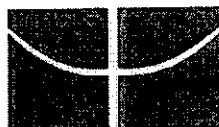


Universidade de Brasília
Departamento de Ecologia

Respostas de Mudas de Espécies Arbóreas do Cerrado a
Nutrientes em Latossolo Vermelho Escuro

José Teodoro de Melo

Brasília - 1999



UNIVERSIDADE DE BRASÍLIA
INSTITUTO DE CIÊNCIAS BIOLÓGICAS
DEPARTAMENTO DE ECOLOGIA

RESPOSTAS DE MUDAS DE ESPÉCIES ARBÓREAS DO CERRADO A
NUTRIENTES EM LATOSSOLO VERMELHO ESCURO

JOSÉ TEODORO DE MELO

Tese apresentada e defendida como requerimento
parcial para obtenção do título de Doutor, junto ao
programa de Pós-Graduação em Ecologia, do
Departamento de Ecologia da Universidade de Brasília,
sob orientação do professor Mundayatan Haridasan

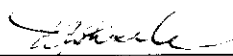
Brasília
Dezembro de 1999

Trabalho realizado junto ao Departamento de Ecologia do Instituto de Ciências Biológicas da Universidade de Brasília, sob orientação do Professor Mundayatan Haridasan, com suporte financeiro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA.

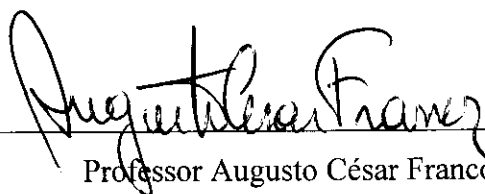
Aprovado por:



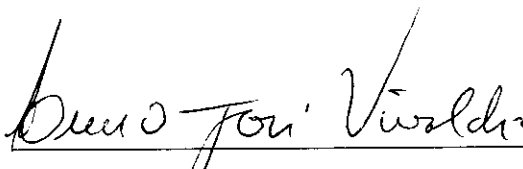
Professor Mundayatan Haridasan
Orientador



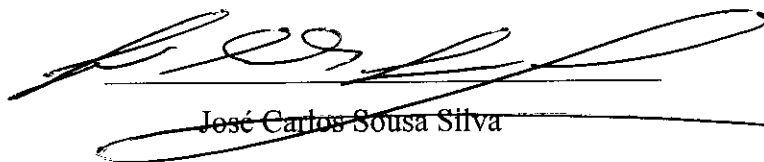
Professor Laércio Leonel Leite
Membro da Banca Examinadora



Professor Augusto César Franco
Membro da Banca Examinadora



Professor Lúcio José Vivaldi
Membro da Banca Examinadora



José Carlos Sousa Silva
Membro da Banca Examinadora

*À minha esposa
Joana d'Arc*

*Aos meus filhos
Jâmerson
Giovanna
Jussara*

DEDICO ESTE TRABALHO

AGRADECIMENTOS

Este trabalho foi realizado com o suporte financeiro da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – Embrapa, à qual expresso meus sinceros agradecimentos.

Agradeço ao professor Dr. Mundayatan Haridasan pela amizade, apoio e orientação durante todas as fases do curso, especialmente pela orientação no trabalho de tese em todas suas etapas.

Agradeço ao professor e colega da Embrapa Dr. Lúcio José Vivaldi pela ajuda no planejamento e análise estatística dos experimentos e também pelos conselhos e incentivos durante o curso.

Agradeço ao Dr. Eduardo Delgado Assad, Chefe Adjunto de Pesquisa e Desenvolvimento do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, pelo empenho na realização das análises químicas das plantas, colocando à disposição o laboratório de análises de tecidos.

Agradeço ao Dr. Euzébio Medrado da Silva, Chefe Adjunto de Apoio Técnico do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, pela liberação da casa de vegetação para a realização dos experimentos.

Aos funcionários do laboratório de solos do CPAC: Gonçalo Mourão Carlos; Ivanoel Gomes da Silva e João Neris da Silva pelas análises químicas dos tecidos vegetais. Ao funcionário da casa de vegetação Vanderlei pela ajuda na condução dos experimentos.

Ao assistente de pesquisa Celso Pereira Milhomen e ao funcionário Lourenço de Souza Caldas pela ajuda na coleta de dados.

Aos membros da banca examinadora pelas críticas e sugestões.

À toda minha família pela paciência, apoio e incentivo durante o curso.

SUMÁRIO

Lista de figuras	iv
Lista de tabelas	ix
Resumo	xi
Abstract	xiii
Introdução	1
Revisão bibliográfica	3
Material e métodos	9
Resultados	13
Nível de nutrientes no solo	13
Resposta de <i>Eugenia dysenterica</i> à adição de nutrientes	13
Altura e diâmetro do colo	13
Número de folhas, área foliar e peso específico foliar	14
Produção de matéria seca e relação raiz/parte aérea	16
Concentração de nutrientes na biomassa	25
Resposta de <i>Sclerolobium paniculatum</i> à adição de nutrientes	31
Altura e diâmetro do colo	31
Número de folhas, área foliar e peso específico foliar	31
Produção de matéria seca e relação raiz/parte aérea	38
Concentração de nutrientes na biomassa	41
Resposta de <i>Dipteryx alata</i> à adição de nutrientes	47
Altura e diâmetro do colo	47
Número de folhas, área foliar e peso específico foliar	47
Produção de matéria seca e relação raiz/parte aérea	54
Concentração de nutrientes na biomassa	56
Resposta de <i>Hancornia speciosa</i> à adição de nutrientes	62
Altura e diâmetro do colo	62
Número de folhas, área foliar e peso específico foliar	62
Produção de matéria seca e relação raiz/parte aérea	68
Concentração de nutrientes na biomassa	69
Discussão	78
Crescimento inicial das mudas	78
Resposta à adição de nutrientes	79
Conclusões	86
Bibliografia	88
Apêndice	94

LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 345 dias após a semeadura.	15
2	Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a altura de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	16
3	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o crescimento de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> aos 90 dias após a semeadura.	17
4	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 345 dias após a semeadura.	18
5	Efeito da adição de P no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	19
6	Efeito da adição de Ca no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	19
7	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o número de folhas por mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 345 dias após a semeadura.	20
8	Efeito da adição de P no solo sobre o número de folhas de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura	21
9	Efeito da adição de P no solo sobre a área foliar de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	21
10	Efeito da adição de Ca no solo sobre a área foliar de mudas <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	21
11	Efeito da adição de N no solo sobre o peso específico foliar de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	22
12	Efeito da adição de P no solo sobre o peso específico foliar de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	22

- 13 Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a produção de matéria seca foliar de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. 23
- 14 Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. 23
- 15 Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca de raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. 24
- 16 Efeito da adição de K no solo sobre a produção de matéria seca de raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. 24
- 17 Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. 24
- 18 Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento na parte aérea e nas raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. 27
- 19 Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de *Sclerobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro até 230 dias após a semeadura. 32
- 20 Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de *Sclerobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro até 230 dias após a semeadura. 33
- 21 Efeito da adição de nutrientes no crescimento de mudas de *Sclerobium paniculatum* aos 150 dias após a semeadura. 34
- 22 Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o número de folhas de mudas de *Sclerobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro até 230 dias após a semeadura. 35
- 23 Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o número de folhas de mudas de *Sclerobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro até 230 dias após a semeadura. 36
- 24 Efeito da adição de P no solo sobre a área foliar de mudas de *Sclerobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. 37
- 25 Efeito da adição de N no solo sobre o peso específico foliar de mudas de *Sclerobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. 37

26	Efeito da adição de Ca no solo sobre o peso específico foliar de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	37
27	Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca de folhas de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	39
28	Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	39
29	Efeito da adição de K no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	39
30	Efeito da adição de N e P no solo sobre a produção de matéria seca das raízes de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	40
31	Efeito da adição de N e P no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	40
32	Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento nas folhas, caule e raízes de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	43
33	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 210 dias após a semeadura.	48
34	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre diâmetro do colo de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 210 dias após a semeadura.	49
35	Efeito da adição de P no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	50
36	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o crescimento de mudas <i>Dipteryx alata</i> aos 165 dias após a semeadura.	51
37	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre número de folhas em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 210 dias após a semeadura.	52

38	Efeito da adição de P no solo sobre número de folhas em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	53
39	Efeito da adição de Mg no solo sobre número de folhas em mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	53
40	Efeito da adição de P no solo sobre área foliar de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	53
41	Efeito da adição de Mg no solo sobre área foliar de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	54
42	Efeito da adição de P no solo sobre peso específico foliar de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	54
43	Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca das folhas, caule e raízes de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	55
44	Efeito da adição de Mg no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	55
45	Efeito da adição de N no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	56
46	Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento nas folhas, caule e raízes de mudas de <i>Dipteryx alata</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.	59
47	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 170 dias após a semeadura.	63
48	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 170 dias após a semeadura.	64
49	Efeito da adição de nutrientes no crescimento de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> aos 165 dias após a semeadura	65
50	Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o número de folhas de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro até 170 dias após a semeadura.	66

51	Efeito da adição de N e K no solo sobre o número de folhas de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	67
52	Efeito da adição de P no solo sobre o número de folhas de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	67
53	Efeito da adição de P no solo sobre a área foliar de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	70
54	Efeito da adição de K no solo sobre a área foliar de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	70
55	Efeito da adição de K no solo sobre peso específico foliar de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	70
56	Efeito da adição de Ca no solo sobre peso específico foliar de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	71
57	Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca foliar de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	71
58	Efeito da adição de K no solo sobre a produção de matéria seca foliar de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	71
59	Efeito da adição de Ca no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	72
60	Efeito da adição de N no solo sobre a produção de matéria seca radicular de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	72
61	Efeito da adição de N no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	72
62	Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento na parte aérea e nas raízes de mudas de <i>Hancornia speciosa</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela	Título	Página
1	Níveis de nutrientes e quantidade de fertilizantes aplicado em cada vaso com 1,2 kg de solo.	9
2	Relação dos tratamentos formados pelas diferentes combinações dos níveis de nutrientes.	10
3	Características químicas do solo utilizado nos experimentos.	11
4	Esquema da análise de variância usada para analisar os experimentos.	12
5	Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento na parte aérea e nas raízes de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	28
6	Efeito da adição de P no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	28
7	Efeito da adição de K no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	29
8	Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	29
9	Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes parte aérea e raízes de mudas de <i>Eugenia dysenterica</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.	30
10	Efeito da adição de N no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	44
11	Efeito da adição de P no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	45
12	Efeito da adição de K no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	45
13	Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de <i>Sclerolobium paniculatum</i> em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.	46

- 14 Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. 46
- 15 Efeito da adição de N no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. 58
- 16 Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento nas folhas, caule e raízes de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. 60
- 17 Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento nas folhas, caule e raízes de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. 60
- 18 Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. 61
- 19 Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. 61
- 20 Efeito da adição de N no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. 75
- 21 Efeito da adição de P no solo sobre a concentração de nutrientes parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. 75
- 22 Efeito da adição de K no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. 76
- 23 Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. 76
- 24 Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. 77

RESUMO

O cerrado ocorre em solos onde os nutrientes geralmente são limitantes e por isso influenciam o funcionamento do ecossistema. Os solos são na maioria ácidos e de baixa fertilidade natural. Desse modo as espécies mais eficientes no aproveitamento dos nutrientes poderão ser mais produtivas e competitivas. Aumentar a fertilidade por meio da adição de nutrientes pode contribuir para maior produtividade, entretanto há poucos trabalhos envolvendo a fertilização de espécies nativas. O objetivo principal deste trabalho foi determinar a resposta de algumas espécies lenhosas nativas do cerrado a N, P, K, Ca e Mg em um solo distrófico para identificar os nutrientes mais limitantes.

Foram estudadas as respostas de mudas de quatro espécies nativas lenhosas do cerrado aos macronutrientes em casa de vegetação utilizando um experimento fatorial fracionado $(1/3) 3^5$ com três níveis de N, P, K, Ca e Mg inteiramente casualizado com duas repetições de uma planta por vaso. Foi utilizado como substrato solo coletado da camada superficial (0 – 15 cm) de um Latossolo Vermelho Escuro de um cerrado *sensu stricto* no Distrito Federal. As espécies foram: *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae), *Sclerolobium paniculatum* Vog. (Leguminosae), *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae) e *Hancornia speciosa* Gomez (Apocynaceae). As fontes de nutrientes utilizadas foram uréia (N), ácido ortofosfórico ou fosfato de sódio (P), cloreto de potássio (K), carbonato de cálcio (Ca) e carbonato de magnésio (Mg). A cada 15 dias foram avaliados o diâmetro do colo, a altura das plantas e o número de folhas. Ao final dos experimentos, cuja duração variou de 170 a 340 dias entre espécies, dependendo da disponibilidade de sementes em comunidades nativas e do crescimento, foram determinadas a produção de biomassa da parte aérea e raízes e a concentração de nutrientes nesses componentes.

De um modo geral, a aplicação de cada nutriente no solo aumentou a concentração do próprio nutriente em todas as partes da planta. O P foi limitante para as quatro espécies estudadas, promovendo maior crescimento das plantas. Todas as espécies foram capazes de absorver mais P, desde que houvesse maior disponibilidade no solo. A deficiência deste nutriente no solo pode ser um fator limitante comum para as espécies nativas em solos distróficos do cerrado. As interações entre nutrientes variaram entre as espécies.

O crescimento em altura e em diâmetro das mudas de *Eugenia dysenterica* foi contínuo durante os primeiros 345 dias após a semeadura e respondeu positivamente ao P e ao Ca. O número de folhas e a área foliar também aumentaram com a adição de P e de Ca no solo. A adição de N e de P diminuiu significativamente o peso específico foliar. Dos

nutrientes testados somente o Ca e o P aumentaram a produção de biomassa aérea. O uso de K aumentou a produção de matéria seca radicular e o P diminuiu a mesma. Houve aumento da concentração dos nutrientes em todas as partes da planta com a adição de cada nutriente ao solo, exceto no caso de N nas folhas. A aplicação de N provocou um decréscimo significativo na concentração de Mg na parte aérea e elevou a concentração de K nas raízes. O uso do P aumentou a concentração de N e de S na parte aérea e nas raízes. Além disso o P teve efeito positivo sobre a concentração de Mg nas raízes. A fertilização com Ca aumentou a concentração de N foliar, e de P e S nas raízes. A concentração foliar de N aumentou em função da fertilização com Mg e a de K caiu. O Mg causou ainda decréscimo significativo na concentração de Ca nas raízes.

O *Sclerolobium paniculatum* respondeu ao P aumentando o número de folhas, a área foliar e a produção de matéria seca das folhas, caule e raízes. A aplicação de cada nutriente no solo aumentou a concentração do próprio nutriente em todas as partes da planta. O aumento da disponibilidade de N no solo aumentou a concentração de S foliar sem influenciar a concentração dos outros nutrientes aplicados. A adição de P promoveu uma queda da concentração de N e K nas folhas, Ca no caule e S nas folhas, caule e raízes, mostrando a importância do P no balanço de nutrientes da planta.

Entre os nutrientes estudados somente o P e o Mg tiveram efeito significativo no crescimento do *Dipteryx alata*. O P aumentou o crescimento em diâmetro, número de folhas, área foliar e produção de matéria seca das folhas, caule e raízes, enquanto o Mg aumentou o número de folhas, a área foliar e a produção de matéria seca do caule. O aumento da disponibilidade de nutrientes no solo por meio de adubação aumentou a concentração dos nutrientes em todas as partes da planta. O fósforo diminuiu de maneira geral o K e o N e aumentou Ca e Mg. O potássio diminuiu as concentrações foliares de N e Mg. O cálcio não teve influência na concentração dos nutrientes nas folhas e no caule, mas diminuiu a concentração de N e Mg nas raízes e aumentou a de K. O magnésio diminuiu a concentração de N e K nas folhas e de Ca nas raízes.

