrhizae in severely disturbed vs. natural environments. *American Journal Botanic*, Columbus, v.66, n.1, p.6-13, Jan., 1979.
- RENÓ, N.B. *Requerimentos nutricionais e resposta ao fósforo e fungo micorrízico de espécies arbóreas nativas do sudeste brasileiro*. Lavras: ESAL, 1994. 63p. (Dissertação - Mestrado Solos e Nutrição de Plantas).
- RESENDE, M. *Pedologia*. Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1982. 100p.

- RIZZINI, C.T. **Árvores e madeiras úteis do Brasil**. Manual de dendrologia brasileira. 2 ed. São Paulo: editora Edgard Blucher, 1981. 296p.
- SAGGIN JÚNIOR, O.J. **Efeito de fungos micorrízicos e adubação fosfatada no crescimento, nutrição e produção do cafeeiro (*Coffea arabica* L.)**. Lavras: ESAL, 1992. 127p. (Tese - Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas).
- SANCHES, P.A. **Suelos del trópico: características y manejo**. Costa Rica: IICA, 1981. 635p.
- SARRIÉS, G.A.; OLIVEIRA, J.V.C.; ALVES, M.C. **SANEST**. Piracicaba: CIAGRI, 1992. 80p. (Série Didática CIAGRI, 6).
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P. **Análises químicas em plantas**. Piracicaba: ESALQ-USP, 1974. 56p.
- SIMMONS, G.L.; POPE, P.E. Using VA-mycorrhizae to enhance seedling root growth in compacted soil. **Northern Journal Applied Forest Research**, New York, v.18, p.1392-1396, 1988.
- SIQUEIRA, J.O.; COLOZZI FILHO, A.; SAGGIN JUNIOR, O.J.; GUIMARÃES, P. T.G.; OLIVEIRA, E. Crescimento de mudas e produção do cafeeiro sob influência de fungos micorrízicos e superfosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.17, n.1, p.53-60, Jan./Mar., 1993.
- SIQUEIRA, J.O.; FRANCO, A.A. **Biotecnologia do Solo: fundamentos e perspectivas**. Lavras: MEC/ESAL/FAEPE/ABEAS, 1988. 235p.
- SIQUEIRA, J.O.; HUBBELL, D.H.; VALLE, R.R. Effect of phosphorus on formation of the vesicular-arbuscular mycorrhizal symbiosis. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.19, n.12, p.1465-1474, dez., 1984.
- SIQUEIRA, J.O.; SAFIR, G.R.; NAIR, M.G. VA-mycorrhizae and mycorrhiza stimulating isoflavonoid compound reduce plant herbicide injury. **Plant and Soil**, The Hague, v.134, n.2, p. 233-242, July, 1991.
- STAHL, P.D.; WILLIAMS, S.E.; CHRISTENSEN, M. Efficacy of native vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi after severe soil disturbance. **New Phytologist**, London, v.110, n.3, p.347-354, Nov., 1988.
- SUN, J.S.; SIMPSON, R.J.; SANDS, R. Nitrogenase activity of two genotypes of *Acacia mangium* as affected by phosphorus nutrition. **Plant and Soil**, The Hague, v.144, n.1, p.51-58, July, 1992.

