

**UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA**

EFICIÊNCIA MICORRÍZICA EM PLANTAS NATIVAS DO CERRADO

Maria José de Oliveira dos Reis

Orientador: Dr. Mundayatan Haridasan

Tese apresentada e defendida como requerimento parcial para obtenção do título de Doutor, junto ao Programa de Pós-Graduação do Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília

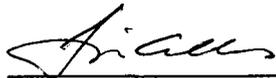
BRASÍLIA
DEZEMBRO 1999

Trabalho realizado junto ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Doutor Mundayatan Haridasan.

Aprovado por:



Professor Mundayatan Haridasan
(Orientador, Presidente da Banca Examinadora)



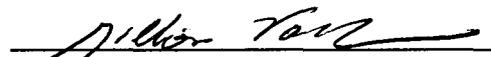
Professora Linda Styer Caldas
(Membro da Banca Examinadora)



Professor Raimundo Henrique
(Membro da Banca Examinadora)



Professora Maria Lucrecia Gerosa Ramos
(Membro da Banca Examinadora)



Dr. Milton Alexandre Teixeira Vargas
(Membro da Banca Examinadora)

AGRADECIMENTOS

Aos funcionários e técnicos do Laboratório de Ecologia, especialmente à Mara Rubia S. Chaves e Antônio Gumiero,

Aos professores do Laboratório de Anatomia Vegetal, Luiz Alfredo Rodrigues Pereira e Conceição Eneida dos Santos Silveira,

À D^{ra} Jeanne Christine Claussen de Miranda e ao técnico Walter Lopes do CPAC Embrapa,

Aos membros desta banca examinadora, especialmente ao orientador desta tese Dr. Mundayatan Haridasan,

Pela atenção e presteza com que se dispuseram à meu favor.

À minha família,

Gil, Thiago e Thomaz, por toda a paciência e ajuda que me dedicaram.

ÍNDICE

| | página |
|--|-----------|
| Relação de tabelas | iv |
| Relação de anexos | v |
| Relação de figuras | viii |
| Resumo | xii |
| Abstract | xv |
| INTRODUÇÃO | 1 |
| REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 5 |
| MATERIAIS E MÉTODOS | 13 |
| Método não vital | 16 |
| Método vital | 16 |
| Avaliação da porcentagem de colonização | 17 |
| Análise da concentração de nutrientes da biomassa aérea | 19 |
| Análise química do solo | 19 |
| Avaliação da porcentagem de colonização das plantas no campo | 20 |
| Análise estatística | 20 |
| RESULTADOS | 21 |
| Colonização micorrízica no campo | 22 |
| Colonização micorrízica em casa de vegetação | 26 |
| Resposta à colonização micorrízica | 29 |
| Biomassa aérea | 29 |
| Resposta em altura | 32 |
| Comprimento da raiz | 40 |
| Concentração de nutrientes e de alumínio na biomassa aérea | 44 |
| Concentração de macronutrientes na biomassa aérea | 44 |
| Concentração de micronutrientes na biomassa aérea | 52 |
| Acúmulo de nutrientes na biomassa aérea | 57 |
| DISCUSSÃO | 72 |
| Colonização micorrízica no campo | 72 |
| Colonização micorrízica em casa de vegetação | 73 |
| Biomassa aérea das plantas | 76 |
| Altura das plantas | 77 |
| Comprimento das raízes | 78 |
| Concentração de macronutrientes na biomassa aérea | 79 |
| Concentração de micronutrientes na biomassa aérea | 81 |
| Concentração de alumínio na biomassa aérea | 82 |
| Acumulação de nutrientes na biomassa aérea | 82 |
| CONCLUSÃO | 86 |
| BIBLIOGRAFIA | 88 |
| ANEXOS | 94 |

RELAÇÃO DE TABELAS

| | página |
|--|--------|
| 1. Análise de variância para diferenças entre tratamentos de inoculação e solos | 20 |
| 2. Concentração de nutrientes nos solos, esterilizados e não esterilizados, de cerrado e de mata de galeria utilizados no experimento | 21 |
| 3. Colonização micorrízica total das espécies nativas do cerrado em casa de vegetação e no campo | 26 |
| 4. Efetividade da colonização das espécies nativas do cerrado em casa de vegetação e no campo | 26 |
| 5. Colonização micorrízica total das espécies nativas do cerrado em casa de vegetação em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 27 |
| 6. Efetividade da colonização micorrízica das espécies nativas do cerrado em casa de vegetação em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 29 |

ANEXOS

| | página |
|---|--------|
| 1. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de cerrado aos três meses, coloração pelo método não vital (colonização total) | 95 |
| 2. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de cerrado aos cinco meses, coloração pelo método não vital (colonização total) | 95 |
| 3. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Solanum lycocarpum</i> em solo de cerrado, coloração pelo método não vital (colonização total) | 95 |
| 4. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Miconia albicans</i> em solo de cerrado, coloração pelo método não vital (colonização total) | 96 |
| 5. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Dalbergia miscolobium</i> em solo de cerrado, coloração pelo método não vital (colonização total) | 96 |
| 6. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de mata de galeria aos três meses, coloração pelo método não vital (colonização total) | 96 |
| 7. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Solanum lycocarpum</i> em solo de mata de galeria coloração pelo método não vital (colonização total) | 97 |
| 8. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Dalbergia miscolobium</i> em solo de mata de galeria, coloração pelo método não vital (colonização total) | 97 |
| 9. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de mata de galeria aos cinco meses, coloração pelo método não vital (colonização total) | 97 |
| 10. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de <i>Miconia albicans</i> em solo de mata de galeria coloração pelo método não vital (colonização total). | 98 |

11. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de mata de galeria aos três meses, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 98
12. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de mata de galeria aos cinco meses, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 98
13. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Solanum lycocarpum* em solo de cerrado, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 99
14. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Solanum lycocarpum* em solo de mata de galeria, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 99
15. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Miconia albicans* em solo de cerrado, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 99
16. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Miconia albicans* em solo de mata de galeria, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 100
17. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Dalbergia miscolobium* em solo de cerrado, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 100
18. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Dalbergia miscolobium* em solo de mata de galeria, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 100
19. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* coletadas no campo, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 101
20. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Miconia albicans* coletadas no campo, coloração pelo método vital. (colonização efetiva) 101
21. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Solanum lycocarpum* coletadas no campo, coloração pelo método vital (colonização efetiva) 102

22. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* coletadas no campo, coloração pelo método não vital (colonização total) 102
23. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo das raízes de *Solanum lycocarpum* coletadas no campo, coloração pelo método não vital (colonização total) 102
24. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* coletadas no campo, coloração pelo método não vital (colonização total) 103
25. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Solanum lycocarpum* coletadas no campo, coloração pelo método não vital (colonização total) 103
26. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Miconia albicans* aos três meses coloração pelo método não vital (colonização total) 103
27. Distribuição de frequência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Dalbergia miscolobium* coletadas no campo, coloração pelo método não vital (colonização total) 104
29. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Chamaecrista rotundifolia* aos cinco meses 105
30. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Chamaecrista rotundifolia* aos três meses 106
31. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Dalbergia miscolobium* aos cinco meses 107
32. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Solanum lycocarpum* aos três meses 108
33. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Miconia albicans* aos cinco meses 109

RELAÇÃO DE FIGURAS

| | página |
|--|--------|
| 1. Colonização micorrízica total em <i>C. rotundifolia</i> no campo | 24 |
| 2. Colonização micorrízica total em <i>C. rotundifolia</i> em casa de vegetação | 24 |
| 3. Colonização micorrízica efetiva em <i>S lycocarpum</i> no campo | 25 |
| 4. Colonização micorrízica efetiva em <i>C. rotundifolia</i> no campo | 25 |
| 5. Colonização micorrízica total em <i>C. rotundifolia</i> em solo de cerrado em casa de vegetação | 28 |
| 6. Colonização micorrízica total em <i>S lycocarpum</i> em solo de cerrado em casa de vegetação | 28 |
| 7. Colonização micorrízica efetiva em <i>D. miscolobium</i> em solo de cerrado em casa de vegetação | 30 |
| 8. Colonização micorrízica efetiva em <i>M. albicans</i> em solo de cerrado em casa de vegetação | 30 |
| 9. Efeito da inoculação com fungos micorrízicos no acúmulo da biomassa aérea em plantas nativas do cerrado em solo de cerrado e de mata de galeria | 31 |
| 10. Efeito da inoculação micorrízica sobre as alturas das plantas nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 34 |
| 11. Crescimento de mudas de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de cerrado sem micorriza | 35 |
| 12. Crescimento de mudas de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de cerrado com micorriza | 35 |
| 13. Crescimento de mudas de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de mata de galeria sem micorriza | 36 |
| 14. Crescimento de mudas de <i>Chamaecrista rotundifolia</i> em solo de mata de galeria com micorriza | 36 |
| 15. Crescimento de mudas de <i>Dalbergia miscolobium</i> em solo de cerrado sem micorriza | 37 |

| | |
|--|----|
| 16. Crescimento de mudas de <i>Dalbergia miscolobium</i> em solo cerrado com micorriza | 37 |
| 17. Crescimento de mudas de <i>Dalbergia miscolobium</i> em solo de mata de galeria sem micorriza | 38 |
| 18. Crescimento de mudas de <i>Dalbergia miscolobium</i> em solo de mata de galeria com micorriza | 38 |
| 19. Diferença no crescimento de mudas de <i>Chamaecrista. rotundifolia</i> em solo de cerrado e solo de mata de galeria esterilizados | 39 |
| 20. Diferença no crescimento de mudas de <i>Dalbergia miscolobium</i> em solo de cerrado e solo de mata de galeria inoculados com fungo MA | 39 |
| 21. Efeito da inoculação com fungos micorrízicos sobre o crescimento da raiz das plantas nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 41 |
| 22. Desenvolvimento da raiz de <i>Solanum lycocarpum</i> em solo de cerrado sem micorriza | 42 |
| 23. Desenvolvimento da raiz de <i>Solanum lycocarpum</i> em solo de cerrado com micorriza | 42 |
| 24. Desenvolvimento da raiz de <i>Solanum lycocarpum</i> em solo de mata de galeria sem micorriza | 43 |
| 25. Desenvolvimento da raiz de <i>Solanum lycocarpum</i> em solo de mata de galeria com micorriza | 43 |
| 26. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de nitrogênio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 45 |
| 27. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de fósforo na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 46 |
| 28. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de potássio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 48 |
| 29. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de cálcio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria | 49 |

30. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de magnésio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 51
31. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de ferro na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 53
32. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de manganês na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 54
33. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de zinco na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 55
34. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de cobre na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 56
35. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentrações de alumínio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 58
36. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de nitrogênio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 59
37. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de fósforo na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 60
38. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre acumulação de potássio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 62
39. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de cálcio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 63
40. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de magnésio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 64

41. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de ferro na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 66
42. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de manganês na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 67
43. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de zinco na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 68
44. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de cobre na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 69
- 45 . Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de alumínio na parte aérea das espécies nativas do cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 70

Resumo

A micorriza é um tipo de associação que ocorre entre certos fungos e as raízes das plantas, a qual só representa uma vantagem seletiva se através dela, ambos, fungo e planta obtiverem acesso aos nutrientes limitantes para eles. O cerrado é um ecossistema com grande biodiversidade e densidade de árvores, porém seus solos têm baixas concentrações de nutrientes, principalmente de fósforo. Os fungos micorrízicos do tipo MA (micorrízico arbuscular) predominam em solos pobres em fósforo, contudo as concentrações muito baixas deste elemento poderiam estar tornando a associação desvantajosa para as plantas nativas do cerrado.

Para avaliar se os baixos teores de fósforo no solo de cerrado estariam limitando a colonização micorrízica das plantas e afetando as respostas das mesmas à interação com os fungos, foi conduzido um experimento em casa de vegetação com quatro espécies de plantas do estrato arbustivo-arbóreo do cerrado e fungos MA nativos. As espécies utilizadas foram *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene (Leguminosae); *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae); *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae) e *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae). Os fungos MA utilizados foram *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), *Scutellispora scrobiculata* (Trappe) e *Entrophospora colombiana* (Spain & Schenck).

As quatro espécies de plantas foram submetidas a dois tratamentos, com e sem inoculação com uma mistura dos fungos micorrízicos nativos, plantadas em solo de cerrado e em solo de mata de galeria esterilizados. O solo de mata de galeria foi utilizado para comparar as respostas das plantas inoculadas em um solo de maior fertilidade que o do cerrado. Foram avaliados os níveis de colonização micorrízica por dois métodos histoquímicos, um método vital e um não vital. O método não vital avalia a colonização micorrízica total, podendo superestimar a importância da colonização para as plantas. O método vital destaca as estruturas fúngicas ativas no fluxo de fósforo, evidenciando a colonização efetiva. Foi utilizado neste trabalho o método vital azo dye de Pearson modificado, o qual é baseado na atividade da fosfatase alcalina que promove a passagem do fósforo do fungo para a planta. Além dos níveis de colonização total e efetiva, foram avaliadas as respostas das plantas à inoculação com fungos MA em termos da biomassa acumulada na parte aérea, altura, crescimento da raiz e concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea.

As plantas tiveram diferentes tempos de coleta conforme o ritmo de crescimento de cada uma. *D. miscolobium* e *M. albicans* foram coletadas aos cinco meses devido ao seu desenvolvimento mais lento. *Solanum lycocarpum* foi coletada aos três meses devido ao seu rápido desenvolvimento e *C. rotundifolia* foi coletada aos três e aos cinco meses pois tem um desenvolvimento rápido porém completa seu ciclo em seis meses. As colonizações total e efetiva das raízes das plantas em casa de vegetação foram comparadas com a colonização das raízes de plantas da mesma espécie em seu habitat, pois as condições às quais a interação micorrízica está submetida no campo podem afetar significativamente as respostas das plantas em comparação com as obtidas em casa de vegetação.

Os resultados mostraram que a colonização total e a efetiva não foram limitadas pela baixa fertilidade do solo do cerrado. A colonização total em casa de vegetação no solo de cerrado foi de 34 a 66% e de 24 a 70% em solo de mata de galeria. A efetividade da colonização em solo de cerrado foi de 32 a 44% e de 24 a 43% em solo de mata de galeria. *M. albicans* parece ter menor exigência quanto à fertilidade do solo para seu desenvolvimento do que as demais espécies.

As respostas das espécies à inoculação micorrízica em termos do desenvolvimento em biomassa aérea e altura mostraram que, em geral, houve resposta à inoculação micorrízica e os maiores registros ocorreram no solo mais fértil de mata de galeria.

As respostas em comprimento da raiz foram variáveis: *S. lycocarpum* teve maior comprimento de raiz devido à inoculação nos dois solos utilizados. *Chamaecrista rotundifolia*, *D. miscolobium* e *M. albicans* não responderam à inoculação. As concentrações de nitrogênio e fósforo na parte aérea em geral foram menores com a inoculação com fungos MA utilizados em *S. lycocarpum* e *D. miscolobium* do que sem a inoculação.

Três das quatro espécies não responderam à inoculação em termos das concentrações de potássio. A concentração de potássio aumentou em *M. albicans* nos dois solos devido à inoculação, 36,2% em solo de cerrado e 18,8% em solo de mata de galeria. O cálcio em *C. rotundifolia* aumentou nos dois solos utilizados devido à inoculação. O magnésio aumentou em duas espécies (*S. lycocarpum* e *C. rotundifolia*) nos dois solos. *Miconia albicans* apresentou uma diminuição na concentração de magnésio em plantas inoculadas.

O manganês aumentou em três espécies nos dois solos devido à inoculação. Duas espécies tiveram aumentos na concentração de zinco nos dois solos.

As conclusões gerais foram três: primeira, a baixa fertilidade do solo de cerrado, principalmente sua baixa concentração de fósforo, não limita a colonização e a efetividade da associação micorrízica nas plantas nativas do cerrado; segunda, uma melhora na fertilidade do solo com um aumento moderado na concentração de fósforo amplia as respostas das plantas à inoculação, aumentando seu desenvolvimento; terceira, a associação micorrízica é eficiente nas plantas nativas do estrato arbustivo-arbóreo do cerrado pois contribuiu para o desenvolvimento das plantas devido à maior acumulação de nutrientes na biomassa aérea. Os fungos micorrízicos nativos podem ser inoculados com adições moderadas de fósforo e demais nutrientes para a recuperação de áreas com plantas nativas. Entretanto, são necessários mais experimentos que acompanhem por um período maior o desenvolvimento e a efetividade da colonização das plantas nativas inoculadas, com e sem adubação com fósforo, nas condições do campo para confirmar essas conclusões.

ABSTRACT

The mycorrhiza is an association between certain fungi and roots of higher plants which becomes advantageous to both only if the fungus and the plant are able to obtain nutrients which are limiting in the growth medium. The cerrado is an ecosystem with a great biodiversity but its soils have very low concentrations of nutrients, especially phosphorus. Mycorrhizal fungi of the vesicular-arbuscular type predominate in soils with low availability of phosphorus; however, very low concentrations of this element could make this association disadvantageous for the plants of the cerrado.

To determine whether low levels of phosphorus in the soils were limiting the colonization of mycorrhizal fungi in native plants, a greenhouse experiment was conducted using the seedlings of four woody species of the native cerrado community, *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene (Leguminosae), *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae), *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae), and *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae). The mycorrhizal fungi utilized for inoculation were *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), *Scutellispora scrobiculata* (Trappe) and *Entrophospora colombiana* (Spain & Schneck), all native to the cerrado, multiplied in *Stylosanthes guianensis* variety Br 300.

The four species were submitted to two treatments, with and without inoculation with a mixture of native mycorrhizal fungi, in two soils differing in soil fertility. One of the soils was collected from the surface layers of a dystrophic yellowish red latosol under a native cerrado *sensu stricto* vegetation where these species naturally occur, and the other, more fertile, from a gallery forest where these species generally are not common. The gallery forest soil was used to compare the response of the seedling under conditions of slightly higher soil fertility than the cerrado soils. Seeds collected from natural communities on dystrophic soils were sterilized and germinated in sterilized sand and seedlings transplanted to sterilized soils in plastic containers. The extent and efficiency of mycorrhizal colonization, response to infection in terms of biomass accumulation in shoots and root growth, and concentration as well as accumulation of nutrients in the aerial biomass were determined at the end of three to five months, depending on the growth of seedlings of each species. The Phillips-Hayman histochemical method was used to characterize the extent of colonization of the root system of

each plant and the Azo dye method of Pearson, modified by Tisserant *et al.*, to determine the efficiency of colonization by determining the frequency of active arbuscules.

Field surveys were also conducted to determine the extent and efficiency of infection of mycorrhizal fungi in the field under natural conditions in the four woody species used in the greenhouse experiment because the response of mycorrhizal associations under field conditions could be different from greenhouse conditions.

The extent of mycorrhizal colonization of roots in inoculated seedlings under greenhouse conditions varied from 34 to 66% among the species in the nutrient deficient cerrado soil and 24 to 70% in the more fertile gallery forest soil. The efficiency of colonization varied from 32 to 44% in the cerrado soil and 24 to 43% in the gallery forest soil. Thus the extent and efficiency of colonization was not affected by the low nutrient availability in the cerrado soil.

The accumulation of dry matter and nutrients was greater in the gallery forest soil in three of the four species. *Miconia albicans* did not grow well in the gallery forest soil. One of the species (*S. lycocarpum*) had better root development in inoculated plants in both soils. Response to mycorrhizal infection in terms of accumulation of biomass and nutrients varied among species. The shoot concentrations of N and P were lower in inoculated plants of *S. lycocarpum* and *D. miscolobium*. These species responded better to higher fertility of gallery forest soil. Three of the species did not show higher concentration of K in inoculated plants. However, in *M. albicans*, shoot concentrations of K were higher in inoculated plants in both soils, increasing 36% in the cerrado soil and 19% in the gallery forest soil. Shoot concentrations of Ca were higher in inoculated seedlings of *C. rotundifolia* in both soils and Mg was higher in the inoculated seedlings of *S. lycocarpum* and *C. rotundifolia*. Mg concentrations were lower in the inoculated seedlings of *M. albicans*. Concentrations of Mn increased in the seedlings of three of the species and Zn in the seedlings of two species as a result of inoculation with mycorrhizal fungi.

The general conclusions were: first, the low fertility of the soils of the cerrado, particularly the low concentration of phosphorus, does not limit the extent of colonization and effectiveness of the mycorrhizal association in the native species but the micorrhizal association contributes to the better growth of the host plants through greater accumulation of nutrients; second, higher fertility of the soil with moderate concentrations of phosphorus

enhances the response of plants to inoculation, increasing their growth; and third, mycorrhizal associations are efficient in native woody plants of the cerrado. Native mycorrhizal fungi can be utilized with moderate additions of phosphorus and other nutrients for the recuperation of degraded land with native plants. However further long term evaluation of the extent and efficiency of mycorrhizal infections involving native plants under field conditions, with and without the addition of phosphorus, are necessary to confirm these conclusions.

Introdução

Micorrizas são associações formadas entre certos tipos de fungos e as raízes que ajudam as plantas a obter água e sais minerais. Os fungos micorrízicos mais amplamente distribuídos são os ectomicorrízicos fungos (ECM) e os endomicorrízicos (EM). Os fungos ECM formam um manto de hifas externas à raiz e suas hifa internas penetram até a epiderme. Os fungos EM não formam o manto de hifas externas às raízes, mas têm extensiva penetração intracelular na raiz, indo até o córtex radicular. Os fungos do tipo ECM predominam em ecossistemas limitados em nitrogênio e os fungos EM predominam em ecossistemas limitados em fósforo. Dentre os fungos EM, os mais comumente encontrados intermediando a interação fungo-planta e solo são os chamados fungos micorrízicos arbusculares (MA), os quais colonizam regularmente a maioria das espécies de plantas que existem, 83% das dicotiledôneas e 70% das monocotiledôneas (Trappe, 1987).

Os fungos micorrízicos arbusculares (MA) predominam em solos ácidos e com baixos teores de fósforo como na maioria dos tropicais. A micorriza só é uma vantagem seletiva se através dela o fungo e a planta conseguirem acesso aos nutrientes que lhes são limitantes e que de outro modo estariam inacessíveis à ambos, fotossintetatos para o fungo e minerais para a planta (Read, 1991).

Com base nos resultados de um número muito grande de experimentos sob condições controladas é amplamente aceito que os fungos MA ajudam as plantas a obter fósforo e outros nutrientes e melhoram a condição nutricional das plantas e o seu desenvolvimento.

A ocorrência generalizada da colonização micorrízica em comunidades nativas como a do cerrado com alta diversidade de plantas, torna difícil o acesso a contribuição desta associação para a obtenção de nutrientes sob condições de campo, pois a falta de um indivíduo não colonizado nestas condições impede a quantificação dos benefícios relativos à colonização micorrízica.

O Cerrado é um ecossistema com alta biodiversidade que ocupa mais de 2.000. 000 km² ou 23% do território brasileiro. Possui alta densidade arbórea e até 150 espécies lenhosas por hectare (Eiten, 1994). Os solos do cerrado, geralmente latossolos, possuem disponibilidade muito baixa de nutrientes essenciais, sobretudo o fósforo. Como em qualquer comunidade

mista, as plantas do cerrado com raízes mais esparsas poderiam obter benefícios da micorriza e com isso aumentar sua habilidade competitiva. A falta de fósforo no solo do cerrado e o seu baixo conteúdo na biomassa poderiam estar limitando a colonização micorrízica das plantas. A eficiência da colonização depende de um conteúdo mínimo de fósforo no solo e da diferença entre o conteúdo no solo e na biomassa. Uma baixa porcentagem de colonização acompanhada de aumento pouco significativo na biomassa aérea e do baixo conteúdo de fósforo é uma indicação de que os fungos micorrízicos nativos poderiam estar apenas sobrevivendo dentro das raízes sem daí se derivar nenhuma interação ecologicamente importante (Tisserant *et al.*, 1993).

Muitos experimentos já foram conduzidos para avaliar as respostas das plantas à inoculação com fungos micorrízicos e à adubação fosfatada baseados na crença geral de que baixas disponibilidades de fósforo no solo podem inibir a colonização micorrízica nas plantas, ou que, havendo alto nível de colonização, esta não resulta em benefícios do fungo para a planta hospedeira. Em geral os experimentos realizados têm registrado melhores rendimentos em biomassa seca, melhoria das condições nutricionais e nível mais alto de colonização com dosagens de fósforo moderadas.

Alguns trabalhos feitos no cerrado avaliaram as respostas de plantas agrícolas à inoculação com fungos micorrízicos com aplicação de fósforo ao solo. Miranda *et al.* (1992) concluíram que com adição de 15, 30 e 60 mg kg⁻¹ de fósforo, as plantas de soja exibem maior colonização por fungos MA nativos com o nível de 30 mg kg⁻¹. Em outro experimento foram aplicadas doses de 0,15, 30, 60, 120, e 240 ppm de P₂ O₅ em soja cultivada em amostras de solo de cerrado e inoculada com fungos MA. Essa cultura apresentou maiores teores de fósforo e cálcio com as dosagens de 60 e 120 ppm de P₂ O₅, porém com a dosagem de 30 ppm, a soja inoculada superou a produção máxima da não inoculada e com 240 ppm de P₂ O₅ (Siqueira *et al.*, 1986 b).

Geralmente o nível de colonização micorrízica é correlacionada aos aumentos em biomassa, altura, concentração e conteúdo de nutrientes da planta com a inoculação e nisto está baseada a eficiência da colonização (Saggin Junior 1995; Siqueira *et al.*, 1991).

O nível de colonização micorrízica é avaliado por métodos histoquímicos de coloração, os quais foram classificados por Tisserant *et al.* (1993) em métodos não vitais e métodos vitais. Os métodos não vitais, como o de Phillips & Hayman, avaliam a colonização total pois

destacam qualquer estrutura fúngica e portanto podem superestimar a eficiência da colonização. Os métodos vitais destacam as estruturas fúngicas ativas no fluxo de fósforo. Os métodos vitais são baseados na atividade das enzimas responsáveis pela passagem de fósforo do fungo para a planta, como a fosfatase alcalina que destaca os arbúsculos ativos[‡], deste modo estes métodos evidenciam a colonização efetiva (Hamel *et al.*, 1990; Tisserant *et al.*, 1993; Ezawa *et al.*, 1995).

Quando este trabalho foi iniciado não conhecíamos outro trabalho quantitativo realizado com espécies do estrato arbustivo-arbóreo do cerrado para avaliar o efeito da interação destas espécies com fungos MA e o solo. Não conhecemos nenhum trabalho que tenha utilizado um método de coloração vital para avaliar a colonização efetiva em lenhosas nativas do cerrado. O primeiro levantamento da existência de micorrizas nas espécies de lenhosas nativas do cerrado foi realizado por Thomazini (1974).

Uma simples avaliação do nível de colonização da planta pelo fungo por um método não vital, caso este nível fosse alto, poderia indicar uma interação negativa para a planta e o contrário poderia indicar que a baixa disponibilidade de fósforo do solo estaria inibindo a colonização.

A relevância deste trabalho reside não apenas na contribuição que pode dar para o entendimento da ecologia do cerrado mas também para as atividades que visem a utilização econômica das espécies de plantas deste ecossistema ou para a utilização destas na recuperação de áreas degradadas.

Diante das baixas disponibilidades de nutrientes, principalmente de fósforo nos solos de cerrado, reside a questão do quanto a interação micorrízica estaria sendo benéfica para as espécies arbustivo-arbóreas.

A hipótese deste trabalho foi que a associação micorrízica contribui para a melhoria do estado nutricional das plantas do estrato arbustivo-arbóreo do cerrado a despeito do baixo teor de fósforo dos seus solos. Para avaliar se um solo de maior fertilidade inibiria a colonização micorrízica e como influenciaria seus efeitos sobre as plantas, foi utilizado também um solo mais fértil para comparação.

Os objetivos deste experimento foram: avaliar os níveis de colonização total e efetiva das plantas do estrato arbustivo-arbóreas do cerrado em casa de vegetação; avaliar as respostas das plantas arbustivo arbóreas nativas à inoculação com fungos micorrízicos sob a condição de

baixa fertilidade de um Latossolo Vermelho Amarelo em termos do desenvolvimento e da acumulação de nutrientes; avaliar as respostas das plantas arbustivo arbóreas nativas à inoculação com fungos micorrízicos sob a condição de maior fertilidade do solo de mata de galeria em termos do desenvolvimento e acumulação de nutrientes; e avaliar as colonizações total e efetiva das plantas nativas na condição de campo.

Revisão bibliográfica

Os fungos micorrízicos são habitantes simbiotes normais das raízes, que ajudam as plantas primariamente a obter água e nutrientes minerais (Biermann & Linderman, 1981; Powell & Bagyaraj, 1984). Eles ocorrem em 83% das plantas dicotiledôneas e 79% das monocotiledôneas (Trappe, 1987). Todas as gimnospermas são relatadas como possuidoras destes fungos (Newman & Reddell, 1987). À esta associação Frank (1885), citado por Powell & Bagyaraj (1984), deu o nome de “micorríza” (fungo -raiz).

Atualmente são conhecidos sete tipos de micorrizas, mas os dois mais comuns e bem estudados são as ectomicorrizas e as endomicorrizas. As primeiras formam um manto de hifas externas às raízes e as outras não possuem este manto externo, mas têm uma extensiva penetração intracelular na raiz (Ainsworth & Bisby, 1971; Bonfante-Fasolo, 1984). Não ocorre colonização em estruturas secundárias da raiz e nem em meristemas, apenas na epiderme, mesoderme e parênquima cortical de raízes com crescimento primário (Bonfante-Fasolo, 1984). Em cada ecossistema predomina o tipo de micorriza mais hábil em capturar o fator nutricional de crescimento limitante nesse ecossistema. Os fungos ectomicorrízicos são mais freqüentes em ecossistemas limitados em nitrogênio e os fungos micorrízicos arbusculares (MA) são particularmente dominantes em ecossistemas limitados em fósforo (Read, 1991).

As endomicorrizas arbusculares (MA) são as de maior distribuição geográfica (Bonfante-Fasolo, 1984; Allen *et al.*, 1995). O fungo penetra no córtex das raízes e forma “vesículas”, inchamentos globosos ou ovais das partes terminais das hifas intracelulares, e “arbúsculos”, modificações das porções terminais das hifas intracelulares semelhantes a pequenas árvores. As micorriza arbusculares predominam nos trópicos e são generalistas quanto à planta hospedeira, e, portanto, fisiologicamente muito variáveis (Allen *et al.*, 1995).

▲ Uma revisão do sistema de classificação (Morton & Benny, 1990) colocou todos os fungos que se originam no solo e que formam arbúsculos em associação com raízes de plantas terrestres na ordem Glomales (Zigomicetos). Os taxa que formam vesículas intraradiciais (*Acaulospora*, *Entrophosphora*, *Glomus* e *Sclerocystis*) foram classificados na sub-ordem Glominae e aqueles que formam vesículas extraradiciais auxiliares e não vesículas intraradiciais (*Gigaspora* e *Scutellispora*), na ordem Gigasporinae.

A colonização e proliferação a partir das hifas externas são processos complexos e dinâmicos que interagem com a planta hospedeira e o ambiente, não obstante parecem estar relacionadas diretamente ao conjunto e duração dos benefícios alcançados (Jarstfer & Sylvia, 1993).

As micorrizas arbusculares (MA) estão sempre associadas a solos com baixos conteúdos de nutrientes disponíveis e com baixos conteúdos de matéria orgânica (Anderson *et al.*, 1984; Allen *et al.*, 1995). Assume-se frequentemente que os fungos MA aumentam principalmente a obtenção de fosfato e isto tem sido observado em um grande número de experimentos sob condições controladas. Algumas pesquisas têm sido direcionadas ao papel do fungo MA na obtenção de nitrogênio pelas plantas, especialmente em condições de baixo suprimento pelos solos. Embora a associação micorrízica do tipo MA possa afetar a obtenção de outros nutrientes além do fósforo, eles não são eficientes na obtenção de nitrogênio mas podem favorecer-la mediante o aumento da concentração de fósforo na parte aérea. A contribuição dos fungos MA na obtenção de fósforo comparada à demanda da planta por nutrientes para o seu crescimento é em geral muito maior do que a contribuição do fungo para a obtenção de nitrogênio (George *et al.*, 1995).

Os benefícios das micorrizas arbusculares (MA) para as plantas em sistemas agrícolas são largamente conhecidos, principalmente em termos de crescimento das mesmas em decorrência do aumento na obtenção de fósforo (Abbot & Robson, 1984; O'Keef & Sylvia, 1990). Muitos experimentos têm sido conduzidos com plantas agrícolas no Brasil para avaliar as respostas das plantas à inoculação micorrízica Colozzi-filho *et al.* (1986) inocularam mudas de cafeeiro com o fungo MA *Gigaspora margarita* e analisaram as respostas desta espécie à inoculação com diferentes níveis de adição de fósforo ao solo. Aos 110 dias após inoculação com 200 ppm de P_2O_5 adicionada ao solo, esta espécie apresentou maior relação raiz/ parte aérea, 90% do crescimento máximo, menores teores de nitrogênio e zinco e maiores de fósforo, potássio e cálcio. Em doses de P_2O_5 maiores que 200ppm, os autores observaram tendência inversa e observaram também que o cafeeiro exigiu um mínimo de 30% de colonização para mostrar efeito benéfico com a associação micorrízica.

Algumas vezes não se observa um aumento significativo das concentrações de fósforo nas plantas com a inoculação mas sim aumento em termos de acumulação e desenvolvimento. A inoculação de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) Oltze com *G. mosseae* e *Acaulospora scrobiculata* não resultou em aumento nas concentração de fósforo na parte aérea após 140 dias (Muchovej *et al.*, 1992).

Raízes de plantas com e sem micorrizas absorvem fósforo do mesmo reservatório lábil do solo. No entanto as raízes micorrízicas são mais eficientes nesta absorção (Mosse, 1973; Marschner & Dell, 1994). Nos solos em geral, a quantidade de fósforo disponível para as plantas é pequena e provavelmente está em torno de 1 a 5% do conteúdo total (Hawksworth, 1995). Foi sugerido que as micorrizas arbusculares podiam solubilizar outros reservatórios de fósforo, embora não haja ainda demonstração consistente desta hipótese (Cooper, 1984). No entanto, alguns trabalhos têm demonstrado que a interação com microorganismos solubilizadores de fosfato aumenta a aquisição de nitrogênio e fósforo pela planta. Toro *et al.* (1997) utilizaram dois isolados de rizobactérias solubilizadoras de fosfato associadas com o fungo MA *Glomus intraradices* e um recurso de fósforo de baixa biodisponibilidade. Os autores observaram que a dupla inoculação aumentou significativamente a biomassa e a acumulação de nitrogênio e fósforo nos tecidos da planta. Omar (1998) estudou o efeito da inoculação com um fungo MA, *Glomus constrictum*, e dois fungos solubilizadores de fosfato de rocha, *Aspergillus niger* e *Penicillium citrinum* com adição de fosfato de rocha na cultura do trigo. O ganho em termos de matéria seca foi maior nas plantas que receberam os inóculos no campo e em casa de vegetação, quando o solo não foi esterilizado. Esses trabalhos mostram que a interação do fungo micorrízico com outros microorganismos do solo podem interferir na eficiência da associação micorrízica.

Existem fortes evidências de que a colonização das raízes pelos fungos é regulada pela diferença entre o conteúdo de fósforo no tecido da planta e no solo (Cooper, 1984). Sanders (1975) aplicou adubação foliar com fósforo e a porcentagem de colonização decresceu para níveis inferiores aos observados, quando o fósforo foi aplicado ao solo. Para ocorrer a colonização micorrízica, é necessário um conteúdo mínimo de fósforo no solo pois a adição deste nutriente promove a absorção direta pelas raízes inibindo a colonização (Menge *et al.*, 1978; Jasper *et al.*, 1979; Cooper, 1984; Siqueira & Paula, 1986; Jarstfer & Sylvia, 1993). Thingstrup (1998) mostrou que o nível de colonização de *Linum usitatissimum* declinou de

48% sem adição de fósforo para 28 a 39% com a adição de 300 kg ha⁻¹. Os fungos micorrízicos conseguem estabelecer, ao mesmo tempo, associação entre duas ou mais plantas com diferentes conteúdos de fósforo com as quais tenha afinidade (Allen *et al.*, 1995). Embora os fungos micorrízicos vesicular arbusculares não apresentem especificidade com a planta hospedeira em termos da capacidade para colonização, há contudo um ponto de rendimento máximo no equilíbrio da interação fungo-hospedeira- ambiente que varia sempre com as diferentes combinações entre o fungo a planta e o solo (Abbot & Robson 1981; 1985, Smith & Gianinazzi-Pearson, 1998). Uma interação micorrízica eficiente seria aquela em que o fungo consegue sobreviver nas condições de fertilidade do solo em que se encontra, colonizar as raízes, competir com os outros microorganismos e inclusive com outros fungos micorrízicos, produzir um grande volume de hifas externas e ainda estabelecer uma relação mutualística com a planta hospedeira (Siqueira, 1991). É possível estabelecer o grau de interação entre a planta e o fungo micorrízico através da eficiência simbiótica, que é avaliada em termos interação entre o ganho nutricional, principalmente em termos da concentração e acumulação de fósforo, o ganho em biomassa aérea e em altura e a porcentagem da colonização micorrízica. A partir da interação destes fatores pode-se estabelecer a faixa de interação entre o sistema fungo- planta-ambiente, podendo variar de mutualismo a parasitismo (Siqueira *et al.*, 1986 b; Saggin Junior *et al.*, 1995 ; Saggin Junior *et al.*, 1994).