Os nutrientes mais importantes para a *Hancornia speciosa* foram o P e o K aumentando o número, a área e o peso seco das folhas, porém sem alterar o crescimento das outras partes da planta. A aplicação de cada nutriente no solo aumentou a concentração do próprio nutriente em todas as partes da planta. A adição de N não alterou a concentração de nenhum outro nutriente em nenhuma parte da planta. O fósforo teve papel importantíssimo na concentração dos outros nutrientes nos tecidos da planta aumentando a concentração de N, K, Ca e Mg na parte aérea e de N, Ca e S nas raízes.

ABSTRACT

Title: Response of seedlings of some native woody species of the cerrado to nutrients in a dark red latosol.

The cerrado occurs in soils where nutrients are generally limiting and therefore influence the ecosystem functions. The soils are, in most cases, acid and of low fertility. Thus, species which are more efficient in the utilization of nutrients can be more productive and competitive. An increase in fertility by the addition of nutrients could lead to an increase in productivity. However, there is very little information available in the literature on the response of native species of the cerrado to the addition of fertilizers. The main objective of this investigation was to determine the nature of response of four native woody species of the cerrado to N, P, K, Ca and Mg in a dystrophic soil to identify the most limiting of these macronutrients for their growth.

The response of seedlings of four woody species to N, P, K, Ca and Mg was investigated in a greenhouse study using a $(1/3) 3^5$ factorial experiment with a completely random design with two replications and one seedling per pot in each replication. The soil utilized was collected from the surface layer (0-15 cm) of a dark red latosol under a native cerrado *sensu stricto* vegetation. The species were *Sclerolobium paniculatum* Vog. (Leguminosae), *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae), *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae) and *Hancornia speciosa* Gomez (Apocynaceae). The fertilizer materials used were urea (N), sodium phosphate or orthophosphoric acid (P), potassium chloride (K), calcium carbonate (Ca) and magnesium carbonate (Mg). Growth parameters such as height, stem diameter and number of leaves were recorded every fifteen days. Total shoot and root biomass and the concentration of nutrients in each component were determined at the end of the experiment, which varied from 170 to 340 days depending on the season of the availability of the seeds for collection in natural communities and the growth rate of the seedlings.

The addition of each nutrient to the soil increased its concentration in all components of the biomass in all species, with few exceptions. Phosphorus was found to be limiting for all the four species, promoting better growth and production of dry matter in the seedlings. All species were capable of absorbing more of this nutrient with greater availability in the soil. The deficiency of this nutrient could thus be a general limiting factor for native species in the dystrophic soils of the cerrado. Interactions among nutrients varied from species to species.

The increase in plant height and stem diameter in the seedlings of *Eugenia dysenterica* was continuous during the first 315 days after germination and responded positively to the addition of P and Ca. The number of leaves and leaf area also increased with the addition of P and Ca. The addition of N and P decreased specific leaf mass. Only Ca and P increased aerial biomass while K increased root biomass. Phosphorus decreased root biomass. The addition of each nutrient to the soil increased its concentration in all components of the biomass, except for N in the leaves. Addition of N resulted in a decrease in the shoot concentration of Mg but increased K levels in the roots. Phosphorus increased N and S concentrations in the shoot and as well as the root. P also increased Mg in the root and decreased Ca in the shoot. Addition of Ca increased N in the leaves and P and S in the roots. Addition of Mg resulted in an increase in the foliar concentrations of N. Leaf concentrations of K and root concentrations of Ca decreased with the addition of Mg.

The response of *Sclerolobium paniculatum* to P was evident in the increased number of leaves, leaf area and dry matter production of leaves, stem and roots. The addition of each nutrient to the soil increased its concentration in all components of the biomass. The application of N increased the concentration of only S in the leaves without affecting other nutrients. The addition of P resulted in lower foliar concentrations of N and K, Ca in the stem and S in leaves, stem and roots.

Among the macronutrients, only P and Mg increased the growth of *Dipteryx alata*. Phosphorus increased the stem diameter, number of leaves, leaf area and dry matter of leaves, stem and roots. Magnesium increased the number of leaves, leaf area and dry matter of stem. The addition of each nutrient to the soil increased its concentration in all components of the biomass. The addition of P decreased the concentrations of N and K in all components and increased the concentrations of Ca and Mg. Potassium decreased the concentrations of N, Ca and Mg in the leaves. Foliar concentrations of other nutrients were not affected by Ca, but it decreased the root concentrations of N and Mg and that of K increased with the addition of Ca. Concentrations of N and K in the leaves and Ca in the roots decreased with the addition of Mg.

The addition of P and K increased the number, area and biomass of leaves in the seedlings of *Hancornia speciosa* without affecting the allocation of dry matter in other components. The addition of each nutrient to the soil increased its concentration in all components of the biomass. The application of N did not affect the concentration of any other nutrient whereas P increased the shoot concentrations of N, K, Ca and Mg and root concentrations of N, Ca and S.

INTRODUÇÃO

O conhecimento dos recursos que limitam o crescimento das plantas, principalmente na fase de mudas, é de grande importância para entender os processos que contribuem para a manutenção da diversidade de espécies e do porte da vegetação. As savanas, incluindo o Cerrado, ocorrem na zona tropical onde a disponibilidade de água e nutrientes são fatores que determinam o funcionamento destes ecossistemas (Frost *et al.*, 1986).

Os solos do cerrado são na maioria ácidos e com baixa fertilidade natural. O pH situa-se entre 4,0 e 5,5; a soma de bases apresenta valores bastante baixos que variam de 0,2 a 3,8 cmol(+) dm⁻³ nos horizontes superficiais. A capacidade de troca catiônica efetiva na maioria das vezes está abaixo de 2,0 cmol(+) dm⁻³. A saturação de Al é geralmente alta, provocando toxicidade na maioria das plantas cultivadas. Os níveis de Ca e Mg trocáveis geralmente situam-se abaixo de 1,5 e 0,5 cmol(+) dm⁻³, indicando extrema deficiência destes elementos para o crescimento das plantas (Lopes & Cox, 1977; Goedert, 1983; Adámoli *et al.*, 1986; Lobato, 1982). A disponibilidade de P é extremamente baixa, geralmente menos de 0,1 mg kg⁻¹. Além disso a maior parte do P total está na forma não lábil (Sousa *et al.*, 1986). A disponibilidade de N é também baixa e culturas como o milho, sorgo, trigo, algodão, arroz e feijão respondem à adubação nitrogenada (Suhet *et al.*, 1986). Desse modo as espécies mais eficientes no aproveitamento deste recurso serão mais produtivas. Esta eficiência depende da habilidade de cada uma em absorver nutrientes e água (Medina, 1995).

Vários trabalhos mostram que o ecossistema do cerrado apresenta baixo estoque de elementos essenciais. Silva (1990) mostrou que o estoque de nutrientes na biomassa arbórea do cerrado é muito baixo quando comparado com outras florestas tropicais. O autor atribuiu este fato à carência de macronutrientes no solo como P, K, Ca e Mg. Vilela (1990) avaliou a resposta do estrato herbáceo de um cerrado à irrigação e à calagem e concluiu que a água é um fator limitante ao crescimento aéreo de gramíneas e que a baixa concentração de Ca disponível no solo não parece ser o fator mais limitante à produção primária da camada rasteira do cerrado. Moraes (1994) avaliou o efeito da adubação com N, P, K e calagem sobre a concentração foliar de nutrientes em seis espécies arbóreas do cerrado, porém sem avaliar o efeito isolado de cada nutriente nem as interações

entre eles. A autora concluiu que o elemento a apresentar as melhores respostas foi o Ca, caracterizando uma carência acentuada nos tecidos da maioria das plantas do cerrado.

Apesar da baixa fertilidade dos solos de cerrado ainda são poucos os trabalhos sobre resposta das plantas nativas do cerrado à fertilização. Alguns trabalhos mostram que a taxa de crescimento geralmente é baixa (Arasaki & Felipe, 1990; Godoy & Felipe, 1992; Paulilo *et al.*, 1993; Melhem, 1975; Sasaki *et al.*, 1996). Os trabalhos até agora desenvolvidos geralmente analisam o efeito de calagem, sem considerar o Ca e o Mg separadamente como nutrientes ou então calagem mais um nível fixo de adubação. A importância do Ca como nutriente em solos de cerrado foi constatada para soja em Planaltina, DF em Latossolo Vermelho Escuro (Souza & Ritchey, 1988). No tratamento em que o Ca foi omitido a produção de grãos foi muito reduzida, o sistema radicular das plantas não apresentou desenvolvimento radicular, nem lateral nem em profundidade, o que possivelmente limitou a absorção de água e de outros nutrientes. Resposta a Mg foi observada em Latossolo Vermelho Escuro com o milho e soja (Souza & Ritchey, 1988).

Dada escassez generalizada de nutrientes no solos do cerrado e a carência de estudos com espécies nativas, é importante avaliar a resposta destas espécies a diferentes níveis de macronutrientes ao mesmo tempo.

Neste trabalho testou-se a hipótese de que os baixos níveis de macronutrientes no solo seriam limitantes para o crescimento das plantas arbóreas nativas do cerrado e que o aumento dos níveis N, P, K, Ca e Mg no solo aumentaria o crescimento destas plantas. Para isso foram avaliados o crescimento, a produção de biomassa, relação raiz parte aérea e a concentração de nutrientes na biomassa de plantas de quatro espécies arbóreas nativas do cerrado em Latossolo Vermelho Escuro distrófico em três níveis destes nutrientes.

REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

As diferentes formas fisionômicas da vegetação da região dos Cerrados como cerradão, cerrado (*sensu stricto*), campo sujo e campo limpo, são consequência das mudanças nos fatores edáficos como profundidade do solo, nível do lençol freático e variações na declividade (Haridasan, 1992). As principais classes de solos na região do Cerrado são: Latossolos, Areias Quartzosas, Lateritas Hidromórficas, Podzólicos e Litossolos, sendo que os Latossolos representam um pouco mais de 50% e as Areias Quartzosas cerca de 20% do total (Lopes, 1984). Os solos do Cerrado caracterizam-se por intenso intemperismo, a topografia e o relevo são muito variáveis porém prevalece relevo plano a ondulado. A presença de altos níveis de Al trocável e baixo teor de Ca afetam negativamente a produtividade das plantas cultivadas (Lopes, 1984). Um dos maiores efeitos decorrentes da alta saturação de Al é a redução do desenvolvimento radicular e, conseqüentemente, a absorção de nutrientes e água (EMBRAPA, 1976; Ritchey *et al.*, 1980, 1982; Goedert, 1983).

Muitos trabalhos mostram que a vegetação lenhosa do cerrado apresenta baixos teores de nutrientes na biomassa, principalmente Ca, K e Mg (Ribeiro, 1983; Haridasan & Araújo 1988; Silva, 1990). Várias espécies acumulam Al nos tecidos (Haridasan, 1982; Haridasan *et al.*, 1987). Algumas espécies ocorrem apenas em solos distróficos com baixo teor de Ca, outras ocorrem apenas em solos mesotróficos com altos teores de Ca (Haridasan & Araújo, 1988). Algumas possíveis adaptações ao estresse nutricional em solos de baixa fertilidade são: baixa taxa de crescimento e, conseqüentemente, baixa exigência nutricional, alta capacidade de absorção, baixa perda de nutrientes e alterações no uso bioquímico dos nutrientes (Chapin, 1983). As espécies adaptadas a solos distróficos talvez respondam a pequenos aumentos ocasionais no nível de fertilidade, o que permite a elas adquirir e manter reservas para sobreviver a períodos de baixa disponibilidade de nutrientes no solo (Goldstein *et al.*, 1988).

Vários autores têm mostrado que em ecossistemas naturais a baixa disponibilidade de nutrientes pode ser limitante para o crescimento das plantas. Burslem *et al.* (1995), trabalhando com quatro espécies de floresta tropical de Singapura, em solos de baixa fertilidade e ácidos, verificaram que o P não era o nutriente limitante, entretanto as plantas respondiam à aplicação de Mg. Denslow *et al.* (1987) trabalhando com três espécies

de *Miconia* em solo de floresta tropical com 1,5 mg de P kg⁻¹ e 0,45% de N verificaram que estes nutrientes não eram limitantes e sim outros que não foram identificados.

A limitação causada por nutrientes pode variar entre grupos de espécies. Fetcher *et al.* (1996) trabalhando com espécies pioneiras e não pioneiras, na Costa Rica, verificaram que o N foi limitante para os dois grupos e o P só para as pioneiras. No Brasil Silva *et al.* (1996) verificaram que as espécies pioneiras e secundárias foram mais eficientes em adquirir e utilizar o K que as tardias e que a resposta à adição deste nutriente depende do estágio sucessional. As espécies pioneiras crescem rapidamente e respondem mais à adição de nutrientes quando jovens que na fase adulta. Ao contrário, as espécies tardias respondem à adição de nutrientes até idade muito avançada (Chapin *et al.*, 1986).

Em ambientes parecidos com o bioma Cerrado já foram constatadas algumas limitações causadas por nutrientes. Miragaya *et al.* (1983) trabalhando com duas gramíneas das savanas da Venezuela verificaram que a adição de N, P e K e de N e P combinados aumentou significativamente a produção de matéria seca da parte aérea e concluíram que o baixo nível de nutrientes no solo era fator limitante. Nas savanas australianas, o N e o P são os primeiros elementos a tornarem limitantes (Christie & Moorby, 1975). Em algumas situações estes elementos sozinhos não são capazes de promover qualquer acréscimo na produção, sendo necessária a combinação dos dois elementos para que haja resposta (Beadle, 1953).

O fato das espécies nativas do cerrado serem tolerantes à baixa fertilidade, não elimina a possibilidade de respostas à fertilização. Bruford (1993) analisou a resposta de *Palicourea rigida*, *Miconia albicans* e *Qualea parviflora* à fertilização e calagem, verificando um aumento na concentração foliar de Ca, K e P com o aumento da fertilidade do solo. Moraes (1994) avaliou a resposta de três leguminosas: *Dimorphandra mollis*, *Stryphnodendron adstringens* e *Dalbergia violacea* e de três não leguminosas: *Roupala montana*, *Ouratea hexasperma* e *Didymopanax macrocarpum* à adubação e calagem, avaliando a concentração nos tecidos. Os resultados mostraram que apenas *Roupala montana* não respondeu à maior disponibilidade de Ca no solo. A calagem não causou alterações significativas nas concentrações de N, P, K e Mg. *Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron adstringens* não responderam à aplicação de fertilizantes nitrogenados. A resposta à aplicação de K e Mg variou com a espécie. Nenhuma delas apresentou aumento na concentração de P na folha com a fertilização.

O efeito da fertilização sobre as espécies do cerrado já foi observado por vários autores. Vilela & Haridasan (1994) verificaram que a vegetação rasteira, incluindo gramíneas e não gramíneas, respondeu à calagem pela absorção de mais Ca, porém sem aumento na produção de biomassa aérea viva. Garcia (1990) estudando a resposta de *Vochyisia thyrsoidea* e de *Qualea parviflora* a Ca, Mg e P constatou uma maior concentração de Ca e Mg nas folhas devido aos tratamentos, o mesmo não acontecendo com o P e o Al. Moraes (1994) concluiu que há uma carência acentuada de Ca nos tecidos de algumas espécies arbóreas do cerrado quando o solo não recebe nenhuma correção com este nutriente. Vilela (1990) verificou que a calagem não afetou a produção de biomassa aérea do estrato rasteiro, concluindo que o Ca não parece ser o fator mais limitante.