- TABATABAI, M.A.; BREMNER, J.M. A simple turbidimetric method of determining total sulfur in plant materials. *Agronomy Journal*, Madison, v.62, n.6, p.805-806, Sep./Oct., 1970.
- TAYLOR, H.M.; GARDNER, H.R. Relative penetrating ability of different plant roots. *Agronomy Journal*, Madison, v.52, n.9, p.579-581, Sep., 1960.
- TORRES, E; SARAIVA, D.F.; GALENARI, P.R. **Manejo do solo para a cultura da soja**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1993. 71p. (EMBRAPA-CNPSo - Circular Técnica, 12).
- VEENENDAAL, E.M.; MONNAAPULA, J.C.; GILIKA, T.; MAGOLI, I.L. Vesicular-arbuscular mycorrhizal infection of grass seedlings in a degraded semi-arid savanna in Botswana. *New Phytologist*, London, v.121, n.3, p.477-485, July, 1992.
- VEJSADOVA, H.; HRSELOVA, H.; PRIKRYL, Z.; VANCURA, V. Effect of different phosphorus and nitrogen levels on development of VA mycorrhiza, rhizobial activity and soybean growth. *Agriculture Ecosystems and Environment*, Amsterdam, v.29, p.429-434, 1988.
- WARNCKE, D.D.; BARBER, S.A. Diffusion of zinc in soil: II The influence of soil bulk density and its interaction with soil moisture. *Journal Soil Science American Procedures*, Madison, v.36, N.1, p.42-46, Jan./Feb., 1972.
- WIERSUN, L.K. The relationship of the size and structural rigidity of pores to their penetration by roots. *Plant and Soil*, The Hague, v.9, n.1, p.75-85, Feb., 1957.
- WILLIAMS, D.D.; BUGIN, A.; REIS, J.L.B.C. **Manual de recuperação de áreas degradadas pela mineração: técnicas de revegetação**. Brasília: MINTER/Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis. 1990. 96p.
- WOLKOWSKI, R.P. Relationship between wheel-traffic-induced soil compaction, nutrient availability and crop growth: a review. *Journal Produce Agriculture*, New York, v.3, n.4, p.460-469, 1990.
- YOUNG, E.G.; LEEDS-HARRISON, P.B. Aspects of transport processes in aggregated soils. *Journal of Soil Science*, Oxford, v.41, n.3, p.665-675, Sep., 1990.

7- ANEXO

TABELA 1A: Resumo das análises de variância dos parâmetros de crescimento e colonização analisados nas quatro espécies estudadas em função de micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	Altura	Diâmetro	Características			Relação R/PA	Colonização
			M S Parte Aérea	M S Raiz	M S Total		
.....Anigo amarelo.....							
M	105,5723'	5,4338	15,6870	4,9700	147,1863	0,0007	4,6369
C	2317,7067 **	180,1498	330,3370 **	189,6600 **	1318,2473 **	0,0497 *	0,5239
P	496,5082 **	0,0056	9,0150	0,2308	11,3093	0,0034	6,4086
MxC	8,7759	2,2847	75,5430	17,5565	218,0432 *	0,0076	0,2579
MxP	16,9500	1,3264	12,3548	0,5385	0,8683	0,0001	0,3313
CxP	27,0260	3,6982	47,6335	2,2470	12,2667	0,0001	0,3409
MxCxP	8,5827	1,0925	0,8203	0,0127	0,0017	0,0001	0,0994
Resíduo	16,2240	1,8303	20,4235	11,0250	41,3217	0,0082	1,8572
CV (%)	14,26	20,52	19,48	30,21	18,83	20,17	31,51
m	28,24	6,59	23,19	10,99	34,14	0,45	4,32
.....Cássia verrugosa.....							
M	7552,0639 **	0,4136	246,1150 **	6,5855	371,3088 **	0,1357 **	0,2839
C	2287,1194 **	0,3347	32,4358	0,5314	55,3439	0,0342	2,4000
P	1893,9380 **	0,0723	23,2255	0,2388	11,0578	0,0106	5,4579 *
MxC	31,4225	0,1915	31,7706	3,4397	86,6995 *	0,0156	3,8756
MxP	4,3537	0,2303	0,0849	0,8613	4,9478	0,0007	0,4512
CxP	5,0173	0,3578	17,4243	0,5879	5,7671	0,0101	3,8033
MxCxP	316,2050	0,7220	0,0113	0,0457	1,7611	0,0009	0,0394
Resíduo	91,3152	0,7162	11,7181	2,4240	15,9989	0,0093	1,2390
CV (%)	17,90	14,90	19,55	18,42	15,31	19,50	22,03
m	53,39	5,68	17,51	8,45	26,12	0,49	5,05
.....Acácia.....							
M	0,3519	0,0007	95,3895	15,9264	426,3443	0,0038	35,6683 *
C	55,9459	0,0111	20,9826	2,5604	136,1985	0,0013	0,2820
P	4,0919	0,0389	11,7625	0,0008	12,1115	0,0016	0,1398
MxC	5,8925	0,0126	31,5584	7,0224	165,6892	0,0011	0,2840
MxP	3,4853	0,1058	114,1415	4,2380	113,8044	0,0034	0,5425
CxP	97,4604	0,4352	106,5897	4,2902	282,2260	0,0148	1,0036
MxCxP	31,6010	0,2076	25,6491	10,7537	161,4037	0,0119	0,2445
Resíduo	34,6123	0,6533	79,2156	6,4673	93,2230	0,0066	1,6135
CV (%)	14,53	17,04	27,21	35,25	34,25	30,23	29,32
m	40,50	4,74	23,92	4,60	28,19	0,20	4,33
.....Fedegoso.....							
M	8,1452	25,6228 **	64,1350 **	13,7593 *	155,9464 **	0,0029	0,2493
C	0,0148	4,9226 **	12,5170	0,2925	11,0465	0,0014	0,0108
P	134,6801	0,1430	4,6848	2,4901	6,3207	0,0010	0,0001
MxC	48,8743	0,5653	2,9545	0,4080	9,7412	0,0006	0,1489
MxP	126,0023	0,1587	22,1271	1,7639	0,0752	0,0102	0,1497
CxP	42,3402	0,0591	6,1080	0,0006	4,1116	0,0001	0,4438
MxCxP	28,3316	0,4014	2,6157	3,1249	11,9025	0,0012	0,1630
Resíduo	86,4040	0,4385	5,4944	2,9165	9,4909	0,0083	0,1212
CV (%)	23,36	11,72	11,90	16,71	10,25	17,55	3,69
m	39,78	5,65	19,70	10,22	30,05	0,52	9,44