Há muita variação nas respostas da associação micorrízica a diferentes fatores ambientais, porém dentro de uma mesma espécie, a taxa de colonização é afetada principalmente pelo conteúdo de carboidratos solúveis nas raízes, pois a exsudação de açúcares estimula a infecção e a colonização (Azcon e Ocampo, 1984). Sano (1984) mostrou que o efeito da inoculação micorrízica sobre o rendimento da matéria seca pode aumentar diretamente com a porcentagem de colonização ou pode não causar nenhum efeito significativo sobre a planta, dependendo das espécies envolvidas na interação. O mesmo foi observado por Cardoso *et al.* (1986) que inocularam plantas cítricas com fungos MA e observaram que seis meses depois ocorreu variação na acumulação de nutrientes na parte aérea das plantas de acordo com o fungo utilizado. Siqueira *et al.* (1986 a) observaram comportamento semelhante em plantas de algodoeiro onde a inoculação com diferentes espécies de fungos foi acompanhada de diferentes porcentagens de colonização das raízes do algodoeiro e diferentes ganhos em matéria seca coma mesma adição de fósforo. Ezeta *et al.*

(1981) inocularam mudas de mandioca com fungos MA e compararam com plantas não inoculadas e observaram que a associação micorrízica mostrou-se indispensável para o crescimento dessa espécie, aumentando a concentração de fósforo em seus tecidos aéreos, contudo a inoculação não mostrou a mesma eficiência na contribuição para o aumento da concentração de todos os nutrientes na parte aérea das plantas: as não inoculadas apresentaram maior concentração de potássio que as inoculadas.

Os processos de absorção, acumulação e translocação de fósforo pelas micorrizas arbusculares são metabolicamente dependentes. Para evidenciá-los são usados métodos histoquímicos baseados na atividade de enzimas tais como a ATP-ase, a succinato desidrogenase e a fosfatase alcalina (Hamel *et al.*, 1990; Tisserant *et al.*, 1993; Ezawa *et al.*, 1995).

Vários autores tem utilizado o método que revela a atividade da fosfatase alcalina para a avaliação da efetividade e da eficiência de colonização micorrízica, baseados em que a atividade desta enzima é induzida pela presença do fungo (Hamel *et al.*, 1990; Tisserant *et al.*, 1993, Ezawa *et al.*, 1995). Normalmente atribui-se à H^+ ATPase, existente nos arbúsculos jovens em ambos os lados das membranas da planta e do fungo e na matriz de interface, a catalização da passagem do fósforo do fungo para a planta. No entanto, a atividade desta enzima também foi demonstrada na membrana plasmática da hifa externa e intercelular e uma atividade mais fraca na membrana plasmática da planta adjacente à hifa intercelular Gianinazzi-Pearson *et al.* (1991). A atividade da ATPase reduz-se com o tempo de colonização e com doses elevadas de fosfato no solo (Gianinazzi-Pearson & Gianinazzi, 1983). Em *Allium porrum* há uma fase lag nas duas primeiras semanas após a inoculação, neste caso poucos micélios intraradiciais apresentam atividade de fosfatase alcalina. A partir de oito semanas verifica-se um declínio na percentagem de colonização, refletindo a senescência do micélio fúngico, (Tisserant *et al.*, 1993).

Tem-se assumido amplamente que o arbúsculo é o principal local de transferencia de fosfato nos fungos MA para a planta, contudo existe um grande número de associações micorrízicas nas quais o arbúsculo só ocorre com baixa frequência (Smith & Smith, 1997).

A eficiência de colonização da raiz pelos fungos micorrízicos arbusculares e vesicular arbusculares é dada pela porcentagem da extensão da raiz de uma planta contendo estruturas micorrízicas em seu interior e têm sido usado como indicador fisiológico da eficiência da

simbiose (Hayman, 1970; Giovanetti & Mosse, 1980; Tisserant *et al.*, 1993; Ezawa *et al.*, 1995). Uma padronização para este procedimento foi proposta por Biermann & Linderman (1981), onde a colonização intraradical pelas micorrizas é evidenciada pela coloração das estruturas fúngicas e a eficiência de colonização pela contagem ao microscópico destas estruturas presentes nos segmentos de raízes amostrados. A percentagem de extensão do sistema radicular colonizado expressa o nível de colonização que pode então ser associado aos ganhos nutricionais e em desenvolvimento da planta para que avaliação da eficiência da colonização. Os métodos de coloração das estruturas fúngicas são de dois tipos: os métodos não vitais (revelam todas as estruturas) e os vitais (destacam as estruturas enzimaticamente ativas das não ativas).

A ocorrência de associação micorrízica no nível dos ecossistemas naturais pode determinar a habilidade de certas espécies para se estabelecer em tais ambientes e competir com as espécies de menor demanda por nutrientes ou com as de sistemas radiculares muito extensos, como as gramíneas (Bagyaraj, 1984). A própria estrutura e composição das comunidades de plantas parece estar fortemente associada à diversidade de fungos micorrízicos arbusculares, pois uma baixa diversidade de espécies destes fungos determina mudanças na estrutura e composição da comunidade sem alterar drasticamente a biomassa da mesma quando da existência de uma espécie dominante (van der Heijden *et al.*, 1998).

No Brasil, há muito, alguns dos benefícios da associação micorrízica arbusculares foram demonstrados (Mosse *et al.*, 1973). A maioria dos trabalhos existentes avaliando as respostas de plantas à inoculação com fungos MA em solo de cerrado visam espécies agrícolas inoculadas e submetidas a diferentes concentrações de fósforo. Num desses trabalhos, a colonização radicular de planta de sorgo foi de 75% e 80% com doses de respectivamente 25 e 50ppm de fósforo contra 4% de colonização quando nenhum fósforo foi adicionado (Miranda, 1992; Miranda *et al.*, 1984). Sano (1986) aplicou várias dosagens de fósforo em plantas de sorgo e inoculou as plantas com *Gigaspora margarita* e registrou o mais alto nível de colonização desta planta, 82,7% com aplicação de 12,5 mg kg⁻¹ de fósforo ao solo. O nível de colonização foi menor com dosagens menores e maiores do que esta.

Recentemente foram publicados alguns trabalhos avaliando o efeito da inoculação com fungos micorrízicos com espécies arbóreas nativas de LVA no sul de Minas Gerais- Brasil. Siqueira *et al.* (1998) analisou as respostas à inoculação em 28 espécies arbóreas nativas de

vários estágios sucessionais de uma vegetação do sul de Minas Gerais e registrou que 11 espécies do estágio de clímax não se mostraram dependentes da micorriza para seu estabelecimento até 150 dias após inoculação. Milagres *et al.* (1997) observaram a variação nas respostas à inoculação em *Dalbergia nigra* com diferentes espécies de fungos MA e mais bactérias fixadoras de nitrogênio. Após 120 dias da inoculação a espécie *G. mosseae* foi menos eficiente que *G. eutunicatum* em acumular biomassa aérea.

No cerrado, o solo tem baixa disponibilidade de nutrientes, sobretudo o fósforo, e uma forte acidez (Haridasan, 1992). Além disto as plantas nativas também apresentam baixos níveis de nutrientes essenciais em solos distróficos como os Latossolos e Areias Quartzosas (Haridasan, 1987). Porém as espécies arbustivas e arbóreas do cerrado podem absorver mais nutrientes se houver maior disponibilidade destes no solo e assim mudar a estrutura da vegetação, o que se mostrou possível com calagem e adubação (Haridasan *et al.*, 1997).

Os solos de mata de galeria são mais ácidos que o solo de cerrado devido à lenta decomposição da matéria orgânica da serapilheira, porém têm maior disponibilidade de nutrientes (Haridasan, 1997). As árvores nativas da mata de galeria apresentam de modo geral maiores concentrações de nutrientes nas folhas do que as do cerrado (Silva & Haridasan, 1997). Haridasan (1985, 1997) utilizou os solos de cerrado e o de mata de galeria para comparar o crescimento e acumulação de nutrientes em mudas de eucalipto e de algumas espécies nativas do cerrado. Concluiu que os solos de cerrado são deficientes em nutrientes proporcionando um menor crescimento de espécies nativas. As mudas acumularam mais nutrientes em solo de mata de galeria e cresceram melhor.

Na África foi realizada uma pesquisa por Allsopp & Stock (1993) para testar a resposta à inoculação com micorrizas nativas das plântulas de três espécies esclerófilas de 'Fynbos', as quais crescem em um solo com conteúdos de nutrientes muito baixos. Nesta pesquisa a resposta das plântulas foi analisada em termos de conteúdo de fósforo, taxas relativas de crescimento, altura das plantas acima do cotilédone, número de folhas abscisadas ou mortas após a coleta final e percentagem de infecção micorrízica. Os autores encontraram que plantas não inoculadas cresciam menos e retiravam muito pouco fósforo do solo, tinham poucas folhas e uma proporção maior de folhas mortas em comparação com as micorrizadas e as adubadas com fertilizantes. Deste modo foi demonstrado que as micorrizas influenciam o crescimento

das plantas nesses ambientes, ao contrário do que se acreditava antes baseado na escassez nutricional desses solos.

Como em qualquer comunidade mista, as plantas com raízes mais esparsas poderiam obter benefícios da associação micorrízica e com isso aumentar sua habilidade competitiva; mas a falta de fósforo no solo do cerrado e o seu baixo conteúdo na biomassa, poderiam estar limitando a colonização micorrízica das plantas nativas.

O primeiro levantamento da ocorrência de colonização micorrízica em plantas do cerrado foi registrado por Thomazini (1974). Não conhecíamos nenhuma pesquisa envolvendo micorrizas, nutrição mineral e ecologia de plantas nativas do estrato arbustivo arbóreo no cerrado, quando o presente trabalho foi iniciado.

Materiais e Métodos

Foram avaliadas as respostas à inoculação com fungos MA, de quatro espécies de plantas do estrato arbustivo-arbóreo do cerrado em dois solos com diferentes fertilidades, um de cerrado e um de mata de galeria. O experimento foi conduzido em casa de vegetação na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília no Distrito Federal.

As respostas das plantas à inoculação foram avaliadas em termos da colonização total e efetiva, do desenvolvimento e da concentração e acumulação de nutrientes na parte aérea nos dois solos. Foram avaliadas as respostas das plantas às diferentes fertilidades do solo de cerrado e do solo de mata de galeria. O solo de mata de galeria possuía maiores teores de nutrientes do que o solo de cerrado (Tabela 2). A colonização das plantas em casa de vegetação em solo de cerrado foi comparada com a das plantas em seu habitat.

As espécies utilizadas foram quatro espécies lenhosas do estrato arbustivo/arbóreo *Miconia albicans* (Sw.) Triana (Melastomataceae), *Solanum lycocarpum* St. Hil. (Solanaceae), *Dalbergia miscolobium* Benth. (Leguminosae) e *Chamaecrista rotundifolia* (Pers.) Greene (Leguminosae). A escolha das espécies foi baseada nas suas freqüências no cerrado *sensu stricto* e em algumas características ecológicas peculiares como é o caso de *Chamaecrista rotundifolia*, uma leguminosa rasteira muito freqüentemente encontrada em áreas de cerrado com solo bem degradado, que tem seu ciclo biológico praticamente todo compreendido no período de chuvas no qual ela cresce abundantemente. No período seco o crescimento dessa espécie de planta fica tão restrito e seu porte tão reduzido que se torna difícil encontrá-la. *Solanum lycocarpum*, conhecida como lobeira, possui porte arbustivo/arbóreo e em condições naturais só germina bem em solos com bom teor de matéria orgânica tais como formigueiros abandonados, cresce muito rapidamente e emite muitos brotamentos em áreas abertas como beiras de estradas. *Dalbergia miscolobium* é uma leguminosa arbórea bastante comum no cerrado, cujas plantas jovens freqüentemente se encontram com nódulos de *Rhizobium* (bactérias fixadoras de nitrogênio em simbiose com as raízes das plantas) em suas raízes. *Miconia albicans* é um arbusto muito comum no cerrado encontrado em áreas preservadas; é acumuladora de alumínio e seu gênero sempre ocorre associado à fungos MA (Micorriza Arbuscular) Hawkworth (1995).

Os fungos utilizados como inóculo foram *Gigaspora margarita* (Becker & Hall), *Entrophospora colombiana* (Spain & Schenck), *Scutellispora scrobiculata* (Trappe), todos fungos MA indígenas. As três espécies de foram cedidas pelo laboratório de micorrizas do CPAC- EMBRAPA na forma de uma mistura de solo e fragmentos de raízes de *Stylosanthes guianensis* variedade Br 300 colonizadas, aproximadamente 200 g para cada espécie. Foram cedidas também pelo CPAC, as sementes de *Stylosanthes guianensis* variedade Br 300 para multiplicação dos inóculos em casa de vegetação.

A mistura de solos e fragmentos de raízes de cada espécie foram multiplicadas separadamente, em *Stylosanthes guianensis*, para garantir uma reserva de inóculo para todas as amostras.

As sementes das espécies nativas utilizadas foram coletadas na Estação Experimental de Biologia da Universidade de Brasília e no cerrado dos arredores de Brasília e algumas foram cedidas pelo laboratório de conservação de germoplasma do CENARGEN- EMBRAPA. O solo de cerrado e o de mata de galeria foram coletados na Fazenda Água Limpa da UnB, Distrito Federal. O solo de cerrado foi coletado na profundidade de 0-20 cm e o de mata de galeria na de 0-40 cm.

Os solos utilizados neste trabalho foram esterilizados pelo método de Fry (1982), que consiste no aquecimento à 85 °C por 30 minutos. Por este método são eliminados os fungos V.A. pré existentes, e os organismos patogênicos em sua maioria. Todos os materiais utilizados na germinação, cultivo e inoculação das plantas foram previamente desinfetados para eliminar os patógenos.

Sementes de *Chamaecrista rotundifolia*, *Dalbergia miscolobium*, *Solanum lycocarpum* e *Miconia albicans* foram desinfetadas com uma solução 5% de hipoclorito de sódio 2% cloro ativo e pré-germinadas em areia lavada e esterilizada. A lavagem da areia foi feita com solução de ácido sulfúrico 10% e enxaguada em água pura. A esterilização foi por calor seco à 100 °C. Após a germinação as mudas foram transferidas para os recipientes com os solos utilizados onde receberam os tratamentos, quando mediam aproximadamente 2cm de altura.

As mudas das quatro espécies de plantas utilizadas foram submetidas a dois tratamentos (com e sem inoculação com fungos MA) em solo de cerrado e em solo de mata de galeria. Foram feitas quatro repetições para cada tratamento em cada espécie e para cada método de

coloração, totalizando 128 recipientes com uma muda cada. Os recipientes foram distribuídos inteiramente ao acaso.

A inoculação dos solos utilizados seguiu o método sugerido por Menge (1984), no qual foi utilizada cerca de 1 g de uma mistura de solos, pedaços de raízes e esporos de fungos micorrízicos nativos multiplicados em *Stylosanthes guianensis*, colocadas cerca de 2 cm abaixo das plantas pré-germinadas. As mudas que foram inoculadas receberam uma mistura das três espécies de MA utilizadas, na forma de uma mistura dos solos onde cada espécie de MA foi multiplicada contendo fragmentos de raiz colonizada e esporos. Esse procedimento diminui os riscos da falta de potencial para a colonização.

As plantas foram cultivadas em recipientes plásticos transparentes cobertos com papel alumínio para impedir entrada de luz no sistema radicular e regadas com água destilada. Foi mantido espaço suficiente entre os vasos em casa de vegetação para evitar contaminação por respingos.

A época de coleta para avaliação da colonização variou em função do crescimento da espécie em casa de vegetação. *Dalbergia miscolobium* e *M. albicans* foram coletadas após cinco meses para avaliação da colonização, biomassa, extensão do sistema radicular e do acúmulo de nutrientes. *Solanum lycocarpum* foi coletada aos três meses devido ao seu desenvolvimento mais rápido. *Chamaecrista rotundifolia* teve duas coletas, aos três e aos cinco meses, pois, apesar de completar seu ciclo reprodutivo em até seis meses, aos três já possui um desenvolvimento acentuado. A cada coleta foram separados as raízes e a parte aérea (folhas e ramos). As raízes foram medidas logo após a coleta e utilizadas para avaliação do comprimento e da colonização micorrízica. As partes aéreas foram analisadas para determinar a biomassa, a altura e o conteúdo de nutrientes.

As plantas inoculadas foram avaliadas, quanto à porcentagem de colonização, por dois métodos histoquímicos de coloração: o método não vital de Phillips & Hayman (1970) e o método vital azo dye de Pearson (1968) modificado por Tisserant *et al.* (1993). O método não vital utiliza trypan-blue que, neste trabalho, foi dissolvido em lactoglicerol por não ser tóxico como o lactofenol costumeiramente utilizado. O método vital se baseia na atividade da fosfatase alcalina e utiliza α naftil fosfatase, que revela a atividade da fosfatase alcalina por meio de um precipitado negro no interior dos arbúsculos ativos. O método não vital de Phillips

& Hayman (1970) dá a colonização total pois revela toda e qualquer estrutura fúngica existente, deste modo pode superestimar a eficiência da colonização. O método vital azo dye de Pearson (1968) modificado por Tisserant *et al.* (1993) dá a colonização efetiva.

Para assegurar-se de que as plantas não inoculadas não sofreram contaminação por fungos micorrízicos elas foram avaliadas pelo método de coloração mais simples de Phillips & Hayman.

A colonização pelo método não vital foi expressa em termos da porcentagem da extensão do sistema radicular possuindo estruturas fúngicas totais. A colonização pelo método vital foi expressa pela porcentagem da extensão do sistema radicular contendo arbúsculos ativos.

Método não vital

O método não vital de avaliação das estruturas fúngicas intraradiciais foi o de Phillips & Hayman (1970) ligeiramente modificado, onde o lactofenol, muito tóxico, foi substituído por lactoglicerol. Os segmentos de raízes finas foram clareadas com KOH 10% em banho-maria à 90 °C por 40 minutos para remover o conteúdo celular da raiz. Isto foi feito para que o corante penetre na estrutura fúngica sem que o conteúdo das células hospedeiras a obscureça. Em seguida os segmentos foram lavados em água corrente, depois em HCl 1% a frio por 3 minutos e corados com trypan-blue em lactoglicerol 1% em banho-maria à 90 °C por 10 minutos. O corante foi escorrido e os segmentos de raiz cobertos com lactoglicerol incolor por 12 horas. O lactoglicerol foi escorrido para retirar o excesso de corante e as raízes foram novamente recobertos com lactoglicerol.

O trypan-blue em lactoglicerol tem a capacidade de destacar as estruturas fúngicas intraradiciais e também os pontos de entrada da hifa micorrízica externa ao longo do segmento, porém ele não distingue as estruturas (arbúsculos e vesículas) metabolicamente ativas e não ativas, podendo então super estimar a eficiência da infecção micorrízica. O uso deste método aumenta muito a acurácia e a velocidade da contagem da colonização fúngica no segmento de raiz e dispensa cortes laboriosos, além de permitir a observação através do microscópio com alta magnificação.

Método vital

Devido às limitações apresentadas pelo método não vital em relação à constatação da atividade micorrízica, a eficiência de colonização foi complementada pelo método vital de azo dye de Pearse (1968), modificado por Tisserant *et al.* (1993), baseado na localização da atividade da fosfatase alcalina, tendo assim evidenciado a efetividade da colonização.

O sistema de raízes de cada planta foi lavado e cortado em segmentos de 1 cm e incubados por duas horas a temperatura ambiente num meio digestivo contendo ácido tris/cítrico (pH 9,2), 0,05% de sorbitol, 15 unidades ml⁻¹ de celulase e 15 unidades ml⁻¹ de pectinase para permitir a penetração dos reagentes. Após a incubação no meio digestivo, os segmentos foram incubados num meio de reação contendo tampão de ácido tris/cítrico 0,05 M (pH 9,2), 1 mg ml⁻¹ de sal Fast Blue RR, 1 mg ml⁻¹ de α -naftil fosfato ácido, 0,5 mg ml⁻¹ de MgCl₂ e 0,8 mg ml⁻¹ de MnCl₂ 4H₂O. Para remover a coloração das células hospedeiras que impede o contraste entre as estruturas fúngicas e o fundo, sem afetar a localização da atividade enzimática, as raízes foram incubadas numa solução de hipoclorito de sódio (1% de cloro ativo). Os segmentos marcados deste modo foram transferidos para uma solução de lactoglicerol constituída de uma mistura de igual volume de ácido láctico, glicerina e água deionizada. Os segmentos foram montados em lâmina para microscópio e observadas com ampliação de 100 e 400 x. A localização da atividade da fosfatase alcalina foi indicada pelo precipitado negro no tecido fúngico. A estimativa da porcentagem de colonização foi feita sobre a porcentagem da extensão da raiz contendo arbúsculos com precipitado negro por amostra e por repetição. A frequência acumulada das repetições deram a porcentagem do sistema radicular contendo arbúsculos ativos. A contagem foi feita sobre a lâmina num só sentido de varredura do campo de visão do microscópio. Para esta análise foram feitas 5 lâminas contendo 10 segmentos de raízes por planta por repetição (solo de cerrado e mata de galeria, com e sem micorrizas e tempo de coleta).

Avaliação das porcentagens de colonização

A porcentagem da extensão da raiz colonizada em cada planta foi estimada pelo método de Biermann & Linderman (1981), no qual 8 alíquotas de 25 segmentos cada foram retiradas do total dos segmentos de raízes cortadas e coradas de cada planta, ou o total das raízes da planta foi utilizado com qualquer número de segmentos, quanto não haviam raízes suficientes.

Das espécies analisadas somente *Solanum lycocarpum* produziu 8 alíquotas de 25 segmentos, sendo ao todo 200 segmentos analisados nesta espécie por repetição; *Chamaecrista rotundifolia* produziu 125 segmentos, sendo 5 alíquotas de 25 segmentos por repetição; *Miconia albicans* produziu 88 segmentos, sendo 4^f alíquotas de 22 segmentos por repetição; *Dalbergia miscolobium* produziu 70 segmentos, sendo 3 alíquotas de 25 segmentos por repetição. Estas quantidades foram as mesmas para os dois tipos de solo. Segundo Biermann e Lindermann (1981), para amostras que contenham 25 ou 50 segmentos por amostra são suficientes 7 amostras, por planta individual com um limite de confiança de 95% enquanto que para amostras contendo 100 segmentos serão suficientes 5 amostras por planta individual para este mesmo limite de confiança. Este método pode ser usado para comparar amostras de segmentos de raízes de tamanhos e formas diferentes, porque estima a extensão média de colonização, facilitando a comparação dos resultados entre trabalhos feitos em locais diferentes e com diferentes espécies. Após receber a coloração pelos métodos utilizados neste trabalho, cada alíquota foi suspensa em lactoglicerina e os segmentos espalhados em uma placa de petri marcada no fundo com uma grade de 1 cm para facilitar a contagem sob um estéreo microscópio. As observações em estereo microscópio foram feitas com ampliação de 12 a 50 x. A proporção da extensão de cada segmento de raiz contendo arbúsculos, vesículas e hifas foi registrada como distribuição de frequência. As distribuições das frequências das porcentagens de colonização de cada alíquota foram registradas até que todos os segmentos do sistema radicular de cada amostra de cada repetição fossem analisados. Foram calculadas as frequências acumuladas para cada repetição as quais foram somadas e divididas pelo número de repetições analisadas para dar a porcentagem de colonização acumulada de cada espécie (vide Tabelas A1 a A36 em Anexo).

A escolha deste método se deveu ao fato de que ele não superestima a extensão da colonização do sistema radicular da planta, como ocorre quando se usa o método de interceptação da grade por segmentos contendo estruturas fúngicas, ou quando se usa a porcentagem de segmentos contendo tais estruturas; este último pode contar como positivo um segmento que pode não estar colonizado em toda a sua extensão. Este método tem também a vantagem de poder ser usado para comparar amostras de tamanhos diferentes, porque ele estima a média da extensão da colonização total. Quando não se obteve a quantidade

necessária de fragmentos nas plantas cultivadas e nas do campo, foi avaliado o total do sistema radicular.

Análise da concentração de nutrientes na parte aérea

As amostras da parte aérea foram secas em estufa a 70 °C para determinação do peso seco e análises químicas. O nitrogênio foi determinado pelo método de microkjeldahl. O fósforo foi determinado por colorimetria, utilizando-se vanado-molibdato de amônia. O K, Ca, Mg, Fe, Mn e Al foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica, sendo os dois primeiros por emissão e os outros por absorção (Allen, 1974).

Análise química do solo

A determinação do pH dos solos foi feita em água e KCl 1 N. O nitrogênio foi obtido através de digestão e destilação de microkjeldahl. Os nutrientes Ca, Mg, e Al foram extraídos com KCl 1N. O alumínio foi determinado por titulação com NaOH, o cálcio e o Mg por espectrofotometria de absorção atômica. O ferro, o manganês, o fósforo e o potássio foram extraídos com uma mistura de HCl 0,05N e H₂SO₄ 1N. O teor de fósforo foi determinado por colorimetria utilizando-se molibdato de amônia e os outros elementos por espectrofotometria de absorção atômica (Allen, 1974).

Avaliação da porcentagem de colonização das plantas no campo

A colonização micorrízica total e efetiva foi avaliada nas espécies em seu habitat, para comparar o nível de colonização das plantas nas condições a que estão submetidas no campo, com o observado em casa de vegetação. Foram utilizadas para avaliar a colonização no campo apenas as raízes ligadas às plantas.

A coleta das plantas no campo foi feita cavando-se ao redor das mesmas a uma distância de 50 cm do tronco até 40 cm de profundidade de modo a preservar a rizosfera contida neste diâmetro o máximo possível. A altura das plantas escolhidas não ultrapassou 50 cm. As amostras das plantas coletadas foram acondicionadas em sacos plásticos e levadas ao laboratório para a separação das raízes, solo e partes aéreas. Foram utilizadas apenas as raízes ligadas à planta, as quais foram cortadas em segmentos de 1,0 cm. Metade das plantas foi utilizada para avaliação da eficiência de colonização pelo método não vital e a outra metade

pelo método vital. As plantas foram coletadas na estação chuvosa pois o solo de cerrado nesta estação se encontra mais friável, reduzindo muito as perdas de pedaços das raízes no momento da coleta e da separação enquanto que, na estação seca, quando o solo está muito compactado, a perda de pedaços das raízes no momento da coleta e da separação do sistema radicular do solo é muito grande. O procedimento utilizado para a avaliação da porcentagem de colonização das plantas no campo foi o mesmo utilizado para as plantas em casa de vegetação, o de Biermann & Linderman (1981).

Análise estatística

A análise de variância foi feita individualmente para cada espécie conforme Tabela 1.

Tabela 1. Análise de variância para diferenças entre tratamentos de inoculação e solo

| Fonte de Variação | Grau de Liberdade |
|--------------------|-------------------|
| Solos | 1 |
| Inoculação | 1 |
| Solos x inoculação | 1 |
| Erro | 12 |
| Total | 15 |

Resultados

Características químicas e disponibilidade de nutrientes nos solos

Os solos usados para plantio em casa de vegetação foram provenientes da camada superficial de um cerrado e de uma mata de galeria. Esses solos foram esterilizados para eliminação de patógenos e de fungos micorrízicos para o controle. O objetivo específico era limitar as respostas das plantas à influência dos fungos micorrízicos inoculados e à diferença na fertilidade entre os solos. O solo de cerrado, Latossolo Vermelho Amarelo, foi um solo ácido com baixa concentração de nutrientes e baixo teor de matéria orgânica. O solo de mata de galeria foi mais rico em matéria orgânica e mais ácido que o solo de cerrado, porém com maior disponibilidade de nutrientes (Tabela.2).

Tabela 2. Concentração de nutrientes no solos, de cerrado e de mata de galeria esterilizados e não esterilizados, utilizados no experimento

| | Solo de cerrado | | Solo de mata de galeria | |
|--|-----------------|------------------|-------------------------|------------------|
| | esterilizado | não esterilizado | esterilizado | não esterilizado |
| pH H ₂ O | 4,50 | 4,50 | 3,90 | 4,30 |
| pH KCl | 4,00 | 4,10 | 3,60 | 3,80 |
| N total, % | 1,70 | 1,50 | 2,50 | 3,00 |
| P disponível, mg kg ⁻¹ | 0,67 | 0,00 | 14,00 | 19,33 |
| Cátions trocáveis, cmol(+)kg ⁻¹ | | | | |
| Al | 1,29 | 0,90 | 3,81 | 3,30 |
| K | 0,092 | 0,150 | 0,123 | 0,206 |
| Ca | 0,019 | 0,016 | 0,120 | 0,230 |
| Mg | 0,103 | 0,027 | 0,327 | 0,197 |
| Micronutrientes, mg kg ⁻¹ | | | | |
| Fe | 209,90 | 132,45 | 199,35 | 44,54 |
| Mn | 5,51 | 2,93 | 6,70 | 17,64 |
| Zn | 2,15 | 1,80 | 20,30 | 1,75 |
| Cu | 1,29 | 1,26 | 1,24 | 0,60 |

Antes da esterilização o solo de mata de galeria possuía 3% de nitrogênio e 19,3 mg kg⁻¹ de fósforo e após a esterilização caiu para 2,5% de nitrogênio e 14 mg kg⁻¹ de fósforo; o pH neste solo também diminuiu após esterilização de 4,3 para 3,9 em água e de 3,8 para 3,6 em KCl. O potássio e o cálcio no solo de mata de galeria não esterilizado eram de 0,206 cmol₍₊₎ kg⁻¹ e 0,230 cmol₍₊₎ kg⁻¹; as concentrações caíram para 0,123 cmol₍₊₎ kg⁻¹ e 0,120 cmol₍₊₎ kg⁻¹ respectivamente. O magnésio foi o único macronutriente que teve sua disponibilidade

aumentada com a esterilização, passando de $0,197 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ para $0,327 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. Entre os micronutrientes apenas o manganês teve sua concentração diminuída com a esterilização. O solo de mata de galeria após ter sido esterilizado teve aumento nas concentrações de ferro de 44 para 199 mg kg^{-1} , a de zinco de 1,75 para $20,3 \text{ mg kg}^{-1}$ e a de cobre em 0,60 para $1,24 \text{ mg kg}^{-1}$.

O pH do solo de cerrado não foi alterado pela esterilização. Ocorreram aumentos nas concentrações de magnésio no solo de cerrado esterilizado. O nitrogênio aumentou sua concentração em 0,2%. O potássio foi o único macronutriente que em solo de cerrado esterilizado não teve aumento na sua concentração, tendo passado de $0,150 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$ para $0,092 \text{ cmol}_{(+)} \text{ kg}^{-1}$. Todos os micronutrientes apresentaram aumento nas suas concentrações após a esterilização: o ferro aumentou de 132 para 209 mg kg^{-1} , o manganês aumentou 2,93 para $5,51 \text{ mg kg}^{-1}$, o zinco aumentou 1,8 para $2,15 \text{ mg kg}^{-1}$.

Apesar de ter ocorrido uma certa imobilização química de alguns nutrientes como o nitrogênio, o fósforo, o potássio, o cálcio e o manganês após a esterilização, ainda assim o solo de mata de galeria permaneceu com concentrações maiores desses nutrientes que o solo de cerrado esterilizado.

Colonização micorrízica no campo

Foram examinadas as raízes coletadas no campo na época chuvosa, de quatro plantas de cada uma das quatro espécies nativas do cerrado, *Chamaecrista rotundifolia*, *Dalbergia miscolobium*, *Miconia albicans* e *Solanum lycocarpum*. A escolha da época chuvosa para a coleta dessas plantas se deve ao fato que nesta época o solo se apresenta mais friável facilitando a separação das raízes, não causando grandes perdas de material, ao contrário do que aconteceu quando as plantas foram coletadas na época seca em que o solo se apresenta muito compactado.

Foram utilizados dois métodos histoquímicos para evidenciar a colonização micorrízica, o de Phillips & Hayman e o azo dye de Pearse modificado. O primeiro é um dos chamados métodos não vitais, pois não destaca estruturas fúngicas com atividade enzimática e evidencia a colonização total. O segundo é um dos chamados métodos vitais, pois destaca os arbúsculos ativos e, portanto, evidencia a efetividade da colonização. As espécies escolhidas no campo estiveram sempre associadas com fungos micorrízicos arbuscular (MA).

As raízes das quatro plantas de cada espécie do campo foram cortadas em segmentos de 1 cm e corados pelo método de coloração não vital com trypan blue e pelo método vital com α naftil fosfatase. Os segmentos corados de cada planta foram divididos em alíquotas e analisadas ao microscópio estereoscópico com aumento de 50 vezes para as raízes coradas pelo trypan blue, e ao microscópio ótico para as raízes coradas pela α naftil fosfatase. Quando as estruturas fúngicas não podiam ser bem visualizadas ao estereomicroscópio, os segmentos eram transferidos para lâmina utilizada em microscopia ótica e observadas com aumento de 200 vezes. As hifas intra e intercelulares e as vesículas apresentaram coloração azul escuro e os arbúsculos aparecem muito suavemente coloridos por este método (Figuras 1 a 4).

Foram analisadas as porcentagens da extensão da cada segmento contendo estruturas fúngicas em cada planta de cada espécie. As porcentagens de colonização de cada segmento foram arranjados numa distribuição de freqüências para cada planta. Foram calculadas as médias das freqüências acumuladas das porcentagens de colonização de cada espécie pelos dois métodos (Tabelas A1 a A36 em Anexo). O levantamento da colonização micorrízica nas espécies em seu estado natural teve como objetivo saber se nos vasos em casa de vegetação as porcentagens de colonização observadas estariam dentro dos limites observados no campo.

A colonização micorrízica pelo método não vital variou nas espécies do campo de 38 % a 69,8% em média (Tabela 3). Entretanto, houveram plantas individuais com até 80% de colonização em seu sistema radicular. Entre as plantas coletadas no campo as maiores porcentagens de colonização encontradas foram para *D. miscolobium* (69,8) e *S. lycocarpum* (68,4). *Chamaecrista rotundifolia* apresentou-se com o mesmo nível de colonização que as demais (61,7). *Miconia albicans* apresentou-se no campo, com um pouco menos que 48 % de colonização em média.

A porcentagem da extensão do sistema radicular contendo arbúsculos ativos das espécies do campo variou de 34 à 48,8 (Tabela 4). A maior porcentagem de colonização efetiva foi a de *S. lycocarpum* com quase 49%, não diferindo muito de *C. rotundifolia* com 47,6 %. *Miconia albicans* teve 38% de seu sistema radicular com arbúsculos ativos.

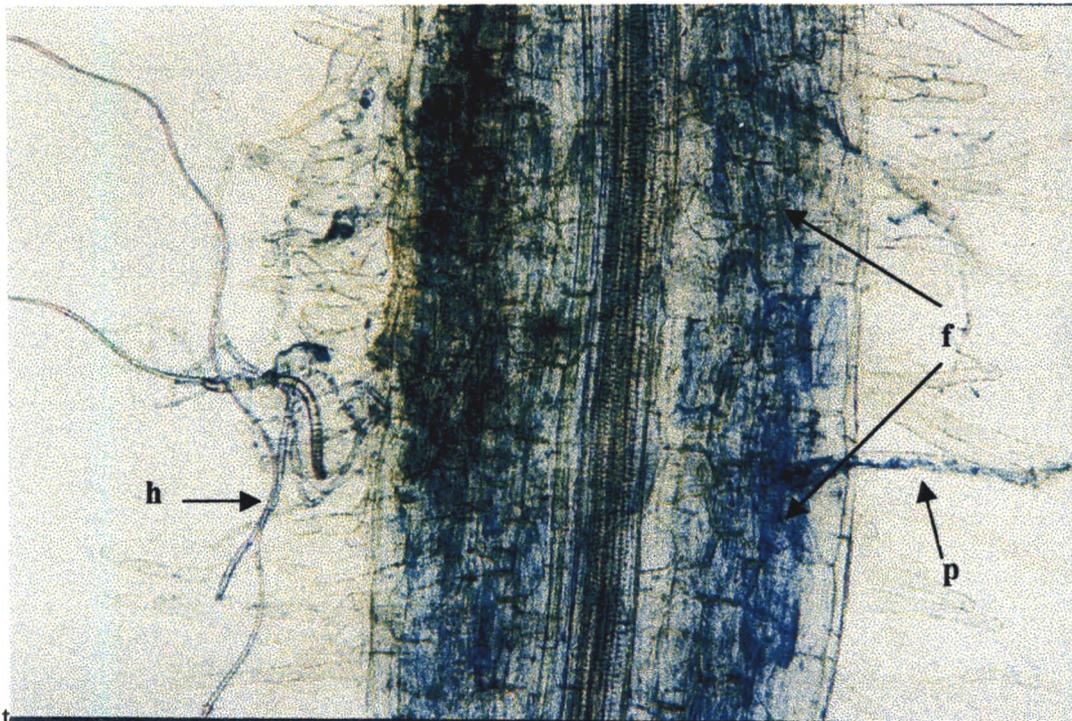


Figura 1. Colonização micorrízica total em *C. rotundifolia* no campo. h – hifa externa, f – estruturas fúngicas no córtex da raiz, p – pêlo radicular com penetração fúngica. Oc. 10x ; Ob. 10x; Op. 10.