As exigências nutricionais das árvores e gramíneas diferem substancialmente, sobretudo por Ca e K. Se o Ca estiver em níveis apropriados as árvores o absorvem significativamente mais que as gramíneas (Drake, 1965). O Ca estimula o desenvolvimento das raízes e folhas, entra na composição da parede celular, ajuda a reduzir os nitratos, a ativar vários enzimas e a neutralizar os ácidos orgânicos da planta. O K atua como ativador enzimático, no metabolismo de carboidratos, na síntese de proteínas, na abertura e fechamento dos estômatos, na fotossíntese e na translocação de fotoassimilados.

Os níveis críticos e as exigências nutricionais variam com a espécie, solo e com o nível de outros nutrientes no solo, fazendo com que o mesmo nível seja limitante para um espécie e não seja para outra. A exigência de N é muito variável entre as espécies arbóreas, sendo de cerca de 80 mg kg⁻¹ de solo para o *Sclerolobium paniculatum* para se obter 90% da produção máxima de matéria seca (Dias *et al.*, 1992); 100 mg kg⁻¹ de solo para *Acacia mangium* (Dias *et al.*, 1991b); 52 mg kg⁻¹ de solo para o *Eucalyptus grandis* (Locatelli, 1984) ou de 50 a 150 mg kg⁻¹ para os eucaliptos de um modo geral (Neves *et al.*, 1990). Quanto as culturas os níveis podem ser maiores ainda. A dose de N, para o milho pode chegar a 120 kg ha⁻¹ em solos pobres neste elemento (Lobato *et al.*, 1972; Freitas *et al.*, 1972).

A dosagem de P recomendada, para se obter 90% da produção máxima de matéria seca de mudas de *Sclerolobium paniculatum* é de 278 mg kg⁻¹ de solo quando o nível do elemento no solo foi de 26 mg kg⁻¹; o nível de Ca no solo é inferior a 75 mg kg⁻¹ (Dias *et al.*, 1991a).

O nível crítico de K no solo, para as culturas de um modo geral, situa se na faixa de 50 a 60 mg kg⁻¹, embora haja resposta até níveis mais elevados. Algodão, milho e

soja respondem à adubação potássica até 75 mg kg⁻¹ (Mikkelsen *et al.*, 1963), milho responde até 125 mg kg⁻¹, no entanto a adição de apenas 31 mg kg⁻¹ proporciona aumento de 75% no rendimento em peso de grãos. Desse modo o critério de disponibilidade adotado para as culturas não pode ser usado para espécies arbóreas como o eucalipto e espécies do cerrado.

O nível crítico de nutrientes pode variar com a idade da planta. No caso de eucalipto, por exemplo, o nível crítico de P varia de cerca de 90 mg kg⁻¹ para mudas com 95 dias a cerca de 10 mg kg⁻¹ para mudas com 140 dias. Isto faz com que seja praticamente impossível a produção de mudas em solos de cerrado sem a adição de P (Novais *et al.*, 1982). Se isto for verdade para espécies do cerrado, esta maior exigência na fase inicial de desenvolvimento pode ter importante papel ecológico no sentido de limitar a quantidade de mudas a se desenvolver e, conseqüentemente, o número de plantas adultas, evitando que o cerrado se transforme rapidamente em uma vegetação mais densa.

A resposta de todas as plantas lenhosas à deficiência mineral é qualitativamente similar. Quando os nutrientes são menos disponíveis no solo, menos nutrientes são absorvidos reduzindo a taxa fotossintética. O crescimento é o processo mais afetado pelo estresse nutricional, sendo geralmente maior que o declínio observado na fotossíntese (Chapin, 1980). As plantas de solos de baixa fertilidade, comparadas com as originárias de solos de maior fertilidade, apresentam maior relação raiz/parte aérea sendo esta alta relação em parte resposta fenotípica ao estresse nutricional. Esta relação pode variar com o aumento da disponibilidade de nutrientes, como é o caso de *Thyridolepis mitchelliana* cuja relação varia duas vezes em resposta a fosfato (Christie & Moorby, 1975).

Vários fatores atuam no crescimento e qualidade de mudas. No caso das espécies exigentes em Ca a calagem destaca se pois afeta a absorção de outros nutrientes e suas concentrações nas plantas à medida que o pH aumenta. Em *Myracrodruon urundeuva* Fr. All (aroeira) o maior crescimento foi verificado com saturação de bases de 60% (Barbosa *et al.*, 1995a) enquanto os teores foliares de P aumentaram com o aumento das doses de calcário e os de K diminuíram (Barbosa *et al.*, 1995b). A dose recomendada varia com o nutriente considerado e com a espécie.

Para as espécies do cerrado há carência de informações a respeito dos níveis adequados de nutrientes, das exigências nutricionais das espécies e dos nutrientes mais limitantes. A carência de nutrientes pode ser um fator determinante da estrutura e mesmo da biodiversidade da vegetação. Desse modo solos com teores de nutrientes muito altos ou

muito baixos são freqüentemente associados à baixa diversidade de espécies (Medina, 1995). Por isso estudos desta natureza podem contribuir para um maior conhecimento sobre o funcionamento do ecossistema cerrado no que se refere à influência da fertilidade do solo sobre o porte da vegetação, densidade e sobrevivência das plantas.

Várias espécies do cerrado, devido ao valor econômico e também pela ampla ocorrência, vem despertando o interesse de produtores da região que tem procurado os órgãos de pesquisa em busca de informações básicas sobre seu cultivo, produção de mudas, exigências nutricionais e manejo. Entre estas *Eugenia dysenterica* DC (cagaita), da família Myrtaceae, *Sclerolobium paniculatum* Vog (carvoeiro), da família Leguminosae, *Dipteryx alata* Vog. (baru), da família Leguminosae, e *Hancornia speciosa* Gomez (mangaba), da família Apocynaceae, foram escolhidas para o presente trabalho.

Eugenia dysenterica apresenta ampla distribuição ocorrendo naturalmente nos estados da Bahia, Minas Gerais, Goiás, Maranhão, Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Pará, Piauí, São Paulo e Tocantins e no Distrito Federal, nas fisionomias de cerradão mesotrófico e distrófico e cerrado *sensu stricto*. A *Eugenia dysenterica* é uma árvore melífera, ornamental, fornece madeira para pequenas obras civis, carvão e lenha. O uso é bastante difundido na região do Cerrado, sendo consumida ao natural ou na forma de sorvete (Almeida *et al.*, 1998). De acordo com Silva Júnior *et al.* (1987), esta espécie parece estar relacionada com solos de baixa fertilidade, pois atinge o mais alto índice de valor de importância neste tipo de solo, por isso provavelmente apresenta maior capacidade de competição em solos com baixa fertilidade, podendo ser considerada indicadora deste tipo de solo.

Sclerolobium paniculatum é uma espécie potencial para reflorestamento, pois apresenta boa produção de biomassa (Carpanezzi *et al.*, 1983). Sua madeira apresenta características comparáveis àquelas usadas no sul do país como fonte de energia (Tomaselli *et al.*, 1983). A distribuição geográfica é muito vasta indo desde as Guianas até o Peru. No Brasil ocorre desde a Amazônia até Minas Gerais e vegeta nos campos e nas pequenas matas, de preferência em solos secos (Correa, 1984).

Dipteryx alata ocorre naturalmente nos estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Minas Gerais, Goiás, Piauí e Maranhão em ambiente de cerrado, cerradão, e floresta estacional semi-decídua. É uma árvore perenifólia a levemente caducifólia e heliófita. Ocorre naturalmente em solos secos, profundos ou não, calcários ou ácidos e é pouco exigente em relação à fertilidade de solo (Ratter *et al.*, 1978; Carvalho, 1994),

entretanto, de acordo com Filgueiras & Silva (1975) tem preferência por solos ácidos e de média fertilidade. A espécie atinge de 15 a 25 m de altura e diâmetro de 40 a 70 cm (Lorenzi, 1992). A madeira é de cor clara, alburno branco amarelado e cerne castanho amarelado, pesada e compacta, com densidade entre 0,90 e 1,20 g cm⁻³, sendo muito apreciada na construção de estacas, postes, obras hidráulicas, moirões, dormentes, construção civil e lenha de boa qualidade (Carvalho, 1994; Lorenzi, 1992). A polpa e as sementes de são altamente energéticas, nutritivas e ricas em minerais, principalmente o K (Vallilo *et al.*, 1990). A semente apresenta alto teor protéico com cerca de 24% a 38% de lipídios, superando a soja e o feijão amarelo (Almeida, 1998).

Hancornia speciosa ocorre na região Nordeste do país, na Caatinga e no cerrado dos estados Bahia, Mato Grosso, Minas Gerais, São Paulo e Mato Grosso do Sul e Distrito Federal. É também encontrada na região litorânea e em algumas regiões do Pará e no vale do rio Tapajós na região Amazônica. É uma árvore melífera e ornamental cuja madeira, embora não seja de boa qualidade, é usada como lenha. É uma planta decídua de formações abertas, comum em solos de baixa fertilidade e arenoso (Lorenzi, 1992). No cerrado, ocorre principalmente em encostas pedregosas.

MATERIAL E MÉTODOS

Foi estudado a resposta de quatro espécies do cerrado a N, P, K, Ca e Mg. As espécies foram: *Eugenia dysenterica* DC. (Myrtaceae), *Sclerolobium paniculatum* Vog. (Legumisossae), *Dipteryx alata* Vog. (Legumisossae) e *Hancornia speciosa* Gomez (Apocynaceae). Estas espécies são de ampla distribuição em Latossolos bem drenados, de fácil germinação, mas se dispõe de poucas informações sobre suas exigências nutricionais.

O delineamento estatístico foi fatorial fracionado $(1/3)^5$ (Cochran & Cox, 1957) composto de três níveis de N, P, K, Ca e Mg, inteiramente casualizado com duas repetições de uma planta por vaso e rotação dos vasos a cada mês. Os tratamentos foram formados por combinações de três níveis dos nutrientes conforme descrito na Tabela 1, perfazendo 81 tratamentos (Tabela 2). Foi utilizado o mesmo delineamento para cada uma das quatro espécies. As fontes de nutrientes utilizadas foram uréia, ácido ortofosfórico, cloreto de K, carbonato de cálcio e carbonato de magnésio. Para o primeiro ensaio com *Eugenia dysenterica* a fonte de P utilizada foi o fosfato de sódio. Entretanto, observamos necrose foliar nas mudas devido à toxicidade do sódio. Por isso, nos ensaios com as outras espécies foi usado o ácido ortofosfórico como fonte de P.

Tabela 1. Níveis de nutrientes e quantidade de fertilizantes aplicado em cada vaso com 1,2 kg de solo.

Nutriente	mg kg ⁻¹ solo			mg fertilizante/vaso		
	Nível 0	Nível 1	Nível 2	Nível 0	Nível 1	Nível 2
N	0	60	120	0	160	320
P	0	100	200	0	536	1071
K	0	60	120	0	144	288
Ca	0	60	120	0	180	360
Mg	0	30	60	0	125	250

Os experimentos foram instalados em casa de vegetação do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados da EMBRAPA em Planaltina-DF. Como recipientes foram usados vasos de polietileno com capacidade para 1230 cm³ (13,6 cm de diâmetro na boca, 10,3 cm de diâmetro no fundo 11,8 cm de altura). Foram semeadas cinco sementes por vaso e após a germinação as mudas em excesso retiradas deixando apenas uma. Devido a diferenças na época de coleta, germinação e viabilidade das sementes o período

de semeadura variou entre as espécies. O experimento de *Eugenia dysenterica* foi semeado em 17/04/98, o de *Sclerolobium paniculatum* em 10/09/98, o de *Dipteryx alata* em 26/08/98 e o de *Hancornia speciosa* em 26/10/98. O solo utilizado foi Latossolo Vermelho Escuro argiloso (52% argila, 13% silte, 3% areia grossa e 25% areia fina) coletado de cerrado *sensu stricto*, em área protegida no Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados, na camada de 0 a 15 cm, peneirado e esterilizado em autoclave a 120°C por duas horas. As características químicas do solo estão na Tabela 3.

Tabela 2. Relação dos tratamentos formados pelas diferentes combinações dos níveis de nutrientes.

N	P	K	Ca	Mg	N	P	K	Ca	Mg
0	0	0	0	0	1	1	1	2	1
0	0	0	1	2	1	1	2	0	2
0	0	0	2	1	1	1	2	1	1
0	0	1	1	1	1	1	2	2	0
0	0	1	2	0					
0	0	1	0	2	1	2	0	2	1
0	0	2	2	2	1	2	0	0	0
0	0	2	1	0	1	2	0	1	2
0	0	2	0	1	1	2	1	2	0
					1	2	1	0	2
0	1	0	1	1	1	2	1	1	1
0	1	0	2	0	1	2	2	2	2
0	1	0	0	2	1	2	2	1	0
0	1	1	0	1	1	2	2	0	1
0	1	1	1	0					
0	1	1	2	2	2	0	0	1	0
0	1	2	0	0	2	0	0	0	1
0	1	2	1	2	2	0	0	2	2
0	1	2	2	1	2	0	1	2	1
0	1	2	2	1	2	0	1	1	2
0	2	0	1	0	2	0	1	0	0
0	2	0	0	1	2	0	2	1	1
0	2	0	2	2	2	0	2	2	0
0	2	1	1	2	2	0	2	0	2
0	2	1	2	1					
0	2	1	0	0	2	1	0	1	2
0	2	2	0	2	2	1	0	2	1
0	2	2	1	1	2	1	0	0	0
0	2	2	2	0	2	1	1	1	1
					2	1	1	0	2
1	0	0	1	1	2	1	1	2	0
1	0	0	0	2	2	1	2	0	1
1	0	0	2	0	2	1	2	2	2
1	0	1	0	1	2	1	2	1	0
1	0	1	1	0					
1	0	1	2	2					
1	0	2	2	1	2	2	0	2	0
1	0	2	1	2	2	2	0	1	1
1	0	2	0	0	2	2	0	0	2
					2	2	1	0	1
1	1	0	2	2	2	2	1	1	0
1	1	0	1	0	2	2	1	2	2
1	1	0	0	1	2	2	2	0	0
1	1	1	1	2	2	2	2	2	1
1	1	1	0	0	2	2	2	1	2

Os fertilizantes foram pesados separadamente e adicionados ao solo antes do plantio. Durante o período de avaliação do crescimento das mudas foram aplicados semanalmente cinco ml de solução de benlate (benomil) 0,5% por vaso visando a redução de incidência de doenças fúngicas, principalmente fusariose. A umidade do substrato foi mantida através de irrigações com água destilada. Para avaliar o efeito dos tratamentos na fertilidade do solo foram analisadas 16 amostras escolhidas ao acaso em cada nível aplicado de cada nutriente.

Tabela 3. Características químicas do solo utilizado nos experimentos.

Característica química	Valor
pH em água	4,8
P, mg kg ⁻¹	0,1
K, cmol(+) dm ⁻³	0,07
Ca, cmol(+) dm ⁻³	0,17
Mg, cmol(+) dm ⁻³	0,07
Al, cmol(+) dm ⁻³	0,38
H + Al, cmol(+) dm ⁻³	6,16

O diâmetro do colo, a altura das plantas e o número de folhas por planta foram avaliados a cada 15 dias. As épocas de coleta variaram dependendo da espécie. A *Eugenia dysenterica* foi coletada em 15/03/99, o *Dipteryx alata* em 02/04/99, o *Sclerolobium paniculatum* em 05/05/99 e a *Hancornia speciosa* em 18/05/99. As plantas foram cuidadosamente retiradas dos recipientes e secas a 60 °C em estufa (FABBE, MODELO 171) durante 72 horas para avaliação da produção de matéria seca e dos teores de nutrientes.