\* , \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

TABELA 2A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea da acácia e do fedegoso em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	P	N	K	Ca	Mg	S
.....Acácia.....						
M	0,0051	1,8276 **	0,009	0,4020 **	0,0656 **	0,0038
C	0,0007	0,0664	0,1626	0,1756 *	0,0002	0,0016
P	0,0065	0,0874	0,0632	0,1221	0,0002	0,0001
MxC	0,0011	0,0156	0,0009	0,0031	0,0010	0,0055
MxP	0,0004	0,1428	0,0714	0,0133	0,0006	0,0001
CxP	0,0016	0,0632	0,0801	0,0181	0,0004	0,0024
MxCxP	0,0001	0,0180	0,0051	0,0286	0,0002	0,0042
Resíduo	0,0017	0,1587	0,0686	0,0360	0,0008	0,0021
CV (%)	33,97	17,59	25,47	13,31	11,03	24,05
m	0,12	2,26	1,03	0,26	0,26	0,19
.....Fedegoso.....						
M	0,0006	0,0119	0,1145 **	0,0435	0,0018	0,0230 *
C	0,0001	0,0070	0,0017	0,0032	0,0001	0,0058
P	0,0068 **	0,0018	0,0029	0,1102	0,0021	0,0462 **
MxC	0,0001	0,0276	0,0336 **	0,0384	0,0018	0,0010
MxP	0,0006	0,0055	0,0010	0,2528 *	0,0007	0,0010
CxP	0,0002	0,0046	0,0014	0,0152	0,0001	0,0023
MxCxP	0,0004	0,0004	0,0062	0,1369	0,0001	0,0046
Resíduo	0,0002	0,0102	0,0043	0,0508	0,0005	0,0038
CV (%)	11,93	11,01	13,08	13,63	15,75	20,28
m	0,11	0,92	0,50	1,65	0,15	0,30

\*, \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 3A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea da acácia e do fedegoso em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	Zn	Fe	Cu	Mn	B
.....Acácia.....					
M	0,2828	6438,1385 **	61,7275 **	59,4892	165,771
C	102,208 **	24,3763	15,5127 *	0,0021	0,1476
P	180,285 **	211,2717	32,8516 **	2804,287 **	66,1750
MxC	1,3832	2679,2849 **	0,5175	174,1371	12,8256
MxP	0,8346	29,4015	7,6125	34,4823	0,0990
CxP	33,2693	1192,3611	12,4880 *	661,2923 *	27,8723
MxCxP	0,0568	36,6464	1,1527	47,8489	37,4228
Resíduo	11,9251	301,1355	2,1163	112,9604	57,1967
CV (%)	19,16	18,27	21,32	26,46	29,87
m	18,03	94,98	6,82	40,17	25,31
.....Fedegoso.....					
M	0,2559	363,6617	0,0060	151,9852	559,278 **
C	3,9942	37,4540	0,0021	721,3981	196,913 *
P	28,1568	6585,1147 **	0,5736	2144,616 **	33,3234
MxC	24,6805	1577,4172	0,1863	1055,034 *	0,7545
MxP	25,1858	705,1872	0,2205	347,4488	45,8185
CxP	0,1103	402,6614	0,1782	91,5946	0,5186
MxCxP	0,0359	1233,0900	0,1323	63,5316	14,0530
Resíduo	10,8223	762,2449	0,2068	179,5989	35,3848
CV (%)	19,92	30,83	18,16	21,05	17,47
m	16,51	89,54	2,50	63,68	34,04