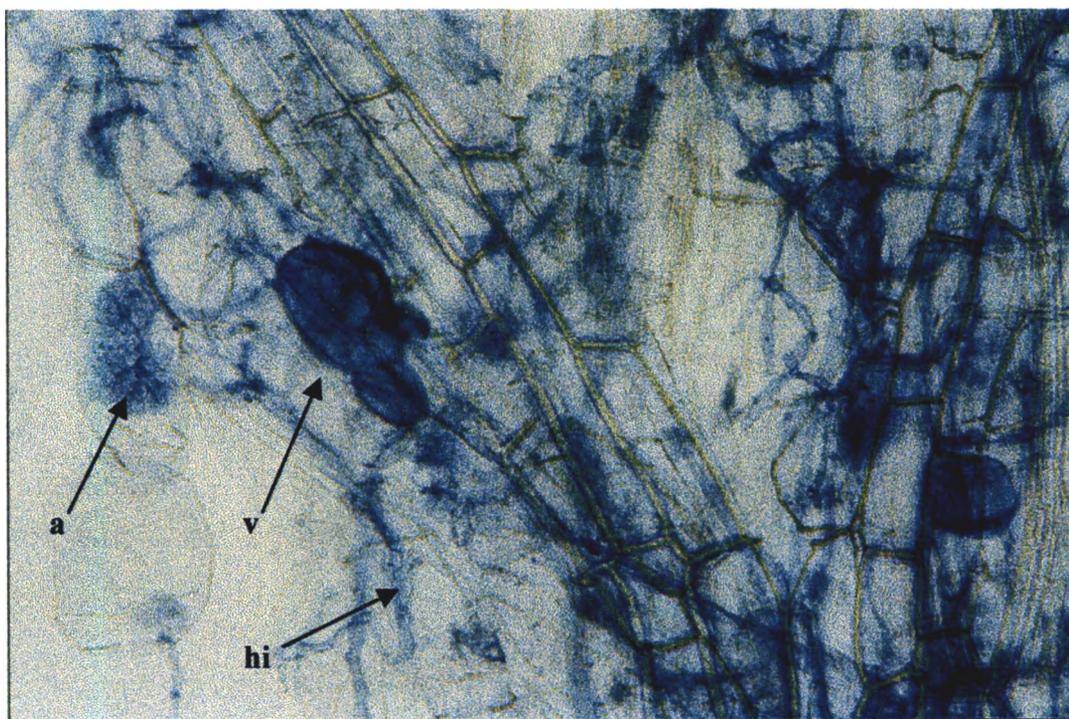


Figura 2. Colonização micorrízica total em *C. rotundifolia* em casa de vegetação. V.- vesícula; a.- arbúsculo; hi. hifas internas. Oc.10x; Ob. 20x; Op.32.

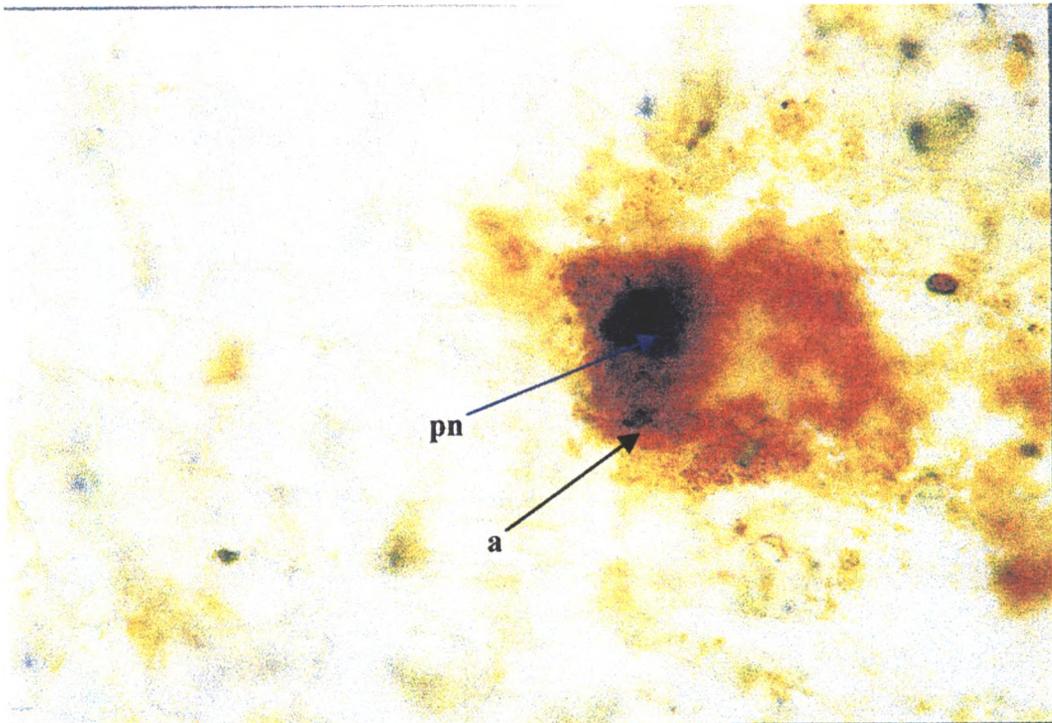


Figura 3. Colonização micorrízica efetiva em *S. lycocarpum* no campo.
a – arbúsculo, pn - precipitado negro mostrando atividade da fosfatase alcalina. Oc.10x; Ob.20x; Op.32.

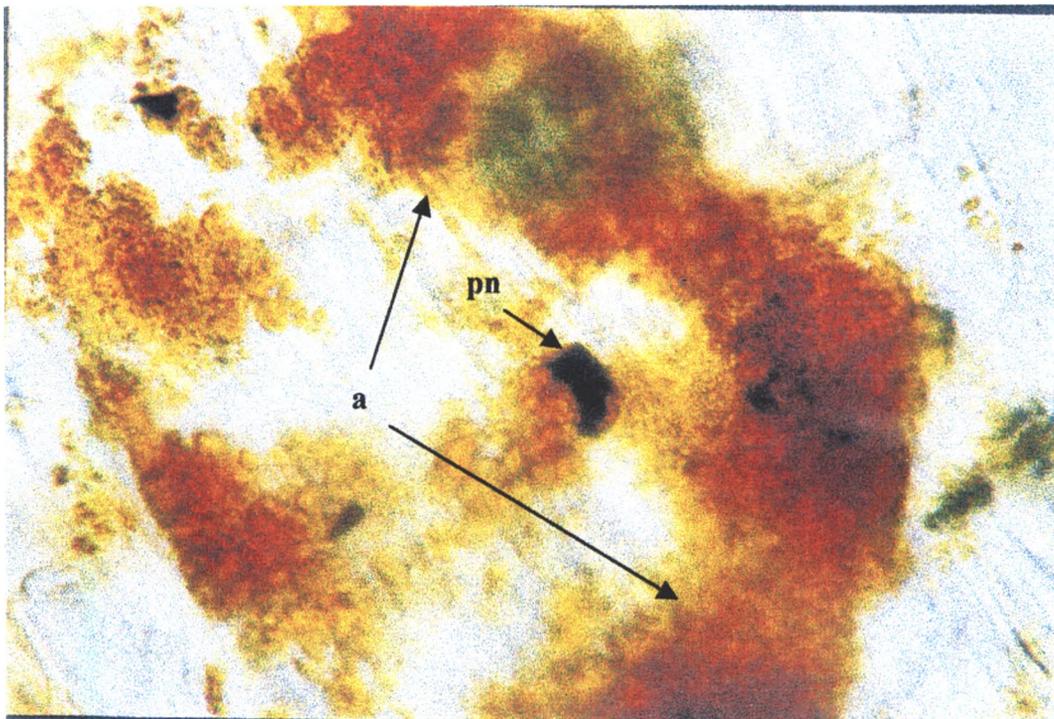


Figura 4. . Colonização micorrízica efetiva em *C. rotundifolia* no campo.
a – arbúsculo, pn - precipitado negro devido atividade da fosfatase alcalina. Oc.10x; Ob.20x; Op. 32.

Tabela 3. Colonização micorrízica total das espécies nativas do cerrado em casa de vegetação e no campo (n = 4)

| Espécies | Casa de vegetação (%) | Campo (%) |
|------------------------|-----------------------|-----------|
| <i>C. rotundifolia</i> | 53,5 | 61,7 |
| <i>S. lycocarpum</i> | 66,4 | 68,4 |
| <i>D. miscolobium</i> | 45,7 | 69,8 |
| <i>M. albicans</i> | 33,9 | 47,2 |

Tabela 4. Efetividade da colonização micorrízica das espécies nativas do cerrado, em casa de vegetação e no campo (n = 4)

| Espécies | Casa de vegetação(%) | Campo(%) |
|------------------------|----------------------|----------|
| <i>C. rotundifolia</i> | 44,4 | 47,6 |
| <i>S. lycocarpum</i> | 34,0 | 48,8 |
| <i>D. miscolobium</i> | 32,4 | 34,8 |
| <i>M. albicans</i> | 31,6 | 38,0 |

Colonização micorrízica em casa de vegetação

Foram analisadas as porcentagens de colonização micorrízica das raízes coradas pelo método não vital nas quatro espécies (colonização total) e pelo método vital (colonização efetiva). De um modo geral todas as espécies apresentaram resposta positiva à inoculação com fungos MA. A porcentagem de colonização total das raízes pelos fungos micorrízicos nas espécies plantadas em solo de cerrado variou de 33,9 a 66,4 e naquelas plantadas em solo de mata de galeria variou de 24,0 a 69,5 (Tabela 5). Entre as três espécies que foram coletadas após cinco meses, somente *M. albicans* não apresentou diferença entre solos na porcentagem de colonização micorrízica total (Tabela 5). *Chamaecrista rotundifolia* teve 53,5 % de colonização em solo de cerrado e 69,5% em solo de mata de galeria. *Dalbergia miscolobium* teve 45,5% de colonização em solo de cerrado e 34,9% em solo de mata de galeria.

Dentre as plantas que foram coletadas aos três meses, *C. rotundifolia* apresentou 24,7% de colonização a mais em solo de mata de galeria e 16 % a mais aos cinco meses. *Solanum lycocarpum* apresentou colonização semelhante em solo de cerrado (66,4%) e em solo de mata de galeria (69%). Esses dados mostram que apesar das mais altas concentração de nutrientes no solo de mata de galeria, as diferenças observadas na colonização micorrízica não foram muito grandes. As estruturas fúngicas evidenciadas pelo método não vital são mostradas nas Figuras 5 e 6.

Tabela 5. Colonização micorrízica total das espécies nativas do cerrado em casa de vegetação em solo de cerrado e solo de mata de galeria (n = 4)

| Espécies | Época de coleta (meses) | Solo de cerrado (%) | Solo de mata de galeria (%) |
|------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|
| <i>C. rotundifolia</i> | 3 | 44,8 | 69,5 |
| <i>C. rotundifolia</i> | 5 | 53,5 | 69,5 |
| <i>S. lycocarpum</i> | 3 | 66,4 | 69,0 |
| <i>D. miscolobium</i> | 5 | 45,5 | 34,9 |
| <i>M. albicans</i> | 5 | 33,9 | 24,0 |

A efetividade da colonização das espécies plantadas em solo de cerrado variou de 31,6% a 44,4% e em solo de mata de galeria variou de 24,5% a 43% (Tabela 6). As porcentagens de colonização obtidas pelo método vital, não foram muito diferentes nos dois solos utilizados nas espécies coletadas aos cinco meses (Tabela 6). Dentre as espécies estudadas, *Chamaecrista rotundifolia* aos cinco meses, apresentou a maior diferença na colonização efetiva entre o solo de cerrado e o de mata de galeria, tendo sido de 13,79% a mais de colonização efetiva em solo de cerrado. *Dalbergia miscolobium* e *M. albicans* apresentaram apenas mais 3,8% e 9% respectivamente de colonização efetiva em solo de cerrado do que em mata de galeria. *Solanum lycocarpum* apresentou mais arbúsculos ativos em solo de mata de galeria, com 9,4% a mais de colonização que em solo de cerrado inoculado, embora não seja uma diferença muito marcante, confirmou a tendência apresentada na colonização total. *Chamaecrista rotundifolia* aos três meses também não variou muito sua colonização efetiva entre os dois solos. Assim a efetividade da colonização também não foi muito diferente entre os dois solos utilizados. As espécies que apresentaram desenvolvimento mais rápido, as coletadas aos três meses, tiveram tendência a apresentar mais colonização micorrízica total e mais arbúsculos ativos em solo de mata de galeria,

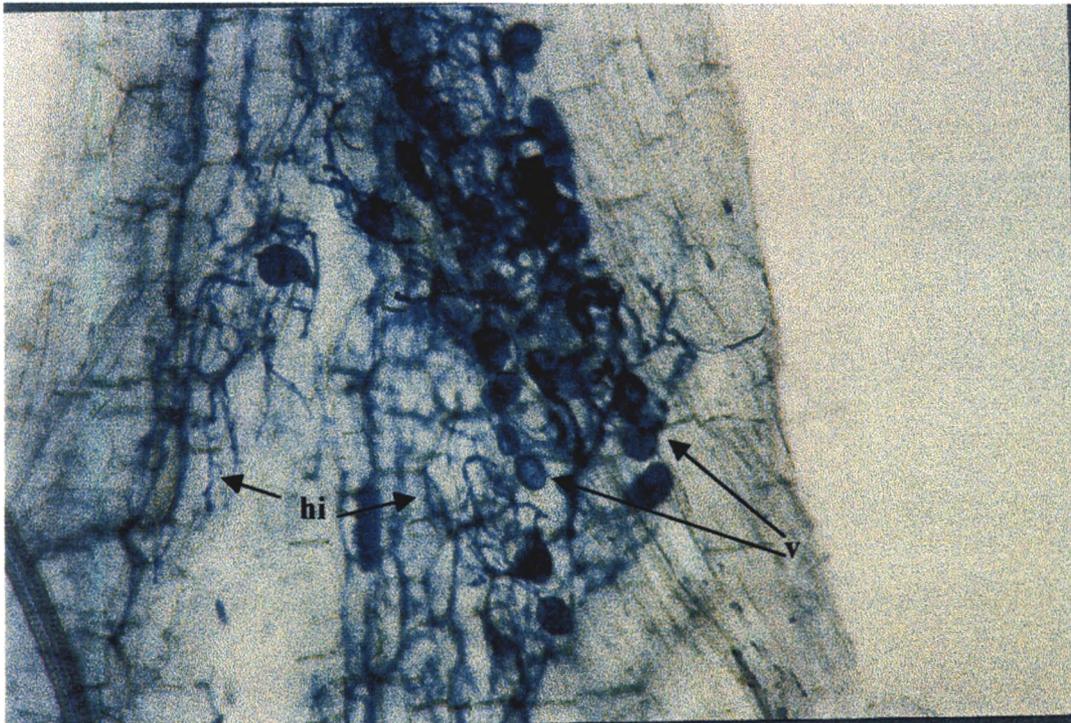


Figura 5. Colonização micorrízica total em *C. rotundifolia* em solo de cerrado em casa de vegetação. hi- hifas internas; v- vesículas. Oc. 10x; Ob. 20x; Op. 32.

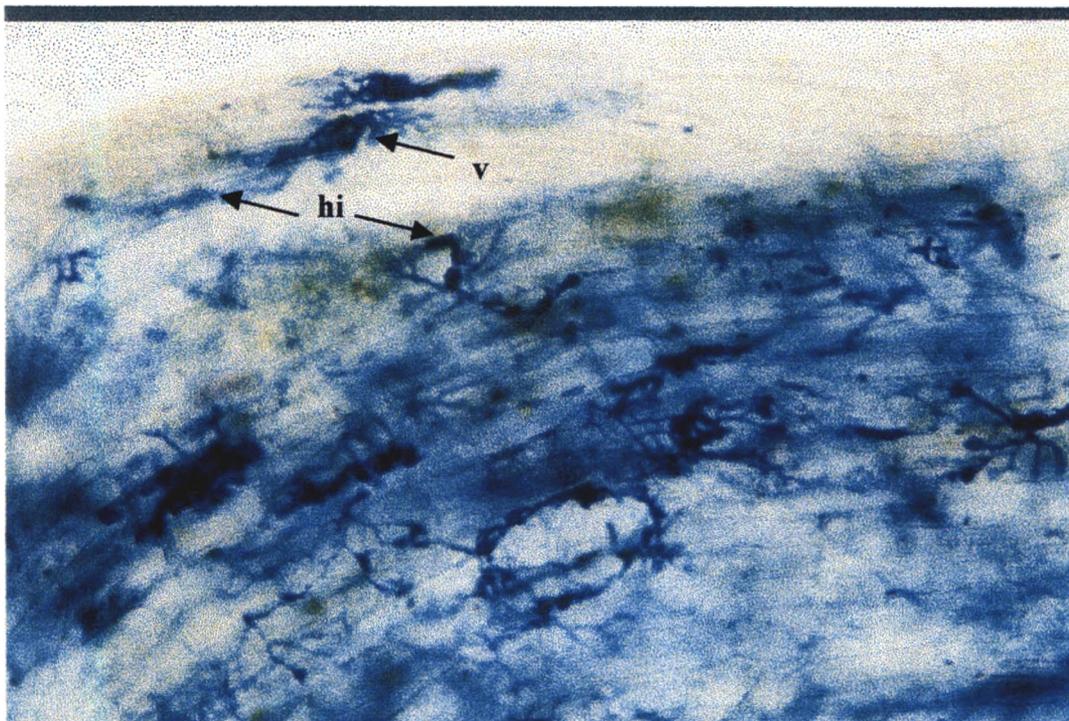


Figura 6. Colonização micorrízica total em *S. lycocarpum* em solo de cerrado em casa de vegetação. hi- hifas internas; v- vesículas. Oc. 10x; Ob. 20x; Op. 25.

enquanto as coletadas aos cinco meses, de crescimento mais lento, tendem a apresentar mais colonização total e efetiva em solo de cerrado. Em todas as espécies, as diferenças nas colonizações entre os dois solos nunca foram acima de 17%. Nas Figuras 7 e 8 podem ser vistos arbúsculos ativos evidenciados pelo método de coloração ativa.

Tabela 6. Efetividade da colonização micorrízica das espécies nativas do cerrado em casa de vegetação em solo de cerrado e solo de mata de galeria (n = 4)

| Espécies | Época de coleta (meses) | Solo de cerrado (%) | Solo de mata de galeria (%) |
|------------------------|-------------------------|---------------------|-----------------------------|
| <i>C. rotundifolia</i> | 3 | 37,8 | 43,0 |
| <i>C. rotundifolia</i> | 5 | 44,4 | 30,6 |
| <i>S. lycocarpum</i> | 3 | 34,0 | 41,0 |
| <i>D. miscolobium</i> | 5 | 32,4 | 28,6 |
| <i>M. albicans</i> | 5 | 31,6 | 24,0 |

Respostas à colonização micorrízica

As respostas das plantas foram medidas em termos da biomassa acumulada na parte aérea, altura, comprimento da raiz e concentração e conteúdo de nutrientes na biomassa aérea.

Biomassa aérea das plantas

A diferença na acumulação de biomassa aérea nas quatro espécies de plantas entre os tratamentos com e sem inoculação em solo de cerrado e em solo de mata de galeria estão na (Figura 9). Os resultados da análise de variância dos parâmetros de crescimento e de concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea estão apresentados nas Tabelas A29 a A33.

Chamaecrista rotundifolia apresentou diferença no desenvolvimento em biomassa devido à inoculação, tendo sido de 1,14g planta⁻¹ em solo de cerrado e sem inoculação de 0,36g planta⁻¹. Em solo de mata de galeria essa espécie não exibiu aumento significativo da biomassa com a inoculação, apresentando 2,71 g planta⁻¹ com inoculação e de 2,50g planta⁻¹ sem inoculação. O acúmulo de biomassa aérea nessa espécie foi maior em solo de mata de galeria. As diferenças entre solo de mata de galeria e solo de cerrado em termos da biomassa aérea em *Chamaecrista rotundifolia* foi de 2,2g planta⁻¹ sem micorriza e de 1,57g planta⁻¹

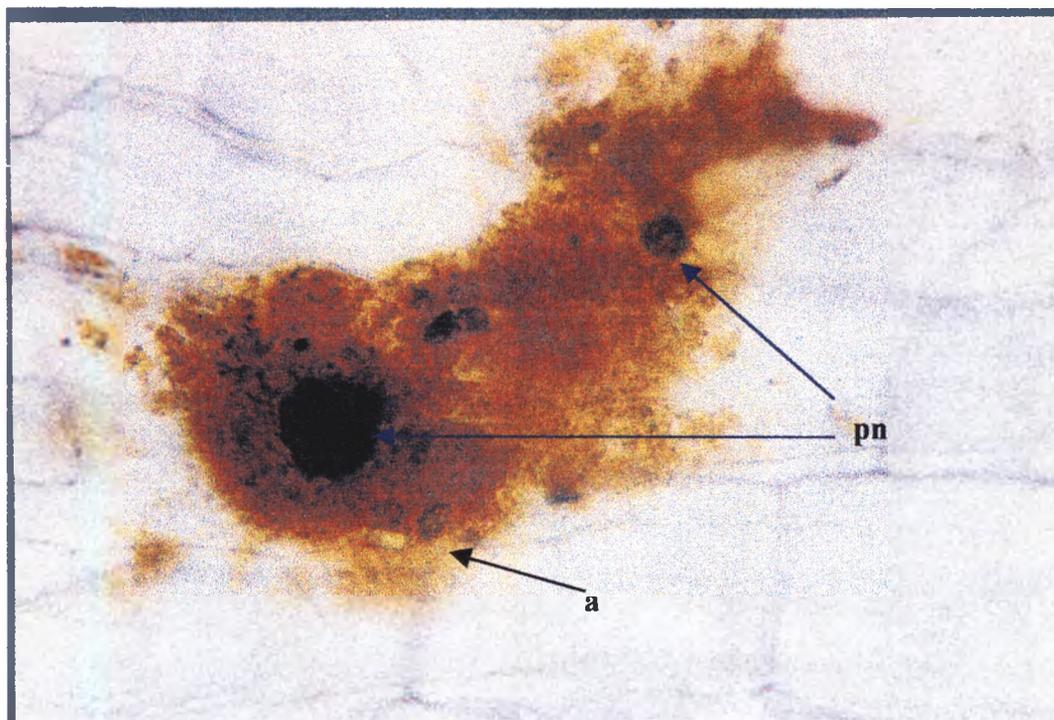


Figura 7. Colonização micorrízica efetiva em *D. miscolobium* em solo de cerrado em casa de vegetação. a - arbúsculo; pn - precipitado negro devido a atividade da fosfatase alcalina. Oc. 10x; Ob. 40x; Op. 64.

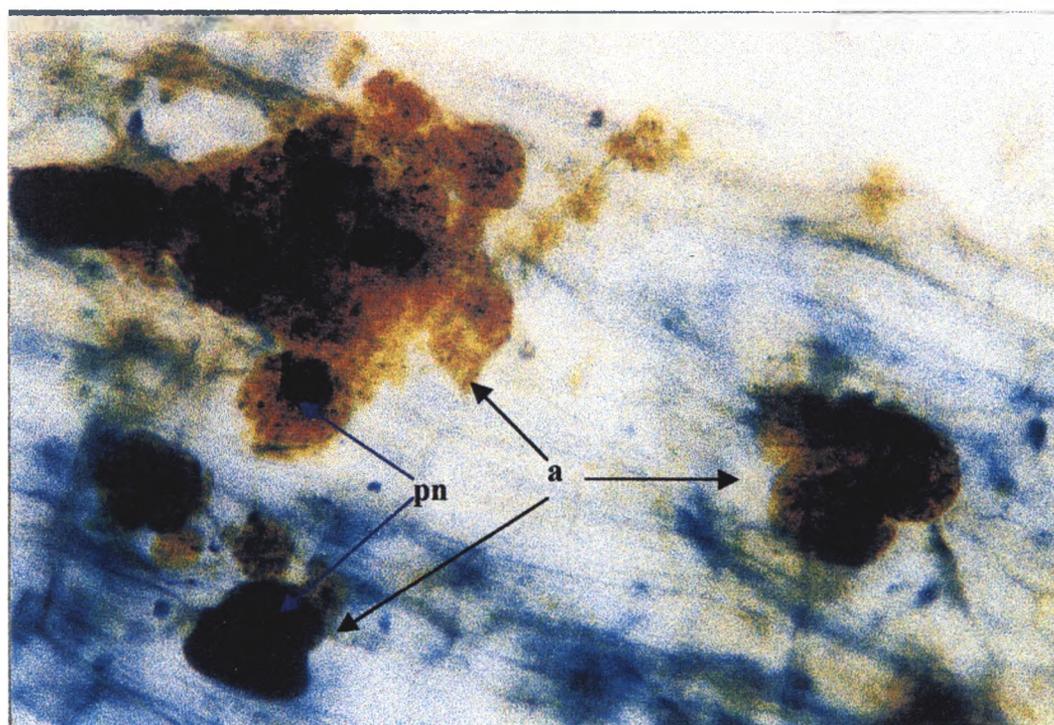


Figura 8. Colonização micorrízica efetiva em *M. albicans* em solo de cerrado em casa de vegetação. a - arbúsculo; pn - precipitado negro devido a atividade da fosfatase alcalina. Oc. 10x; Ob. 40x; Op. 60.

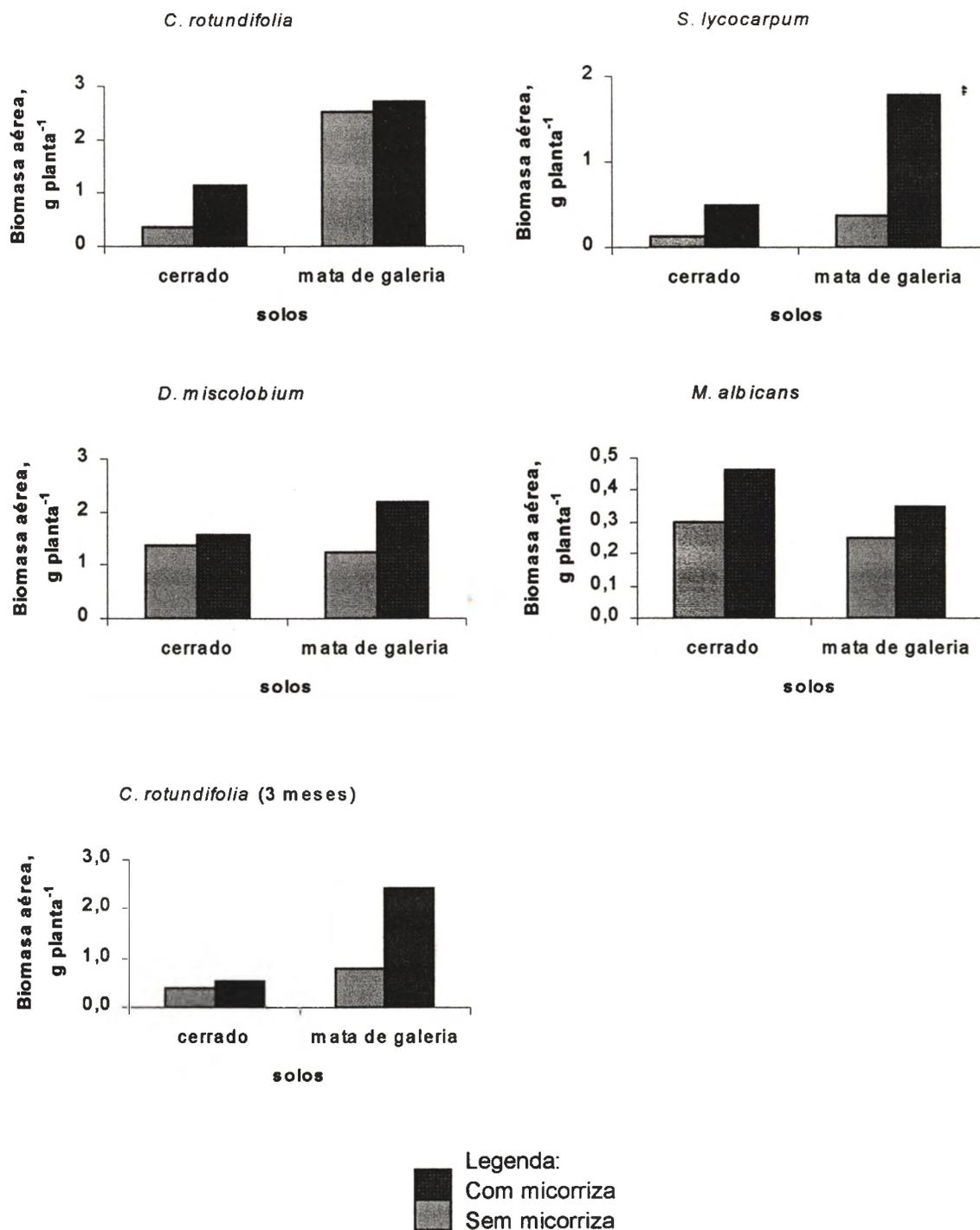


Figura 9. Efeito da inoculação com fungos micorrízicos no acúmulo de biomassa aérea em plantas nativas do cerrado em solo de cerrado e de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

com micorriza. *Chamaecrista rotundifolia*, coletada aos três meses não respondeu significativamente à inoculação em solo de cerrado. Em solo de mata de galeria essa espécie respondeu à inoculação.

Dalbergia miscolobium não apresentou diferença significativa com a inoculação em solo de cerrado, com valores entre 1,58g planta⁻¹ e 1,37g planta⁻¹ em solo de cerrado inoculado e não inoculado respectivamente. Em solo de mata de galeria houve resposta à inoculação, a biomassa com micorriza foi de 2,20g planta⁻¹ e sem micorriza foi de 1,25g planta⁻¹.

Solanum lycocarpum respondeu à inoculação micorrízica nos dois solos (Figura 9). Em solo de cerrado esta espécie apresentou valores de biomassa com a inoculação de 0,49g planta⁻¹ e sem inoculação de 0,12g planta⁻¹. Em solo de mata de galeria a biomassa com micorriza foi de 1,78g planta⁻¹ e sem inoculação foi de 0,37g planta⁻¹. A diferença entre o solo de mata de galeria e o solo de cerrado foi de 1,29g planta⁻¹ com inoculação e de 0,25g planta⁻¹ sem a inoculação.

Miconia albicans respondeu à inoculação nos dois solos em termos do desenvolvimento em biomassa aérea. Em solo de cerrado inoculado, a biomassa nessa espécie foi de 0,46g planta⁻¹ e em solo de cerrado não inoculado foi de 0,3g planta⁻¹. Em solo de mata de galeria com micorriza, a biomassa de *M. albicans* foi de 0,35g planta⁻¹ e sem micorriza foi de 0,25g planta⁻¹. A resposta apresentada por essa espécie em termos do desenvolvimento em biomassa entre os dois solos de diferentes fertilidade não inoculado, mostram que ela não respondeu à maior fertilidade do solo de mata de galeria. A diferença na biomassa aérea em *M. albicans* entre solo de cerrado e solo de mata de galeria foi de 0,12g planta⁻¹ com micorriza e de 0,25g planta⁻¹ sem micorriza.

Resposta em altura

Duas das quatro espécies, *C. rotundifolia* e *S. lycocarpum* responderam à inoculação em termos do desenvolvimento em altura. Em geral as plantas cresceram mais em solo de mata de galeria, com exceção de *M. albicans* (Figura 10).

Chamaecrista rotundifolia respondeu positivamente à inoculação em solo de cerrado e em solo de mata de galeria. A altura das plantas, coletadas aos cinco meses, com a inoculação micorrízica em solo de cerrado foi de 24,5 cm planta⁻¹ e sem micorriza foi de 10,7 cm planta⁻¹. Em solo de mata de galeria com micorriza, as plantas tiveram melhor desenvolvimento

atingindo 37,5 cm planta⁻¹ e neste solo sem inoculação, a altura foi de 23,3 cm planta⁻¹. As diferenças nas alturas entre solo de mata de galeria e solo cerrado foram de 13 cm planta⁻¹ com inoculação e 12,7 cm planta⁻¹ sem inoculação (Figuras 11 a 14). *Chamaecrista rotundifolia*, aos três meses, respondeu positivamente à inoculação nos dois solos.

Dalbergia miscolobium não respondeu à inoculação, tanto em solo de cerrado quanto em solo de mata de galeria. A diferença na altura de *D. miscolobium* entre o solo de mata de galeria e o de cerrado variou de 7,25 cm planta⁻¹ sem inoculação a 2,95 cm planta⁻¹ com inoculação (Figuras 15 a 18).

Solanum lycocarpum respondeu positivamente à inoculação em solo de cerrado, tendo sido de 18,7 cm planta⁻¹ neste solo com micorriza e 4,5 cm planta⁻¹ sem inoculação. Em solo de mata de galeria *S. lycocarpum* não respondeu à inoculação, sua altura foi de 27,1 cm planta⁻¹ sem inoculação e 26 cm planta⁻¹ com inoculação (Figura 19 e 20). É conhecido que as plântulas de *S. lycocarpum* exigem solo com bom teor de matéria orgânica para se estabelecer e que têm um crescimento muito rápido. Neste trabalho sua resposta em altura assim como em biomassa foi maior no solo de mata de galeria (Figuras 19 e 20).

Miconia albicans não respondeu à inoculação em altura. Sua altura foi maior no solo de cerrado do que no solo de mata de galeria e foi a única espécie que apresentou menor desenvolvimento no solo de mata de galeria.

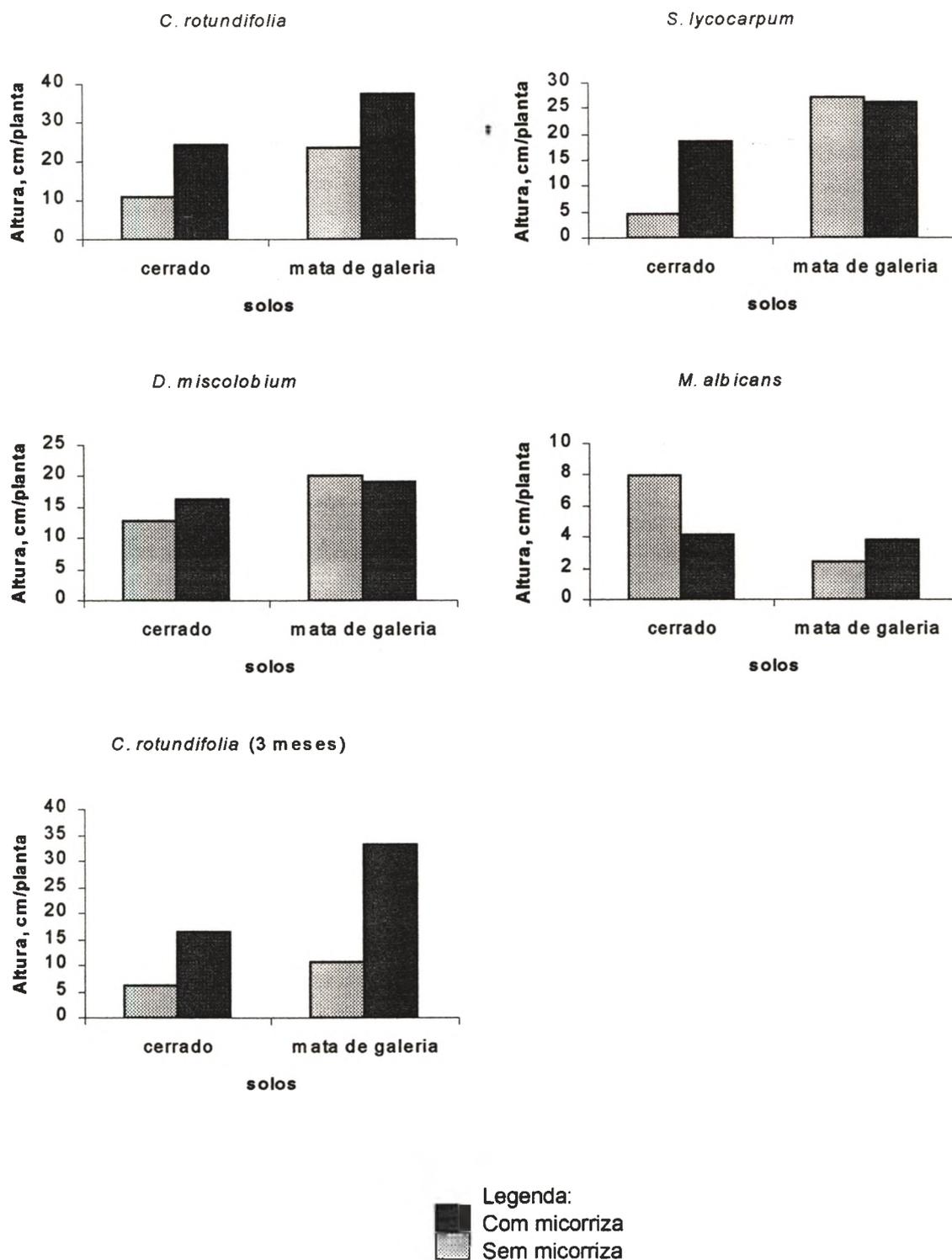


Figura 10. Efeito da inoculação micorrizica sobre a altura das plantas nativas do cerrado em solo de cerrado e de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).



Figura 11. Crescimento de mudas de *C. rotundifolia* em solo de cerrado sem micorriza.



Figura 12. Crescimento de mudas de *C. rotundifolia* em solo de cerrado com micorriza.

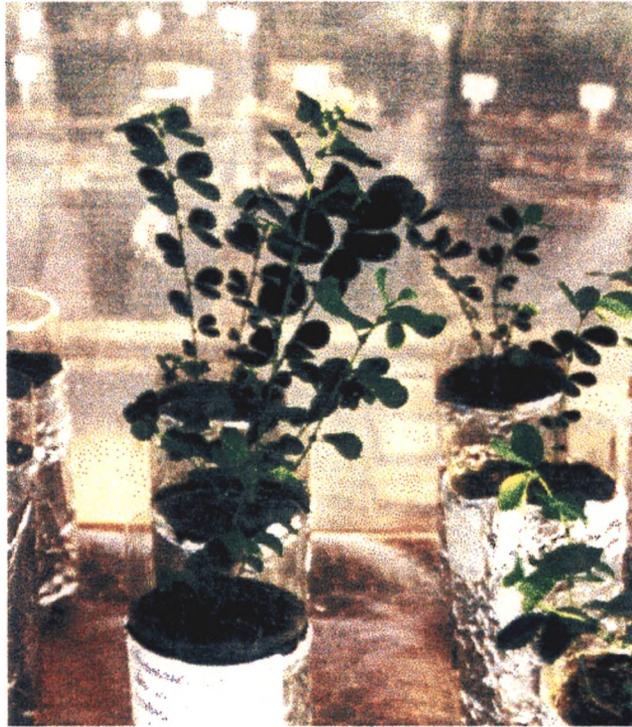


Figura 13. Crescimento de mudas de *C. rotundifolia* em solo de mata de galeria sem micorriza.