Para as análises químicas o material foi moído em moinho Wiley e digerido por uma solução de ácido perclórico e peróxido de hidrogênio na proporção de 2:1 (Adler & Wilcox, 1985). O Ca e o Mg foram determinados através de espectrofotometria de absorção atômica, K no fotômetro de chama e o P e o S por espectrofotometria. O N foi determinado por colorimetria (método de Nessler).

A análise de variância foi feita individualmente para cada espécie estudada (Tabela 4). Para tornar os ensaios balanceados, visto que houve morte natural de algumas plantas, foi usado a média das duas repetições ou da parcela sobrevivente (Davies, 1978; Hinkelmann, & Kempthorne, 1994). Foram determinados o efeito de cada nutriente bem como as interações de segunda ordem para as variáveis altura, diâmetro do colo, número de

folhas por planta, área foliar, peso específico foliar, produção de matéria seca da folha, do caule e da raiz, relação raiz/parte aérea, e teor de nutrientes na raiz e parte aérea, todos conforme o quadro de análise na Tabela 4. As médias foram comparadas pelo teste de Tukey. As análises foram feitas através do programa SAS.

Tabela 4. Esquema da análise de variância usada para analisar os experimentos.

Fonte de variação	Graus de liberdade
N	2
P	2
K	2
Ca	2
Mg	2
N x P	4
N x K	4
N x Ca	4
N x Mg	4
P x K	4
P x Ca	4
P x Mg	4
K x Ca	4
K x Mg	4
Ca x Mg	4
Erro	30
Total	80

RESULTADOS

Nível de nutrientes no solo

A aplicação de 100 e de 200 mg de P kg⁻¹ de solo elevou a disponibilidade do nutriente de 0,1 cmol(+) dm⁻³ para 8 e 25 cmol(+) dm⁻³, enquanto a aplicação de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo elevou a disponibilidade do nutriente de 0,07 cmol(+) dm⁻³ para 0,33 e 0,42 cmol(+) dm⁻³. A disponibilidade de Ca no solo aumentou de 0,17 cmol(+) dm⁻³ para 0,84 e 0,95 cmol(+) dm⁻³ com a aplicação de 60 e 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo. A aplicação de 30 e de 60 mg de Mg kg⁻¹ de solo elevou a disponibilidade do nutriente 0,07 cmol(+) dm⁻³ para 0,22 e 0,34 cmol(+) dm⁻³.

Resposta de *Eugenia dysenterica* a adição de nutrientes

Altura e diâmetro do colo

O crescimento em altura das mudas de *Eugenia dysenterica* foi contínuo durante os 345 dias de duração do experimento (Figura 1). A taxa de crescimento foi lenta até por volta de 200 dias após a semeadura. A partir desta época até a avaliação final a taxa de crescimento foi maior. Nesta segunda fase houve um aumento do número de lançamentos de novos e longos entrenós, aumentando assim a taxa de crescimento em altura. Esta mudança no ritmo de crescimento ocorreu por volta de dezembro e pode estar ligada a algum mecanismo fisiológico responsável pela emissão de novos ramos. Considerando cada nutriente isoladamente, verificou-se que houve efeito significativo do P e do Ca com interação significativa entre estes elementos (Figura 2, Tabela I do anexo). Resposta ao Ca só foi obtida até 60 mg kg⁻¹ de solo e ao P até 100 mg kg⁻¹ de solo. As plantas que receberam 60 mg de Ca kg⁻¹ de solo e 100 mg de P kg⁻¹ de solo alcançaram em média 15,3 cm de altura. Este valor é cerca de 3,3 vezes o alcançado pelas plantas que não receberam estes nutrientes que atingiram em média 4,5 cm de altura. Sem a adição de Ca, houve resposta ao P somente até 100 mg de P kg⁻¹ de solo. O N, K e Mg não tiveram efeito significativo sobre o crescimento em altura. A Figura 3 mostra diferenças em crescimento entre alguns tratamentos aos 90 dias após a semeadura.

O crescimento em diâmetro do colo das mudas de *Eugenia dysenterica* foi contínuo durante os 345 dias de duração do experimento (Figura 4). De todos os nutrientes testados, apenas o P e o Ca tiveram efeito significativo sobre o diâmetro das plantas. Ao final do período, o diâmetro médio das plantas que receberam 100 mg de P kg⁻¹ de solo atingiu cerca de 2,8 mm e as que não receberam P ou que receberam 200 mg de P kg⁻¹ de solo alcançaram 2,4 mm (Figura 5). Estes resultados mostram que só houve resposta ao P

até a dosagem de 100 mg kg^{-1} de solo. As plantas que não receberam adubação com Ca alcançaram diâmetro médio de 2,4 mm, valor significativamente menor que os obtidos nas parcelas adubadas as quais mediram 2,6 mm (Figura 6). Assim só houve resposta até $60 \text{ mg de Ca kg}^{-1}$ de solo.

4.2.2 Número de folhas, área foliar e peso específico foliar

O número de folhas por planta cresceu de forma linear durante o período de avaliação atingindo a média geral de 10 folhas. Dos nutrientes testados somente o P teve efeito significativo sobre este parâmetro (Tabela II do anexo). Este efeito começou a se manifestar por volta de 195 dias após a semeadura (Figura 7). As plantas que receberam 100 e 200 mg de P kg^{-1} de solo alcançaram em média 11 e 12 folhas aos 345 dias, enquanto plantas que não receberam P atingiram apenas 7 folhas (Figura 8).

As plantas que receberam adubação fosfatada apresentaram no início do experimento necrose foliares. Acredita-se que estes sintomas foram devidos ao sódio contido na fonte de P. Estas necroses se estabilizaram após a lixiviação do Na por meio de cinco irrigações intensas feitas com este objetivo.

Houve aumento significativo da área foliar total com a adição de P no solo (Figura 9 e Tabela II do anexo) A maior resposta foi obtida com $100 \text{ mg de P kg}^{-1}$ de solo onde a área atingiu $101 \text{ cm}^2/\text{planta}$. Este valor é cerca de 90% superior ao obtido sem adubação fosfatada ($53 \text{ cm}^2/\text{planta}$). Nos tratamentos que receberam 200 mg de P kg^{-1} de solo a área foliar média foi de $79 \text{ cm}^2/\text{planta}$. Este valor é superior aos obtidos sem adubação fosfatada e inferior aos alcançados com $100 \text{ mg de P kg}^{-1}$ de solo. A adição de Ca também acarretou aumento significativo na área foliar (Figura 10). Nos tratamentos que não receberam este nutriente ela foi em média 64 cm^2 enquanto que com o uso de $60 \text{ mg de Ca kg}^{-1}$ de solo ela atingiu 87 cm^2 . A partir de $60 \text{ mg de Ca kg}^{-1}$ de solo não foram obtidas resposta ao nutriente.

A adição de $120 \text{ mg de N kg}^{-1}$ de solo diminuiu significativamente o peso específico foliar (Figura 11 e Tabela II do anexo). Neste nível de N o peso específico foi de $8,0 \text{ mg cm}^{-2}$. Este valor foi inferior aos valores $8,9 \text{ mg cm}^{-2}$ encontrado com $60 \text{ mg de N kg}^{-1}$ de solo e $8,7 \text{ mg cm}^{-2}$ em plantas sem aplicação de N (Figura 11 e Tabela II do anexo).

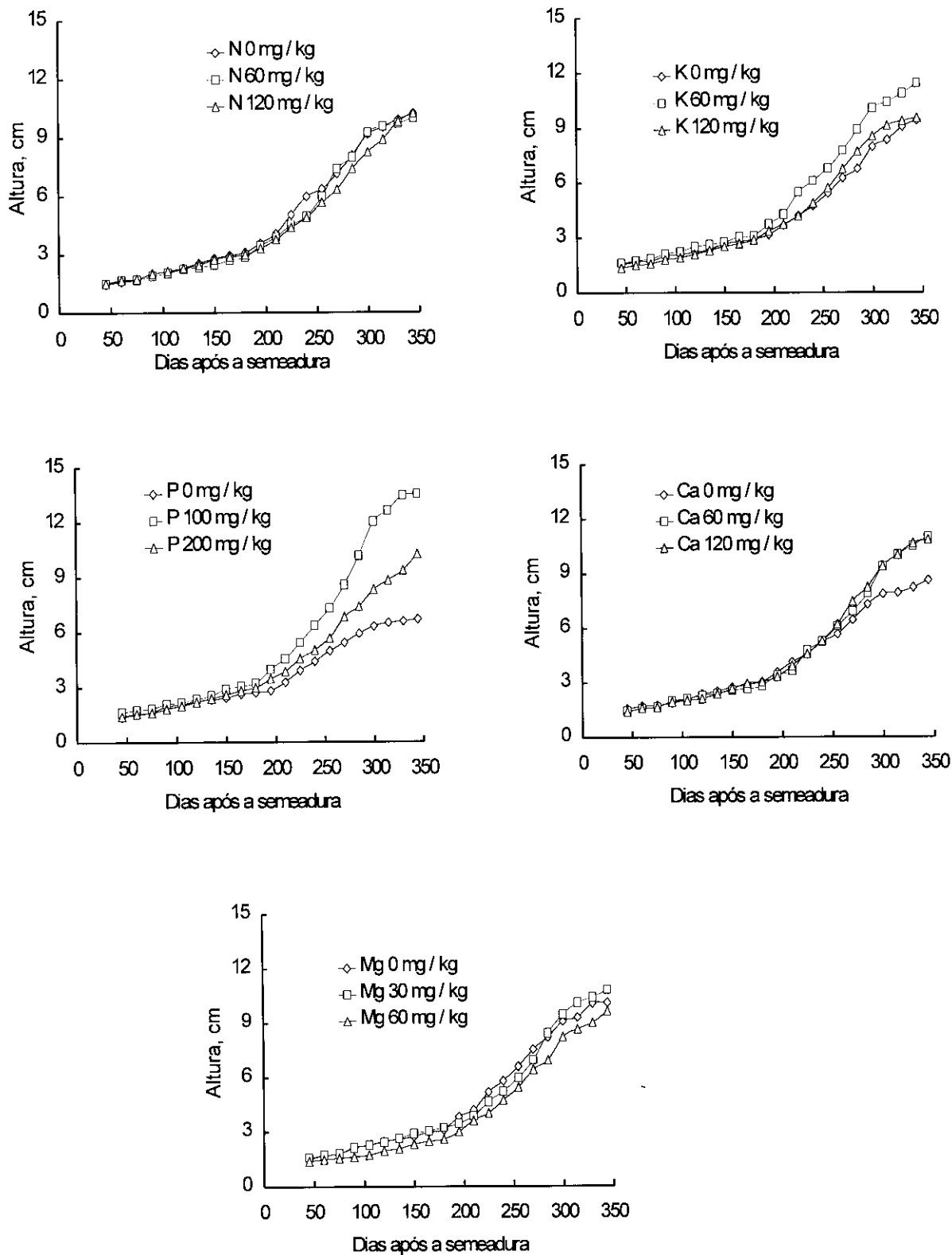


Figura 1. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro até 345 dias após a semeadura.

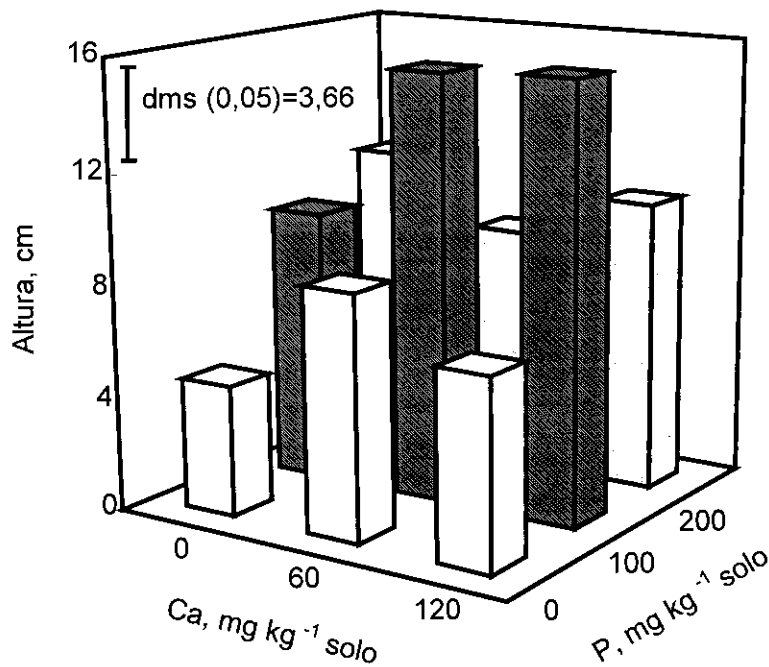


Figura 2. Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a altura de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura (dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%).

O P diminuiu o peso específico foliar que na dosagem de 200 mg de P kg⁻¹ de solo foi de 7,9 mg cm⁻² (Figura 12, e Tabela II do anexo). Este valor foi inferior aos alcançados pelas plantas que não receberam adubação fosfatada (9,0 mg cm⁻²) ou que receberam apenas 100 mg de P kg⁻¹ de solo (8,7 mg cm⁻²).

Produção de matéria seca e relação raiz parte aérea

Dos nutrientes testados, somente o Ca e o P tiveram efeito sobre a produção de matéria seca foliar e do caule com interação significativa entre eles (Tabela II do anexo). Sem a adição de Ca a produção de matéria seca foliar variou de 0,33 g/planta sem adubação fosfatada a 0,57 e 0,55 g/planta com adição de 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo (Figura 13). Sem adição de P ou com 100 mg de P kg⁻¹ de solo houve aumento na produção de matéria seca até a dosagem de 60 mg de Ca kg⁻¹ de solo. Com 100 mg de P kg⁻¹ de solo e 60 mg de Ca kg⁻¹ de solo a produção foi 1,1 g/planta. Este valor corresponde a 3 vezes o obtido sem fertilização.



Figura 3. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o crescimento de mudas de *Eugenia dysenterica* aos 90 dias após a semeadura. Os números indicam os níveis de N, P, K, Ca e Mg conforme Tabela 1. O nível 0 representa o controle; os níveis 1 e 2 representam para N, K e Ca 60 e 120 mg do nutriente kg^{-1} de solo, 100 e 200 mg para P e 30 e 60 mg para Mg.