\*, \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente



TABELA 4A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do angico amarelo e da cássia verrugosa em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	P	N	K	Ca	Mg	S
.....Angico amarelo.....						
M	0,0119 **	0,0122	0,0270	0,0384	0,0006	0,0245 **
C	0,0141 **	0,5336 **	0,0920 **	0,2132 **	0,0044 **	0,0006
P	0,0009	0,1513	0,0336 *	0,0504 *	0,0001	0,0065 **
MxC	0,0009	0,0490	0,0129	0,1082 **	0,0008	0,0015
MxP	0,0001	0,0230	0,0005	0,0008	0,0001	0,0001
CxP	0,0004	0,1168	0,0026	0,0022	0,0001	0,0001
MxCxP	0,0009	0,0036	0,0260	0,0083	0,0002	0,0007
Resíduo	0,0010	0,0541	0,0067	0,0100	0,0002	0,0006
CV (%)	34,42	25,59	17,79	9,67	12,06	19,03
m	0,09	0,91	0,46	1,03	0,12	0,13
.....Cássia verrugosa.....						
M	0,0009	0,0276	0,0024	0,5712 **	0,0004	0,0026
C	0,0001	0,2146 **	0,0009	0,0006	0,0006	0,0001
P	0,0021 **	0,0255	0,0013	0,3133 *	0,0022 *	0,0029 *
MxC	0,0001	0,0055	0,0013	0,2074	0,0004	0,0026
MxP	0,0009	0,0018	0,0065	0,0260	0,0001	0,0001
CxP	0,0001	0,0403	0,0018	0,1000	0,0022 *	0,0001
MxCxP	0,0003	0,0031	0,0016	0,0102	0,0001	0,0001
Resíduo	0,0003	0,0240	0,0070	0,0650	0,0003	0,0006
CV (%)	16,61	17,01	33,22	11,35	11,91	31,51
m	0,10	0,91	0,36	2,24	0,16	0,08

\* , \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 5A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) dos teores de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do angico amarelo e da cássia verrugosa em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	Zn	Fe	Cu	Mn	B
.....Angico amarelo.....					
M	1,8404	349,6329	46,915 **	184,2154	117,203 **
C	0,0348	134,6127	8,9492 **	33,8588	241,424 **
P	23,9011	41,0033	3,8316	2054,6379 **	0,4301
MxC	0,0303	338,7270	2,2753	82,1370	382,975 **
MxP	9,4090	603,1110	1,5840	125,0340	34,6895
CxP	13,4097	18,5533	0,2073	15,0286	34,1330
MxCxP	19,1065	1054,5208	0,1020	1,7332	4,0891
Resíduo	7,9477	525,0399	1,0228	111,3488	13,1130
CV (%)	19,40	24,28	25,09	20,90	19,45
m	14,53	94,37	4,03	50,50	18,62
.....Cássia verrugosa.....					
M	942,353 **	8583,722 **	5,1337 *	607,9309 **	134,323
C	0,4366	2667,338	0,0455	14,7123	0,0934
P	0,9188	3670,667	0,0555	305,8078 *	112,762
MxC	2,1785	5136,117 *	0,9456	169,5806	32,3986
MxP	226,435	2167,965	0,0141	7,4146	152,722
CxP	252,458	3552,097	0,5085	27,5242	1,2874
MxCxP	74,3356	1146,715	1,8705	20,0491	0,6619
Resíduo	73,2531	1080,738	0,9250	52,3102	110,314
CV (%)	27,65	35,89	19,54	17,72	17,39
m	30,96	91,60	4,92	40,80	60,38