Figura 14. Crescimento de mudas de *C. rotundifolia* em solo de mata de galeria com micorriza.



Figura 15. Crescimento de mudas de *D. miscolobium* em solo de cerrado sem micorriza.



Figura 16. Crescimento de mudas de *D. miscolobium* em solo de cerrado com micorriza.



Figura 17. Crescimento de mudas de *D. miscolobium* em solo de mata de galeria sem micorriza.

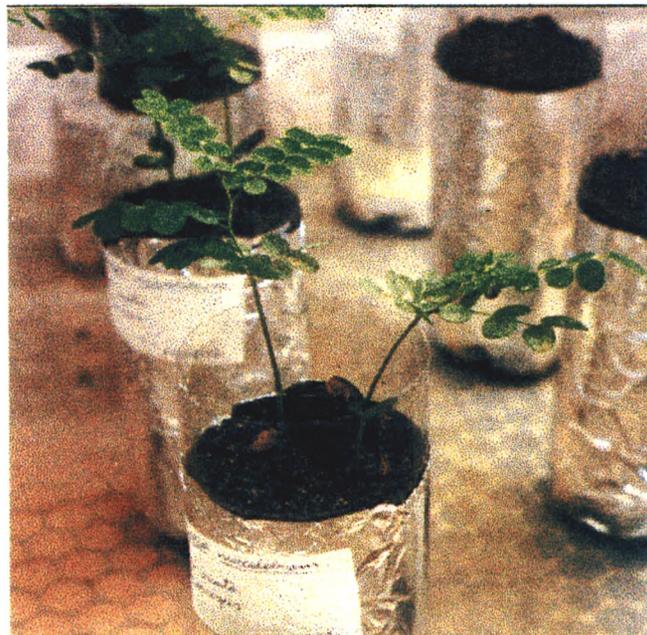


Figura 18. Crescimento de mudas de *D. miscolobium* em solo de mata de galeria com micorriza.

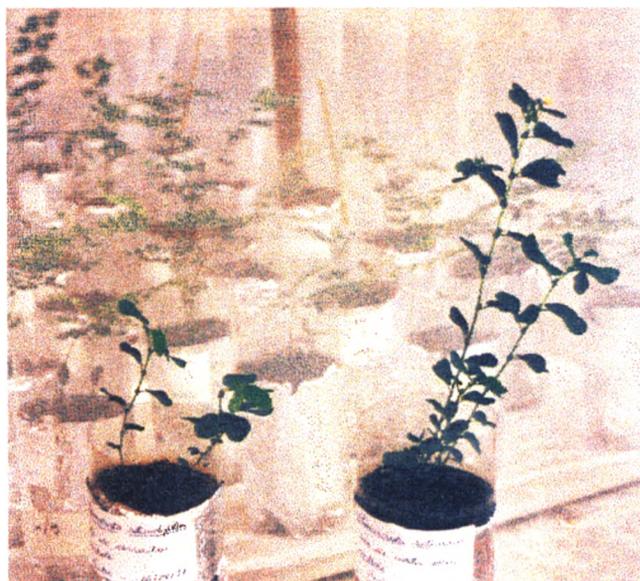


Figura 19. Diferença em crescimento de mudas de *C. rotundifolia* em solo de cerrado (à esquerda) e solo de mata de galeria (à direita), esterilizados.



Figura 20. Diferença em crescimento de mudas de *D. miscolobium* em solo de cerrado (à esquerda) e solo de mata de galeria (à direita), inoculados com fungos MA.

Comprimento da raiz

As variações nas respostas das quatro espécies no comprimento da raiz é mostrada na (Figura 21).

Chamaecrista rotundifolia não respondeu à inoculação^f em termos do comprimento da raiz nos dois solos. Em solo de cerrado inoculado essa espécie exibiu comprimento de raiz de 19,7 cm planta⁻¹ e não inoculado de 22,5 cm planta⁻¹. Em solo de mata de galeria inoculado a raiz mediu 28,67 cm planta⁻¹ e não inoculado 28 cm planta⁻¹. *Chamaecrista rotundifolia* aos três meses respondeu à inoculação nos dois solos no comprimento da raiz.

Dalbergia miscolobium não respondeu à inoculação micorrízica no comprimento da raiz em solo de cerrado. Em cerrado inoculado o comprimento da raiz foi de 25,6 cm planta⁻¹ e não inoculado foi de 19,25 cm planta⁻¹. Em solo de mata de galeria o comprimento da raiz foi de 22,6 cm planta⁻¹ com inoculação e de 24 cm planta⁻¹ sem inoculação. A diferença entre solo de mata de galeria e solo de cerrado não foi significativa.

Solanum lycocarpum respondeu à inoculação micorrízica nos dois solos. Em solo de cerrado inoculado essa espécie exibiu 24,18 cm planta⁻¹ e sem inóculo foi de 15 cm planta⁻¹. Em solo e mata de galeria inoculado o comprimento da raiz foi de 37,7 cm planta⁻¹ e não inoculado foi de 28,7 cm planta⁻¹. *Solanum lycocarpum* respondeu a maior fertilidade do solo de mata de galeria, com a diferença nas alturas registradas entre solo de mata de galeria e solo de cerrado de 13,5 cm planta⁻¹ com micorriza e de 13,7 cm planta⁻¹ sem micorriza (Figura 22 a 25)

Miconia albicans não respondeu à inoculação micorrízica. Em solo de cerrado inoculado, o comprimento da raiz foi de 21,5cm planta⁻¹ e sem inoculação foi de 25cm planta⁻¹. Essa espécie não respondeu à maior fertilidade do solo de mata de galeria, sua raiz cresceu mais em solo de cerrado. A diferença entre o comprimento da raiz em solo de cerrado e solo de mata de galeria foi de 7,3 cm planta⁻¹ sem inoculação e de 2,5 cm com inoculação.

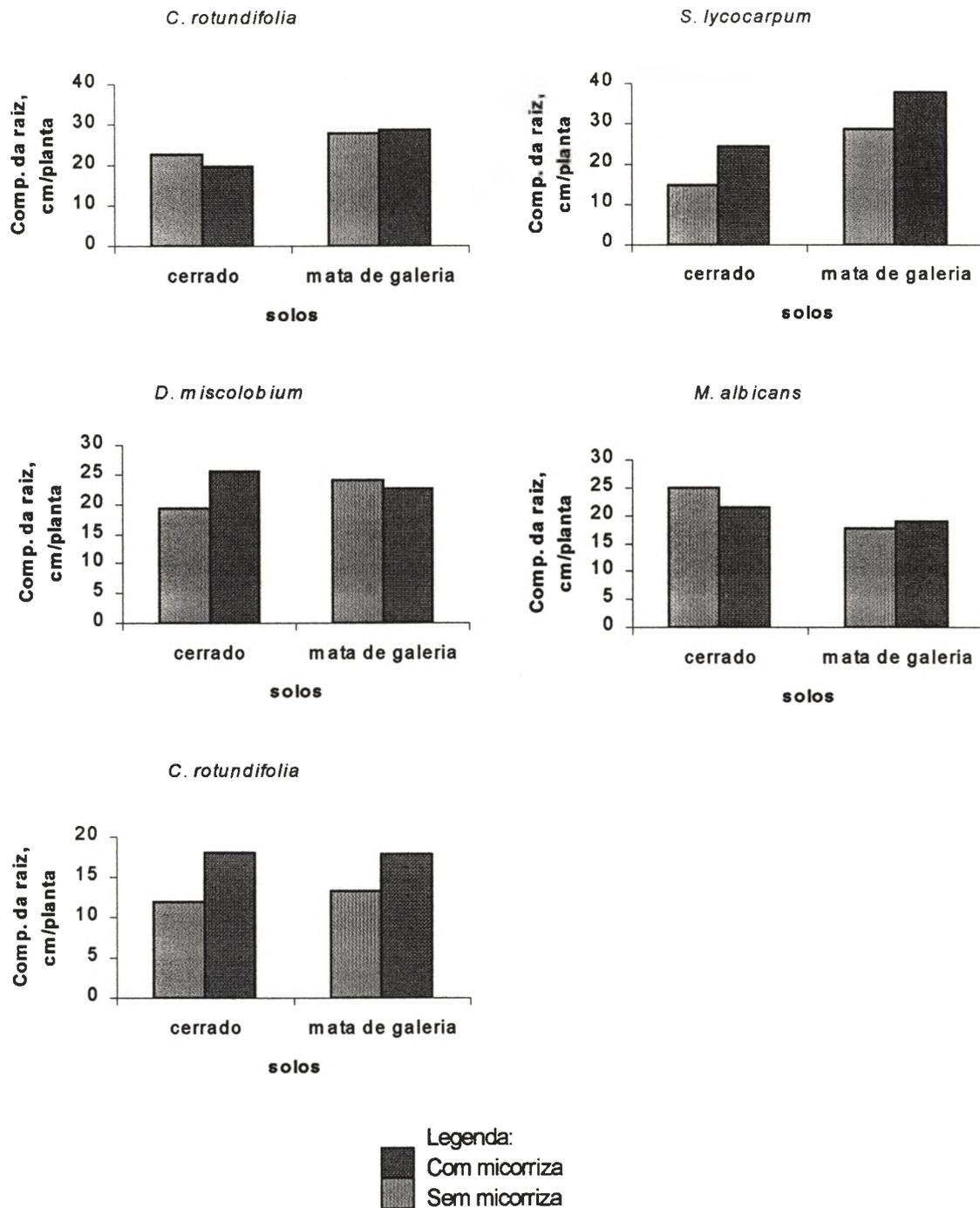


Figura 21. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre o crescimento da raiz das plantas nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

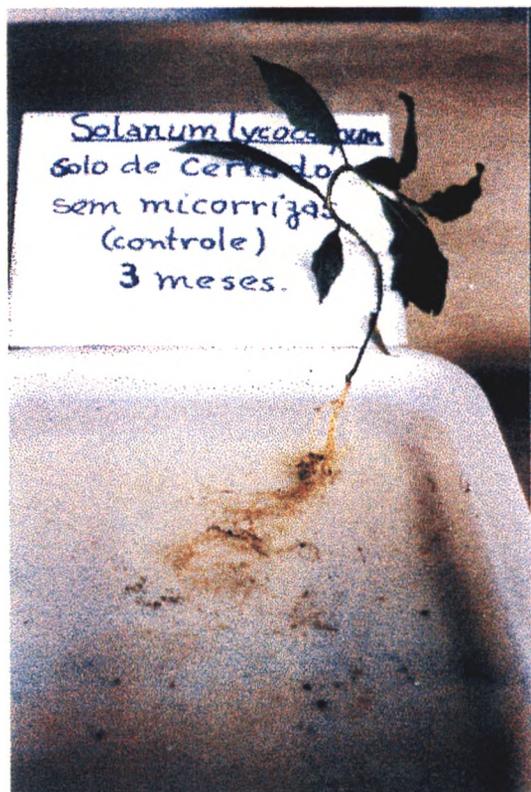


Figura 22. Desenvolvimento de raiz de *S. lycocarpum* em solo de cerrado sem micorriza.

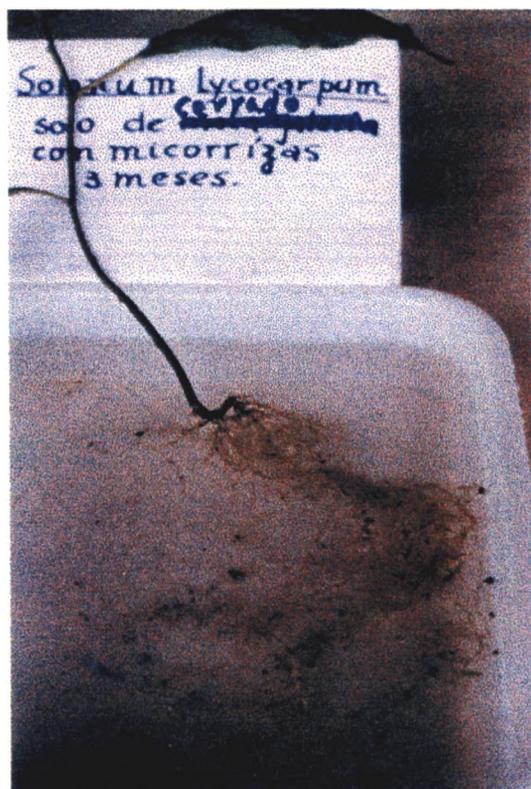


Figura 23. Desenvolvimento de raiz de *S. lycocarpum* em solo de cerrado com micorriza.

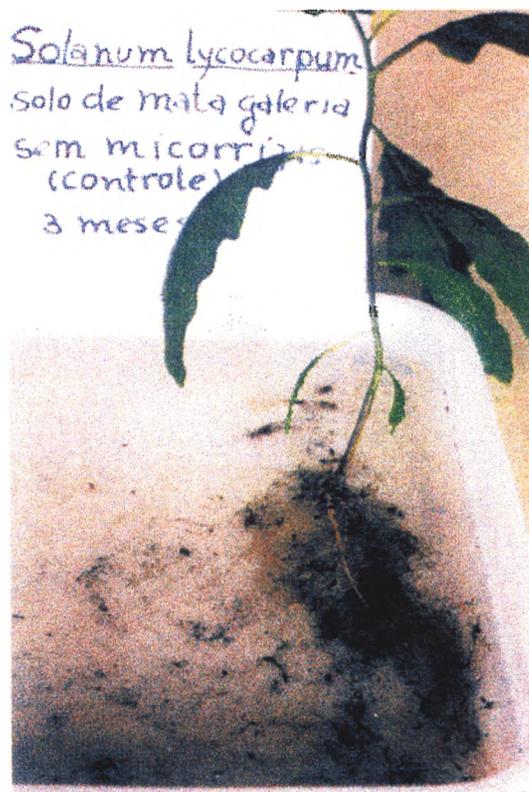


Figura 24. Desenvolvimento de raiz de *S. lycocarpum* em solo de mata de galeria sem micorriza.



Figura 25. Desenvolvimento de raiz de *S. lycocarpum* em solo de mata de galeria com micorriza.

Concentração de nutrientes e de alumínio na biomassa aérea

As respostas das plantas foram bastante variadas, entre as espécies quando foram consideradas as concentrações de nutrientes.

Concentração de macronutrientes na biomassa aérea

Chamaecrista rotundifolia não respondeu à inoculação em termos da concentração de nitrogênio. A concentração de nitrogênio em solo de cerrado não inoculado foi de 3,78% e em solo de cerrado inoculado de 2,85%. A concentração de nitrogênio foi de 4% com micorriza e de 3,8% sem micorriza em solo de mata de galeria (Figura 26).

A concentração de nitrogênio em *D. miscolobium* foi menor em mudas inoculadas nos dois solos. A concentração de nitrogênio em solo de cerrado inoculado foi de 2,7% e sem inoculação foi de 3,95%. Em solo de mata de galeria inoculado a concentração de nitrogênio foi de 3,54% e não inoculado foi de 3,83% (Figura 26).

Solanum lycocarpum não teve aumento nas concentrações de nitrogênio em nenhum dos dois solos em resposta a inoculação. A concentração de nitrogênio em solo de cerrado com micorriza foi de 5,5% e em solo de cerrado sem micorriza foi de 6,5%. Em solo de mata de galeria a concentração de nitrogênio caiu de 5,28% para 4,92% com inoculação. Essa espécie não respondeu à maior fertilidade do solo de mata de galeria quanto a concentração de nitrogênio. A diferença na concentração de nitrogênio entre solo de cerrado e de mata de galeria foi de 1,3% com micorriza e 0,57% sem micorriza (Figura 26).

Miconia albicans não exibiu aumento significativo nas concentrações de nitrogênio em resposta a inoculação. Essa espécie respondeu à maior fertilidade do solo de mata de galeria em termos das concentrações de nitrogênio. O aumento relativo devido à maior fertilidade do solo de mata de galeria foi de 53,5% sem inoculação e 52,5% com inoculação (Figura 26).

Chamaecrista rotundifolia não respondeu à inoculação em termos da concentração de fósforo nos dois solos e *C. rotundifolia* aos três meses, não aumentou as concentrações de nitrogênio e fósforo em relação a inoculação micorrízica em nenhum dos dois solos (Figura 27).

A diferença na concentração de fósforo em *D. miscolobium* em solo de cerrado inoculado foi de 0,08% e neste solo sem inóculo foi de 0,11%. Em solo de mata de galeria

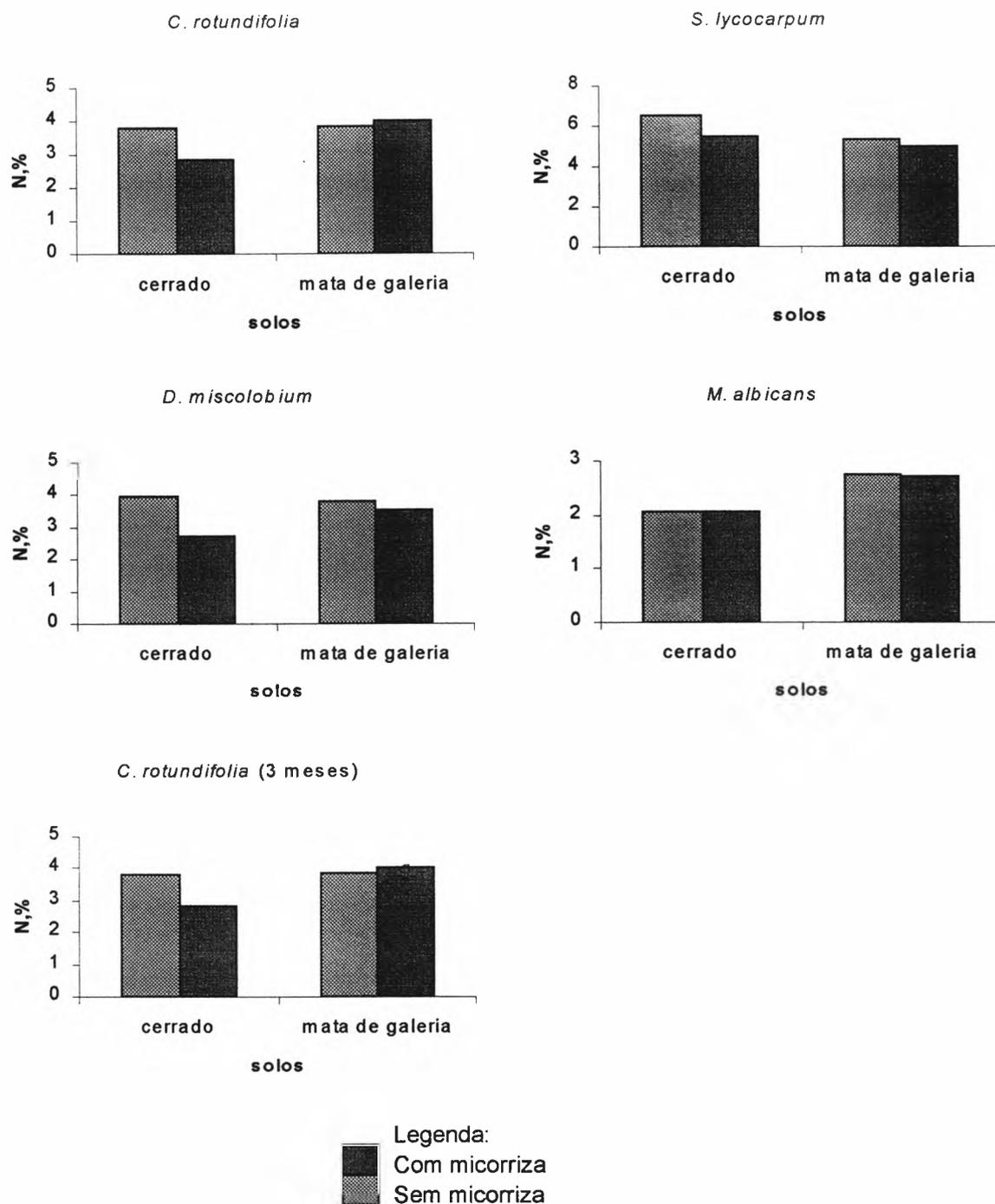


Figura 26. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentração de nitrogênio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

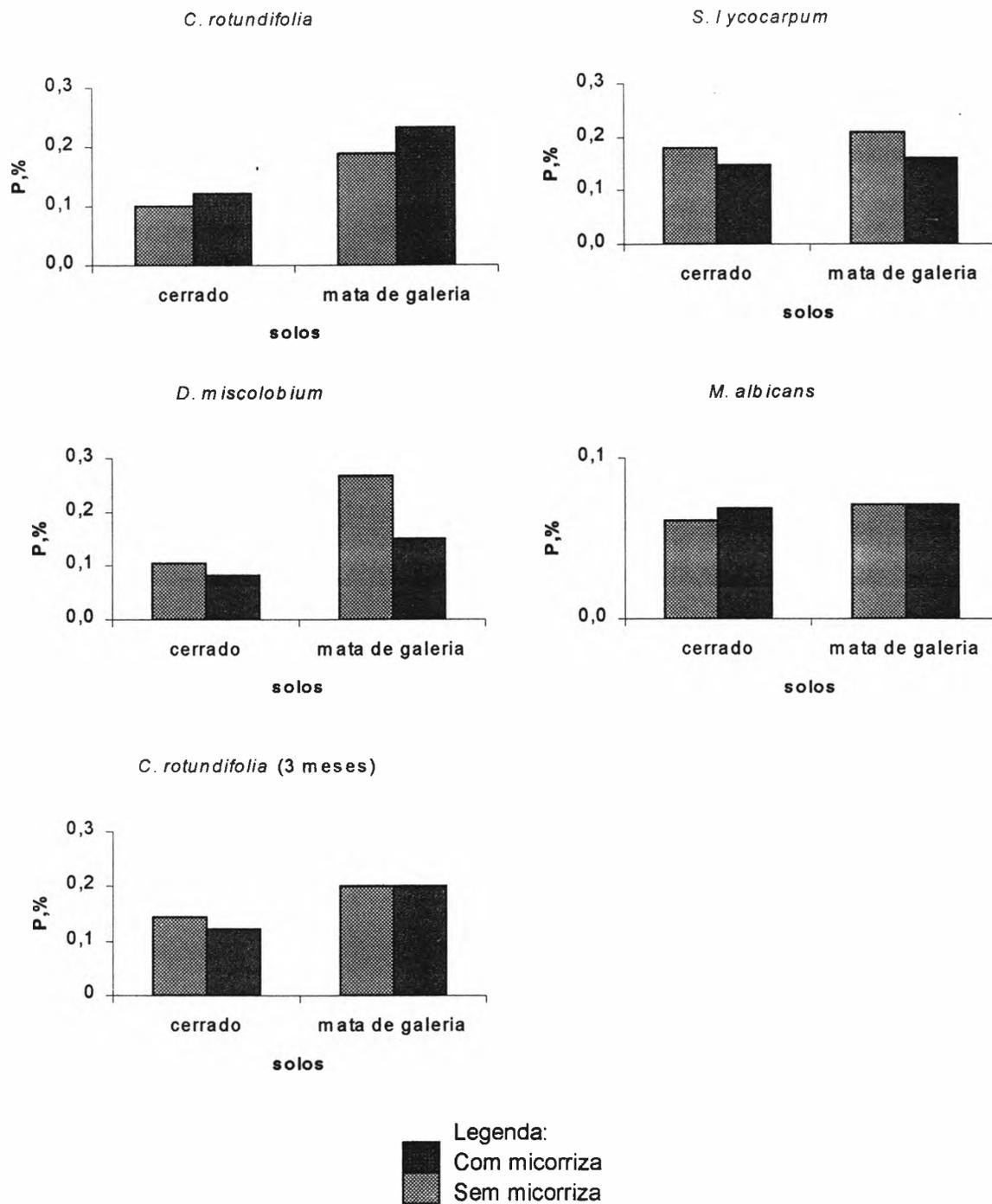


Figura 27. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentração de fósforo na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

Solanum lycocarpum em solo de cerrado apresentou concentração de fósforo de 0,18% sem micorriza e de 0,15% com micorriza. Em solo de mata de galeria sem inoculação a concentração de fósforo foi de 0,21% e neste solo inoculado foi de 0,16%. Houve resposta à maior fertilidade do solo de mata de galeria em *S. lycocarpum* em termos da concentração de fósforo. A diferença na concentração de fósforo entre o solo de mata de galeria e o de cerrado foi de 0,03% sem inoculação e de 0,01% com inoculação (Figura 27).

Miconia albicans não respondeu à inoculação na concentração de fósforo em solo de cerrado e também não respondeu à diferença na fertilidade entre os dois solos utilizados. (Figura 27).

As respostas das espécies à inoculação micorrízica na concentração de potássio estão representadas na Figura 28. Em *M. albicans*, a resposta à inoculação foi significativa em solo de cerrado. Ocorreu um aumento relativo de 56,8% em solo de cerrado e de 18,8% em solo de mata de galeria. *Miconia albicans* não acumulou mais potássio em solo com maior fertilidade (mata de galeria) em relação ao solo de cerrado.

O cálcio foi o único macronutriente que aumentou sua concentração com a inoculação em todas as espécies, embora este aumento não tenha sido significativo (Figura 29). *Chamaecrista rotundifolia* respondeu à inoculação quanto ao aumento na concentração de cálcio nos dois solos. A concentração de cálcio na parte aérea de *C. rotundifolia* em solo de cerrado sem micorriza foi de 0,22% e neste solo com micorriza foi de 0,39%. Em solo de mata de galeria sem inóculo a concentração de cálcio foi de 0,37% e inoculado foi de 0,56%. *Chamaecrista rotundifolia* também teve maior acúmulo de cálcio em solo de mata de galeria em relação ao solo de cerrado. A diferença entre solo de mata de galeria e solo de cerrado foi de 0,17% com inoculação e de 0,15% sem inoculação. Em outras espécies o aumento devido à inoculação não foi significativo.

C. rotundifolia aos três meses respondeu à inoculação quanto à concentração de cálcio e também à maior fertilidade do solo de mata de galeria.

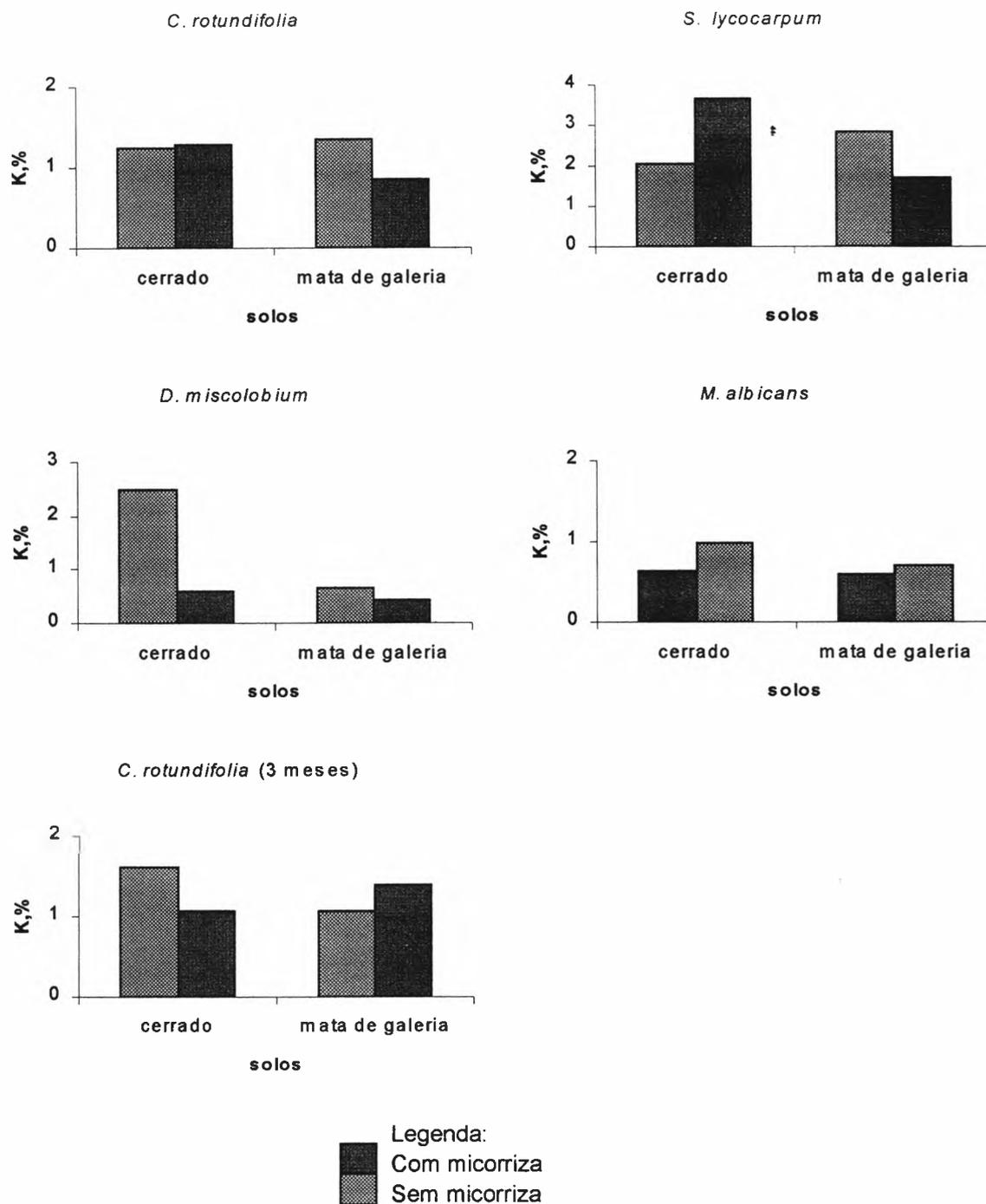


Figura 28. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentração de potássio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

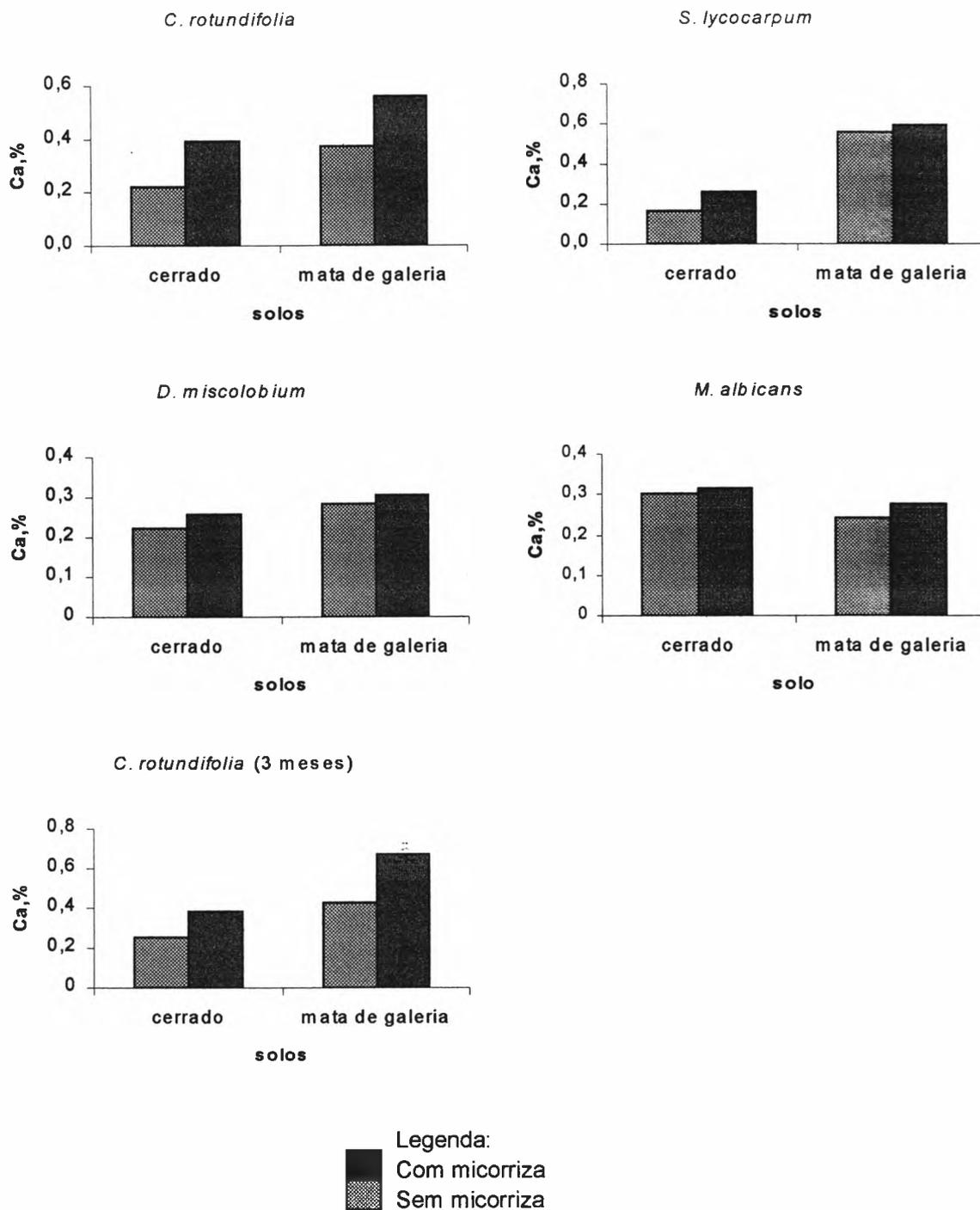


Figura 29. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a concentração de cálcio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

Das quatro espécies estudadas duas responderam positivamente à inoculação micorrízica aumentando a concentração de magnésio (Figura 30). *Chamaecrista rotundifolia* em solo de cerrado mostrou um aumento relativo de 30,7% na concentração de magnésio devido à inoculação e em solo de mata de galeria aumentou 39,5%. Houve resposta à maior fertilidade do solo de mata de galeria na concentração de magnésio. A diferença entre solo de mata de galeria e solo de cerrado na concentração magnésio foi de 0,08% com inoculação e 0,03% sem inoculação.

Solanum lycocarpum exibiu aumento relativo na concentração de magnésio de 34% em presença de micorriza em solo de cerrado e em solo de mata de galeria com micorriza aumentou 23,1%. Essa espécie também respondeu à maior fertilidade do solo de mata de galeria. A diferença entre solo de mata de galeria e de cerrado quanto à concentração de magnésio foi de 0,14% com micorriza e 0,13% sem micorriza.

Em *M. albicans*, a concentração de magnésio diminuiu nos dois solos com a inoculação. Houve resposta à fertilidade mais alta do solo de mata de galeria, tendo sido a diferença entre solo de mata de galeria e solo de cerrado de 0,14% com inoculação e de 0,1% sem inóculo.

C. rotundifolia aos três meses, aumentou sua concentração de magnésio em presença de micorriza em solo de cerrado (30,7%) e em solo de mata de galeria (39,5%).

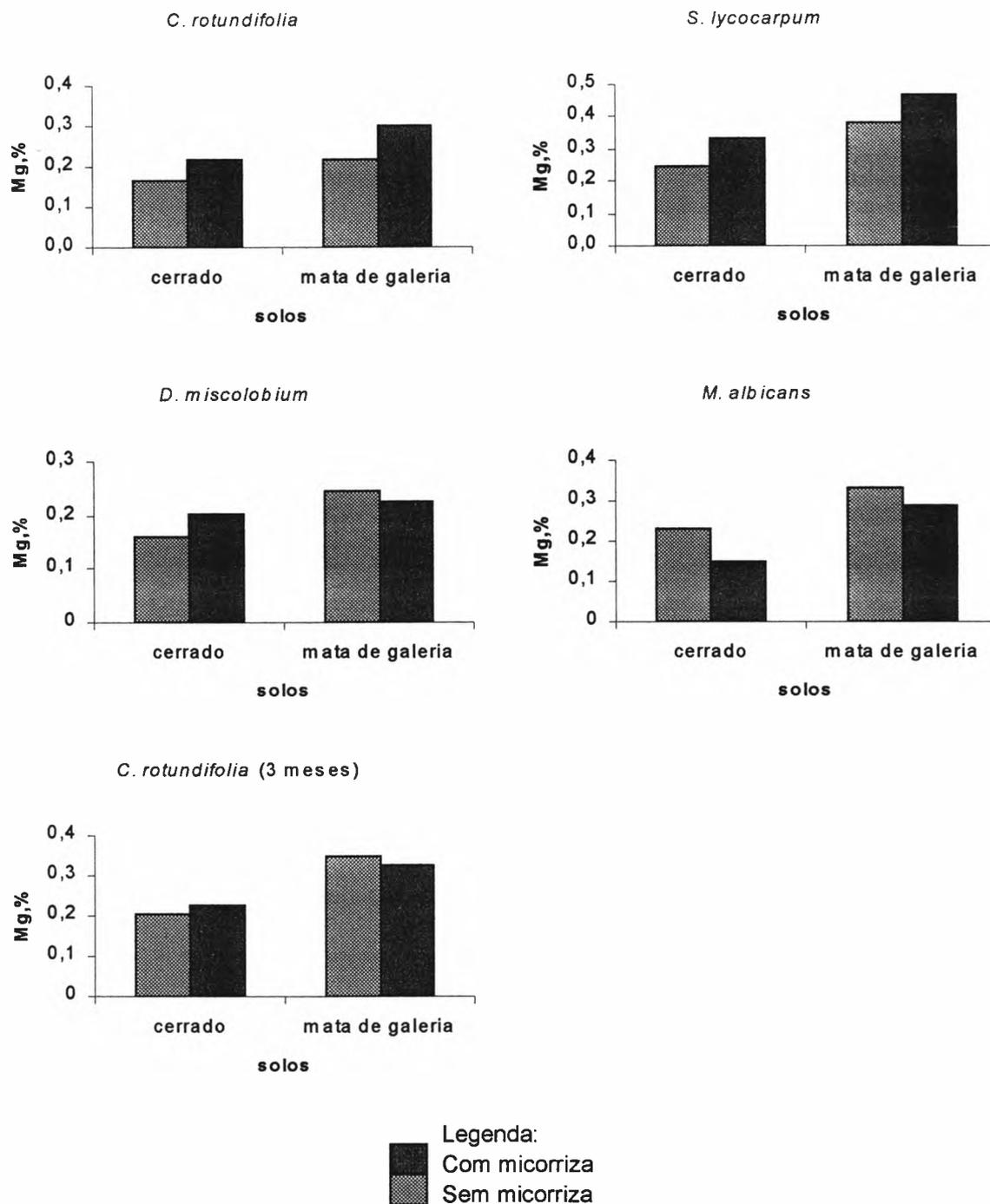


Figura 30. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a concentração de magnésio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

Concentração de micronutrientes e alumínio na biomassa aérea

Chamaecrista rotundifolia, *S. lycocarpum* e *D. miscolobium* não apresentaram resposta significativa à inoculação na concentração de ferro. Apenas em *M. albicans*, o efeito foi significativo com menores concentrações de ferro em plantas inoculadas (Figura 31).