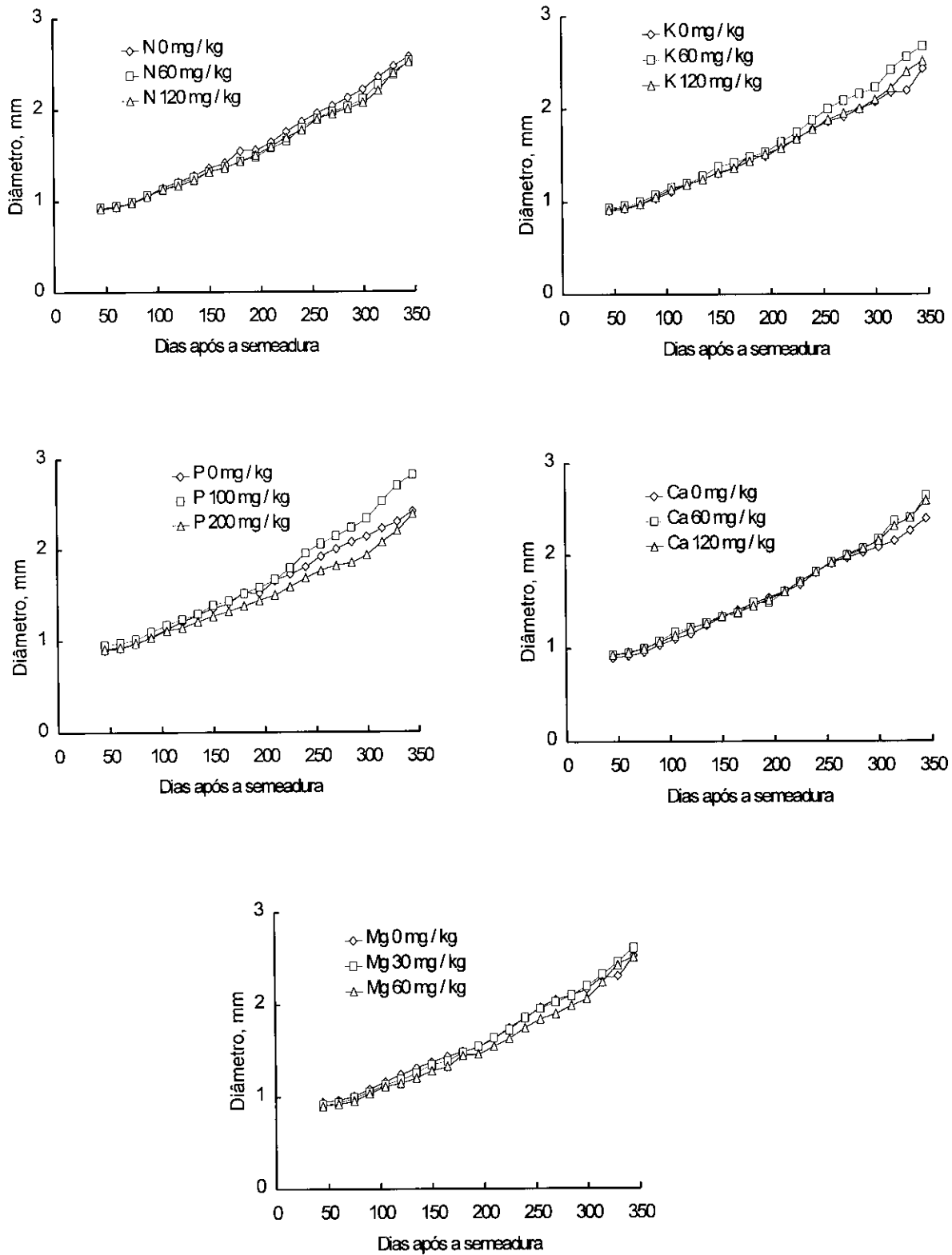


Figura 4. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro até 345 dias após a semeadura.

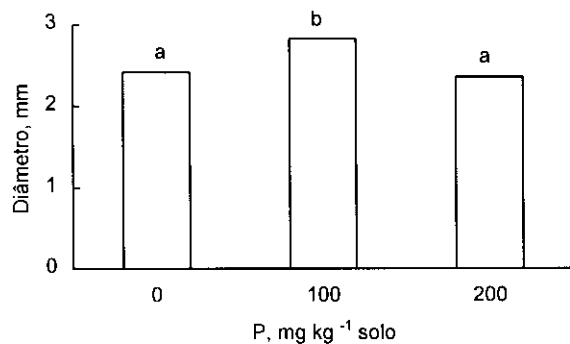


Figura 5. Efeito da adição de P no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro até 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

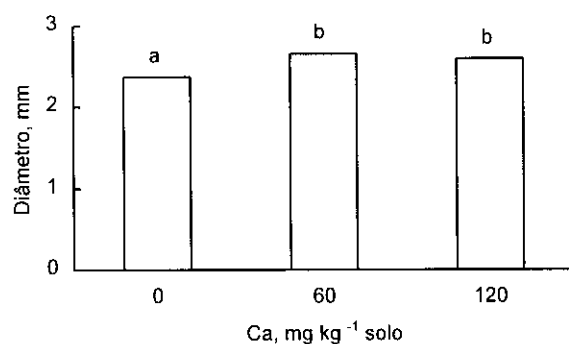


Figura 6. Efeito da adição de Ca no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Com relação à matéria seca do caule os resultados mostraram que sem aplicação de Ca para os níveis crescentes de P a produção cresceu de 0,07 g/planta para 0,15 e 0,17 g/planta (Figura 14). Com aplicação de 60 ou 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo a produção de matéria seca do caule cresceu de 0,15 e 0,12 g/planta para 0,32 e 0,31 g/planta, para o nível 100 mg de P kg⁻¹ de solo, o que corresponde a aumentos de mais de 100%. De um modo geral, observou-se que o crescimento do caule só respondeu até 100 mg de P kg⁻¹ de solo e 60 mg de Ca kg⁻¹ de solo sendo este o nível mais adequado para o crescimento

A adição de 200 mg de P kg⁻¹ de solo acarretou uma queda significativa na produção de raízes. Para as três dosagens de P (0, 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo) a biomassa de raízes foi 2,30; 2,72 e 1,43 g/planta, mostrando haver queda significativa para o nível mais alto do nutriente (Figura 15). Esta queda se deve, provavelmente, ao efeito do sódio contido na fonte de P que nesta dosagem pode ter sido prejudicial.

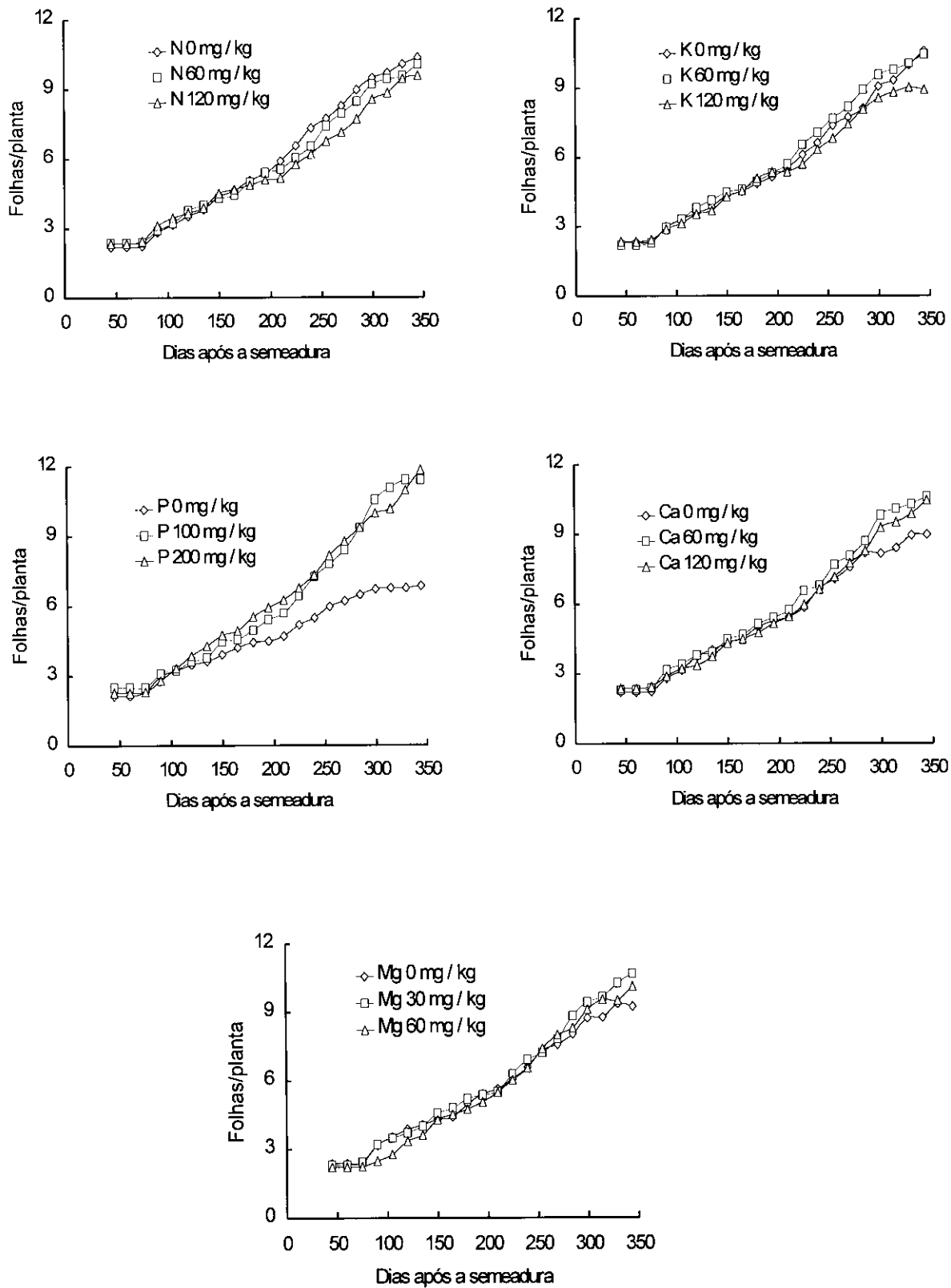


Figura 7. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o número de folhas por mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro até 345 dias após a semeadura.

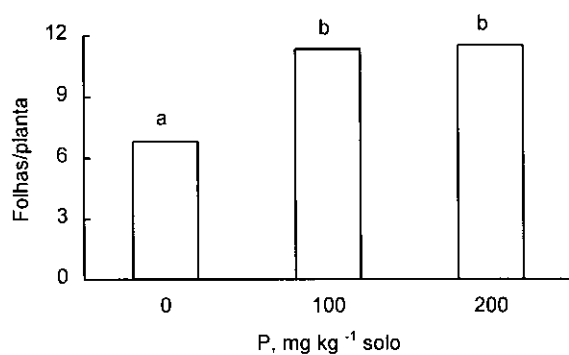


Figura 8. Efeito da adição de P no solo sobre o número de folhas de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

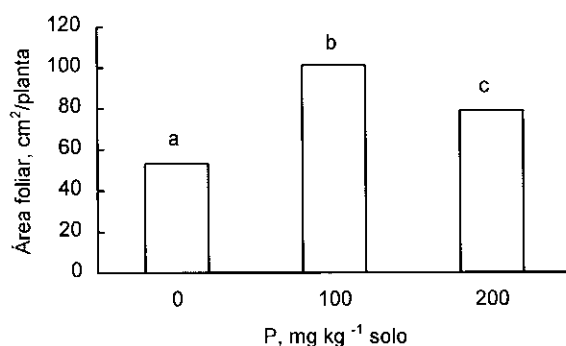


Figura 9. Efeito da adição de P no solo sobre a área foliar de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

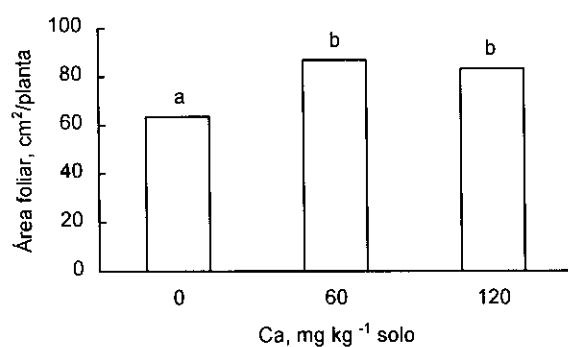


Figura 10. Efeito da adição de Ca no solo sobre a área foliar de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

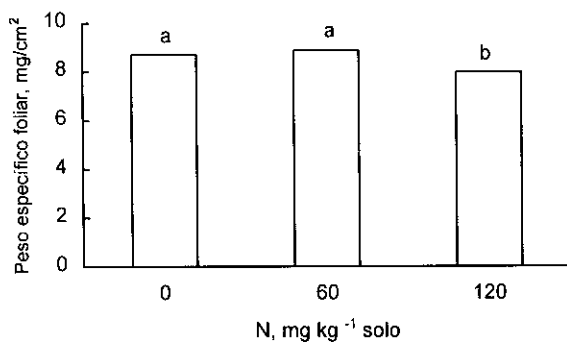


Figura 11. Efeito da adição de N no solo sobre o peso específico foliar de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

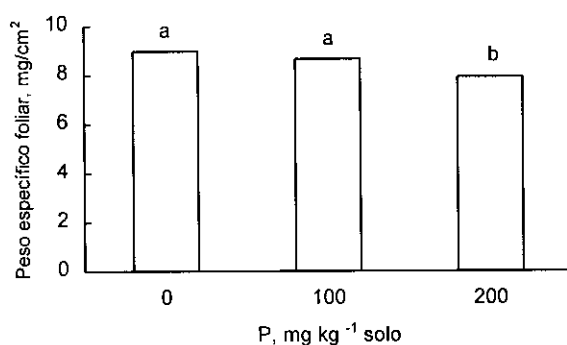


Figura 12. Efeito da adição de P no solo sobre o peso específico foliar de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A adição de K aumentou a produção de matéria seca radicular (Figura 16), que cresceu em cerca de 45% com o uso de 60 mg de K kg⁻¹ de solo e em 30% com 120 mg de K kg⁻¹ de solo, entretanto não houve diferença significativa entre os dois níveis de adubação potássica (60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo).

A análise dos dados da relação raiz/parte aérea mostrou haver interação significativa entre o Ca e o P (Tabela III do anexo). Para os três níveis de Ca houve uma queda significativa na relação raiz/parte aérea com aumento da dosagem de P (Figura 17). Sem aplicação de Ca esta queda foi de 5,0 sem adição de P para 1,9 com aplicação de 200 mg de P kg⁻¹ de solo. Na dosagem de 60 mg de Ca kg⁻¹ de solo a queda foi de 3,2 para 1,9 e com uso de 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo foi de 4,9 para 2,0. Estes resultados mostram que o P, independente do nível de Ca, aumenta a produção da parte aérea em relação à raiz. Com relação ao Ca houve uma queda inesperada na relação raiz/parte aérea na dosagem de 60 mg de Ca kg de solo⁻¹ sem adubação fosfatada. Esta queda pode estar associada ao sódio contido na fonte de P.

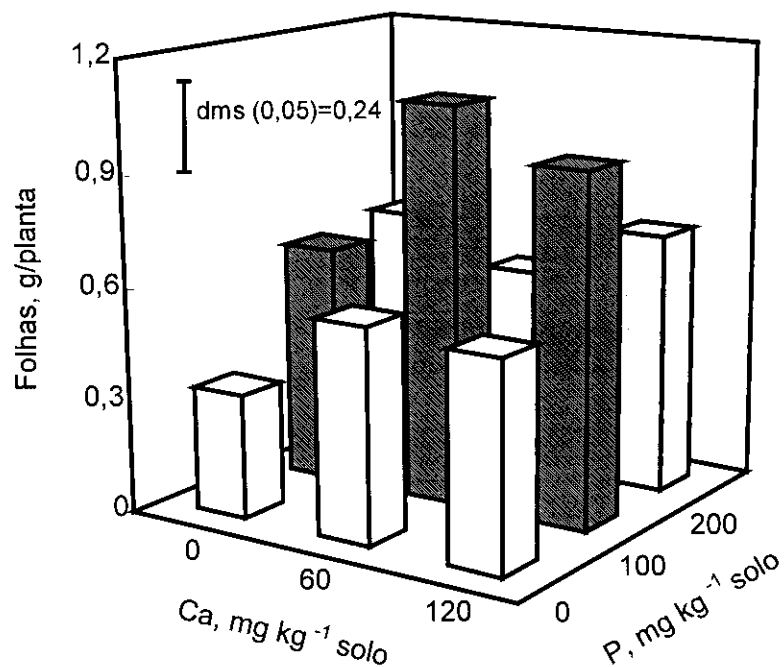


Figura 13. Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a produção de matéria seca foliar de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura (dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%).