\* , \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 6A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) do acúmulo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea da acácia e do fedegoso em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	P	N	K	Ca	Mg	S
.....Acácia.....						
M	1,5598307	5613,9041214	7236,7603835	466,4439193	501,6896701	249,0497972
C	5,5946107	3411,6701296	12522,511589	130,9892298	584,6140168	81,8236373
P	919,872311 **	146440,29206	3339,1409099	45554,508977	562,9510548	736,5920693
MxC	148,3793783	53930,5702834	10724,5769556	15013,2107401	582,932055	113,6710386
MxP	35,9106902	83467,3100668	1478,0514913	16502,1928526	1240,5497946	88,539724
CxP	8,4276775	164304,916528	594,6317418	21001,97231	158,4825934	211,3710594
MxCxP	0,9237423	4678,0090558	1351,5262334	5451,8522136	137,1970905	0,4421599
Resíduo	66,1544724	99096,5142939	6319,6565552	16878,0071608	580,6150999	268,7737598
CV (%)	33,02	32,30	37,34	32,10	32,66	29,88
m	24,64	505,31	212,88	308,55	56,49	41,10
.....Fedegoso.....						
M	212,889365 **	3137,0115165	536,841253	10488,2480 **	26,4561679	8,9046738
C	13,5950063	181,0452366	342,8023209	1570,926054	52,602509	35,9699227
P	201,869836 **	625,9561436	33,7014774	2425,6839275	109,661557 **	1289,931038 *
MxC	16,1041598	190,1001752	1987,54205 **	76,2757935	31,9505193	237,5071814
MxP	0,2963924	4590,483560 *	287,1958725	288,4898189	9,2053364	317,3607717
CxP	36,7111127 *	853,6438131	192,816271	710,1917796	3,616924	268,3733445
MxCxP	27,3896941	1509,862471	215,8971747	1656,3944773	2,6481889	136,0387387
Resíduo	8,5679824	825,9210219	158,6519443	1367,9563665	14,0218452	154,1337836
CV (%)	13,12	15,96	12,94	11,28	13,01	21,06
m	22,32	108,03	97,37	321,79	28,78	58,95

\* , \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 7A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) do acúmulo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea da acácia e do fedegoso em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	Zn	Fe	Cu	Mn	B
.....Acácia.....					
M	42263,7531936	7942377,155991 *	5616,4015259	179251,3381737	245,3629925
C	17828,3326076	282987,6892266	369,1540613	153484,1334344	821,0839327
P	3898,9554083	285324,2722594	988,4088591	347158,3494765	43057,69179
MxC	42530,5135932	2692892,6912839	5342,590444	475000,8086696	63017,6212437
MxP	14903,7552442	736676,0846661	976,9589305	165750,9074805	53380,0872497
CxP	10872,4194761	419641,276342	659,5297765	12464,4056881	41421,640261
MxCxP	311,9707058	725694,6767403	15,5153105	230723,3204646	5630,6980325
Resíduo	25095,6653772	1324825,64841	3243,3022478	213026,6518216	52448,752103
CV (%)	31,58	33,27	40,39	32,85	33,82
m	380,95	2160,49	141,01	873,25	522,63
.....Fedegoso.....					
M	17621,1910269 *	195388,1997582	489,7253712	123881,2476944	582925,47476 **
C	0,2541545	60532,1226641	65,3366707	76963,695591	32454,0666006
P	21550,5661679 *	252358,894498 **	400,5680921	1071639,0465 **	2262,0892329
MxC	14240,3491531	408869,7580086	194,1229871	210847,8413763	6107,1643188
MxP	34316,6885092 **	3777,085735	571,6820504 *	110,0891663	1455,8482781
CxP	2659,9098989	56038,1385508	278,4621314	1266,2952547	6824,4662357
MxCxP	335,61946	829001,4907318	257,3586082	6077,212003	1180,0721595
Resíduo	3722,6073902	269590,8495832	133,8827212	69243,5464506	15425,2486138
CV (%)	18,81	29,79	23,39	21,21	18,55
m	324,18	1742,93	49,47	1240,49	669,47