As concentrações de manganês foram maiores em três espécies com a inoculação micorrízica em solo de cerrado, com aumentos acima de 23%. *Chamaecrista rotundifolia* exibiu concentração de 428 $\mu\text{g planta}^{-1}$ de manganês em solo de cerrado com micorriza o que representou 237 $\mu\text{g planta}^{-1}$ a mais que neste solo sem micorriza. Essa espécie em solo de mata de galeria inoculado exibiu concentração de manganês de 236 $\mu\text{g planta}^{-1}$ e sem micorriza foi de 208 $\mu\text{g planta}^{-1}$. O aumento na concentração de manganês ocorrido em *D. miscolobium* em solo de cerrado inoculado foi de 213 $\mu\text{g planta}^{-1}$ e em mata de galeria foi de 57,69 $\mu\text{g planta}^{-1}$. Em *M. albicans* o aumento na concentração de manganês não foi significativo. A concentração de manganês em *S. lycocarpum* aumentou com a inoculação micorrízica em ambos os solos, este aumento foi de 251 $\mu\text{g planta}^{-1}$ em solo de cerrado e 62 $\mu\text{g planta}^{-1}$ em mata de galeria. *Chamaecrista rotundifolia* coletada aos três meses também aumentou a concentração de manganês com a inoculação micorrízica (Figura 32).

Em *S. lycocarpum* e *M. albicans* as concentrações de zinco aumentaram em solo de cerrado com micorriza (Figura 33). *Solanum lycocarpum* teve um aumento maior na concentração de zinco em solo de cerrado com micorriza (240 $\mu\text{g planta}^{-1}$) que em solo de mata de galeria (224 $\mu\text{g planta}^{-1}$). Os aumentos ocorridos em *M. albicans* foram menores do que os ocorridos em *S. lycocarpum*. Em solo de cerrado *M. albicans* teve aumento na concentração de zinco com a inoculação de 14 $\mu\text{g planta}^{-1}$ e em solo de mata de galeria 9,9 $\mu\text{g planta}^{-1}$. *Chamaecrista rotundifolia* apresentou aumento na concentração de zinco devido à inoculação maior em solo de cerrado do que em solo de mata de galeria. O aumento relativo ocorrido em *C rotundifolia* foi de 42,5% em solo de cerrado. *Miconia albicans* teve aumento relativo de 40% devido à inoculação em solo de mata de galeria.

Não ocorreram diferenças significativas em nenhuma das espécies nas concentrações de cobre devido à inoculação (Figura 34).

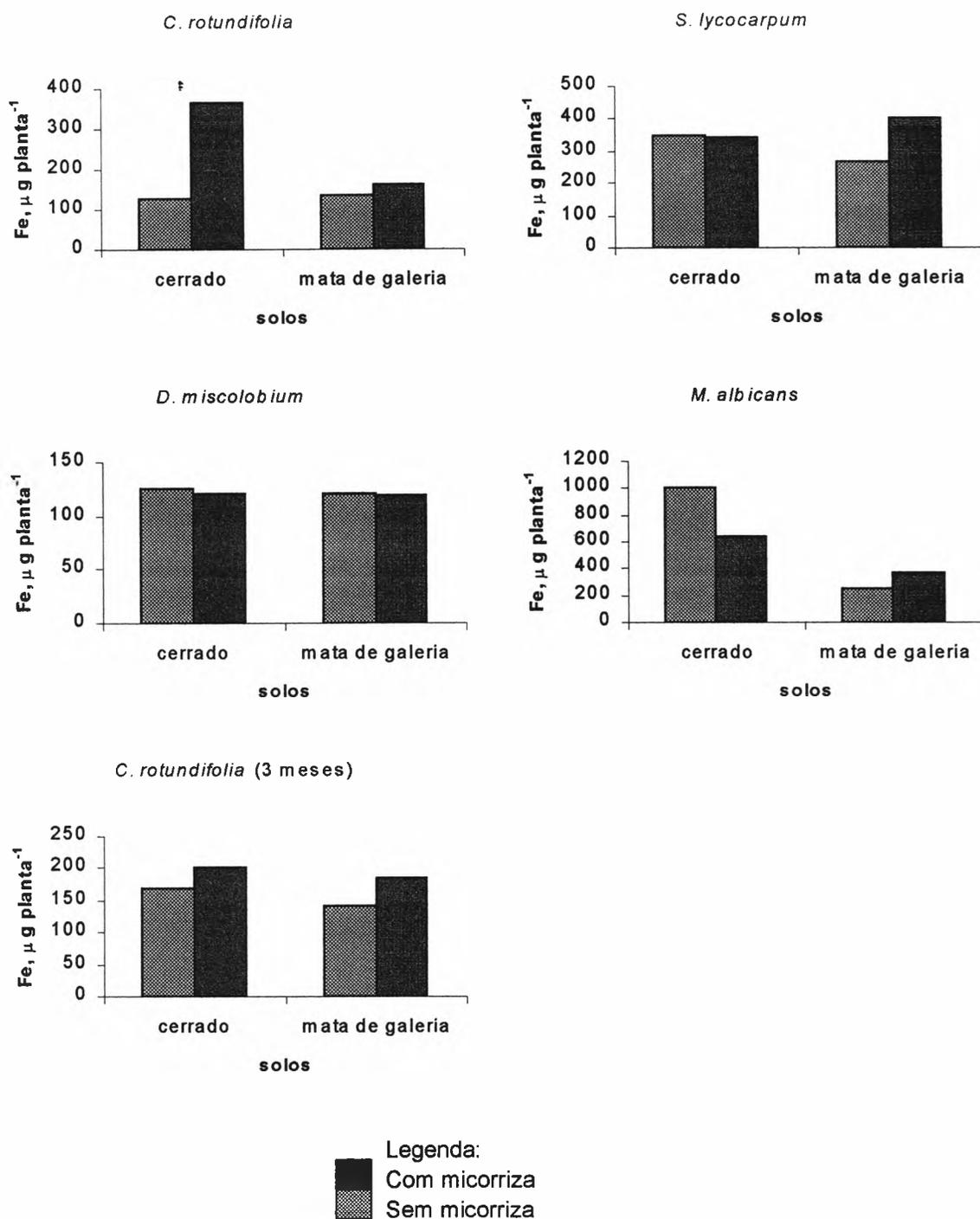


Figura 31. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentração de ferro na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

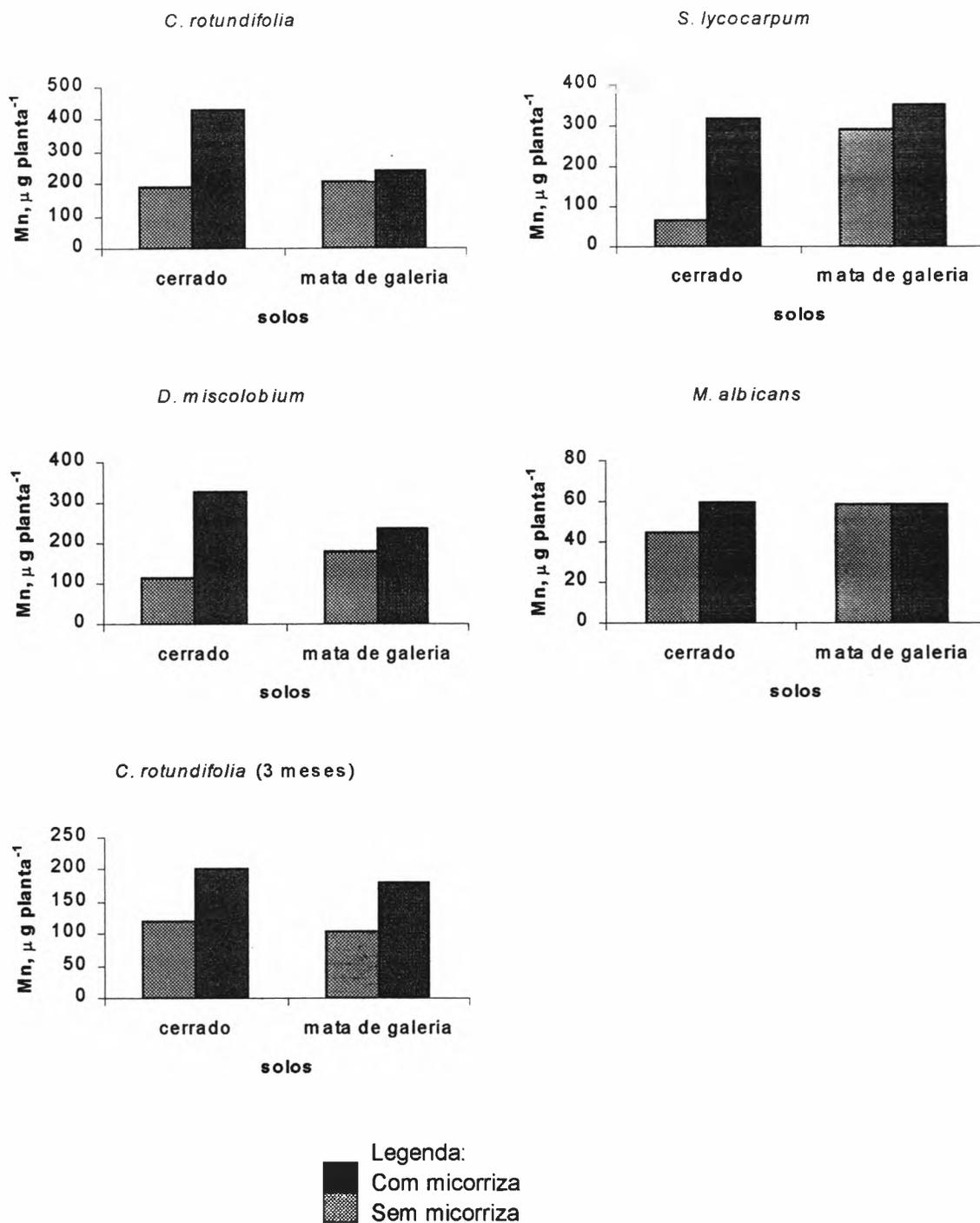


Figura 32. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentração de manganês na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie estão nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

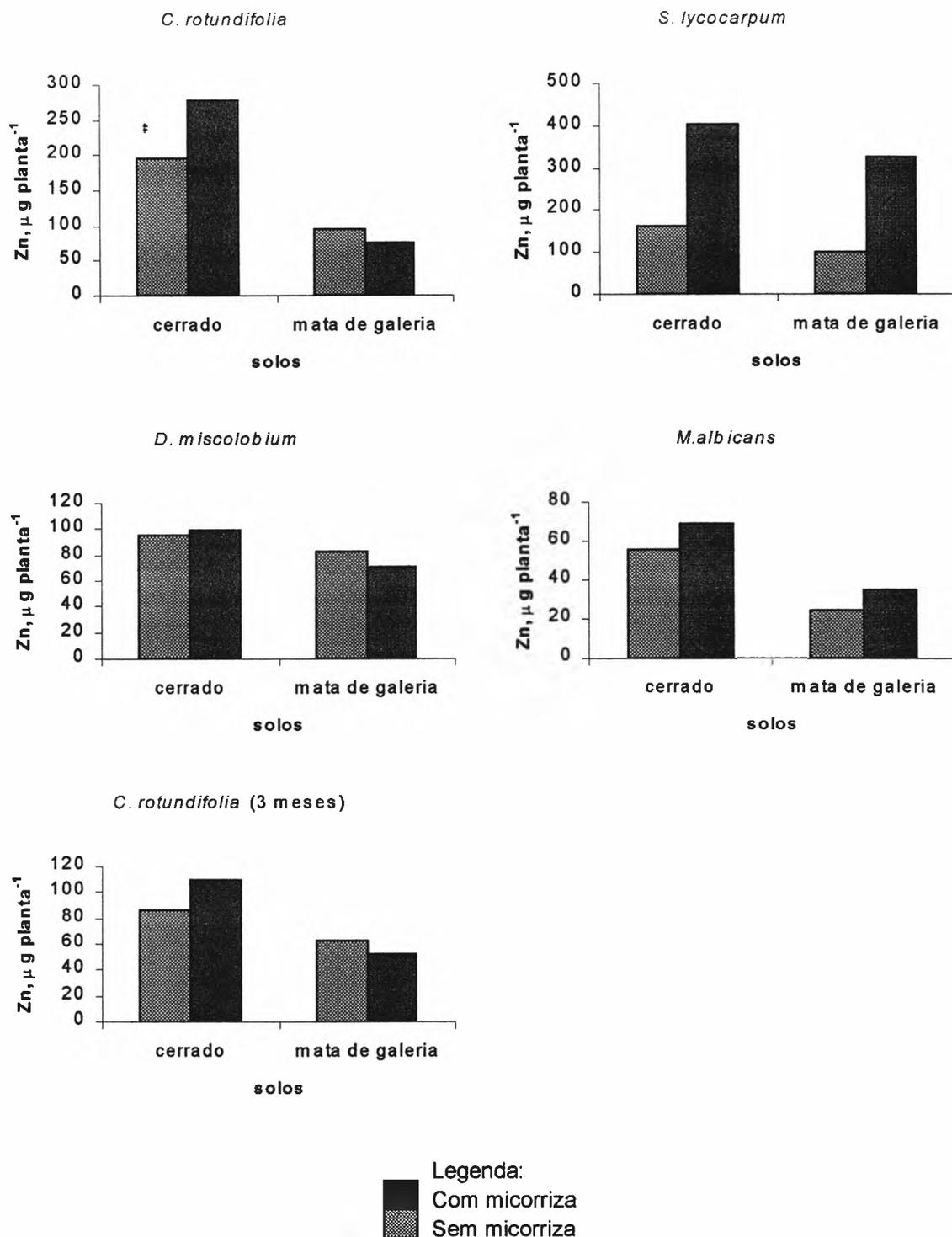


Figura 33. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentração de zinco na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

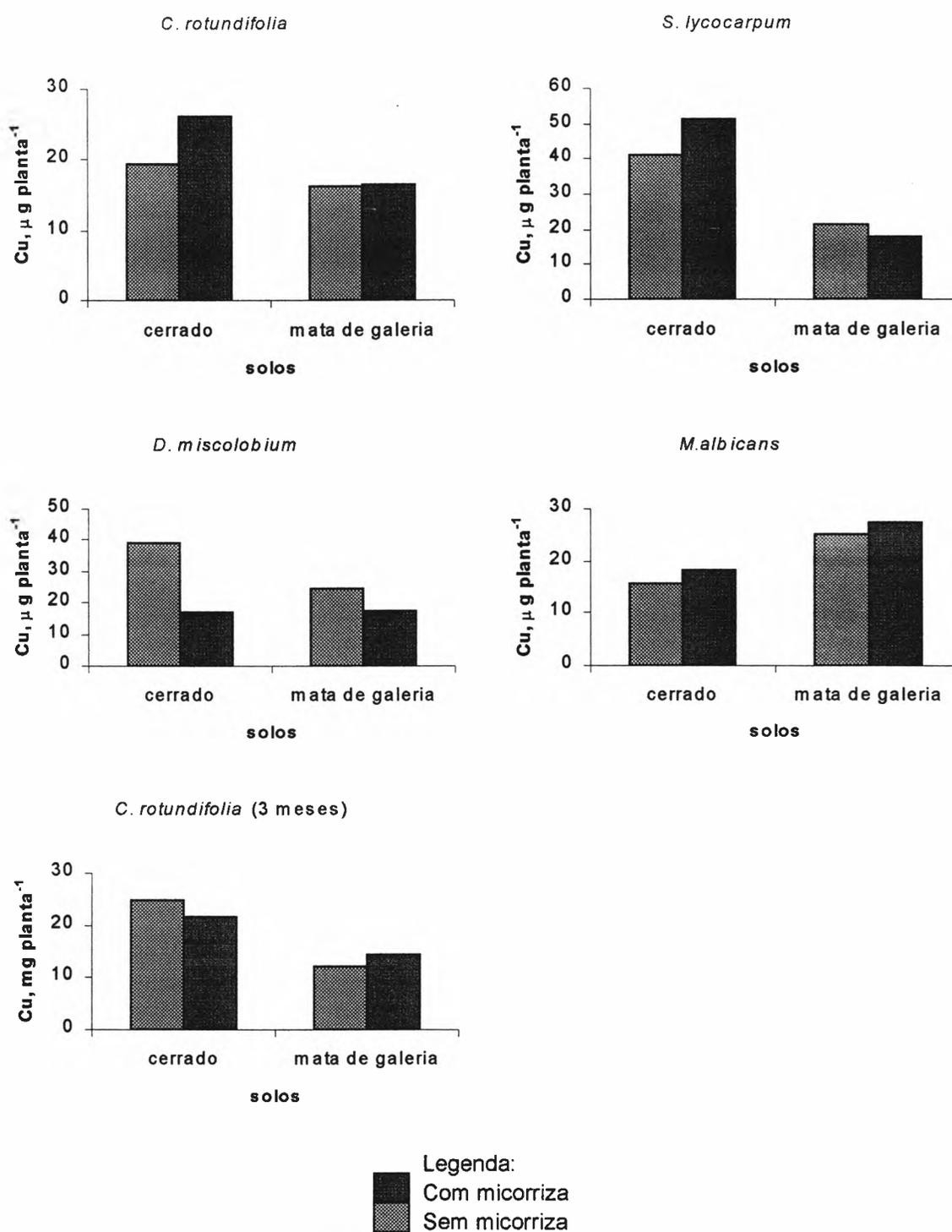


Figura 34. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre as concentração de cobre na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas tabelas A29 a a33 do Anexo).

Os aumentos ocorridos em *C. rotundifolia* e *D. miscolobium* nas concentrações de alumínio em presença de micorriza em solo de cerrado não foram significativos. Em *S. lycocarpum* as concentrações de alumínio foram maiores em plantas inoculadas em solo de mata^f de galeria, o aumento relativo ocorrido foi de 66,5% e em solo de cerrado 54% (Figura 35).

Acúmulo de nutrientes na biomassa aérea

Três das quatro espécies apresentaram aumentos relativos nos conteúdos de nitrogênio devido à inoculação, nos dois solos (Figura 36). *Dalbergia miscolobium* só exibiu aumento no conteúdo de nitrogênio em resposta à inoculação, em solo de mata de galeria o qual foi de 62,8% em relação ao tratamento sem inóculo.

Solanum lycocarpum aumentou o conteúdo de nitrogênio em solo de cerrado devido a inoculação, indo de 7,83 mg planta⁻¹ sem micorriza para 26,89 mg planta⁻¹ com micorriza. *Chamaecrista rotundifolia* exibiu um acúmulo de nitrogênio em solo de cerrado sem micorriza de 13,62 mg planta⁻¹ e de 32,49 mg planta⁻¹ com micorriza. O acúmulo de nitrogênio em *M. albicans* em solo de cerrado sem inoculação foi de 6,15 mg planta⁻¹ e com inoculação, 9,43 mg planta⁻¹. Em solo de mata de galeria não inoculado o acúmulo de nitrogênio em *S. lycocarpum* foi de 19,55 mg planta⁻¹, neste solo inoculado foi de 87,52 mg planta⁻¹. *Chamaecrista rotundifolia* em solo de mata de galeria sem micorriza acumulou 95,83 mg planta⁻¹ de nitrogênio na biomassa aérea e neste solo com micorriza, 108,40 mg planta⁻¹. *Miconia albicans* em solo de mata de galeria sem inóculo teve 6,84 mg planta⁻¹ de nitrogênio acumulado e com inóculo, 9,51 mg planta⁻¹. *Chamaecrista rotundifolia* aos três meses aumentou significativamente o acúmulo de nitrogênio na biomassa aérea devido à inoculação em solo de mata de galeria.

Os acúmulos de fósforo também aumentaram devido a inoculação micorrízica em todas as espécies e em todos os solos, exceto em *D. miscolobium* (Figura 37). Os aumentos relativos nos acúmulos de fósforo na biomassa aérea de *C. rotundifolia* em decorrência da inoculação micorrízica foram maiores em solo de cerrado (278,9%) do que em solo de mata de galeria (32,8%). *Miconia albicans* teve aumentos relativos no acúmulo de fósforo maior em solo de cerrado com micorriza (72,2%) do que em solo de mata de galeria (40%). *Solanum lycocarpum* exibiu aumento relativo maior em solo de mata de galeria (266%) do que em solo de cerrado (236%).

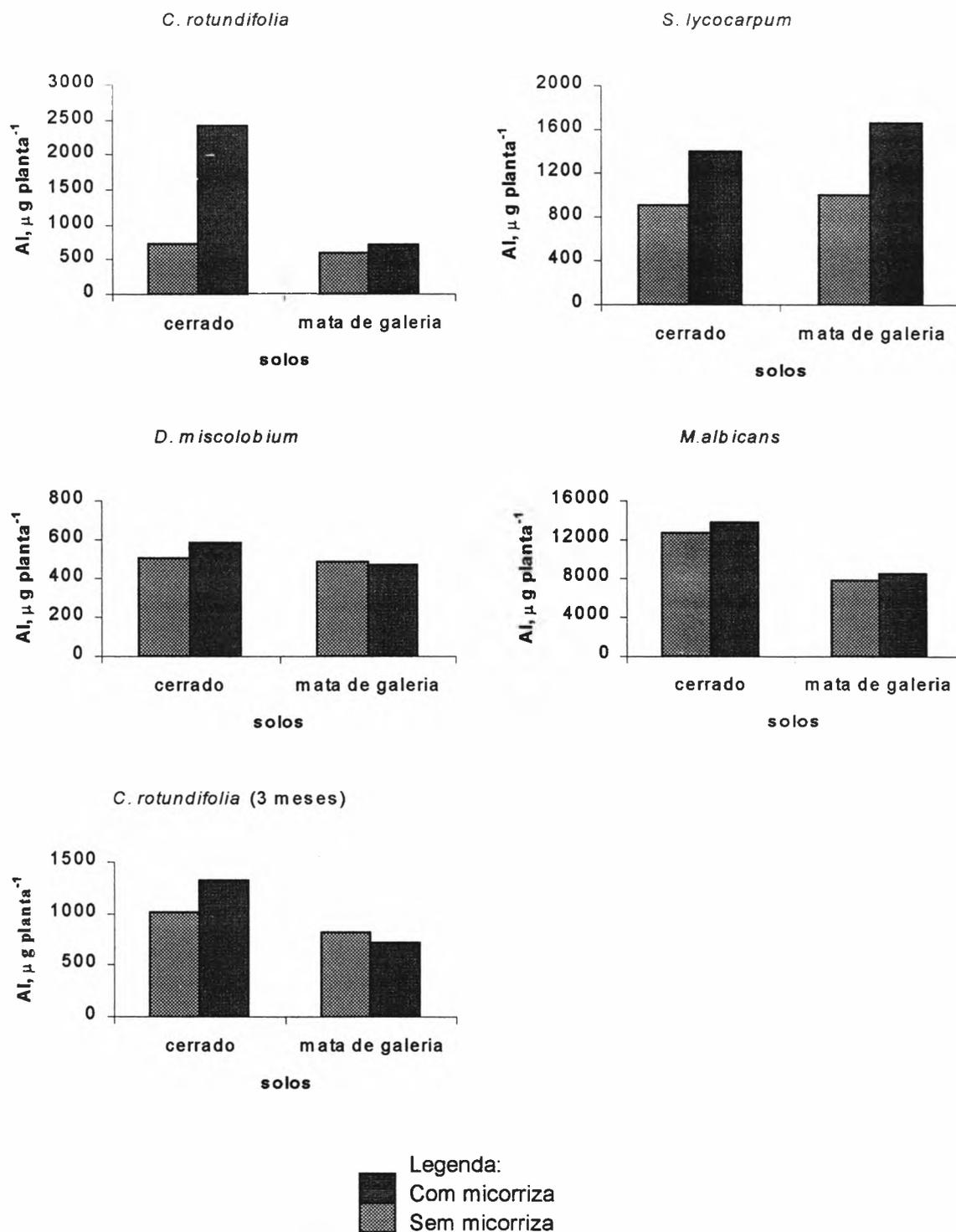


Figura 35. Efeito da inoculação com fungo micorrizico sobre as concentração de alumínio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

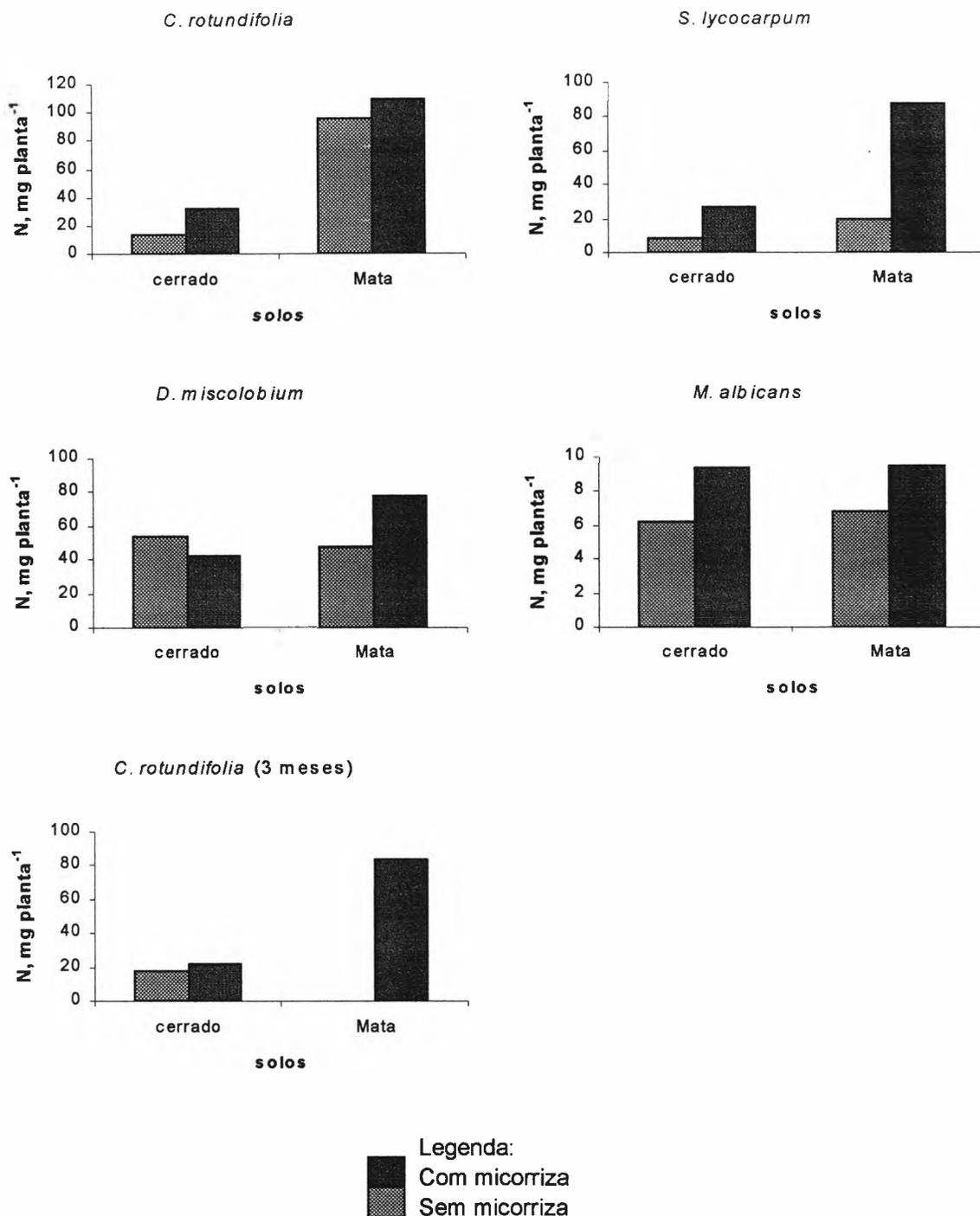


Figura 36. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de nitrogênio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

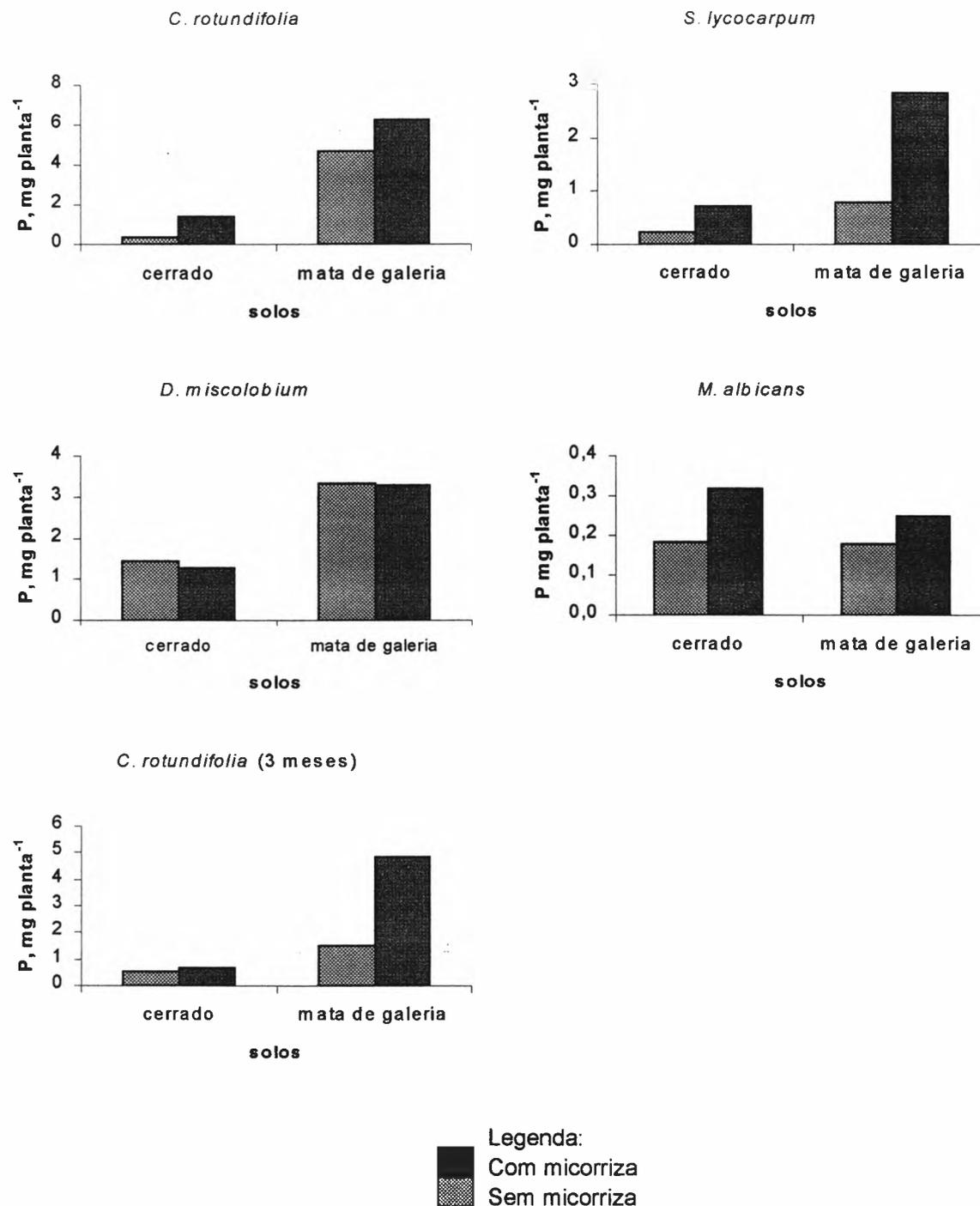


Figura 37. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de fósforo na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

S. lycocarpum, *C. rotundifolia* e *M. albicans* acumularam mais potássio com micorriza, os maiores aumentos relativos foram em solo de cerrado (Figura 38). *Solanum lycocarpum* teve um aumento relativo no acúmulo de potássio em 623% em solo de cerrado e em solo de mata de galeria 189% em resposta a inoculação. *Chamaecrista rotundifolia* respondeu a inoculação em solo de cerrado com um aumento relativo de 230%. O aumento relativo no acúmulo de potássio na biomassa aérea de *M. albicans* devido a inoculação foi de 140% em solo de cerrado e 66% em solo de mata de galeria. *Dalbergia miscolobium* não respondeu à inoculação, teve aumento relativo em solo de cerrado de 48,9% e em solo de mata de galeria 11,5%. *Chamaecrista rotundifolia* aos três meses só exibiu aumento relativo nos conteúdos de potássio em solo de mata de galeria com micorriza (308,7%).

Três das quatro espécies responderam a inoculação nos dois solos, com aumentos relativos no cálcio acumulado na biomassa aérea (Figura 39). *Solanum lycocarpum* exibiu aumento relativo na acumulação de cálcio em resposta a inoculação de 551% em solo de cerrado e 414,6% em solo de mata de galeria. *Chamaecrista rotundifolia* respondeu a inoculação micorrízica em solo de cerrado com aumento de 451% e em solo de mata de galeria 64%. *Dalbergia miscolobium* exibiu maior aumento no cálcio acumulado em solo de mata de galeria (89,4%) e em solo de cerrado 32,6%. *Miconia albicans* apresentou quase os mesmos aumentos no conteúdo de cálcio para os dois solos, 59,3% em solo de cerrado e 61,5% em solo de mata de galeria. *Chamaecrista rotundifolia*, aos três meses, exibiu aumento significativo no acúmulo de cálcio em solo de mata de galeria inoculado.

C. rotundifolia exibiu maior aumento relativo no acúmulo de magnésio devido à inoculação em solo de cerrado 313,9% e em solo de mata de galeria foi 51%. *Solanum lycocarpum* respondeu a inoculação micorrízica com aumentos relativos semelhantes do magnésio nos dois solos (Figura 40). Em solo de cerrado 447% e em solo de mata de galeria 492%. *Miconia albicans* exibiu maior conteúdo de magnésio em solo de mata de galeria (21,7%) e diminuiu em solo de cerrado. *Dalbergia miscolobium* quase não diferiu entre solos mas exibiu aumentos relativos no acúmulo de magnésio devido a inoculação micorrízica de 63,3 % em solo de mata de galeria e 45 % em solo de cerrado. *C. rotundifolia*, aos três meses, mostrou aumento significativo com micorriza.