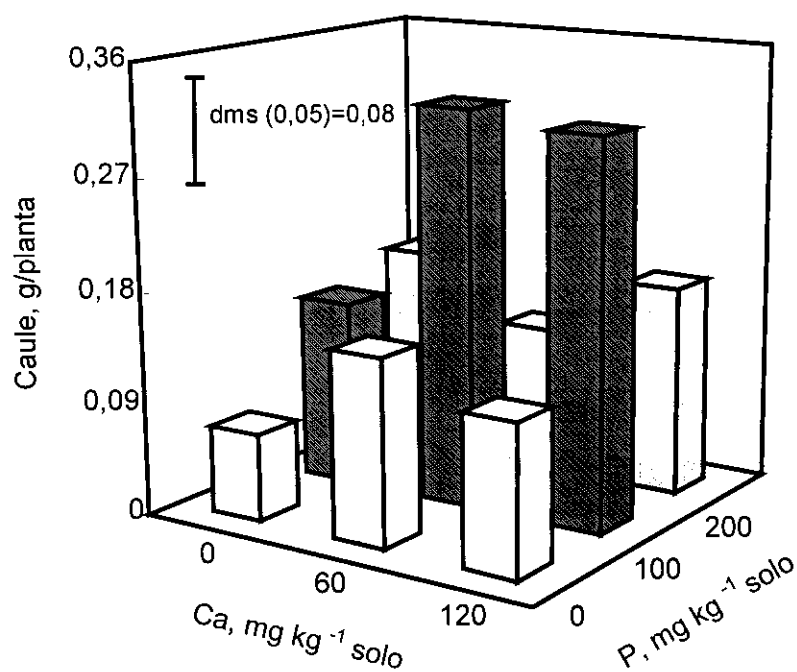


Figura 14. Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura (dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%).

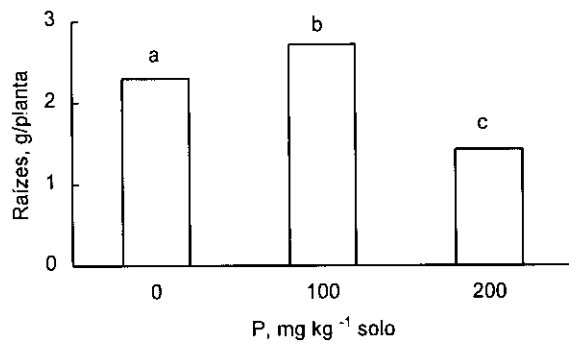


Figura 15. Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca de raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

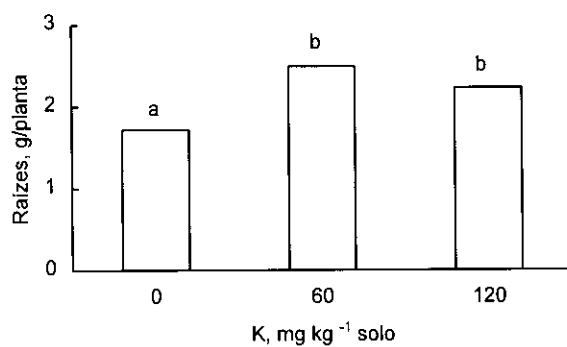


Figura 16. Efeito da adição de K no solo sobre a produção de matéria seca de raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

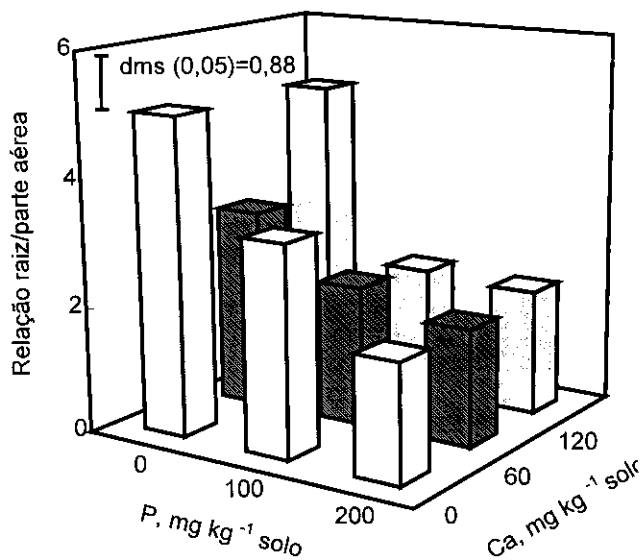


Figura 17. Efeito da adição de Ca e P no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura (dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%).

Concentração de nutrientes na biomassa

A adição de N no solo acarretou aumento da concentração do nutriente nas raízes das plantas, entretanto não teve efeito sobre a concentração na parte aérea de mudas de *Eugenia dysenterica* (Figura 18, Tabelas IV e V do anexo). A concentração do elemento na parte aérea alcançou uma média geral de 1,50% sendo maior que nas raízes cuja média foi de 0,85%. As plantas que receberam 120 mg de N kg⁻¹ de solo apresentaram 0,95% de N nas raízes. Este valor é significativamente maior que os obtidos sem N ou com 60 mg de N kg⁻¹ de solo e mostra que houve resposta somente nos níveis mais elevados.

A adição de P no solo aumentou significativamente a concentração do elemento tanto na parte aérea como nas raízes (Figura 18). Nos tratamentos sem P a concentração na parte aérea foi de cerca de 0,05%, subindo para 0,13% com fertilização o que corresponde a um aumento de cerca de 160%. Sem aplicação de P a concentração nas raízes foi de 0,03% passando para cerca de 0,10% e 0,12% quando se aplicou 100 ou 200 mg de P kg⁻¹ de solo. Estes aumentos correspondem a cerca de 230 e 300% de acréscimo e mostram que há resposta até os níveis mais elevados.

Houve aumento significativo na concentração de K tanto na parte aérea como nas raízes devido à adição do nutriente no solo (Figura 18). Na parte aérea ela subiu de 0,48% sem aplicação do nutriente no solo para 0,56% e 0,68% com aplicação de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo, respectivamente. Estes aumentos correspondem a cerca de 17% e 42%. A concentração nas raízes que era de 0,43% sem aplicação do nutriente subiu para 0,57% na dosagem de 60 mg de K kg⁻¹ de solo e para 63% com adubação potássica sendo a resposta significativa até a dosagem mais elevada.

A adição de Ca no solo aumentou significativamente a concentração do elemento tanto na parte aérea como nas raízes (Figura 18). Sem aplicação a concentração foi de cerca de 1% passando para cerca de 1,5% e 1,7% nos níveis subseqüentes o que equivale a um aumento de 50 e 70%. A concentração de Ca nas raízes variou de 0,19% sem aplicação do nutriente a 0,31 e 0,36% nas parcelas adubadas. A concentração de Ca na parte aérea foi cerca de 5 vezes maior quando comparada com as raízes.

A adição de Mg no solo aumentou a concentração dele próprio na parte aérea e nas raízes (Figura 18). Sem aplicação de Mg a concentração do nutriente na parte aérea foi de 0,08, 0,20 e 0,31% nas dosagens 0, 30 e 60 mg Mg kg⁻¹ de solo. Estes aumentos correspondem a 150% e 288%. A concentração nas raízes variou de 0,07% , sem

fertilização, para 0,10% e 0,12% com 30 e 60 mg de Mg kg⁻¹, respectivamente. Estes aumentos correspondem a 43% e 71%.

A aplicação de N, de um modo geral, não afetou a concentração dos outros nutrientes nos tecidos da planta. Os únicos efeitos foram um decréscimo significativo na concentração de Mg na parte aérea (Tabela 5) cuja concentração nas plantas sem adubação nitrogenada e nas que receberam apenas 60 mg de N kg⁻¹ de solo foi 0,21%, valor significativamente maior que o alcançado pelas plantas que receberam 120 mg de N kg⁻¹ de solo que foi 0,17% e um aumento na concentração de K apenas nas raízes.

A adição de P aumentou a concentração de N e diminuiu a concentração de Ca na parte aérea (Tabela 6). Além disso o P teve positivo sobre a concentração de N, de Mg e de S nas raízes.

A adição de K ocasionou uma queda de 0,23% para 0,18% na concentração de Mg na parte aérea partir de 60 mg de K kg⁻¹ de solo (Tabela 7

A fertilização com Ca aumentou a concentração de N foliar de 1,43% sem aplicação para 1,55% mas diminuiu a concentração de K foliar (Tabela 8). O Ca acarretou ainda aumento na concentração de P nas raízes e diminuição na concentração de S.

A concentração foliar de N foi maior com 60 mg kg⁻¹ de Mg. A concentração de K caiu de 0,69% para 0,53% e 0,49% com a aplicação de Mg (Tabela 9). O Mg causou ainda decréscimo significativo na concentração de Ca nas raízes que era de 0,32% nos tratamentos sem adição do nutriente para 0,28 e 0,26 nos tratamentos subsequentes.

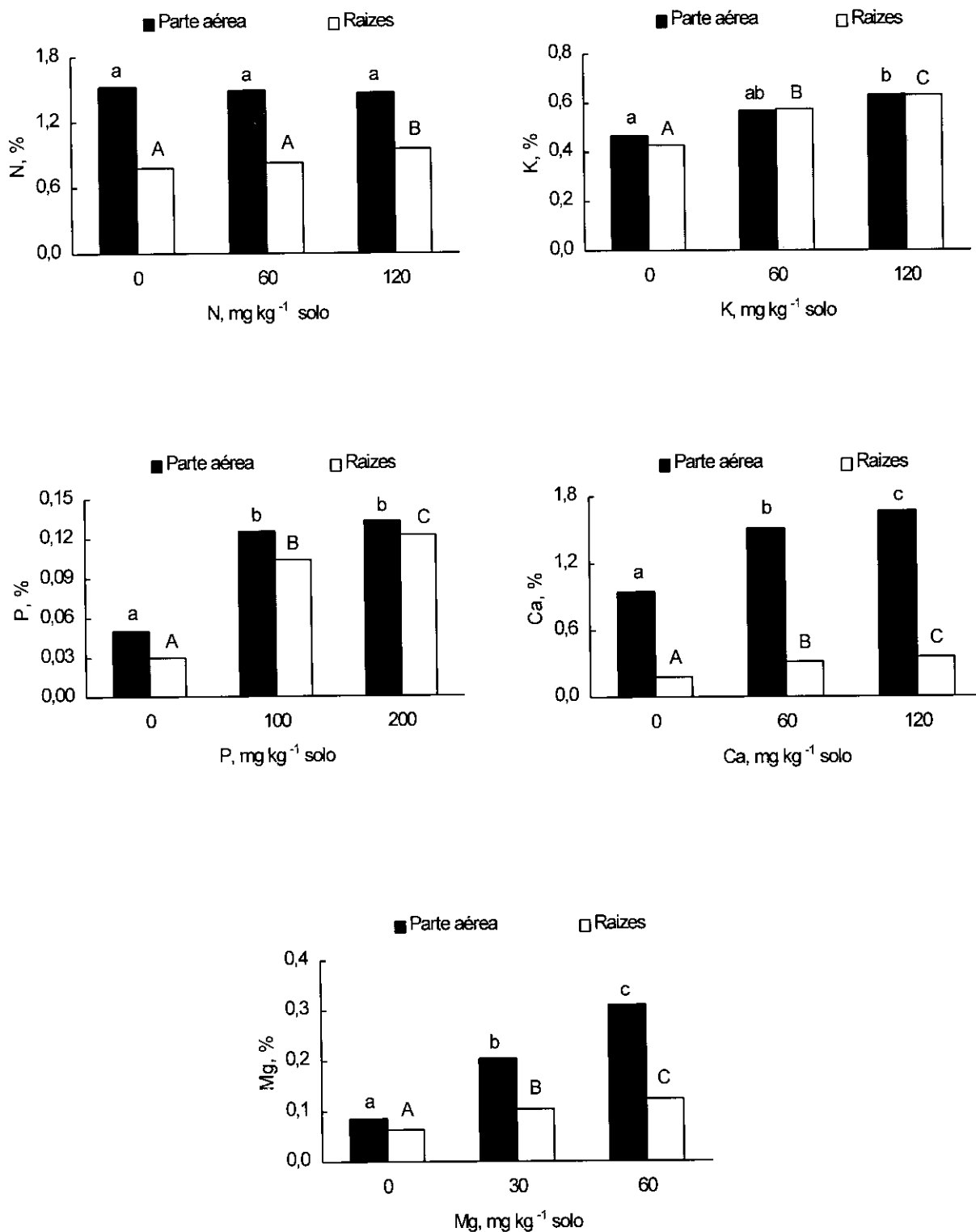


Figura 18. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento na parte aérea e nas raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra para o mesmo componente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 5. Efeito da adição de N no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.

Componente	N mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,52 a	0,11 a	0,52 a	1,37 a	0,21 a	0,04 a
	60	1,50 a	0,11 a	0,56 a	1,45 a	0,21 a	0,04 a
	120	1,48 a	0,11 a	0,64 a	1,29 a	0,17 b	0,04 a
Raízes	0	0,79 a	0,08 a	0,49 a	0,27 a	0,09 a	0,04 a
	60	0,83 b	0,09 a	0,56 b	0,30 a	0,10 a	0,03 a
	120	0,95 b	0,09 a	0,59 b	0,29 a	0,10 a	0,03 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 6. Efeito da adição de P no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.

Componente	P mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,46 a	0,05 a	0,59 a	1,56 a	0,23 a	0,04 a
	100	1,44 a	0,12 b	0,52 a	1,34 b	0,18 a	0,04 a
	200	1,61 b	0,13 b	0,61 a	1,26 b	0,18 a	0,04 a
Raízes	0	0,85 a	0,03 a	0,55 a	0,28 a	0,08 a	0,04 a
	100	0,79 a	0,11 b	0,51 a	0,28 a	0,09 a	0,03 b
	200	0,92 b	0,12 b	0,57 a	0,29 a	0,12 b	0,03 b

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 7. Efeito da adição de K no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.

Componente	K mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,53 ab	0,09 a	0,48 a	1,40 a	0,23 a	0,04 a
	60	1,43 a	0,10 a	0,56 a	1,39 a	0,18 b	0,04 a
	120	1,55 b	0,11 a	0,68 b	1,37 a	0,18 b	0,04 a
Raízes	0	0,91 b	0,09 a	0,43 a	0,28 a	0,10 a	0,04 a
	60	0,79 a	0,08 a	0,57 b	0,28 a	0,09 a	0,03 a
	120	0,86 ab	0,09 a	0,64 c	0,29 a	0,10 a	0,03 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 8. Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.

Componente	Ca mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,43 a	0,09 a	0,69 a	0,97 a	0,21 a	0,04 a
	60	1,53 b	0,11 a	0,53 b	1,49 b	0,20 a	0,04 a
	120	1,55 b	0,10 a	0,49 b	1,69 c	0,18 a	0,04 a
Raízes	0	0,84 a	0,07 a	0,59 a	0,19 a	0,10 a	0,04 a
	60	0,86 a	0,10 b	0,51 a	0,31 b	0,09 a	0,03 b
	120	0,85 a	0,09 b	0,53 a	0,36 c	0,10 a	0,03 b

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 9. Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes parte aérea e raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.

Componente	Mg mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,40 a	0,10 a	0,69 a	1,45 a	0,08 a	0,04 a
	30	1,47 a	0,10 a	0,53 b	1,34 a	0,20 b	0,04 a
	60	1,63 b	0,11 a	0,49 b	1,37 a	0,31 c	0,04 a
Raízes	0	0,87 a	0,08 a	0,53 a	0,32 a	0,07 a	0,04 a
	30	0,86 a	0,09 a	0,58 a	0,28 b	0,10 b	0,03 a
	60	0,84 a	0,09 a	0,52 a	0,26 b	0,12 c	0,03 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Resposta de *Sclerolobium paniculatum* à adição de nutrientes

Altura e diâmetro do colo

O crescimento em altura das mudas de *Sclerolobium paniculatum* foi contínuo durante os 230 dias de duração do experimento (Figura 19). No início das avaliações – 50 dias após a semeadura – a altura média era 4,6 cm, enquanto que na avaliação final – 230 dias depois – era de 14,2 cm que corresponde a um incremento médio mensal de 1,85 cm. A análise de variância mostrou que a adição de nutrientes no solo não acarretou aumento significativo sobre o crescimento em altura das plantas (Tabela VI do anexo).