\* , \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 8A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) do acúmulo de macronutrientes na matéria seca da parte aérea do angico amarelo e da cássia verrugosa em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	P	N	K	Ca	Mg	S
.....Angico amarelo.....						
M	445,088717 **	551,027492	223,6471377	7862,2448957	0,8443189	993,409295 **
C	0,4639965	2741,448447	2127,819097 *	17714,527342 *	173,7642808 *	1369,366224 **
P	104,9431983	5684,403718	2648,441352 *	6024,921743	3,3586065	455,353268 *
MxC	14,1495107	242,2705953	395,0003046	129,671161	31,2048557	657,7225338 **
MxP	25,9375327	2188,238307	254,8107829	167,7866646	15,1655274	0,9875277
CxP	0,5503084	1540,264384	2208,184421 *	5232,777028	81,8813779	126,8087729
MxCxP	17,3313077	1391,515027	88,1023199	6,5001926	8,4184716	118,8163821
Resíduo	26,2176134	1544,477705	398,6874141	3259,1224077	31,4666361	76,0438858
CV (%)	27,59	20,32	19,96	24,96	20,85	29,88
m	18,56	193,36	100,06	2280,74	26,90	29,18
.....Cássia verrugosa.....						
M	395,766812 **	12446,77 **	1812,38899 **	49484,99659 **	396,774441 **	56,2638116
C	15,1043310	16670,87 **	492,4526312	17189,01157 *	181,902705 **	4,1215969
P	177,915127 **	5385,1736 *	672,8094882	41341,80742 **	0,0264196	82,71374 *
MxC	62,4001335 *	2624,411047	757,5093948	14548,393785	7,0555992	20,8803009
MxP	16,3584844	221,8536679	239,0724692	0,0146697	0,0010304	12,7464682
CxP	13,3403022	45,8939944	106,7007525	2307,0864753	1,9887528	2,2944486
MxCxP	15,0759725	29,6408088	91,6570514	25,893937	1,4672983	2,0611193
Resíduo	12,065544	1181,924425	241,6057955	4077,1770851	26,2904113	14,512385
CV (%)	19,71	21,79	25,01	16,56	19,09	29,42
m	17,62	157,75	62,14	385,54	26,86	12,95

\*, \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente

TABELA 9A: Resumo das análises de variância (quadrado médio e nível de significância) do acúmulo de micronutrientes na matéria seca da parte aérea do angico amarelo e da cássia verrugosa em função da micorrização (M), compactação (C) e níveis de fósforo (P) no solo.

Causa de Variação	Zn	Fe	Cu	Mn	B
.....Angico amarelo.....					
M	5890,2295732	402141,2958938	12937,6712539 **	27794,2931006	142608,993139 **
C	56533,2405280	4994214,55436 **	2775,2053348 **	934233,4388212 *	5952,6078996
P	968,3045054	305260,080856	186,5210311	798233,3501887 *	2070,9923145
MxC	45681,9199779	168478,8163105	2156,5078693 **	602656,8182138 *	85810,5741288 **
MxP	7067,2086844	700484,7486349	59,4061513	67521,2310739	14526,0249238
CxP	7918,1830915	715010,0456094	53,6084168	21514,6434176	953,7592445
MxCxP	15166,0951399	846235,1324343	169,3459182	142661,3043795	7515,2525148
Resíduo	14183,8184277	365591,0709327	262,3389065	138102,8043625	8817,1783826
CV (%)	35,60	28,57	19,67	32,96	23,47
m	334,50	2116,50	82,35	1127,51	400,07
.....Cássia verrugosa.....					
M	934402,771511 **	14957,5940186	9222,4690178 **	43354,3057775	564791,033097 **
C	5603,7463331	34208,3906147	920,1691329	82261,2707664 *	68704,0181082
P	21779,1563061	45107,3581811	121,4268010	5448,9112818	3150,11854
MxC	90963,8118755	65955,6532749	2101,7658494 *	20089,2808104	389141,657145 **
MxP	64752,472506	878357,3838312	369,472277	1258,0266053	33665,9726548
CxP	183811,150026 **	1027714,9257071	17,8797541	10268,2332681	59796,4630503
MxCxP	3759,8396062	320570,9389053	5,9307508	9881,571722	1508,0828461
Resíduo	23542,7899542	276075,2273645	440,9245409	14456,8600141	47140,6571793
CV (%)	27,86	34,13	23,88	17,47	20,83
m	550,78	1539,36	87,91	688,40	1042,26

\*, \*\* = Significativo pelo teste f à 5% e 1% de probabilidade, respectivamente