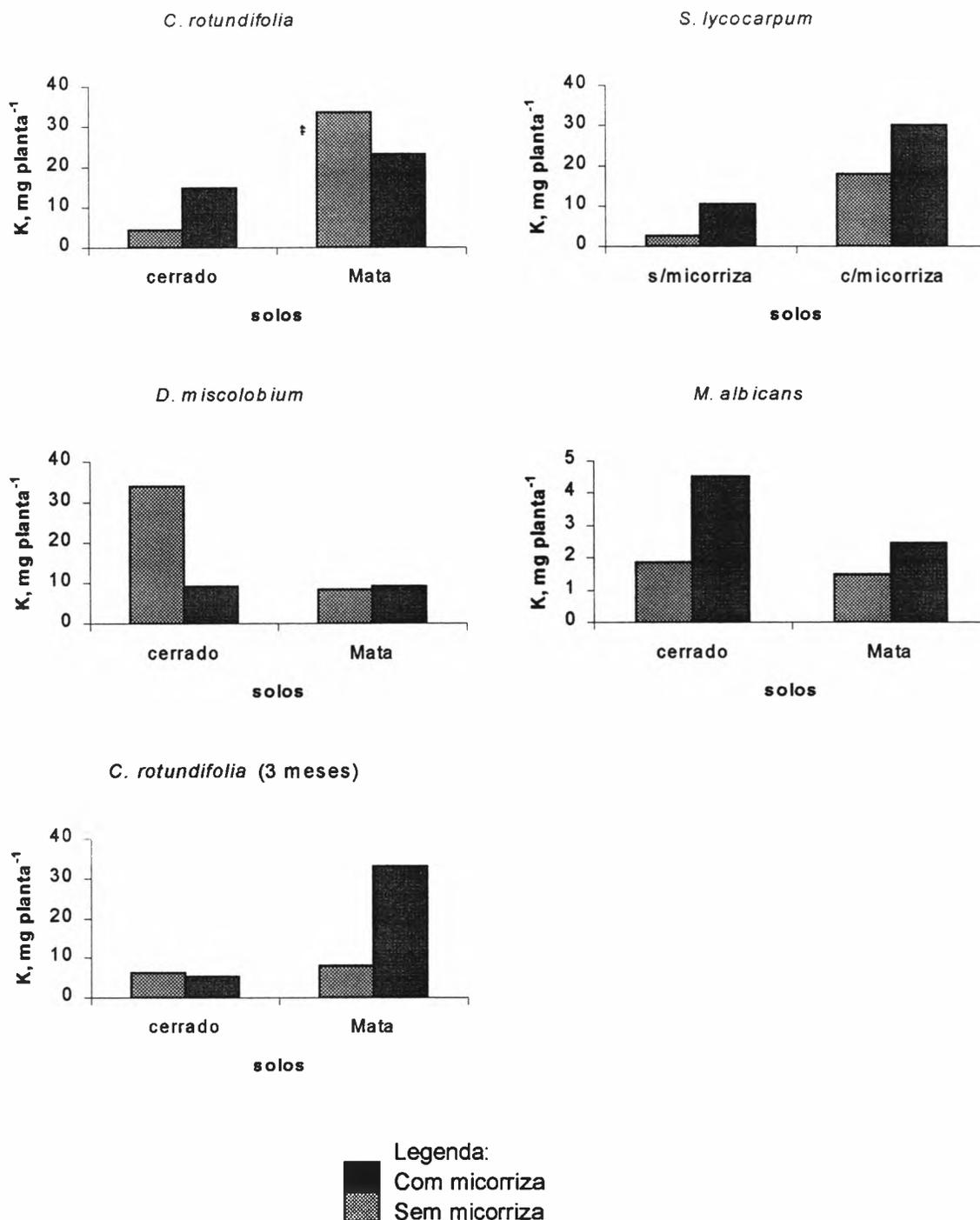


Figura 38. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de potássio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

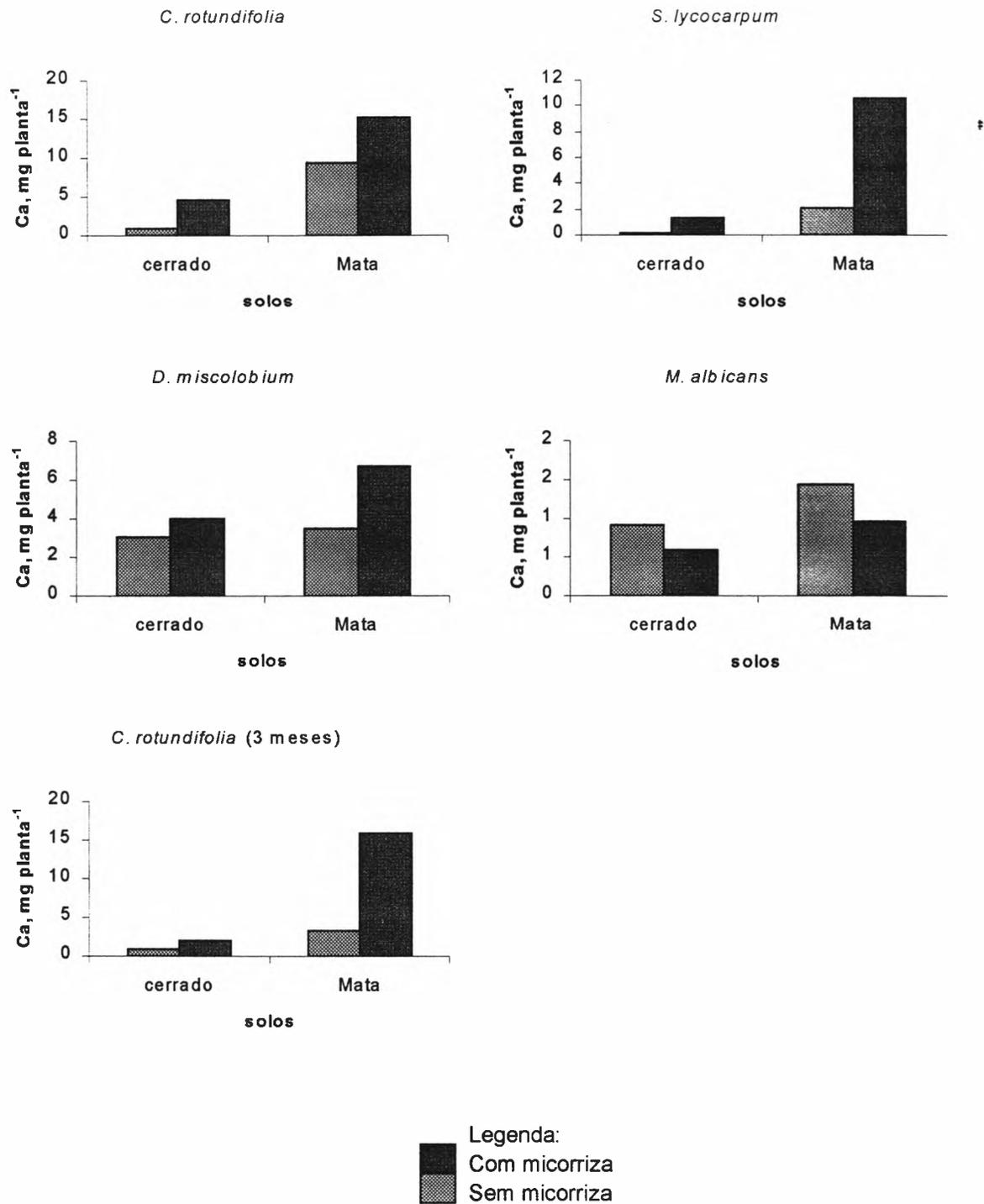


Figura 39 Efeito da inoculação com fungo micorrizico sobre a acumulação de cálcio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

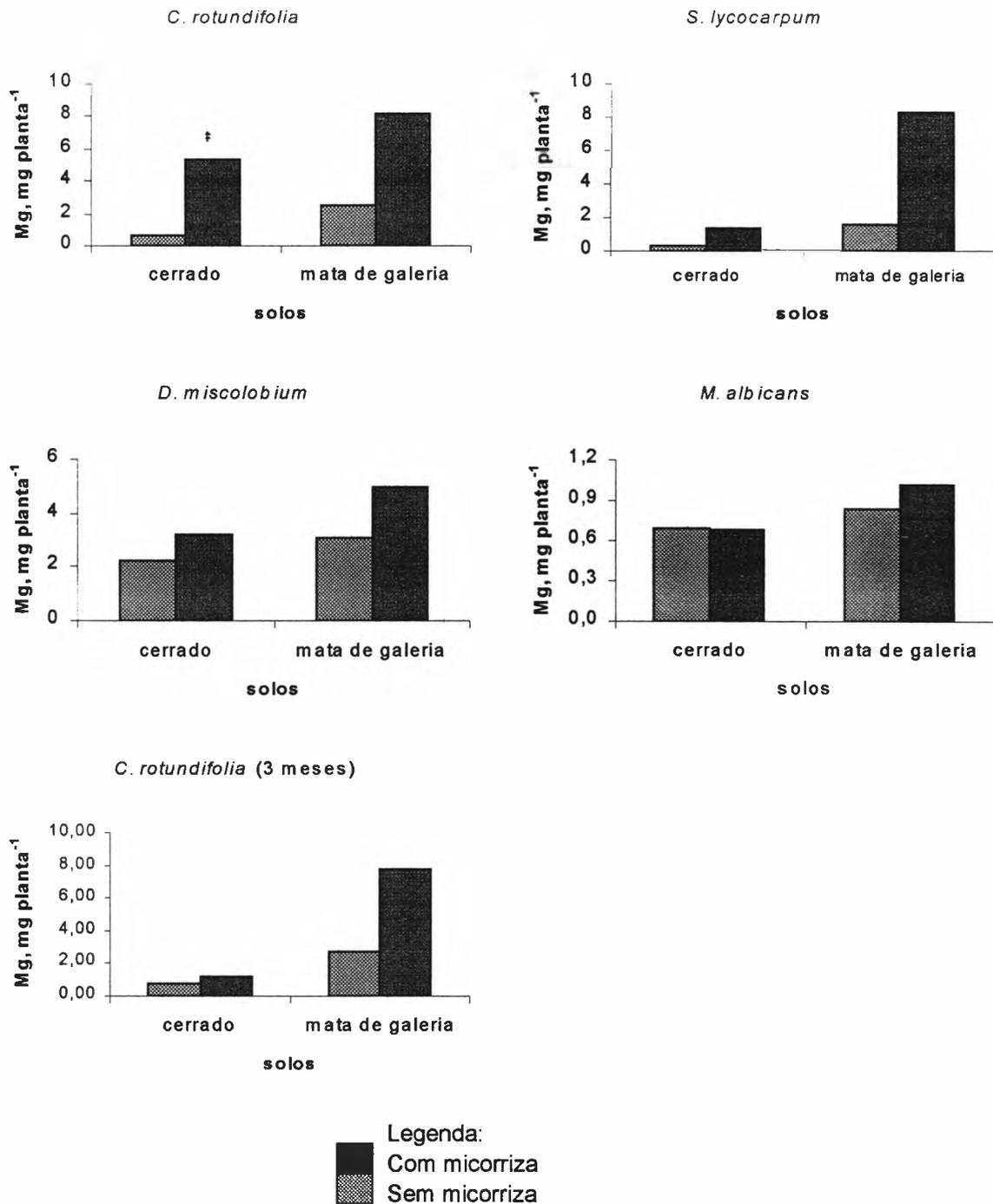


Figura 40. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de magnésio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

Duas das quatro espécies mostraram aumentos relativos no acúmulo de ferro como resposta a inoculação micorrízica em solo de mata de galeria, tendo sido de 327,4% em *S. lycocarpum*; 37,4% em *D. miscolobium* (Figura 41). *Chamaecrista rotundifolia* exibiu aumentos no conteúdo de ferro maior em solo de cerrado inoculado tendo sido de 638,2% e 4,9% em solo de mata de galeria. *Miconia albicans* diminuiu o conteúdo de ferro com a inoculação nos dois solos. *Chamaecrista rotundifolia*, aos três meses, teve aumentos significativos no acúmulo de ferro em resposta à inoculação, sendo o maior em solo mata de galeria.

Em três espécies estudadas os aumentos relativos no acúmulo de manganês em resposta a inoculação foram maiores em solo de cerrado, tendo sido de 1261 % em *S. lycocarpum*; 657,5 % em *C. rotundifolia* e 9,5% em *M. albicans* (Figura 42). Para *D. miscolobium* só houve aumento do manganês acumulado devido a inoculação em solo de cerrado (41,3%). *Chamaecrista rotundifolia* aos três meses exibiu maior aumento relativo do conteúdo de manganês em solo de mata de galeria, tendo sido de 325,1 % e 72,3 % em solo de cerrado.

Os aumentos relativos dos conteúdos de zinco devido à inoculação micorrízica em *S. lycocarpum* foram maiores em solo de mata de galeria (192,8%). Em *C. rotundifolia*, o aumento no conteúdo de zinco em resposta a inoculação ocorreu apenas em solo de cerrado 232,2%. *Dalbergia miscolobium* mostrou diminuição nos conteúdos de zinco com a inoculação nos dois solos. *Chamaecrista rotundifolia* aos três meses, respondeu significativamente a inoculação micorrízica quanto ao acúmulo de zinco na biomassa aérea (Figura 43).

D. miscolobium não respondeu à inoculação micorrízica quanto ao aumento no cobre acumulado em solo de cerrado, mas teve um aumento relativo devido à inoculação em solo de mata de galeria de 41%. Os maiores aumentos relativos nos conteúdos de cobre devidos a inoculação em solo de cerrado foram de 58,8% em *S. lycocarpum*; 481,2% em *C. rotundifolia* e 32,7% em *M. albicans* (Figura 44). *C. rotundifolia* aos três meses, acumulou cobre na parte aérea devido a inoculação.

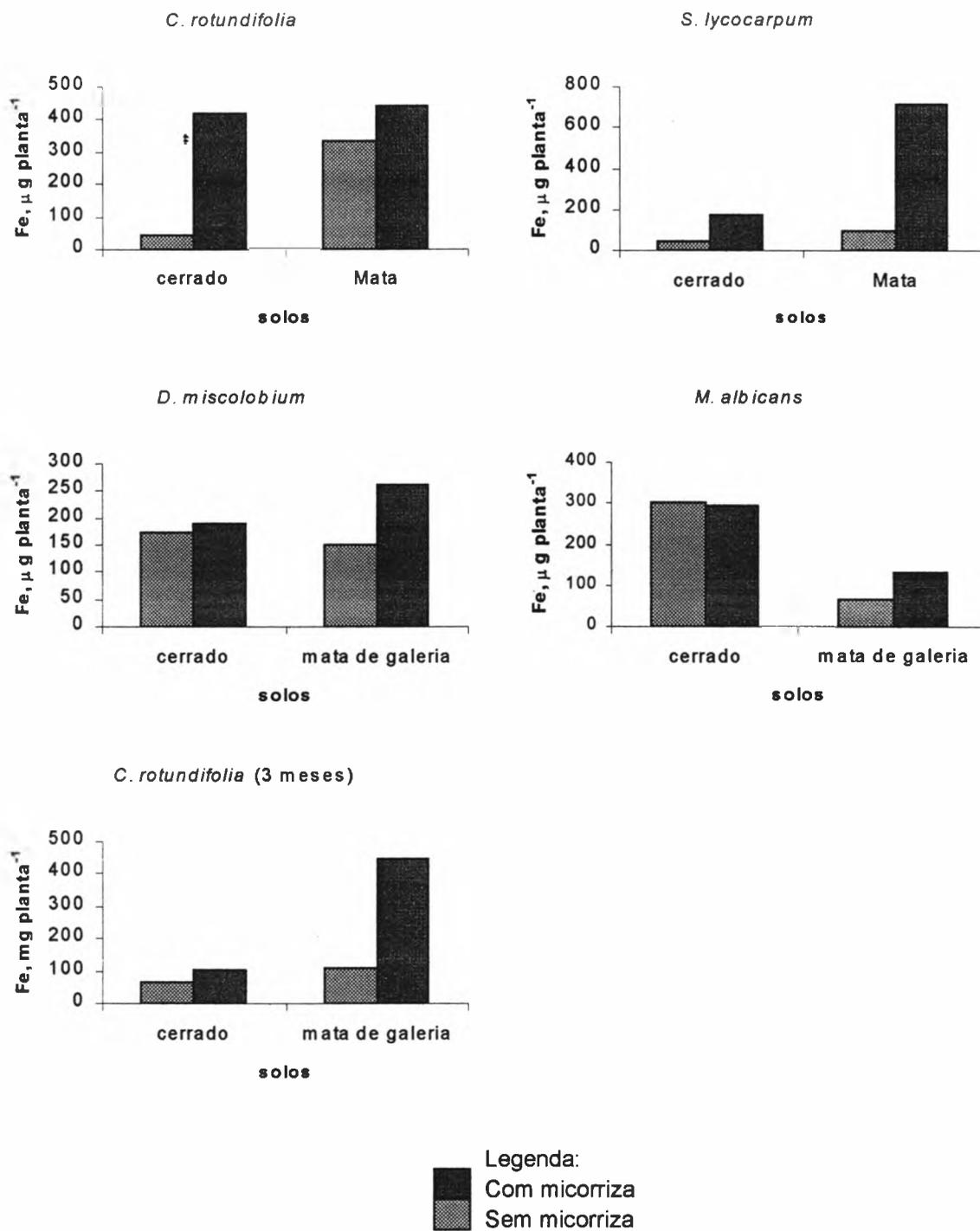


Figura 41. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de ferro na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

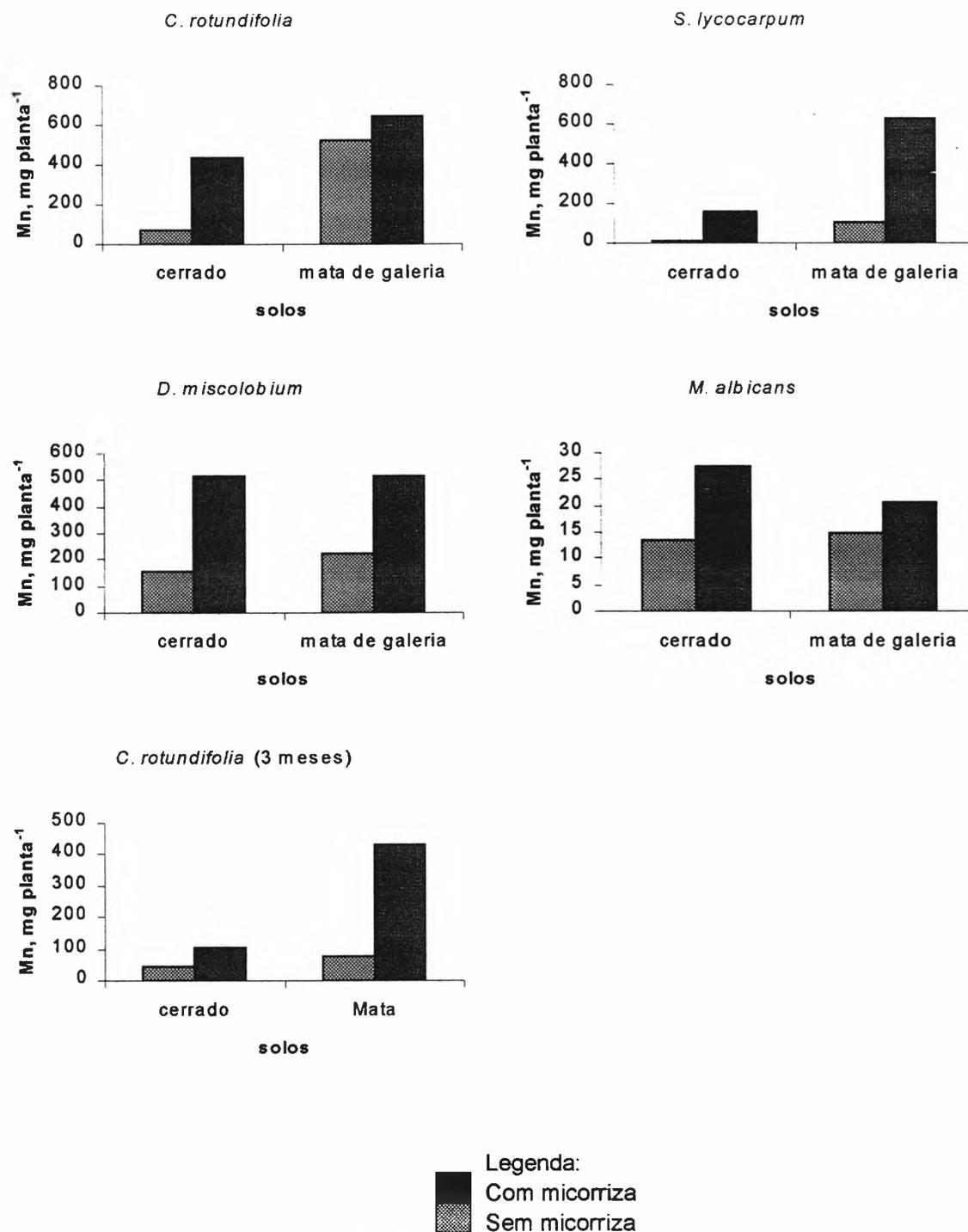


Figura 42. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de manganês na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

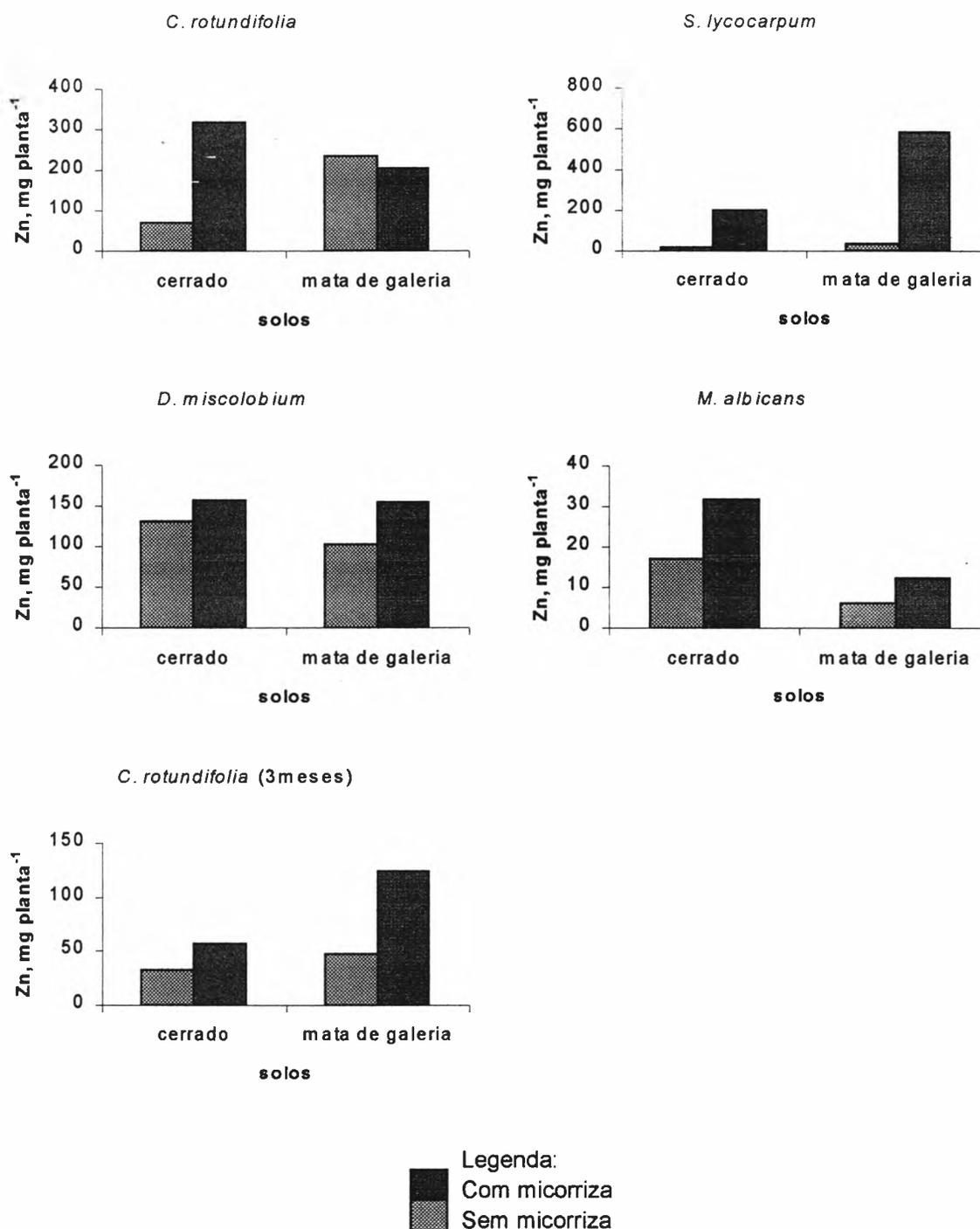


Figura 43. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de zinco na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

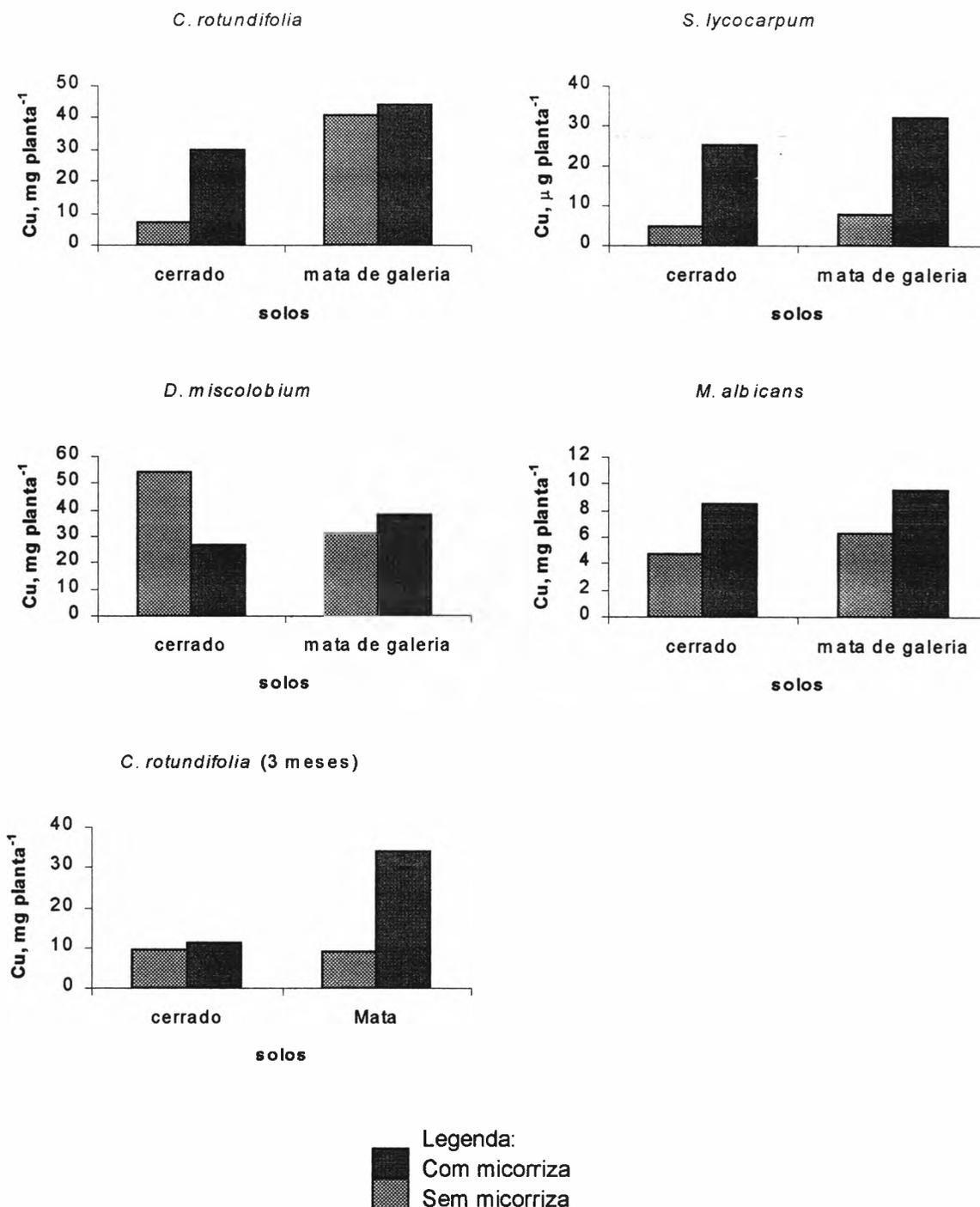


Figura 44. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de cobre na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

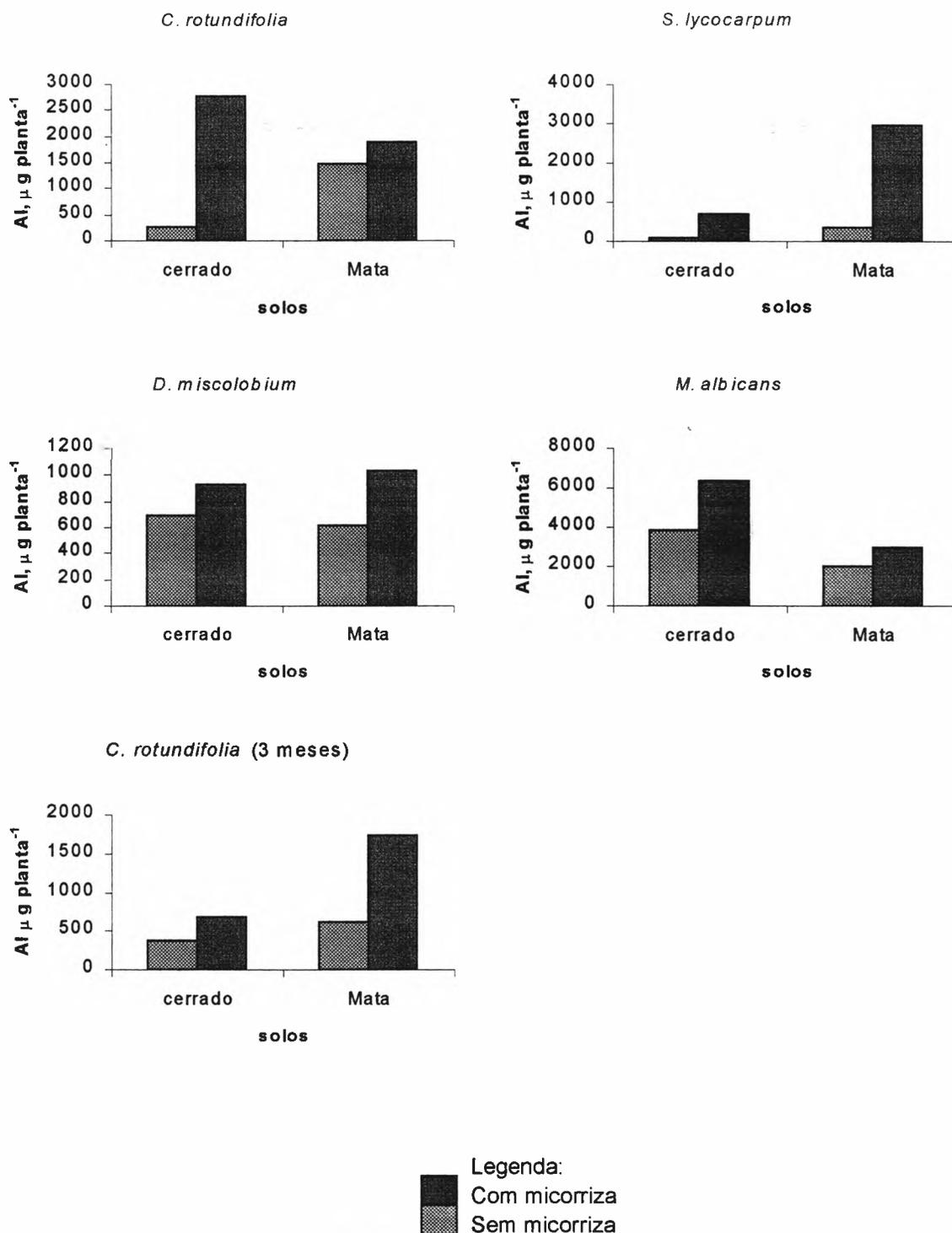


Figura 45. Efeito da inoculação com fungo micorrízico sobre a acumulação de alumínio na parte aérea das espécies nativas de cerrado em solo de cerrado e em solo de mata de galeria (A comparação estatística das médias para cada espécie está nas Tabelas A29 a A33 do Anexo).

Em todos os casos houve aumento relativo no acúmulo de alumínio devido à inoculação micorrízica. *Miconia albicans* que é uma acumuladora de alumínio, apesar de ter desenvolvido pouquíssima biomassa, não exibiu aumentos relativos deste micronutriente em nenhum solo (Figura 45).

Em termos de conteúdo total ou acumulado de macronutrientes e micronutrientes na biomassa aérea, as espécies exibiram aumentos significativos em presença de micorriza, não sendo, na maioria das vezes, muito diferentes quanto aos solos em que foram plantadas. Apesar das porcentagens de aumentos nos conteúdos de macronutrientes e micronutrientes terem sido em 64% dos casos maior em solo de mata de galeria, apenas 16% dessas diferenças a favor deste solo representaram diferenças maiores que 20% de acúmulo de nutrientes na biomassa aérea em relação ao apresentado em solo de cerrado.

Discussão

Colonização micorrízica no campo

A colonização total ou porcentagem de colonização micorrízica pelo método não vital apresentou resultados semelhantes para as quatro espécies em seu ambiente natural de cerrado e em vasos em casa de vegetação. A maior diferença encontrada na porcentagem de colonização entre as espécies no campo e na casa de vegetação foi para *D. miscolobium* que no campo exibiu 21% a mais de colonização (Tabela 3).

As duas espécies de leguminosas e a de Solanaceae coletadas no campo não diferiram nas porcentagens de colonização total. *Miconia albicans* exibiu um nível de colonização total bem menor no campo que as demais espécies, embora as espécies deste gênero sempre se encontrem associadas com fungos MA em seus ambientes naturais. A porcentagem de colonização um pouco menor nesta espécie do que as observadas nas outras espécies em casa de vegetação, não parece ter sido decorrente da falta de especificidade planta-fungo ou das condições experimentais (Tabela 3).

Os níveis de efetividade da colonização dados pela porcentagem da extensão do sistema radicular contendo arbúsculos ativos também foi comparável entre as espécies no campo e em casa de vegetação (Tabela 4).

Houve diferença entre as duas espécies de leguminosa quanto à efetividade da colonização. *Dalbergia miscolobium* mostrou menor efetividade no campo, embora possuísse o maior nível de colonização total, quase 70%. Apenas 35% da extensão do seu sistema radicular possuía arbúsculos ativos. As demais espécies não diferiram entre si nos níveis de efetividade. Embora o arbúsculo seja considerado o principal local de transferência de fósforo nos fungos MA, não se tem levado em consideração que há um grande número de associações micorrízicas nas quais o arbúsculo ocorre com baixa frequência (Smith & Smith, 1997). Normalmente atribui-se à H^+ ATPase, existente em arbúsculos jovens em ambas as membranas da planta e do fungo e na matriz de interface, a atividade de catalizar a passagem de fósforo do fungo para a planta. Gianinazzi-Pearson *et al.* (1991) usaram o método citoquímico para demonstrar a atividade da ATPase e detectaram atividade desta enzima na membrana plasmática da hifa externa e intercelular e também detectaram uma atividade mais fraca na membrana plasmática da celular da planta adjacente à hifa intercelular. Neste estudo não foi

revelada, pelo método histoquímico utilizado para destacar atividade da ATPase, nenhuma outra estrutura fúngica ativa. Até o início deste trabalho não havia conhecimento de nenhum outro que tivesse utilizado método de marcação da atividade da ATPase em plantas arbustivo-arbórea nativas do cerrado, também não se conhecia nenhum estudo quantitativo desta natureza neste tipo de plantas deste ecossistema. A falta de trabalhos que mostrem as porcentagens de colonização das espécies lenhosas arbustivas e arbóreas do cerrado em seus ambientes naturais, impossibilita estabelecer comparações destes dados com os de outros autores.

Colonização micorrízica em casa de vegetação

Em casa de vegetação não ocorreu grande variação na porcentagem de colonização micorrízica entre as espécies. *Miconia albicans* apresentou a menor colonização tanto em solo de cerrado quanto em solo de mata de galeria (Tabela 5).

Muitos trabalhos com plantas agrícolas apontam a alta concentração de fósforo e matéria orgânica no solo como um fator inibidor da colonização micorrízica tanto quanto as concentrações muito baixas deste elemento. Thingstrup (1998) observou que o nível de colonização de 48% de *Linum usitatissimum* (L.), sem adição de fósforo, foi reduzido para 28-39% com a adição de 300kg ha⁻¹ de fósforo no campo. Miranda (1992) concluiu que a melhor colonização da soja por fungos MA nativos do cerrado ocorreu no nível de 30mg kg⁻¹ de fósforo aplicados ao solo, tendo ocorrido menor colonização no nível de 15 e 60mg kg⁻¹ de fósforo. Outros trabalhos apontam o conteúdo de fósforo na parte aérea das plantas como um fator que controla a extensão da colonização micorrízica dentro da raiz. Sanders (1975) aplicou adubação foliar com fósforo e a porcentagem de colonização decresceu a níveis menores do que os observados quando o fósforo foi aplicado ao solo.

Há muita variação entre espécies nas respostas da micorriza a diferentes fatores ambientais, porém dentro da mesma espécie, a taxa de colonização é afetada pelo conteúdo de carboidratos solúveis, pois a exsudação de açúcares estimula a infecção e a colonização (Azcon e Ocampo, 1984).

O baixo pH é sabidamente um fator fungistático. Os fungos utilizados neste trabalho eram todos nativos do cerrado, de modo que a faixa de pH do solo de cerrado utilizado neste trabalho não deve ter causado variação nas respostas dos fungos MA inoculados neste solo. O

solo de mata de galeria após esterilização tornou-se mais ácido. Neste caso apenas, as respostas à inoculação poderiam ter sido menores em função de uma porcentagem e de uma efetividade de colonização menores. No entanto, as porcentagens de colonização totais e efetivas observadas não variaram muito entre o solo de cerrado e o solo de mata de galeria. Das quatro espécies utilizadas neste trabalho, *C. rotundifolia* teve colonização micorrízica total em solo de mata de galeria significativamente maior do que em solo de cerrado, tendo sido de 69,48% a 69,52% em solo de mata de galeria e de 44,80% a 53,52% em solo de cerrado.

A disponibilidade de fósforo do solo de mata de galeria esterilizado utilizado neste trabalho foi maior do que a do solo de cerrado, tendo sido de 14mg kg^{-1} em mata de galeria e de $0,67\text{mg kg}^{-1}$ em solo de cerrado (Tabela 2). Esse nível de fósforo do solo de mata de galeria não chegou a ser um fator de inibição para a colonização da raiz, estando de acordo com Miranda (1992), que utilizou fungos nativos, inclusive *G. margarita*, utilizado neste trabalho. Sano (1986) registrou 82,7% de colonização desta planta por *G. margarita* em sorgo quando $12,5\text{ mg kg}^{-1}$ de fósforo foi adicionado ao solo; o nível de colonização foi menor quando os níveis de fósforo foram mais baixos ou mais altos que $12,5\text{ mg kg}^{-1}$. O nível de fósforo mais alto do solo de mata de galeria foi adequado a um bom nível de colonização micorrízica, embora não a tenha estimulado, pois as porcentagens de colonização registradas nos dois solos não foram muito diferentes. A maior diferença encontrada entre as porcentagens de colonização do solo de mata de galeria e do solo de cerrado foi de 24,68% em *C. rotundifolia* coletada aos 3 meses; as demais espécies não diferiram entre os solos. Por outro lado o baixo teor de fósforo também não limitou a colonização das quatro espécies se comparadas as porcentagens de colonização.