O crescimento em diâmetro do colo das mudas de *Sclerolobium paniculatum* foi contínuo durante os 230 dias de duração do experimento (Figura 20). Aos 50 dias após a semeadura, época da primeira avaliação, as plantas apresentaram diâmetro médio de 1,4 mm, enquanto que 230 dias após a semeadura, o diâmetro médio foi de 4,9 mm o que corresponde a um incremento médio mensal de 0,6 mm. A adição de nutrientes no solo não acarretou aumento significativo sobre o crescimento em diâmetro das plantas (Tabela VI do anexo). A Figura 21 mostra diferenças em crescimento entre alguns tratamentos aos 150 dias após a semeadura.

Número de folhas, área foliar e peso específico foliar

O número de folhas por planta cresceu de forma linear durante o período de avaliação atingindo em média geral de 9,2 folhas na avaliação final (Figura 22). Dos nutrientes testados somente o P teve efeito significativo sobre este parâmetro (Figura 23, Tabela VII do anexo). Este efeito começou a se manifestar volta de 110 dias após a semeadura quando as plantas que receberam P, tanto 100 como 200 mg de P kg⁻¹ de solo, passaram a apresentar um aumento no número de folhas quando comparadas com as que não receberam o nutriente. As plantas que receberam 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo alcançaram em média 10,0 e 9,8 folhas. Estes valores não diferem entre si mostrando que não houve resposta a partir de 100 mg de P kg⁻¹ de solo, entretanto superam em cerca de 27% e 24% a quantidade de folhas nas plantas sem adubação com P que foi de 7,9 folhas.

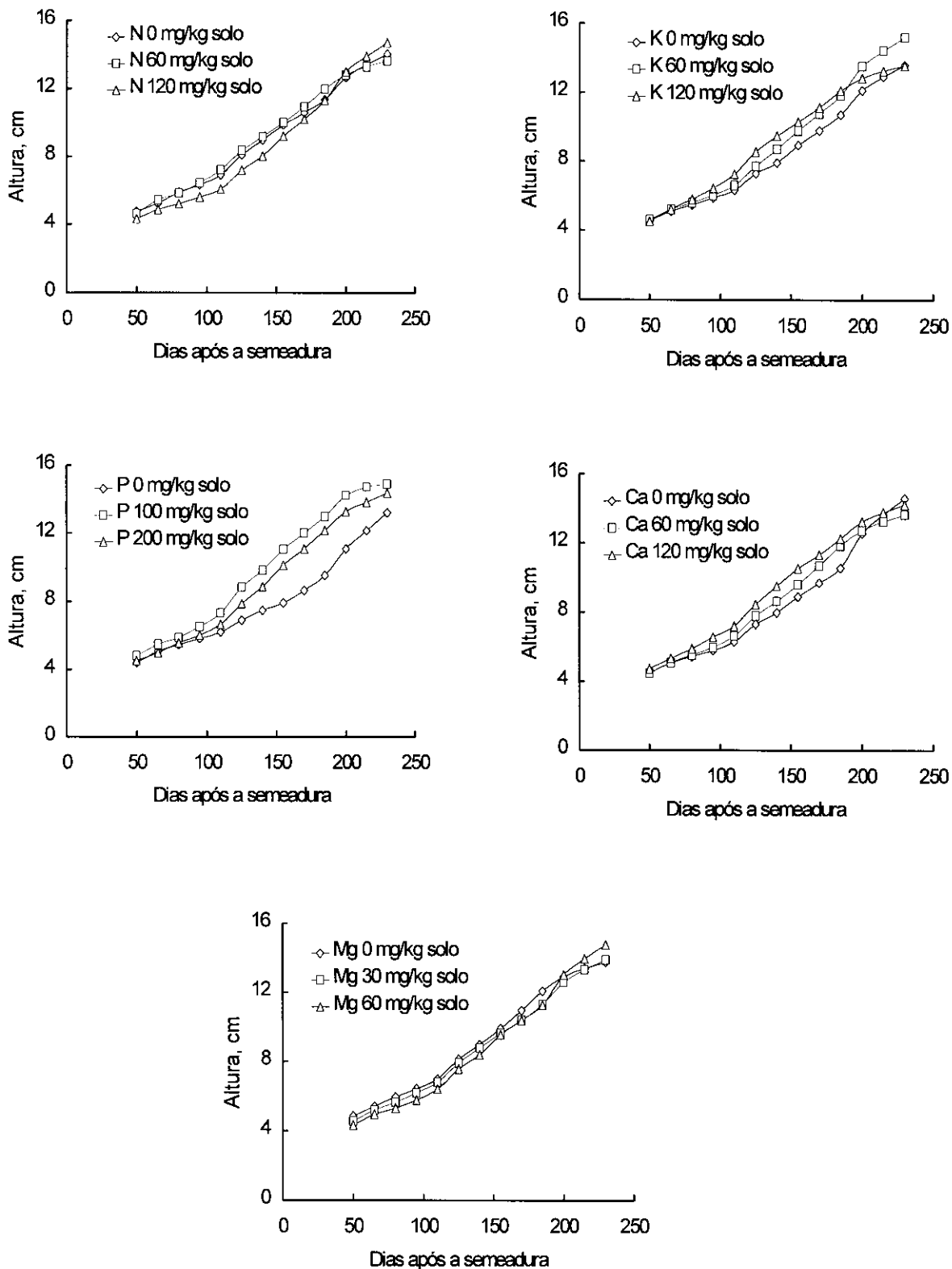


Figura 19. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro até 230 dias após a semeadura.

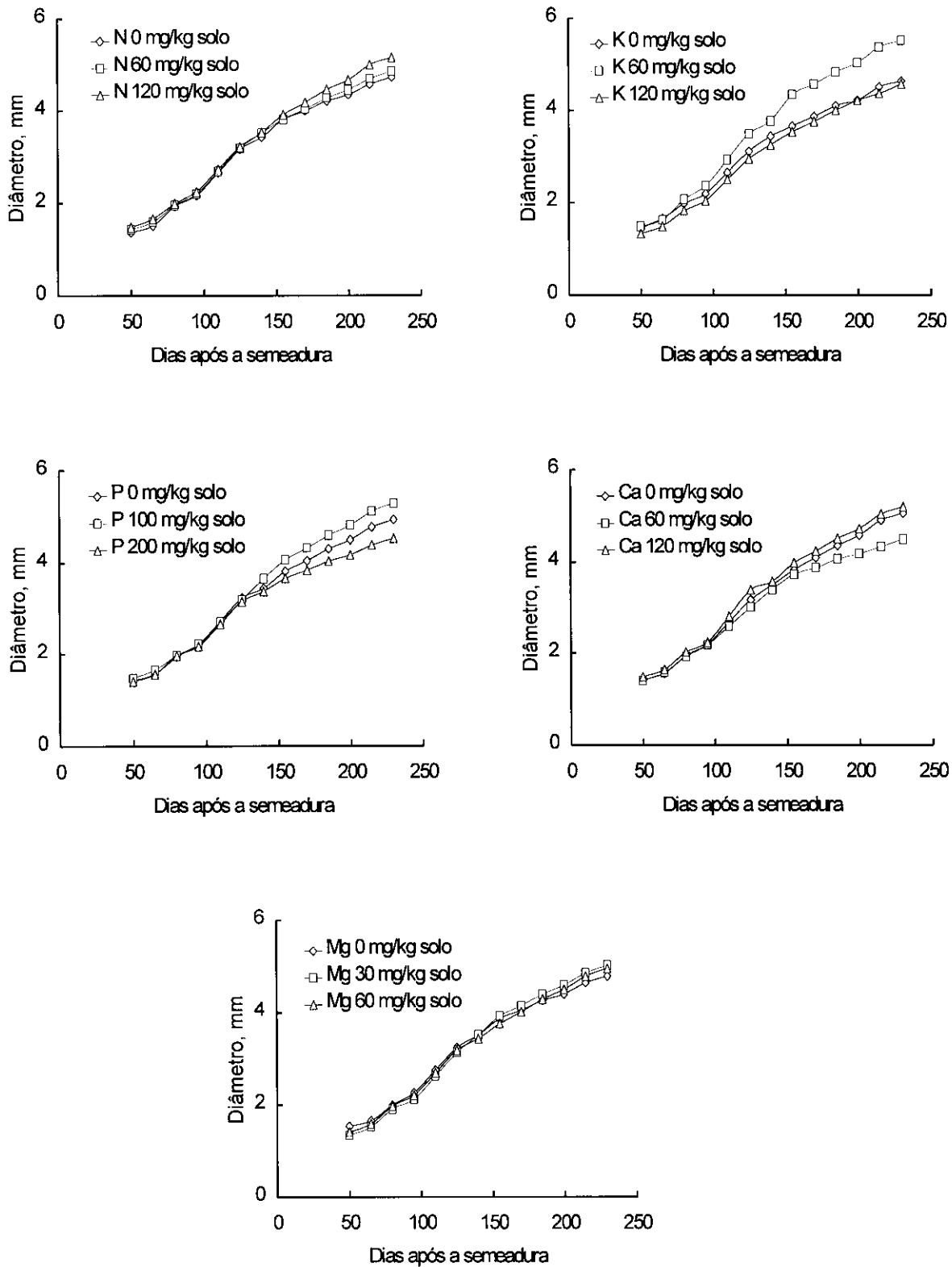


Figura 20. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro até 230 dias após a semeadura.

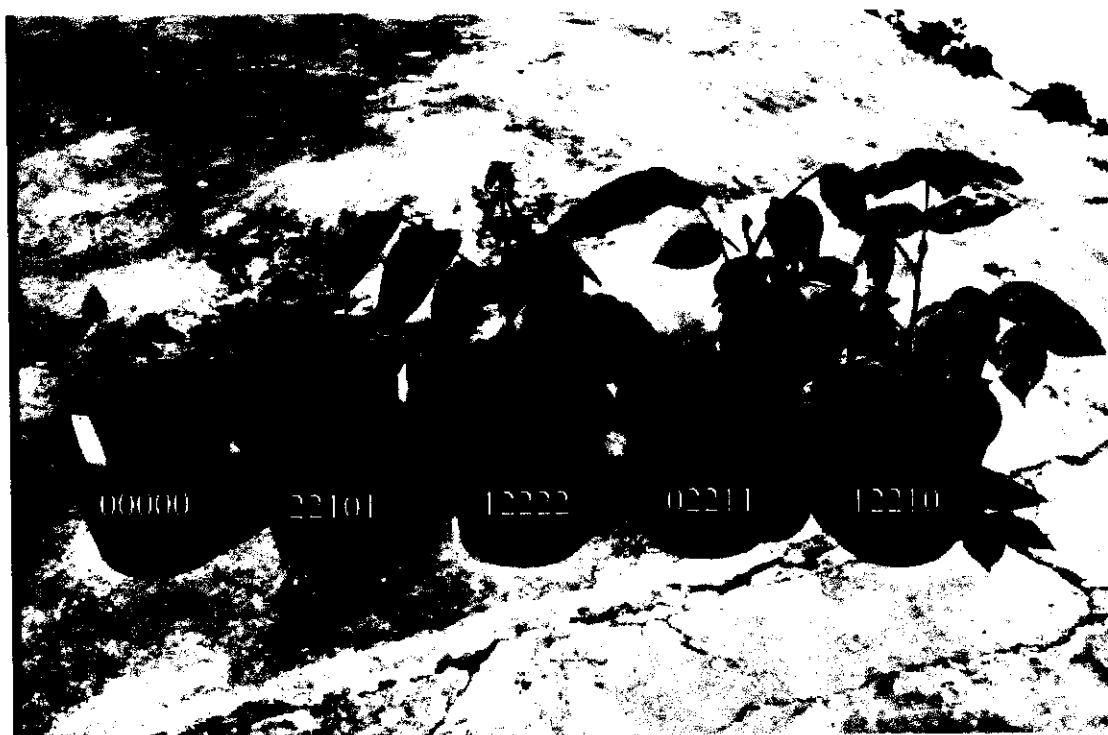


Figura 21. Efeito da adição de nutrientes no crescimento de mudas de *Sclerolobium paniculatum* aos 150 dias após a semeadura. Os números indicam os níveis de N, P, K, Ca e Mg conforme Tabela 1. O nível 0 representa o controle; os níveis 1 e 2 representam para N, K e Ca 60 e 120 mg do nutriente kg^{-1} de solo, 100 e 200 mg para P e 30 e 60 mg para Mg.

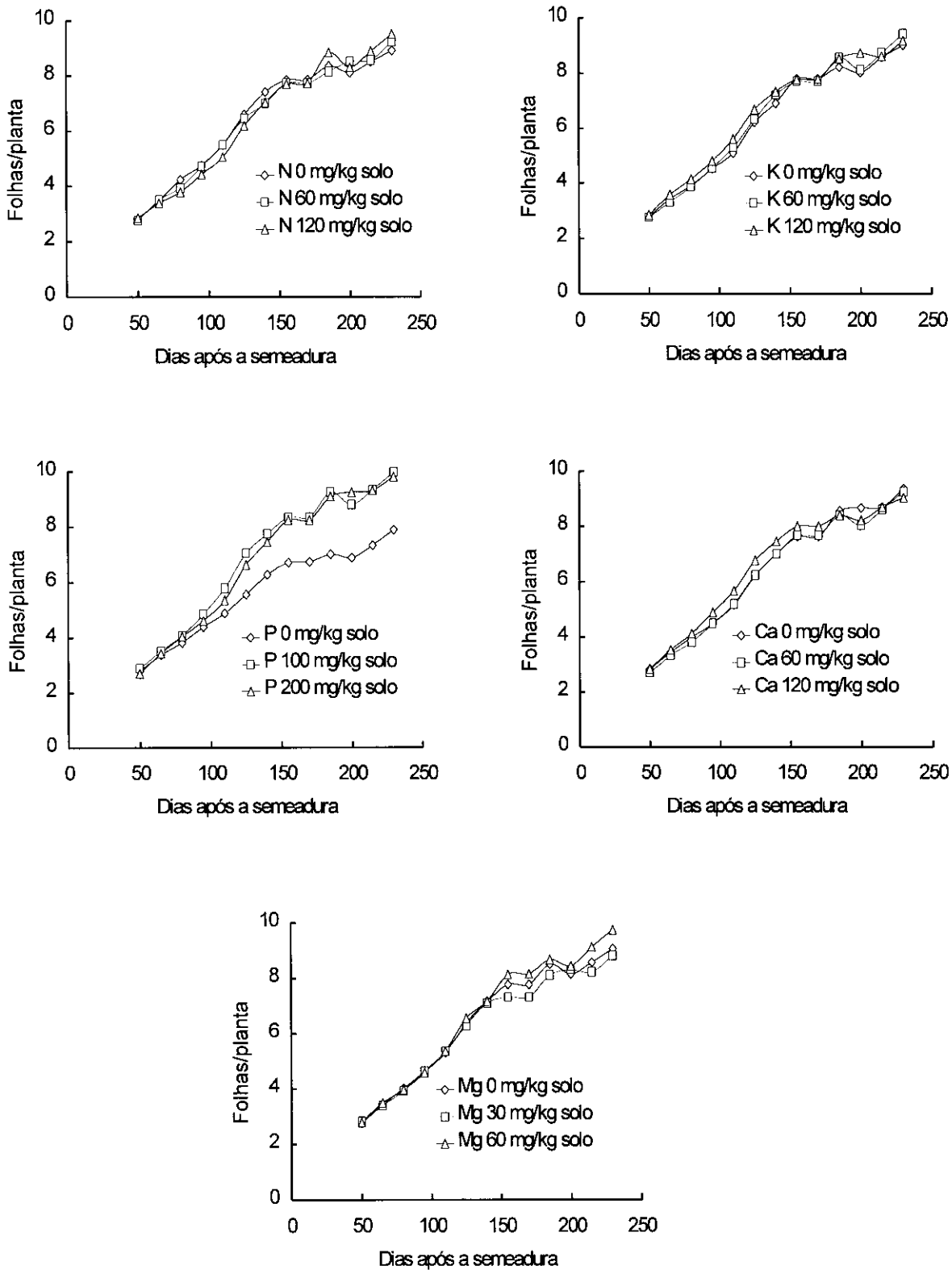


Figura 22. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o número de folhas de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