As porcentagens da extensão do sistema radicular das quatro espécies contendo arbúsculos ativos também não foram muito diferentes entre os solos de cerrado e o de mata de galeria. Três das espécies exibiram maior efetividade de colonização em solo de cerrado. A efetividade da colonização de *C. rotundifolia* foi 44,40% em solo de cerrado e 30,61% em solo de mata de galeria. *S. lycocarpum* exibiu maior efetividade de colonização em solo de mata de galeria (41%) do que em solo de cerrado (34%) (Tabela 6). Esta espécie segue a tendência de apresentar maior colonização e efetividade assim como maior desenvolvimento em solo de mata de galeria, também foi a única espécie em que o comprimento da raiz foi

significativamente maior em solo de mata de galeria com micorriza. *Dalbergia miscolobium* e *M. albicans* tiveram maior efetividade em solo de cerrado, do que em solo de mata de galeria (Tabela 6).

Tisserant *et al.* (1993) usaram dois métodos histoquímicos de coloração vital, succinato desidrogenase e fosfatase alcalina, e os comparou com o método não vital no qual usou um corante azul, Trypan Blue, para a coloração das estruturas fúngicas. Esses autores aplicaram estes métodos, vital e não vital, para evidenciar a colonização total e a efetiva de *Allium porrum* e *Platanus acerifolia* inoculados com fungos MA, e observaram que ocorreu um aumento importante na proporção dos micélios que exibiram atividade da fosfatase alcalina em *P. acerifolia* antes mesmo que esta espécie respondesse em desenvolvimento à inoculação micorrízica. O aumento da atividade da fosfatase alcalina observada por Tisserant *et al.* (1993) ocorreu entre três e quatro semanas antes de ter ocorrido um aumento significativo na biomassa, confirmando a hipótese de que esta enzima está de algum modo envolvida no processo de transferência de fósforo do solo para as raízes através das hifas dos fungos MA. O nível de efetividade revelado para *P. acerifolia* pela fosfatase alcalina foi de 45% dentro da colonização total revelada pelo método não vital com Trypan blue, que foi de 66% a 79% três semanas após a inoculação. Quando os autores dividiram a porcentagem de colonização efetiva, dada pelo método vital pela porcentagem de colonização total, dada pelo método não vital, obtiveram um índice a que chamaram de índice de colonização efetiva.

As proporções entre colonização efetiva e total, ou índice de colonização efetiva nas quatro espécies de cerrado utilizadas neste experimento foram comparáveis com as encontradas nas condições experimentais das plantas de Tisserant *et al.* (1993). Neste trabalho, a efetividade da colonização dividida pela colonização total (índice de colonização efetiva) resultou nos seguintes índices para as quatro espécies em solo de cerrado: 0,89 em *C. rotundifolia*; 0,51 em *S. lycocarpum*; 0,71 em *D. miscolobium* e 0,96 em *M. albicans*. Em solo de mata de galeria os índices de colonização efetiva sobre a total foram: 0,44 em *C. rotundifolia*; 0,59 em *S. lycocarpum*; 0,82 em *D. miscolobium*; 1,06 em *M. albicans*. Somente *C. rotundifolia* apresentou proporção de arbúsculos ativos maior em solo de cerrado. Estes índices mostram que a baixa fertilidade do solo de cerrado não diminuiu a obtenção do fósforo pelo fungo micorrízico. As porcentagens da extensão do sistema radicular das quatro espécies contendo arbúsculos ativos foram semelhantes nos dois solos (Tabela 6).

Biomassa aérea das plantas

Duas das quatro espécies, *C. rotundifolia* e *S. lycocarpum*, responderam à inoculação com fungos micorrízicos em termos do ganho em biomassa aérea e os maiores registros ocorreram no solo mais fértil. Em *S. lycocarpum* os valores de biomassa em solo de cerrado foram: 0,49g planta⁻¹ com micorriza e 0,12g planta⁻¹ sem inoculação. *Chamaecrista rotundifolia* apresentou valores de biomassa em solo de cerrado de 1,14g planta⁻¹ com micorriza e 0,36g planta⁻¹ sem micorriza. Em solo de mata de galeria os valores de biomassa com inoculação foram 1,8g planta⁻¹ em *S. lycocarpum* e 2,7g planta⁻¹ em *C. rotundifolia*. Os valores de biomassa em solo de mata de galeria sem inoculação foram de 0,37g planta⁻¹ em *S. lycocarpum* e 2,5g planta⁻¹ em *C. rotundifolia* (Figura 9).

Os dados deste trabalho para o desenvolvimento em biomassa aérea mostraram-se comparáveis com outros feitos no cerrado que avaliaram o efeito da inoculação com fungos micorrízicos sobre a biomassa aérea de plantas agrícolas. Sano (1984) mostrou que o rendimento da matéria seca aumenta diretamente com a porcentagem de colonização micorrízica e que este efeito varia com a espécie de fungo inoculado, podendo mesmo não causar nenhum efeito significativo sobre a planta. Miranda *et al.* (1984) demonstraram que o rendimento da matéria seca da parte aérea de sorgo cultivado por trinta dias em solo de cerrado aumentou com a inoculação micorrízica quando esta cultura foi cultivada tanto em solo natural quanto em solo esterilizado com a adição de 25 a 50 mg kg⁻¹ de fósforo. Cardoso *et al.* (1986) observaram aumentos de até 1680% na matéria seca de plantas cítricas inoculadas com fungos micorrízicos após seis meses, porém ocorreu variação na acumulação e absorção de nutrientes de acordo com o fungo utilizado.

Siqueira *et al.* (1986) inocularam plantas de algodoeiro com os fungos MA *Gigaspora margarita* e *Acaulospora scrobiculata*, e registrou ocorrência de relação entre porcentagem de colonização e produção de matéria seca na parte aérea. *G. margarita* teve 41% de colonização com ganho em matéria seca de 0,9g planta⁻¹ quando foi adicionado 15mg kg⁻¹ de fósforo e *A. scrobiculata* exibiu 20% de colonização e ganho em matéria seca de 0,44 g planta⁻¹ com a mesma adição de fósforo, as plantas não inoculadas tiveram ganho de 0,41g planta⁻¹ de matéria seca.

Siqueira *et al.* (1998) observaram que a biomassa aérea de 11 espécies arbóreas nativas do estágio de clímax de uma vegetação do sul de Minas Gerais–Brasil, variou de 0,22g planta⁻¹ a 3,90g planta⁻¹ com inoculação micorrízica e de 0,13g planta⁻¹ a 3,99g planta⁻¹ nas mesmas espécies sem micorriza. Esses dados mostram que as plantas de estágio de clímax estudadas por este autor não foram dependentes da micorriza para seu estabelecimento em 150 dias e sim de suas reservas nas sementes.

Neste experimento três das quatro espécies utilizadas tinham sementes muito pequenas, não podendo contar com suas reservas de semente por mais que 10 ou 15 dias depois da germinação. Apenas *D. miscolobium* tem uma semente bem maior e só libera o cotilédone tardiamente, por vezes retendo-o por mais de trinta dias depois da germinação.

Milagres *et al.* (1997) inocularam *Dalbergia nigra* com fungos MA e bactérias fixadoras de nitrogênio e observou que esta espécie, após 120 dias, quando inoculada apenas com o fungo MVA *Glomus mosseae* exibiu biomassa aérea de 0,29g planta⁻¹ e com o fungo *Glomus eutunicatum* a biomassa foi de 0,66g planta⁻¹. Esses valores de biomassa são mais ou menos comparáveis aos registrados neste trabalho para *D. miscolobium* com micorriza, os quais foram de 1,37g planta⁻¹ em solo de cerrado e de 1,25g planta⁻¹ em solo de mata de galeria.

Altura das plantas

A tendência de *C. rotundifolia* de se desenvolver melhor em solo de mata de galeria em termos da biomassa repetiu-se também quanto a altura. A altura registrada em *C. rotundifolia* com inoculação em solo de mata de galeria foi de 37,5 cm planta⁻¹ e em solo de cerrado foi de 23,3 cm planta⁻¹. Estas alturas foram duas vezes maiores do que as registradas nestes mesmos solos não inoculados. *Dalbergia miscolobium* cresceu mais em solo de mata de galeria sem micorrizas mas não respondeu à inoculação. As alturas registradas para essa espécie foram de 20,1 cm planta⁻¹ em solo de mata de galeria sem micorriza e 19,1 cm planta⁻¹ com micorriza. Em solo de cerrado *D. miscolobium* exibiu 12,9 cm planta⁻¹ sem inoculação e 16,2 cm planta⁻¹ com inoculação (Figura 10).

Solanum lycocarpum respondeu à inoculação em solo de cerrado. A resposta à fertilidade do solo de mata de galeria foi maior do que a resposta à inoculação em solo de cerrado. Em solo de mata de galeria ela não respondeu à inoculação. Esses dados confirmam a

tendência dessa espécie em desenvolver melhor em solo mais fértil no período de estabelecimento. *Miconia albicans* desenvolveu melhor em solo de cerrado; sua altura foi maior sem inóculo (Figura 10).

Os valores apresentados para a altura de *D. miscolobium* neste trabalho, considerando o tempo de coleta de cinco meses, foram próximos dos registrados em outro trabalho. Milagres *et al.* (1997) inocularam *D. nigra* com *Glomus mosseae* e *Glomus eutunicatum* e plantaram em LVA após 150 dias observaram as seguintes alturas: 19,98 cm planta⁻¹ com *G. mosseae* e 18,93 cm planta⁻¹ com *G. eutunicatum* enquanto *D. nigra* não inoculada cresceu 16,34 cm planta⁻¹.

A resposta à inoculação pode variar numa espécie de planta para diferentes espécies de fungo utilizado. Cardoso *et al.* (1986) inocularam duas espécies de plantas cítricas com *G. margarita* e aplicou várias dosagens de fósforo. Nas plantas que não receberam fósforo as alturas registradas foram de 10,25 cm planta⁻¹ e 13,88 cm planta⁻¹ após seis meses da inoculação e plantio; as plantas que não receberam inoculação tiveram alturas de 6,88 cm planta⁻¹ e 13,5 cm planta⁻¹. Esses dados mostram a variação nas respostas de um mesmo fungo em duas espécies de plantas diferentes.

Comprimento das raízes

As respostas das quatro espécies em termos do comprimento das raízes foi variável. *C. rotundifolia*, *D. miscolobium* e *M. albicans* não responderam à inoculação. *S. lycocarpum* foi a única espécie a responder tanto à inoculação quanto à maior fertilidade do solo de mata de galeria. O comprimento da raiz nesta espécie em solo de mata de galeria com micorríza foi de 37,7 cm planta⁻¹ e sem micorríza foi de 28,6 cm planta⁻¹. Em solo de cerrado o comprimento da raiz de *S. lycocarpum* foi de 24,2 cm planta⁻¹ com inoculação e 15 cm planta⁻¹ sem inoculação (Figura 21).

A variação registrada no comprimento das raízes nas espécies utilizadas neste trabalho foi de 12 à 25 cm planta⁻¹ em solo de cerrado sem micorríza e 13 à 29 cm planta⁻¹ em solo de mata de galeria, sem inoculação. Esses valores de variação do comprimento da raiz nas quatro espécies mostram que um solo mais fértil não influenciou o comprimento das raízes.

Concentração de macronutrientes na biomassa aérea

Chamaecrista rotundifolia respondeu à inoculação apenas em relação ao cálcio e ao magnésio, apresentando maiores concentrações em plantas inoculadas em ambos os solos. As concentrações de cálcio e magnésio foram maiores em plantas crescendo em solos de mata de galeria devido à inoculação micorrízica. Os aumentos foram de 0,17 para 0,22% em solo de mata de galeria. Em *C. rotundifolia* o cálcio aumentou devido à inoculação em solo de cerrado de 0,22% para 0,39% e em solo de mata de galeria de 0,37% para 0,56%. A concentração de magnésio aumentou devido à inoculação micorrízica. Os aumentos foram de 0,17% para 0,22% em solo de cerrado e de 0,22 para 0,30% em solo de mata de galeria (Figura 29 e 30).

A concentração de nitrogênio em *D. miscolobium* foi menor com a inoculação. As concentrações de nitrogênio para *D. miscolobium* foram de 3,95% em solo de cerrado não inoculado e 2,70% em solo de cerrado inoculado (Figura 26). Os resultados foram semelhantes aos registrados por Milagres *et al.* (1997) para *D. nigra*, que não respondeu à inoculação com o fungo *G. mosseae* ou com *G. eutunicatum*. As concentrações de fósforo na parte aérea de *D. miscolobium* em solo de cerrado foram de 0,11% sem micorriza e 0,08% com micorrizas e em solo de mata de galeria foram de 0,27% sem inoculação e 0,15% com inoculação (Figura 27). Ao contrário Milagres *et al.* (1997) observaram que a concentração de fósforo aumentou em *D. nigra* com a inoculação com *G. mosseae* e *G. eutunicatum*. O aumento na concentração de fósforo em relação a cada fungo foi de 0,4% em *G. mosseae* e 0,11% em *G. eutunicatum* comparado com o controle que foi de 0,07%. A porcentagem de colonização foi de 85% com *G. mosseae* e 100% *G. eutunicatum*.

A porcentagem de colonização total registrada em *D. miscolobium* foi de 45,5% em solo de cerrado, e a efetividade foi de 37,8%. Em mata de galeria a colonização total foi de 34,9% e a efetividade foi de 28,6% (Tabelas 5 e 6). No entanto, a biomassa aérea foi maior com a inoculação nos dois solos (Figura 9).

Os dados de concentração do fósforo em *D. miscolobium* mostraram que esta espécie não parece ter sido dependente da micorriza para a obtenção de fósforo, ao menos nos primeiros cinco meses de crescimento, mas obteve maior benefício para o seu crescimento num solo mais fértil quanto ao nível de fósforo (Figuras 9 e 27). A associação de *D. miscolobium* com os fungos utilizados não mostrou alto nível de eficiência para obtenção de fósforo no período de estabelecimento da planta.

Solanum lycocarpum, assim como *C. rotundifolia*, apresentou menores concentrações de nitrogênio em plantas inoculadas nos dois solos. A concentração de nitrogênio foi de 6,53% sem inoculação e 5,49% com inoculação em solo de cerrado e em solo de mata de galeria foi de 5,28% sem micorriza e 4,92% com micorriza (Figura 26).

A concentração de fósforo em *S. lycocarpum* também foi menor com a inoculação nos dois solos (0,18%) sem inóculo e 0,15% com inóculo em solo de cerrado. Em solo de mata de galeria a concentração de fósforo em *S. lycocarpum* foi de 0,21% sem inoculação 0,16% com inoculação (Figura 27). Em noventa dias *S. lycocarpum* parece que não foi dependente da micorriza para obtenção de nitrogênio e fósforo, no entanto, o aumento de biomassa exibido por esta espécie em solo de mata de galeria mostra que, para o seu estabelecimento e desenvolvimento, esta espécie é beneficiada pela inoculação num solo mais fértil.

A resposta de *S. lycocarpum* à inoculação no aumento da concentração de potássio e cálcio não foi significativa. Ela apresentou maiores concentrações de potássio e cálcio em solo de mata de galeria (Figuras 28 e 29). O magnésio aumentou 34% em solo de cerrado e 23,1% em solo de mata de galeria com inoculação relativamente ao controle (Figura 30).

Miconia albicans respondeu à maior fertilidade do solo de mata de galeria em termos da concentração de nitrogênio, apresentando 2,7% de nitrogênio em solo de mata e 2 % em solo de cerrado (Figura 26). *Miconia albicans* não respondeu à inoculação quanto a concentração de fósforo (Figura 27). Embora *M. albicans* não tenha respondido à inoculação em termos das concentrações de nitrogênio e fósforo, respondeu em termos do seu desenvolvimento em biomassa e do aumento na concentração de potássio. O potássio aumentou relativamente 56,8% em solo de cerrado e 18,8% em solo de mata de galeria. As concentrações de magnésio foram maiores em plantas inoculadas nos dois solos (Figura 28).

Duas espécies, *C. rotundifolia* e *S. lycocarpum* que cresceram mais com inoculação tiveram menores concentrações de nitrogênio e fósforo nas plantas inoculadas nos dois solos (Figuras 26 e 27).

Concentração de micronutrientes na biomassa aérea

Chamaecrista rotundifolia respondeu à inoculação no aumento da concentração de manganês. O aumento relativo foi de 124,5% em solo de cerrado e 13% em solo de mata de galeria (Figura 32).

Dalbergia miscolobium também respondeu à inoculação quanto ao manganês, ocorrendo aumentos relativos de 187,3 % em solo de cerrado e de 32,6% em solo de mata de galeria (Figura 32).

As concentrações de manganês e zinco aumentaram em *S. lycocarpum* devido à inoculação micorrízica; o aumento relativo do manganês em solo de cerrado foi de 381% e em solo de mata de galeria foi de 21,3% (Figuras 32 e 33).

Miconia albicans respondeu à inoculação micorrízica em termos das concentrações de zinco e cobre, que tiveram os seguintes aumentos relativos: 23,3% de zinco em solo de cerrado e 40,1% em solo de mata de galeria e 15,8% de cobre em solo de cerrado e de 8,3% em solo de mata de galeria (Figuras 33 e 34).

A variação encontrada nas respostas das plantas à inoculação em termos das concentrações de nutrientes, já foi observada em outros trabalhos. Siqueira *et al.* (1998) observaram que 6 entre 28 espécies arbóreas de vários estágios sucessionais de uma vegetação do sul de Minas Gerais – Brasil mostraram pequenos aumentos nas concentrações de nitrogênio na parte aérea devido à inoculação com fungos MA 150 dias após a inoculação e plantio. Nesse mesmo trabalho, as concentrações de fósforo exibiram aumentos em 21 das 28 espécies devido à inoculação.

Sano (1984) conduziu um experimento em casa de vegetação para avaliar a influência de MVAs nativas na absorção de fósforo pelas plantas e no rendimento da matéria seca. O autor utilizou uma mistura de raiz, solo e esporos de três espécies de fungos nativos como inóculo para soja, sorgo e capim braquiária, tendo obtido respostas bem variadas quando observou as quantidades totais de cada nutriente na parte aérea de cada planta. Em capim braquiária a inoculação com *Glomus clarum* favoreceu as quantidades totais de nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio e magnésio absorvidas pela planta, favoreceu também o sorgo na absorção de fósforo e magnésio e a soja foi favorecida por *G. clarum* na absorção de potássio e cálcio. A inoculação com *Gigaspora* sp. aumentou a quantidade de potássio e cálcio absorvida pela soja e de fósforo e magnésio pelo sorgo. Quando usou *Gigaspora gigantea*, este não influenciou na

absorção de nutrientes por nenhuma planta. Entretanto, o rendimento de matéria seca aumentou em capim braquiária com *G. clarum*, com porcentagens de colonização radicular de 70%. A inoculação com *Gigaspora* sp. aumentou a matéria seca apenas em soja com porcentagem de colonização de 37% e a inoculação com *G. gigantea* não afetou o rendimento das culturas utilizados e mostrou porcentagem de colonização inferior a 10%. Nesse experimento, ficaram evidentes as diferenças na eficiência das espécies de fungos micorrízicos nativos do cerrado.

As concentrações de fósforo na parte aérea das plantas encontradas neste trabalho estão de acordo com as observadas em Colozzi-Filho *et al.* (1986) sobre o efeito da inoculação com esporos de *G. margarita* no crescimento e nutrição de mudas de cafeeiro cultivados em um latossolo roxo distrófico. Estes autores observaram que a concentração de fósforo com inoculação foi de 0,10% e sem inoculação foi de 0,09%. Nas plantas em solo de cerrado utilizado neste trabalho a concentração de fósforo variou de 0,06% a 0,18% e em solo de mata de galeria foi de 0,07% a 0,03%.

Concentração de alumínio na biomassa aérea

As três espécies não acumuladoras de alumínio não apresentaram diferenças significativas na concentração de alumínio na biomassa aérea devido à inoculação, apesar de apresentarem maiores valores nas plantas inoculadas (Figura 35).

Miconia albicans que é uma acumuladora de alumínio, respondeu à inoculação com um aumento relativo de 7,7% em solo de cerrado e 7,3% em solo de mata de galeria na concentração de alumínio na biomassa aérea (Figura 35). Esses resultados mostram que os fungos utilizados neste estudo, todos nativos do cerrado, não são afetadas pelas altas concentrações ou toxicidade de alumínio ou manganês.

Acumulação de nutrientes na biomassa aérea

De um modo geral as espécies nativas do cerrado utilizadas neste experimento responderam de maneira diferente à inoculação micorrízica em termos das acumulações dos nutrientes.

Chamaecrista rotundifolia apresentou aumentos na acumulação de cálcio, magnésio, manganês, zinco e cobre na biomassa aérea devido a inoculação micorrízica. As maiores

acumulações desses nutrientes ocorreram no solo mais fértil de mata de galeria, acompanhando o maior crescimento neste solo (Figuras 39, 40, 42, 43 e 44).

Dalbergia miscolobium não apresentou aumentos nas acumulações de nutrientes devido à inoculação micorrízica.

Em *S. lycocarpum* os nutrientes nitrogênio, fósforo, cálcio, magnésio, ferro, manganês, zinco e cobre acumularam devido à inoculação micorrízica. Os nutrientes sempre apresentaram maiores acumulações no solo mais fértil (Figuras 36, 37, 39, 40 e 41).

Em *Miconia albicans* a acumulação de fósforo, potássio, cálcio, manganês, zinco e cobre aumentou em resposta à inoculação micorrízica (Figuras 37, 38, 39, 42, 43, e 44) . O magnésio apresentou maior acúmulo no solo de mata de galeria devido a sua maior fertilidade (Figura 40) ,.

Este tipo de resposta das espécies onde a acumulação dos nutrientes na parte aérea aumenta com a inoculação micorrízica, resultando em maior desenvolvimento das plantas, também foi observado em Muchovej *et al.* (1992). Os autores inocularam mudas de *Araucaria angustifolia* e observaram as seguintes concentrações de nitrogênio e fósforo na parte aérea, após 140 dias: 0,59% de nitrogênio e 0,11% de fósforo sem inoculação; com o fungo *G. mosseae*, 0,51% de nitrogênio e 0,11% de fósforo; com o fungo *A. scrobiculata* 0,49% de nitrogênio e 0,11% de fósforo. As acumulações de nitrogênio e fósforo sem inoculação foram as seguintes: 18,29% de nitrogênio e 3,41% de fósforo; com *G. mosseae* 14,79% de nitrogênio e 3,19% de fósforo; com *A. scrobiculata* 14,75% de nitrogênio e 3,31% de fósforo.

O principal fato a ser considerado nas discussões deste trabalho e que as micorrizas arbusculares não apresentam especificidade com a planta hospedeira em termos da capacidade para colonização, contudo há um ponto de rendimento máximo no equilíbrio da interação fungo-hospedeira e ambiente. Esse ponto de equilíbrio faz com que a capacidade do fungo em promover o crescimento da planta hospedeira varie sempre com as diferentes combinações entre o fungo a planta e o solo (Abbot & Robson 1981, 1985; Smith & Gianinazzi- Pearson 1988).

Os fungos MA beneficiam a planta promovendo seu crescimento, principalmente pela obtenção de fósforo e pela melhoria do estado nutricional, deste modo, uma interação micorrízica eficiente seria aquela em que o fungo consegue sobreviver nas condições de fertilidade do solo em que se encontra, colonizar as raízes, competir com os outros

microorganismos e com outros fungos micorrízicos, produzir um grande volume de hifas externas para explorar o solo e ainda estabelecer uma relação mutualística com a planta hospedeira (Siqueira, 1991).

É possível estabelecer o grau de interação entre a planta e o fungo micorrízico através da eficiência simbiótica. A eficiência simbiótica é avaliada pela interação entre o ganho nutricional da planta, principalmente em termos da concentração e acumulação de fósforo, seu desenvolvimento em biomassa aérea, altura ou outro parâmetro e a porcentagem da colonização total do sistema radicular. Saggin Junior *et al.* (1995) e Siqueira *et al.* (1986) avaliaram o grau de interação entre mudas de cafeeiro e o fungo micorrízico em função de diferentes dosagens de fósforo adicionado ao solo. Os autores verificaram que o potencial para a inoculação cresceu linearmente com o nível de fósforo aplicado até um certo ponto. Na faixa em que a dosagem de fósforo adicionada coincidiu com o máximo de colonização resultando em um máximo ganho nutricional e de desenvolvimento para a planta, esta foi considerada a faixa de mutualismo. A faixa de mutualismo varia com o tipo de fungo micorrízico utilizado com uma dada espécie, pois cada um tem um grau de tolerância diferente ao nível de fósforo do solo. Siqueira *et al.* (1986) verificaram que quando doses menores que 10ppm de fósforo disponível foram aplicadas ao solo, a interação planta-fungo tornou-se parasítica ou neutralística, quando os níveis de fósforo aplicados situaram-se entre 10 e 100 ppm, a interação assumiu natureza mutualística e entre 100 e 300 ppm de fósforo no solo a interação comportou-se numa zona de transição entre mutualismo e parasitismo. Nesse experimento o solo utilizado foi latossolo roxo e recebeu calagem, o fungo micorrízico utilizado foi o *G. margarita*, o qual é bastante resistente à acidez do solo e pouco sensível à elevação dos níveis de fósforo do solo.

Os fungos utilizados neste trabalho foram originados do solo do cerrado. As plantas nativas mostraram níveis de colonização semelhantes no campo e em casa de vegetação, embora não se tenha identificado neste trabalho os fungos micorrízicos que as colonizaram no seu ambiente natural.

Considerando-se os dados de acumulação de nutrientes e de desenvolvimento das espécies utilizadas neste experimento, pode-se sugerir que a interação micorrízica nas plantas do estrato arbustivo-arbóreo do cerrado analisadas neste trabalho não foi parasítica, porém não se mostrou igualmente eficiente na obtenção de fósforo em solo de cerrado para todas as

espécies na fase inicial de crescimento, mas contribuiu para a sobrevivência e desenvolvimento das quatro espécies neste solo, pela melhoria de seu estado nutricional.

Para melhor analisar essas afirmações é aconselhável que as plantas sejam observadas por um período maior.

Conclusões

Os resultados mostraram que a baixa concentração de nutrientes, principalmente do fósforo, no Latossolo Vermelho Amarelo do cerrado, não limitou a colonização micorrízica das plantas estudadas, pois as plantas cultivadas em solo de cerrado tiveram porcentagens de colonização micorrízica muito próximas das observadas em solo de mata de galeria.

A efetividade da colonização, não foi diferente nas quatro espécies em seu habitat e em casa de vegetação. Em casa de vegetação a efetividade não foi significativamente diferente para a maioria das espécies, tendo variado de 32% a 44,4% em solo de cerrado e de 24% a 43% em solo de mata de galeria. Houve uma maior variação entre as espécies no solo mais fértil de mata de galeria. A baixa fertilidade do solo de cerrado e seu baixo teor de fósforo não inibiu a efetividade da colonização nas quatro espécies de plantas estudadas.

As respostas das quatro espécies à inoculação micorrízica no desenvolvimento da biomassa aérea e altura mostrou que, em geral, houve resposta à inoculação micorrízica e os maiores valores ocorreram no solo mais fértil de mata de galeria.

As respostas em comprimento da raiz foram variáveis, *S. lycocarpum* teve maior comprimento de raiz devido à inoculação nos dois solos utilizados. *Chamaecrista rotundifolia*, *D. miscolobium* e *M. albicans* não responderam à inoculação. *Miconia albicans* parece ter menor exigência quanto à fertilidade do solo para seu desenvolvimento.

A concentração de nitrogênio e fósforo na parte aérea em geral foram menores com a inoculação com fungos MA utilizados em *S. lycocarpum* e *D. miscolobium*, estas espécies responderam à maior fertilidade do solo de mata de galeria.

Três das quatro espécies não responderam à inoculação em termos das concentrações de potássio. O cálcio em *C. rotundifolia* aumentou nos dois solos utilizados devido à inoculação. O magnésio aumentou em duas espécies (*S. lycocarpum* e *C. rotundifolia*) nos dois solos. *M. albicans* apresentou uma diminuição na concentração de magnésio em plantas inoculadas.

O manganês aumentou nos dois solos em três espécies devido à inoculação (*Chamaecrista rotundifolia*, *Dalbergia miscolobium* e *Solanum lycocarpum*). Duas espécies tiveram aumentos na concentração de zinco nos dois solos e duas apenas em solo de cerrado com micorriza. Os maiores valores de acumulação de micronutrientes ocorreram em geral no solo de mata de galeria.

As conclusões gerais são três: a baixa fertilidade do solo de cerrado, principalmente sua baixa concentração de fósforo, não limita a colonização e a efetividade da associação micorrízica nas plantas nativas do cerrado, mas contribui para o desenvolvimento das mesmas devido à maior acumulação de nutrientes na biomassa aérea; uma fertilidade maior do solo com um aumento moderado na concentração de fósforo amplia as respostas das plantas à inoculação, aumentando seu desenvolvimento; a associação micorrízica é eficiente nas plantas nativas do estrato arbustivo- arbóreo do cerrado.

Concluimos que os fungos micorrízicos nativos podem ser utilizados com adições moderadas de fósforo e demais nutrientes para a recuperação de áreas com plantas nativas. Entretanto, são necessários mais experimentos que acompanhem por um período maior o desenvolvimento e a efetividade da colonização das plantas nativas inoculadas, com e sem adubação com fósforo e nitrogênio nas condições do campo.

Bibliografia

- Abbot, L. K. & Robson, A. D. (1985). Selection of "efficient" VA mycorrhizal fungi. *In: North American Conference On Mycorrhizae*, 6, Bend, 1984. Proceedings. Corvallis, Forest Research Laboratory, p. 89-90.
- Abbot, L. K. & Robson, A. D. (1984). The effect of mycorrhiza on plant growth. *In: VA Mycorrhiza*, C. L. Powell & D. J. Bagyaraj (eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida p.113-130.
- Abbot, L. K. & Robson, A. D. (1981). Infectivity and effectiveness of five endomycorrhizal fungi in field soils. *Australian Journal Agricultural Research* **32**: 621-630.
- Allen, B. E.; Allen, M. F.; Helm, D. J.; Trape, S. M.; Molina, R. & Rincon, E. (1995). Patterns and regulation of mycorrhizal plant and fungal diversity. *Plant and Soil* **170**: 47-62.
- Allen, S. E. (1974). *Chemical Analysis of Ecological Materials*. Blackwell Scientific Publications, Oxford, 565p.
- Allsop, N. & Stock, W. D. (1993). Mycorrhizas and seedling growth of slow-growing sclerophylls from nutrient-poor environments. *Acta Oecologica* **14**: 577-587.
- Ainsworth, G. C. & BisBy, G. B. (1971). *Dictionary of the Fungi*. 6^a edição. Commonwealth Mycological Institute: Kew, U. K. 663p.
- Anderson, R. C.; Liberta, A. E.; & Dickman, L. A. (1984). Interactions of vascular plants and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi across a soil moisture-nutrient gradient. *Oecologia* **64**: 111-117.
- Azcón, R. & Ocampo, J. A. (1984). Effect of root exudation on VA mycorrhizal infection at early stages of plant growth. *Plant and Soil* **82**: 133-138.
- Bagyaraj, D. J. (1984). Biological interactions with VA mycorrhizal fungi. *In: VA Mycorrhiza*, C. L. Powell & D. J. Bagyaraj, (eds.), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida p. 131-154.
- Biermann, B. & Linderman, R. G. (1981). Quantifying vesicular-arbuscular mycorrhizae: A proposed method towards standardization. *New Phytologist* **87**: 63-67.
- Bonfante-Fasolo, P. (1984). Anatomy and morphology of VA mycorrhizae. *In: VA Mycorrhiza*, C. L. Powell & D. J. Bagyaraj (eds.), CRC Press, Inc., Boca Raton, Florida p. 5-9.

- Cardoso, E. J. B. N.; Antunes V.; Silveira, A. P. & Oliveira, M. H. A (1986). Eficiência de fungos micorrízicos vesículo arbusculares em porta enxertos de citros. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* **10**: 25-30.
- Colozzi-Filho, A. & Siqueira, J. O. (1986). Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. I. Efeitos de *Gigaspora margarita* e adubação fosfatada no crescimento e nutrição. *Revista Brasileira de Ciências do solo* **10**: 199-205.
- Cooper, K. M. (1984). Physiology of VA mycorrhizal associations. In: *VA Mycorrhiza*, C. L. Powell & D. J. Bagyaraj (eds.). CRC Press, Boca Raton, Florida p. 113-130.
- Eiten, G. (1994). Vegetação do cerrado. In Cerrado. M. N. Pinto (org.), EdUnB SEMATEC, Brasília, p. 17-73.
- Ezawa, T.; Saito, M. & Yoshida, T. (1995). Comparison of phosphatase localization of arbuscular mycorrhizal fungi, *Glomus* sp. and *Gigaspora* sp. *Plant and Soil* **176**: 57-63.
- Ezeta, F. N. & Carvalho, P. C. L. (1981). Influência da Endomicorriza na absorção de P e K e no crescimento da mandioca. *Revista Brasileira de Ciências do solo* **6**: 25-28.
- Frye, W. E. (1982). *Principles of Plant Disease Management*. Academic Press, Orlando.
- George, E.; Marschner, H. & Jacobsen, I. (1995). Role of arbuscular mycorrhizal fungi in uptake of phosphorus and nitrogen from soil *Critical Review in Biotechnology*, **15**: 257-270.
- Gianinazzi-Pearson, V. Smith, S. E.; Gianinazzi, S. & Smith, F.A. (1991). Enzymatic studies on the metabolism of vesicular-arbuscular mycorrhizas V. Is H⁺ ATPase a component of ATP-hydrolyzing enzyme activities in plant-fungus interfaces? *New Phytologist* **117**, 61-74.
- Gianinazzi-Pearson, V. & Gianinazzi, S. (1983). The physiology of vesicular-arbuscular mycorrhizal roots. *Plant and Soil* **71**: 197-209.
- Giovannetti, M. & Mosse, B. (1980). An evaluation of techniques for measuring vesicular-arbuscular mycorrhizal infections in roots. *New Phytologist* **84**: 489-500.
- Hamlet, C.; Files, H. & Smith, D. L. (1990). Measurement of development of endomycorrhizal mycelium using three different vital stains. *New Phytologist* **115**: 297-302.

- Haridasan, M. (1998). Solos de matas de galeria e nutrição mineral de espécies arbóreas em condições naturais. *In* Cerrado: Matas de Galeria. J.F. Ribeiro (coord.), EMBRAPA, Brasília, p.19-28.
- Haridasan, M. (1997). Resposta de algumas espécies do estrato rasteiro de um cerrado à calagem e à adubação, *In* Contribuição ao Conhecimento Ecológico do Cerrado- 3^o CONGRESSO DE ECOLOGIA DO BRASIL, Brasília 1997, p. 87-91.
- Haridasan, M. (1992). Estresse nutricional. *In*: Alternativas para o Desenvolvimento do Cerrado. B.F. de S. Dias (coord.), FUNATURA-IBAMA, Brasília, p. 27-30.
- Haridasan, M. (1985). Accumulation of nutrients by eucalyptus seedlings from acidic and calcareous soils of the cerrado region of Central Brazil. *Plant and Soil* **86**, 35-45.
- Hawksworth, D. L. (1995). The fungal dimension of biodiversity: Magnitude, significance and conservation. *Mycological Research* **95**: 641-655.
- Hayman, D. S. (1970). *Endogone* spores numbers in soil and vesicular -arbuscular mycorrhiza in wheat as influenced by season and soil treatment. *Transactions of the British Mycological Society*, **54**: 53-63.
- Jarstfer, G. A. & Sylvia, M. D. (1993). Inoculum production and inoculation strategies for vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi. *In: Soil Microbial Ecology*. B. F. Metting Jr. (ed.), Marcel Decker, Inc. New York, Basel, Hong Kong. p. 349 - 377.
- Jasper, P. A.; Robson, A. D. & Abbott, L. K. (1979). Phosphorus and the formation of vesicular-arbuscular mycorrhizas. *Soil Biology Biochemistry* **11**: 501-505.
- Marschner, H. & Dell, B. (1994). Nutrient uptake in mycorrhizal symbiosis. *Plant and Soil* **159**: 89-102.
- Menge, J. A.; Steirle, D.; Bagyaraj, D. J.; Johnson, E. L. V. & Leonard, R. T. (1978). Phosphorus concentration in plants responsible for inhibition of mycorrhizal infection. *New Phytologist* **80**:575-578.
- Menge, J. A. (1984). Inoculum production. *In: VA Mycorrhiza* C. L. Powell & D. J. Bagyaraj (eds.) CRC Press, Boca Raton, Florida p. 187-203.
- Miranda, J. C. C. (1992). A endomicorriza na região dos cerrados. Uma revisão. EMBRAPA-CPAC, Planaltina, p. 35. (Documento, 42)

- Milagres, C. M. & Borges G. C. R. (1997). Crescimento de mudas de *Anadenantera peregrina* e *Dalbergia nigra* inoculadas com fungos MA e bactérias fixadoras de nitrogênio. III Simpósio Nacional de Recuperação de Áreas Degradadas-SINRAD, Ouro Preto –MG Brasil 1997, p. 339-343.
- Miranda, J. C. C.; Sousa, D. M. G. & Miranda, L. N. (1984). Influência de fungos endomicorrizicos vesicular-arbuscular na absorção de fósforo e no rendimento de matéria seca de plantas de sorgo. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* 8: 31-36.
- Morton, J. B. & Benny, G. L. (1990). Revised classification of arbuscular mycorrhizal fungi (Zygomycetes): A new order, Glomales, two new suborders, Glomineae and Gigasporineae, and two new families, Acaulosporaceae and Gigasporaceae, with an emendation of Glomaceae. *Mycotaxon* 37: 471-491.
- Mosse, B.; Hayman, D. S. & Arnold, D. J. (1973). Plant growth responses to vesicular-arbuscular mycorrhiza. V. Phosphate uptake by three plant species from P deficient soils labeled with ³²P. *New Phytologist* 72: 809-815.
- Muchovej, C. R. M ; Alves, C. A.; Muchovej, J. J. & Kasuya, M. C. M (1992). Influência da inoculação com fungos ectomicorrizicos e MVA sobre o comportamento de mudas de *Araucaria angustifolia* (Bert.) O. Ktze. *Oechnea* 19: 9-18.
- Newman, E. I. & Reddell, P. (1987). The distribution of mycorrhiza among families of vascular plants. *New Phytologist* 106: 745-751.
- O'Keefe, D. M. & Sylvia, D. M. (1990). Mechanisms of the vesicular-arbuscular mycorrhizae plant-growth response. In *Handbook of Applied Mycology*. vol.1, D. K. Arora, B. Rai; K. G. Mukerji & G. R. Knudsen (eds). Marcel Dekker, New York, p. 35-54.
- Omar, S. A. (1998). The role of rock phosphate solubilizing fungi and vesicular arbuscular mycorrhiza (VAM) in growth of wheat plants fertilized with rock phosphate. *World Journal of Microbiology Biotechnology* 1: 211-218
- Pearse, A. G. E. (1968). *Histochemistry-Theoretical and Applied*. Churchill Livingstone, Edinburgh.
- Phillips, J. M. & Hayman, D. S. (1970). Improved procedures for clearing roots and staining parasitic and vesicular-arbuscular mycorrhizal fungi for rapid assessment of infection. *Transactions of the British Mycological Society* 55: 158-160.

- Powell, C. L. & Bagyaraj, D. J. (1984). VA Mycorrhizae: Why all the interest? *In: VA Mycorrhiza*, C. L. Powell and D. J. Bagyaraj (eds.), CRC Press, Boca Raton, Florida, p. 1-3.
- Read, D. J. (1991). Mycorrhizas in ecosystems. *Experientia* **47**: 376-390.
- Saggin-Junior, O. J. & Siqueira J. O. (1995). Avaliação da eficiência de fungos endomicorrízicos para o cafeeiro. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* **19**: 221-228.
- Sanders, F. E. (1975). The effect of foliar-applied phosphate on mycorrhizal infections of onion roots. *In Endomycorrhizas*, F. E. Sanders, B. Mosse & P. B. Tinker, (eds.), Academic Press, London and Orlando, p. 261-287.
- Sano, M. S. (1984). Influência de endomicorrizas nativas do cerrado no crescimento de plantas. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* **8**: 25-29
- Sano, M. S. (1986). Contribuição de fungos micorrízicos vesículo-arbusculares no crescimento e absorção de fósforo pelo sorgo, em solo esterilizado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* **10**: 299-301.
- Siqueira, J. O. (1998). Mycorrhizal colonization and mycotrophic growth of native woody species as related to successional groups in Southeastern Brazil. *Forest Ecology and management* **107**: 241-252.
- Siqueira, J. O. (1991). Fisiologia e bioquímica de micorrizas vesículo-arbusculares: alguns aspectos da relação fungo-planta e absorção de fósforo. *In: Reunião Brasileira Sobre Micorrizas*, 4., Mendes, 1991. *Programa e resumos* Itaguaí, EMBRAPA-CNPBS/UFRRJ. p.105-131.
- Siqueira, J. O. & Paula, M. A. (1986 a). Efeito de micorrizas vesículo-arbusculares na nutrição e aproveitamento de fósforo pela soja em solo sob cerrado. *Revista Brasileira de Ciências do Solo* **10**: 97-102.
- Siqueira, J. O. & Colozzi-Filho, A. (1986 b). Micorrizas vesículo-arbusculares em mudas de cafeeiro. II. Efeito do fósforo no estabelecimento e funcionamento da simbiose. *Revista Brasileira de Ciências do Solo*, **10**: 207- 211.
- Smith, F. A. & Smith, S. E. (1997). Structural diversity in vesicular-arbuscular mycorrhizal symbioses. *New Phytologist* **137**: 373-388.

- Smith, S. E. & Gianinazzi-Pearson, V. (1988). Physiological interactions between symbionts in vesicular arbuscular mycorrhizal plants. *Annual Review of Plant Physiology* **39**: 221-224.
- Thingstrup, I.; Rubaek, G.; Sibbesen, E. & Jakobsen I. (1998). Flax (*Linum usitatissimum* L.) depends on arbuscular mycorrhizal fungi for growth and uptake at intermediate but not high soil P levels in the field. *Plant and Soil* **203**: 37-46.
- Thomazini, L. I. (1974). Mycorrhiza in plants of the cerrado. *Plant and Soil* **41**: 707-711.
- Tisserant, B.; Gianinazzi-Pearson V.; Gianinazzi, S. & Gollotte, A. (1993). In planta histochemical staining of fungal alkaline phosphatase activity for analysis of efficient arbuscular mycorrhizal infections. *Mycological Research* **97**: 245-250.
- Toro, M.; Azcon, R. & Barea, J. M. (1997). Improvement of arbuscular mycorrhiza development by inoculation of soil with phosphate solubilizing rhizobacteria to improve rock phosphate bioavailability (super (32) P) and nutrient cycling. *Applied Environmental Microbiology* **63**: (11) 4408-4412.
- Trappe, J. M. (1987). Phylogenetic and ecological aspects of mycotrophy in the angiosperms from an evolutionary standpoint. In *Ecophysiology of VA Mycorrhizal Plants*, G. R. Safir (ed.). CRC Press, Boca Raton, Florida, p.5-25.
- Van der Heijden, M. G. A.; Klironomos, J. N.; Ursic, M.; Moutoglis, P.; Engel, R. S.; Boller, T.; Wiemken, A. & Sanders, I. R. (1998). Mycorrhizal fungal diversity determines plant biodiversity, ecosystem variability and productivity. *Nature* **396**: 69-72.

ANEXOS

Tabela A1. - Distribuição de frequência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de cerrado aos 3 meses, coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Frequência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 2 | 0 | |
| 10 | 5 | 50 | |
| 20 | 6 | 120 | |
| 30 | 19 | 570 | |
| 40 | 32 | 1280 | |
| 50 | 30 | 1500 | |
| 60 | 15 | 900 | |
| 70 | 11 | 770 | |
| 80 | 4 | 320 | |
| 90 | 1 | 90 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 125 | 5600 | 44,8 |

Tabela A2. - Distribuição de frequência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de cerrado aos 5 meses, coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Frequência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 1 | 0 | |
| 10 | 4 | 40 | |
| 20 | 12 | 240 | |
| 30 | 18 | 540 | |
| 40 | 10 | 400 | |
| 50 | 8 | 400 | |
| 60 | 24 | 1440 | |
| 70 | 27 | 1890 | |
| 80 | 15 | 1200 | |
| 90 | 6 | 540 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 125 | 6690 | 53,5 |

Tabela A3. - Distribuição de frequência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Solanum lycocarpum* em solo de cerrado, coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Frequência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|--------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 7 | 70 | |
| 20 | 6 | 120 | |
| 30 | 5 | 150 | |
| 40 | 21 | 840 | |
| 50 | 17 | 850 | |
| 60 | 25 | 1500 | |
| 70 | 30 | 2100 | |
| 80 | 28 | 2240 | |
| 90 | 40 | 3600 | |
| 100 | 18 | 1800 | |
| Total | 200 | 13270 | 66,4 |

Tabela A4 - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Miconia albicans* em solo de cerrado, coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 4 | 0 | |
| 10 | 33 | 330 | |
| 20 | 21 | 420 | |
| 30 | 14 | 420 | |
| 40 | 4 | 160 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 2 | 120 | |
| 70 | 3 | 210 | |
| 80 | 3 | 240 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 88 | 2100 | 23,9 |

Tabela A5 - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Dalbergia miscolobium* em solo de cerrado, coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 2 | 0 | |
| 10 | 3 | 30 | |
| 20 | 5 | 100 | |
| 30 | 3 | 90 | |
| 40 | 19 | 760 | |
| 50 | 20 | 1000 | |
| 60 | 8 | 480 | |
| 70 | 6 | 420 | |
| 80 | 4 | 320 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 70 | 3200 | 45,7 |

Tabela A6. - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de mata de galeria aos 3 meses, coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 9 | 90 | |
| 20 | 7 | 140 | |
| 30 | 5 | 150 | |
| 40 | 9 | 360 | |
| 50 | 5 | 250 | |
| 60 | 13 | 780 | |
| 70 | 22 | 1540 | |
| 80 | 29 | 2320 | |
| 90 | 12 | 1080 | |
| 100 | 11 | 1100 | |
| Total | 125 | 7810 | 62,5 |

Tabela A7. - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Solanum lycocarpum* em solo de mata de galeria coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|--------------|--|
| 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 0 | 0 | ‡ |
| 20 | 2 | 40 | |
| 30 | 5 | 150 | |
| 40 | 21 | 840 | |
| 50 | 32 | 1600 | |
| 60 | 25 | 1500 | |
| 70 | 28 | 1960 | |
| 80 | 29 | 2320 | |
| 90 | 41 | 3690 | |
| 100 | 17 | 1700 | |
| Total | 200 | 13800 | 69 |

Tabela A8. - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Dalbergia miscolobium* em solo de mata de galeria coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 2 | 0 | |
| 10 | 5 | 50 | |
| 20 | 18 | 360 | |
| 30 | 23 | 690 | |
| 40 | 4 | 160 | |
| 50 | 7 | 350 | |
| 60 | 3 | 180 | |
| 70 | 1 | 70 | |
| 80 | 5 | 400 | |
| 90 | 2 | 180 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 70 | 2440 | 34,9 |

Tabela A9. - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de mata de galeria aos 5 meses coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 2 | 20 | |
| 20 | 9 | 180 | |
| 30 | 3 | 90 | |
| 40 | 6 | 240 | |
| 50 | 9 | 450 | |
| 60 | 14 | 840 | |
| 70 | 16 | 1120 | |
| 80 | 31 | 2480 | |
| 90 | 23 | 2070 | |
| 100 | 12 | 1200 | |
| Total | 125 | 8690 | 69,5 |

Tabela A10. - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados das raízes de *Miconia albicans* em solo de mata de galeria coloração pelo método não vital (colonização total). (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 6 | 0 | |
| 10 | 31 | 310 | |
| 20 | 16 | 320 | |
| 30 | 12 | 360 | |
| 40 | 5 | 200 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 2 | 120 | |
| 70 | 3 | 210 | |
| 80 | 1 | 80 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 80 | 1800 | 22,5 |

Tabela A11 - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de cerrado aos 3 meses coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 3 | 30 | |
| 20 | 5 | 100 | |
| 30 | 12 | 360 | |
| 40 | 10 | 400 | |
| 50 | 9 | 450 | |
| 60 | 4 | 240 | |
| 70 | 2 | 140 | |
| 80 | 1 | 80 | |
| 90 | 1 | 90 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 1890 | 37,8 |

Tabela A12 - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de cerrado aos 5 meses coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 6 | 60 | |
| 20 | 7 | 140 | |
| 30 | 5 | 150 | |
| 40 | 8 | 320 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 3 | 180 | |
| 70 | 5 | 350 | |
| 80 | 3 | 240 | |
| 90 | 2 | 180 | |
| 100 | 4 | 400 | |
| Total | 50 | 2220 | 44,4 |

Tabela A13 - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de mata de galeria aos 3 meses coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 9 | 90 | |
| 20 | 4 | 80 | |
| 30 | 7 | 210 | |
| 40 | 5 | 200 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 5 | 300 | |
| 70 | 4 | 280 | |
| 80 | 4 | 320 | |
| 90 | 3 | 270 | |
| 100 | 2 | 200 | |
| Total | 50 | 2150 | 43 |

Tabela A14 - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* em solo de mata de galeria aos 5 meses coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 4 | 0 | |
| 10 | 11 | 110 | |
| 20 | 8 | 160 | |
| 30 | 5 | 150 | |
| 40 | 9 | 360 | |
| 50 | 3 | 150 | |
| 60 | 6 | 360 | |
| 70 | 3 | 210 | |
| 80 | 0 | 0 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 49 | 1500 | 30,6 |

Tabela A15 - Distribuição de freqüência da percentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Solanum lycocarpum* em solo de cerrado coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 2 | 0 | |
| 10 | 8 | 80 | |
| 20 | 10 | 200 | |
| 30 | 13 | 390 | |
| 40 | 3 | 120 | |
| 50 | 5 | 250 | |
| 60 | 3 | 180 | |
| 70 | 1 | 70 | |
| 80 | 4 | 320 | |
| 90 | 1 | 90 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 1700 | 34 |

Tabela A16 - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Solanum lycocarpum* em solo de mata de galeria coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 5 | 50 | |
| 20 | 11 | 220 | |
| 30 | 2 | 60 | |
| 40 | 12 | 480 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 2 | 120 | |
| 70 | 2 | 140 | |
| 80 | 5 | 400 | |
| 90 | 2 | 180 | |
| 100 | 2 | 200 | |
| Total | 50 | 2050 | 41 |

Tabela A17 - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Miconia albicans* em solo de cerrado coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 8 | 0 | |
| 10 | 3 | 30 | |
| 20 | 11 | 220 | |
| 30 | 8 | 240 | |
| 40 | 5 | 200 | |
| 50 | 7 | 350 | |
| 60 | 4 | 240 | |
| 70 | 2 | 140 | |
| 80 | 2 | 160 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 1580 | 31,6 |

Tabela A18 - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Miconia albicans* em solo de mata de galeria coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 5 | 0 | |
| 10 | 12 | 120 | |
| 20 | 9 | 180 | |
| 30 | 13 | 390 | |
| 40 | 7 | 280 | |
| 50 | 2 | 100 | |
| 60 | 1 | 60 | |
| 70 | 1 | 70 | |
| 80 | 0 | 0 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 1200 | 24 |

Tabela A19 - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Dalbergia miscolobium* em solo de cerrado coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 5 | 0 | |
| 10 | 7 | 70 | |
| 20 | 12 | 240 | |
| 30 | 5 | 150 | |
| 40 | 6 | 240 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 7 | 420 | |
| 70 | 2 | 140 | |
| 80 | 2 | 160 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 1620 | 32,4 |

Tabela A20 - Distribuição de freqüência da porcentagem da extensão dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Dalbergia miscolobium* em solo de mata de galeria coloração pelo método vital (colonização efetiva) (n=4).

| Porcentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 18 | 180 | |
| 20 | 11 | 220 | |
| 30 | 6 | 180 | |
| 40 | 3 | 120 | |
| 50 | 1 | 50 | |
| 60 | 1 | 60 | |
| 70 | 1 | 70 | |
| 80 | 1 | 80 | |
| 90 | 3 | 270 | |
| 100 | 2 | 200 | |
| Total | 50 | 1430 | 28,6 |

Tabela A21 - Distribuição de freqüência da porcentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* coletadas no campo* pelo método vital. (colonização efetiva). (n = 4)

| Porcentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 2 | 0 | |
| 10 | 5 | 50 | |
| 20 | 5 | 100 | |
| 30 | 4 | 120 | |
| 40 | 6 | 240 | |
| 50 | 3 | 150 | |
| 60 | 7 | 420 | |
| 70 | 14 | 980 | |
| 80 | 4 | 320 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 2380 | 47,6 |

Tabela A22 - Distribuição de freqüência da percentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Miconia albicans* coletadas no campo pelo método vital. (colonização efetiva) Coleta na estação chuvosa.

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 1 | 0 | |
| 10 | 4 | 40 | |
| 20 | 5 | 100 | |
| 30 | 7 | 210 | |
| 40 | 2 | 80 | |
| 50 | 8 | 400 | |
| 60 | 13 | 780 | |
| 70 | 5 | 350 | |
| 80 | 5 | 400 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 2360 | 47,2 |

Tabela A23- Distribuição de freqüência da percentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Dalbergia miscolobium* coletadas no campo pelo método vital.(colonização efetiva) Coleta na estação chuvosa.

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 3 | 0 | |
| 10 | 8 | 80 | |
| 20 | 10 | 200 | |
| 30 | 7 | 210 | |
| 40 | 5 | 200 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 8 | 480 | |
| 70 | 3 | 210 | |
| 80 | 2 | 160 | |
| 90 | 0 | 0 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 1740 | 34,8 |

Tabela A24- Distribuição de freqüência da percentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Solanum lycocarpum* coletadas no campo pelo método vital.(colonização efetiva) Coleta na estação chuvosa.

| Percentagem da extensão dos segmentos contendo arbúsculos ativos | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz contendo Arbúsculos ativos |
|--|------------|-------------|--|
| 0 | 1 | 0 | |
| 10 | 4 | 40 | |
| 20 | 9 | 180 | |
| 30 | 5 | 150 | |
| 40 | 3 | 120 | |
| 50 | 2 | 100 | |
| 60 | 5 | 300 | |
| 70 | 14 | 980 | |
| 80 | 6 | 480 | |
| 90 | 1 | 90 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 50 | 2440 | 48,8 |

Tabela A25- Distribuição de freqüência da percentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Chamaecrista rotundifolia* coletadas no campo pelo método não vital.(colonização total) Coleta na estação chuvosa.

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 1 | 10 | |
| 20 | 2 | 40 | |
| 30 | 8 | 240 | |
| 40 | 8 | 320 | |
| 50 | 7 | 350 | |
| 60 | 5 | 300 | |
| 70 | 4 | 280 | |
| 80 | 12 | 960 | |
| 90 | 10 | 900 | |
| 100 | 3 | 300 | |
| Total | 60 | 3700 | 61,7 |

Tabela A26- Distribuição de freqüência da percentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Solanum lycocarpum* coletadas no campo pelo método não vital.(colonização total) Coleta na estação chuvosa.

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 1 | 0 | |
| 10 | 4 | 40 | |
| 20 | 5 | 100 | |
| 30 | 1 | 30 | |
| 40 | 3 | 120 | |
| 50 | 3 | 150 | |
| 60 | 5 | 300 | |
| 70 | 12 | 840 | |
| 80 | 17 | 1360 | |
| 90 | 21 | 1890 | |
| 100 | 3 | 300 | |
| Total | 75 | 5130 | 68,4 |

Tabela A27- Distribuição de freqüência da percentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Miconia albicans* coletadas no campo pelo método não vital.(colonização total) Coleta na estação chuvosa.

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Freqüência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-------------|--|
| 0 | 0 | 0 | |
| 10 | 7 | 70 | |
| 20 | 5 | 100 | |
| 30 | 16 | 480 | |
| 40 | 11 | 440 | |
| 50 | 7 | 350 | |
| 60 | 2 | 120 | |
| 70 | 1 | 70 | |
| 80 | 3 | 240 | |
| 90 | 2 | 180 | |
| 100 | 0 | 0 | |
| Total | 54 | 2050 | 38 |

Tabela A28- Distribuição de frequência da percentagem dos segmentos colonizados contendo arbúsculos ativos das raízes de *Dalbergia miscolobium* coletadas no campo pelo método não vital.(colonização total) Coleta na estação chuvosa.

| Percentagem da extensão dos segmentos colonizados | Frequência | Freq. x % | % calculada da extensão da raiz colonizada |
|---|------------|-----------|--|
| 0 | 2 | 0 | † |
| 10 | 0 | 0 | |
| 20 | 3 | 60 | |
| 30 | 2 | 60 | |
| 40 | 8 | 320 | |
| 50 | 4 | 200 | |
| 60 | 7 | 420 | |
| 70 | 12 | 840 | |
| 80 | 8 | 640 | |
| 90 | 3 | 270 | |
| 100 | 3 | 300 | |
| Total | 52 | 3110 | 60 |

Tabela A 29. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento, na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Chamaecrista rotundifolia* aos 5 meses.

| Solo | Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | Al | Comprimento da Raiz | Altura | Biomassa aérea |
|-----------------|---------------|--|-------|---------|--------|-------|---------------------|------|------|-------|-------|---------------------|--------|----------------|
| | | Concentração de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | cm | cm | g/planta |
| | | -----%----- | | | | | -----mg/kg----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 3,78 | 0,10 | 1,23 | 0,22 | 0,17 | 126 | 191 | 195 | 19,4 | 736 | 22,5 | 10,7 | 0,36 |
| | Com micorriza | 2,85 | 0,12 | 1,28 | 0,39 | 0,22 | 367 | 429 | 278 | 26,2 | 2424 | 19,7 | 24,5 | 1,14 |
| | Média | 3,32a | 0,11a | 1,26a | 0,31a | 0,19a | 246a | 310a | 236a | 22,8a | 1580a | 21,1a | 17,6a | 0,75a |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 3,83 | 0,19 | 1,34 | 0,37 | 0,22 | 134 | 208 | 93 | 16,3 | 590 | 28,0 | 23,3 | 2,50 |
| | Com micorriza | 4,00 | 0,23 | 0,85 | 0,56 | 0,30 | 162 | 236 | 76 | 16,3 | 701 | 28,7 | 37,5 | 2,71 |
| | Média | 3,92a | 0,21b | 1,10a | 0,47 b | 0,26b | 148a | 222a | 85b | 16,3a | 645a | 28,4a | 30,4a | 2,61a |
| Média | Sem micorriza | 3,81A | 0,14A | 1,29A | 0,30A | 0,19A | 130A | 200A | 144A | 17,8A | 662A | 25,3A | 17,0A | 1,43A |
| | Com micorriza | 3,43A | 0,18A | 1,07A | 0,48B | 0,26A | 265A | 333B | 177A | 21,3A | 1562A | 24,2B | 31,0B | 1,93A |
| | | Conteúdo de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | | | |
| | | -----mg/planta----- | | | | | -----µg/planta----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 13,62 | 0,36 | 4,44Aa | 0,81 | 0,60 | 45 | 69 | 70 | 7,0 | 265 | | | |
| | Com micorriza | 32,49 | 1,36 | 14,65Bc | 4,46 | 2,48 | 334 | 521 | 233 | 40,6 | 1474 | | | |
| | Média | 23,06a | 0,86a | 9,54a | 2,63a | 1,54a | 190a | 295a | 152a | 23,8a | 870a | | | |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 95,83 | 4,72 | 33,52Cb | 9,26 | 5,38 | 419 | 489 | 317 | 29,9 | 2763 | | | |
| | Com micorriza | 108,40 | 6,27 | 23,03Dd | 15,22 | 8,14 | 439 | 641 | 206 | 44,3 | 1899 | | | |
| | Média | 102,12a | 5,50b | 28,28b | 12,24a | 6,76b | 429a | 565a | 261a | 37,1a | 2331a | | | |
| Média | Sem micorriza | 54,73A | 2,54A | 18,98 | 5,03A | 2,99A | 232A | 279A | 193A | 18,4A | 1514A | | | |
| | Com micorriza | 70,45B | 3,82A | 18,84 | 9,84A | 5,31A | 387A | 581A | 220A | 42,4A | 1686A | | | |

As médias da mesma coluna não seguidas pelas mesmas letras diferem significativamente ($P \leq 0,05\%$); as letras maiúsculas comparam as médias para os tratamentos de inoculação com micorrizas e as minúsculas comparam médias para os dois solos.

Tabela A 30. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento e na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Chamaecrista rotundifolia* aos 3 meses.

| Solo | Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | Al | Comprimento da raiz | Altura | Biomassa aérea |
|-----------------|---------------|--|-------|--------|-------|-------|---------------------|-------|-------|-------|-------|---------------------|--------|----------------|
| | | Concentração de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | cm | cm | g/planta |
| | | -----%----- | | | | | -----mg/kg----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 4,53 | 0,14 | 1,60 | 0,25 | 0,20 | 168 | 120 | 87 | 24,7 | 1008 | 12,0 | 6,0 | 0,38 |
| | Com micorriza | 4,10 | 0,12 | 1,06 | 0,39 | 0,23 | 201 | 202 | 109 | 21,5 | 1315 | 18,0 | 16,5 | 0,52 |
| | Média | 4,32 | 0,13a | 1,33a | 0,32a | 0,22a | 185a | 161a | 98a | 23,1a | 1162a | 15,0a | 11,3a | 0,45a |
| Mata de galeria | Sem micorriza | | 0,20 | 1,07 | 0,43 | 0,35 | 142 | 103 | 63 | 12,0 | 821 | 13,2 | 10,5 | 0,76 |
| | Com micorriza | 3,51 | 0,20 | 1,39 | 0,67 | 0,32 | 186 | 180 | 52 | 14,2 | 724 | 17,8 | 33,4 | 2,39 |
| | Média | 3,51 | 0,20b | 1,23a | 0,55b | 0,34b | 164a | 142a | 57b | 13,1a | 773a | 15,5a | 21,9b | 1,58b |
| Média | Sem micorriza | | 0,24A | 2,13A | 0,47A | 0,38A | 239A | 171A | 118A | 30,7a | 1419A | 18,6A | 11,3A | 0,76A |
| | Com micorriza | 3,81 | 0,22A | 1,75A | 0,72B | 0,39A | 294A | 291B | 135A | 28,6A | 1677A | 26,9A | 33,2B | 1,72B |
| | | Conteúdo de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | | | |
| | | -----mg/planta----- | | | | | -----µg/planta----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 17,23 | 0,54 | 6,08Ba | 0,96 | 0,78 | 64 | 46 | 33 | 9,4 | 383 | | | |
| | Com micorriza | 21,32 | 0,64 | 5,49Bb | 2,01 | 1,18 | 108 | 78 | 48 | 9,1 | 624 | | | |
| | Média | 19,27 | 0,59a | 5,78 | 1,48a | 0,98a | 85,7a | 62,0a | 40,2a | 9,3a | 504a | | | |
| Mata de galeria | Sem micorriza | | 1,52 | 8,12Aa | 3,24 | 2,64 | 105 | 105 | 57 | 11,2 | 684 | | | |
| | Com micorriza | 83,95 | 4,81 | 33,1Ac | 15,94 | 7,75 | 445 | 430 | 123 | 34,0 | 1730 | | | |
| | Média | | 3,17b | 20,64 | 9,59b | 5,19b | 274a | 267b | 90a | 22,6b | 1207a | | | |
| Média | Sem micorriza | | 1,03A | 7,10 | 2,10A | 1,71A | 84A | 75A | 45A | 10,3A | 533A | | | |
| | Com micorriza | 52,63 | 2,72A | 19,33 | 8,97B | 4,47B | 276A | 254B | 85B | 21,5B | 1177A | | | |

As médias da mesma coluna não seguidas pelas mesmas letras diferem significativamente ($P \leq 0,05\%$); as letras maiúsculas comparam as médias para os tratamentos de inoculação com micorrizas e as minúsculas comparam médias para os dois solos.

Tabela A31. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento, na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Dalbergia miscolobium* Benth. aos 5 meses.

| Solo | Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | Al | Comprimento da raiz | Altura | Biomassa aérea |
|--|---------------|--------|--------|-------|-------|---------------------|------|------|------|-------|------|---------------------|--------|----------------|
| Concentração de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | | | cm | cm | g/planta |
| -----%----- | | | | | | -----mg/kg----- | | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 3,95Aa | 0,106 | 2,48 | 0,22 | 0,16 | 126 | 114 | 95 | 39,4 | 508 | 19,3 | 12,9 | 1,37 |
| | Com micorriza | 2,70Bb | 0,080 | 0,58 | 0,25 | 0,20 | 120 | 327 | 99 | 17,0 | 586 | 25,6 | 16,2 | 1,58 |
| | Média | 3,33a | 0,093a | 1,53a | 0,24a | 0,18a | 123a | 220a | 97a | 28,2a | 547a | 22,4a | 14,5a | 1,48a |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 3,83Ca | 0,267 | 0,67 | 0,28 | 0,24 | 121 | 176 | 82 | 24,5 | 488 | 24,0 | 20,1 | 1,25 |
| | Com micorriza | 3,54Cc | 0,149 | 0,42 | 0,303 | 0,226 | 118 | 234 | 71 | 17,2 | 468 | 22,6 | 19,1 | 2,20 |
| | Média | 3,68b | 0,208b | 0,54a | 0,29a | 0,23a | 120a | 205a | 76a | 20,9a | 478a | 23,3a | 19,6b | 1,73a |
| Média | Sem micorriza | 3,89 A | 0,19A | 1,58A | 0,25A | 0,20A | 123A | 145A | 88A | 32A | 498A | 21,63A | 16,50A | 1,31A |
| | Com micorriza | 3,12 A | 0,11B | 0,50A | 0,28A | 0,21A | 119A | 280B | 85A | 17A | 527A | 24,08A | 17,65A | 1,89A |
| Conteúdo de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | | | | | |
| -----mg/planta----- | | | | | | -----µg/planta----- | | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 54,12 | 1,45 | 6,19 | 3,04 | 2,21 | 172 | 156 | 130 | 53,9 | 695 | | | |
| | Com micorriza | 42,66 | 1,27 | 9,22 | 4,03 | 3,20 | 151 | 220 | 102 | 30,6 | 610 | | | |
| | Média | 48,39a | 1,36a | 7,71a | 3,53a | 2,70a | 162a | 188a | 116a | 42,3a | 652a | | | |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 47,81 | 3,33 | 8,34 | 3,52 | 3,04 | 190 | 517 | 157 | 26,9 | 926 | | | |
| | Com micorriza | 77,83 | 3,27 | 9,30 | 6,66 | 4,96 | 261 | 514 | 155 | 37,9 | 1030 | | | |
| | Média | 62,82a | 3,30b | 8,82a | 5,09a | 4,00a | 225a | 516a | 156a | 32,4a | 978a | | | |
| Média | Sem micorriza | 50,96A | 2,39A | 7,27A | 3,28A | 2,62A | 181A | 336A | 144A | 40,4A | 810A | | | |
| | Com micorriza | 60,24A | 2,27A | 9,26A | 5,34A | 4,08A | 206A | 367B | 129A | A34,3 | 820A | | | |

As médias da mesma coluna não seguidas pelas mesmas letras diferem significativamente ($P \leq 0,05\%$); as letras maiúsculas comparam as médias para os tratamentos de inoculação com micorrizas e as minúsculas comparam médias para os dois solos.

Tabela A32. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento, na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Solanum lycocarpum* aos 3 meses.

| Solo | Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | Al | Comprimento da raiz | Altura | Biomassa aérea |
|-----------------|---------------|--|-------|--------|--------|-------|---------------------|--------|--------|-------|-------|---------------------|--------|----------------|
| | | Concentração de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | cm | cm | g/planta |
| | | -----%----- | | | | | -----mg/kg----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 6,53 | 0,18 | 2,06 | 0,16Aa | 0,25 | 347Aa | 66 | 163 | 41 | 905 | 15,0 | 4,5A | 0,12 |
| | Com micorriza | 5,49 | 0,15 | 3,65 | 0,26 | 0,33 | 343 | 317 | 404 | 51 | 1395 | 28,7 | 18,7B | 0,49 |
| | Média | 6,01a | 0,16a | 2,86a | 0,21a | 0,29a | 345a | 192a | 283a | 46a | 1150a | 21,8a | 11,6a | 0,31 |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 5,28 | 0,21 | 2,81 | 0,55 | 0,38 | 267 | 291 | 100 | 21 | 997 | 24,2 | 27,1 | 0,37 |
| | Com micorriza | 4,92 | 0,16 | 1,69 | 0,59 | 0,47 | 403 | 354 | 325 | 18 | 1661 | 34,7 | 26,0C | 1,78 |
| | Média | 5,10b | 0,18a | 2,25a | 0,57b | 0,42b | 335a | 322b | 213a | 20b | 1329a | 29,4b | 26,5C | 1,08b |
| Média | Sem micorriza | 5,90A | 0,19A | 2,44A | 0,36A | 0,31A | 307A | 178A | 131A | 31A | 951A | 21,83A | 15,8 | 0,25A |
| | Com micorriza | 5,20B | 0,15B | 2,67A | 0,42A | 0,40B | 373A | 335B | 364B | 34A | 1527B | 21,83B | 22,3 | 1,14B |
| | | Conteúdo de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | | | |
| | | -----mg/planta----- | | | | | -----µg/planta----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 7,83 | 0,216 | 2,48 | 0,19 | 0,30 | 42 | 8 | 20 | 5 | 109 | | | |
| | Com micorriza | 26,89 | 0,724 | 17,91 | 1,26 | 1,62 | 99 | 108 | 37 | 8 | 369 | | | |
| | Média | 17,36a | 0,47a | 10,19a | 0,73a | 0,96a | 70a | 58a | 28a | 6,4a | 239a | | | |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 19,55 | 0,774 | 10,40 | 2,05 | 1,41 | 168 | 156 | 198 | 25 | 683 | | | |
| | Com micorriza | 87,52 | 2,835 | 30,09 | 10,55 | 8,34 | 718 | 629 | 579 | 32 | 2956 | | | |
| | Média | 53,53b | 1,80b | 20,25a | 6,30b | 4,88b | 443b | 392b | 388a | 28,5a | 1820b | | | |
| Média | Sem micorriza | 13,69A | 0,49A | 6,44A | 1,12A | 0,85A | 104,8A | 81,7A | 108,7A | 15,0A | 396A | | | |
| | Com micorriza | 57,20B | 1,78B | 24,00A | 5,91B | 4,98B | 408,3B | 368,5B | 308,1B | 20,0B | 1663B | | | |

As médias da mesma coluna não seguidas pelas mesmas letras diferem significativamente ($P \leq 0,05\%$); as letras maiúsculas comparam as médias para os tratamentos de inoculação com micorrizas e as minúsculas comparam médias para os dois solos.

Tabela A33. Influência da inoculação com fungos micorrízicos no crescimento, na concentração e acumulação de nutrientes na biomassa aérea de mudas de *Miconia albicans* aos 5 meses.

| Solo | Tratamento | N | P | K | Ca | Mg | Fe | Mn | Zn | Cu | Al | Comprimento da raiz | Altura | Biomassa aérea |
|-----------------|---------------|--|--------|-------|-------|--------|---------------------|-------|-------|-------|--------|---------------------|--------|----------------|
| | | Concentração de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | cm | cm | g/planta |
| | | -----%----- | | | | | -----mg/kg----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 2,05 | 0,061 | 0,62 | 0,30 | 0,231 | 999 | 44,6 | 55,9 | 15,8 | 12746 | 25,0 | 7,9 | 0,300 |
| | Com micorriza | 2,05 | 0,069 | 0,98 | 0,31 | 0,148 | 639 | 59,2 | 69,0 | 18,3 | 13727 | 21,5 | 4,1 | 0,463 |
| | Média | 2,05a | 0,065a | 0,80a | 0,31a | 0,190a | 819a | 51,9a | 62,5a | 17,1a | 13237a | 23,3a | 6,0a | 0,381a |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 2,74 | 0,071 | 0,58 | 0,24 | 0,333 | 251 | 58,6 | 24,7 | 25,2 | 7903 | 17,7 | 2,4 | 0,248 |
| | Com micorriza | 2,72 | 0,071 | 0,69 | 0,28 | 0,289 | 368 | 58,5 | 34,6 | 27,3 | 8481 | 19,0 | 3,8 | 0,348 |
| | Média | 2,73b | 0,071a | 0,64a | 0,26a | 0,31b | 309b | 58,5a | 29,6b | 26,3a | 8192b | 18,3b | 3,1b | 0,298b |
| Média | Sem micorriza | 2,39A | 0,07A | 0,60A | 0,27A | 0,28A | 625A | 51,6A | 40,3A | 20,5A | 10324A | 21,3A | 5,2A | 0,274A |
| | Com micorriza | 2,38A | 0,07A | 0,84B | 0,29A | 0,22B | 504A | 58,8A | 51,8B | 22,8A | 11104A | 20,3A | 4,0A | 0,405A |
| | | Conteúdo de nutrientes na biomassa aérea | | | | | | | | | | | | |
| | | -----mg/planta----- | | | | | -----µg/planta----- | | | | | | | |
| Cerrado | Sem micorriza | 6,15 | 0,18 | 1,87 | 0,91 | 0,69 | 300 | 13,4 | 16,8 | 4,7 | 3824 | | | |
| | Com micorriza | 9,43 | 0,32 | 4,49 | 1,44 | 0,68 | 63 | 14,6 | 6,17 | 6,29 | 1976 | | | |
| | Média | 7,79a | 0,25a | 3,18a | 1,17a | 0,69a | 181a | 14a | 11a | 5,5a | 2900a | | | |
| Mata de galeria | Sem micorriza | 9,43 | 0,32 | 4,49 | 1,44 | 0,68 | 63 | 14,6 | 6,17 | 6,29 | 1976 | | | |
| | Com micorriza | 6,84 | 0,18 | 1,46 | 0,60 | 0,83 | 294 | 27,2 | 31,7 | 8,4 | 6314 | | | |
| | Média | 8,14b | 0,25a | 2,98b | 1,02a | 0,76b | 178b | 21b | 19b | 7,3a | 4145b | | | |
| Média | Sem micorriza | 7,79A | 0,25A | 3,18A | 1,17A | 0,69A | 181A | 14,0A | 11,5A | 5,5A | 2900A | | | |
| | Com micorriza | 8,14A | 0,25B | 2,98B | 1,02B | 0,76A | 178A | 20,9B | 19,0B | 7,3A | 4145B | | | |

As médias da mesma coluna não seguidas pelas mesmas letras diferem significativamente ($P \leq 0,05\%$); as letras maiúsculas comparam as médias para os tratamentos de inoculação com micorrizas e as minúsculas comparam médias para os dois solos.