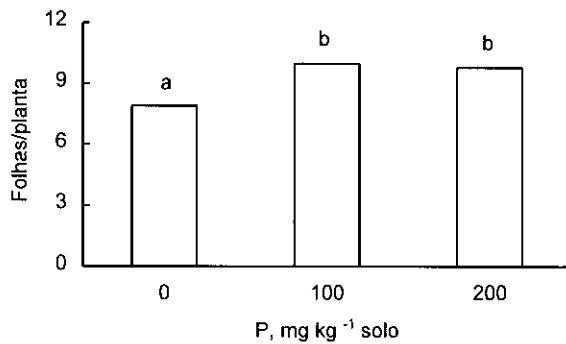


Figura 23. Efeito da adição de P no solo sobre o número de folhas de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A área foliar alcançou média geral de cerca de 314 cm²/planta. A análise de variância revelou que dos nutrientes testados somente o P teve efeito sobre este parâmetro. Nos tratamento onde não houve adubação fosfatada a área foliar alcançou cerca de 160 cm²/planta (Figura 24 e Tabela VII do anexo). Este valor é significativamente menor quando comparado aos obtidos nos tratamentos que receberam o nutriente que foram de 401 e 381 cm²/planta para as dosagens de 100 e de 200 mg de P kg⁻¹ de solo e mostra que só houve resposta até 100 mg de P kg⁻¹ de solo

A análise de variância do peso específico foliar revelou efeito significativo do N e do Ca (Tabela VII do anexo). A adição de 120 mg de N kg⁻¹ de solo reduziu o peso específico foliar (Figura 25). Com esta dosagem de N o peso específico foi 8,0 mg cm⁻². Este valor foi significativamente menor quando comparado com os alcançados pelas plantas que não receberam o nutriente ou que receberam 60 mg de N kg⁻¹ de solo.

A adição de Ca aumentou o peso específico foliar (Figura 26). No nível mais elevado do nutriente (120 mg de Ca kg⁻¹ de solo) ele foi 9,2 mg cm⁻². Este valor não difere do alcançado pelas plantas que receberam 60 mg de Ca kg⁻¹ de solo cujo peso específico foliar de 8,6 mg cm⁻², porém é maior que o obtido sem fertilização com Ca que foi de 8,2 mg cm⁻².

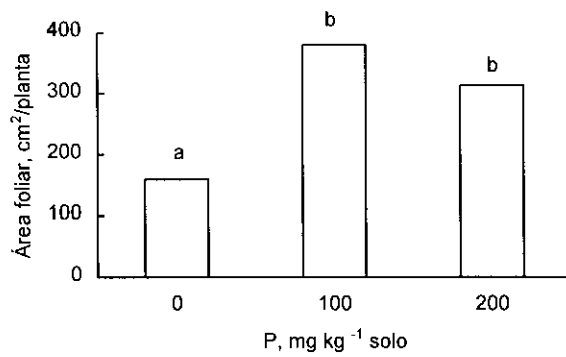


Figura 24. Efeito da adição de P no solo sobre a área foliar de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

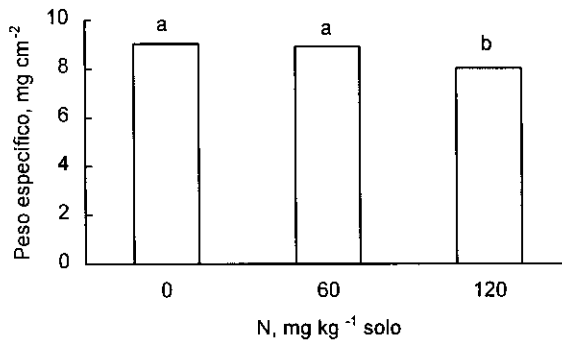


Figura 25. Efeito da adição de N no solo sobre o peso específico foliar de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

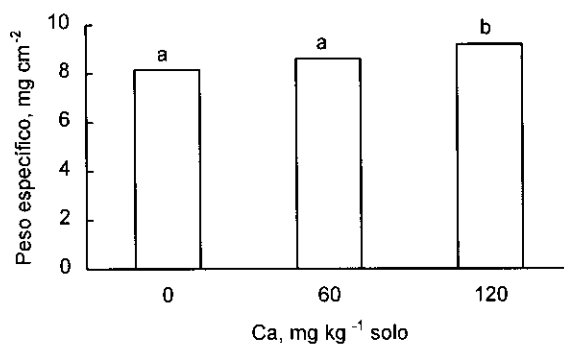


Figura 26. Efeito da adição de Ca no solo sobre o peso específico foliar de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Produção de matéria seca e relação raiz/parte aérea

De todos os nutrientes testados somente o P afetou a produção de biomassa foliar. As plantas que não receberam adubação fosfatada produziram em média 1,4 g de folhas por planta, enquanto aquelas que receberam 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo atingiram 3,6 e 3,2 g de folhas por planta (Figura 27 e Tabela VIII). Estes valores correspondem a aumentos da ordem de 160 e 133% em relação às plantas sem fertilização. Não foram observadas diferenças significativas na produção de biomassa foliar entre as dosagens de 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo demonstrando que só houve resposta até 100 mg de P kg⁻¹ de solo.

A produção de biomassa do caule aumentou significativamente com a adição de P no solo (Figura 28, e Tabela VIII do anexo). As produções variaram de 0,34 g/planta sem adubação fosfatada, a 0,83 e 0,78 g/planta com 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo. Estes aumentos devidos ao P correspondem a 144 e 130% em relação às parcelas não adubadas com P.

A adição de K também aumentou a produção de biomassa do caule (Figura 29 e Tabela VIII do anexo). A produção que foi 0,55 g/planta sem adubação potássica subiu para 0,62 e 0,78 g/planta nas dosagens 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo. Estes aumentos correspondem a 13 e 42% comparado com as parcelas não adubadas com K.

Considerando cada nutriente isoladamente houve efeito significativo do N e do P sobre a produção de biomassa radicular com interação significativa entre estes elementos (Figura 30, Tabela VIII do anexo). A adição de N não apresentou efeito significativo sobre a produção de biomassa radicular até a dosagem de 100 mg de P kg⁻¹ de solo. Na dosagem de 200 mg de P kg⁻¹ de solo o uso de 120 mg de N kg⁻¹ de solo foi prejudicial à produção de biomassa radicular. Sem adubação nitrogenada só houve resposta ao P até a dosagem de 100 mg de P kg⁻¹ de solo. Com a dosagem de 60 mg de N kg⁻¹ de solo houve resposta ao P até 200 mg de P kg⁻¹ de solo.

Considerando os nutrientes isoladamente o N foi o único que afetou a relação raiz/parte aérea, entretanto ele interagiu significativamente com o P (Figura 31, Tabela VIII do anexo). Sem adição de P o N não afetou a relação raiz/parte aérea que se manteve em torno de 0,36.

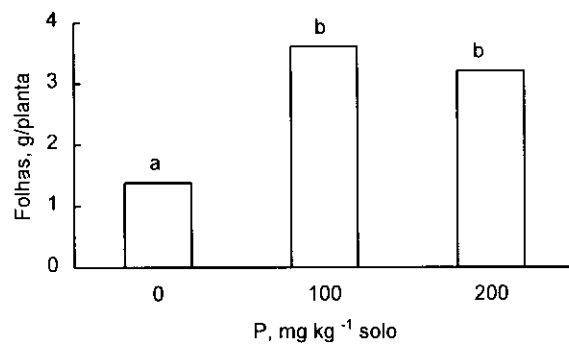


Figura 27. Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca de folhas de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a sementeira. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

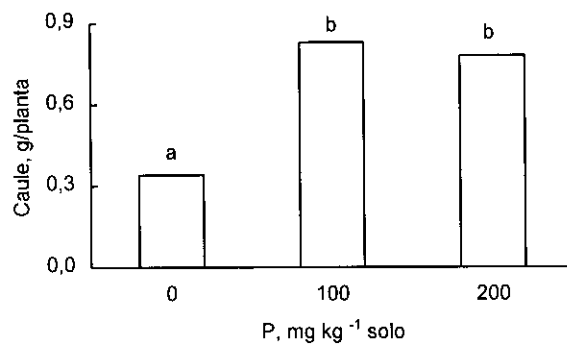


Figura 28. Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a sementeira. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

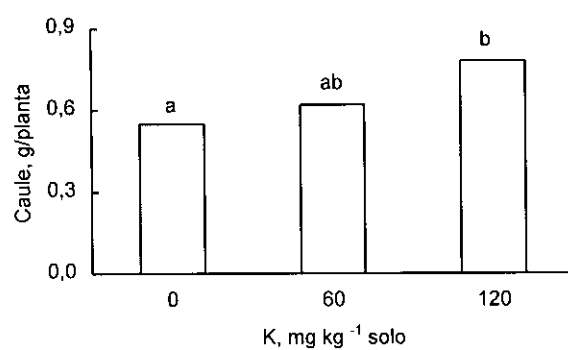


Figura 29. Efeito da adição de K no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a sementeira. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

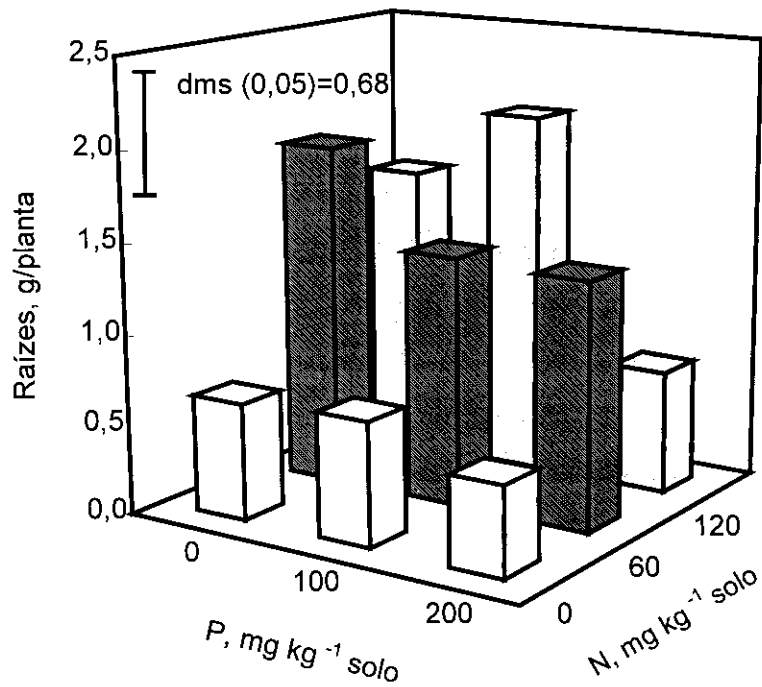


Figura 30. Efeito da adição de N e P no solo sobre a produção de matéria seca das raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura (dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%).

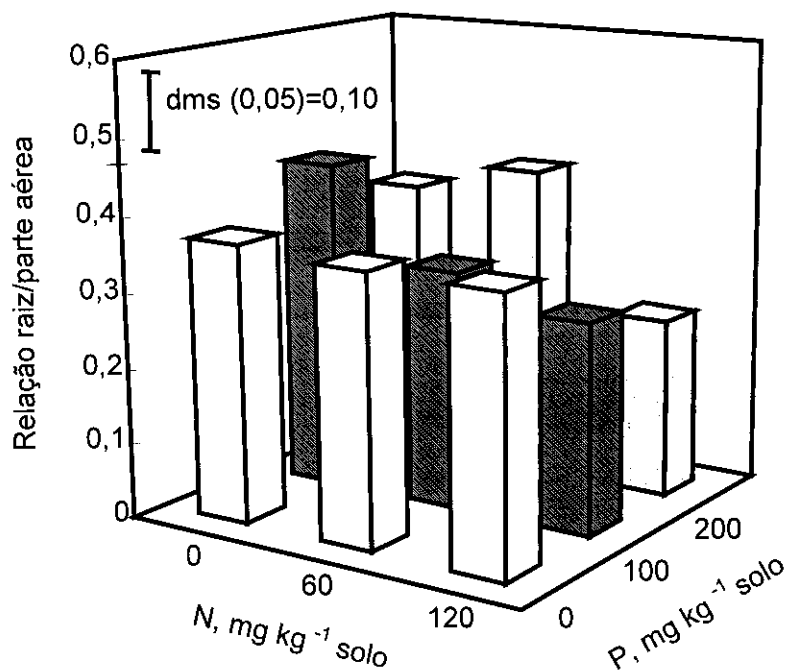


Figura 31. Efeito da adição de N e P no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura (dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%).

Concentração de nutrientes na biomassa

A adição de N no solo aumentou a concentração do nutriente em todas as partes da planta (Figura 32, Tabelas IX, X e XI do anexo). Nas folhas ela subiu de 1,54% sem adubação nitrogenada para 2,20% com adição de 120 mg de N kg⁻¹ de solo. No caule também houve aumento na concentração de N com a adição do nutriente no solo. Os valores variaram de 0,76% sem adubação nitrogenada a 1,04% com adição de 120 mg de N kg⁻¹ de solo. A adição de N no solo aumentou a concentração do elemento nas raízes. Os valores variaram de 1,24% sem adubação nitrogenada a 1,36 e 1,71% nos dois níveis subsequentes. O aumento obtido com o uso de 120 mg de N kg⁻¹ de solo corresponde a 38% do valor alcançado sem fertilização.

A adição de P no solo aumentou a concentração do elemento em todas as partes da planta (Figura 32, Tabelas IX, X e XI do anexo). Nas folhas os valores obtidos para as três doses de P (0, 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo) foram 0,04, 0,13 e 0,17%. Não foi encontrado diferença significativa entre os níveis mais elevados de P. Isto mostra que só houve resposta até 100 mg de P kg⁻¹ de solo. Nos tratamentos sem P a concentração de do elemento no caule foi de cerca de 0,04%, subindo para 0,24% com fertilização o que corresponde a um aumento de cerca de 500%. Não houve diferença significativa entre as dosagens 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo. A concentração de P nas raízes aumentou com a adição do nutriente no solo passando de 0,04% sem adubação com P para 0,16 e 0,19% com 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo. Assim como nas outras partes da planta, só se obteve resposta até 100 mg de P kg⁻¹ de solo.

Houve aumento significativo na concentração de K tanto nas folhas como no caule e nas raízes devido à adição do nutriente no solo (Figura 32, Tabelas IX, X e XI do anexo). Nas folhas a concentração subiu de 0,24% sem aplicação do nutriente no solo para 0,60% e 0,72% com aplicação de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo, respectivamente. Estes aumentos correspondem a cerca de 150% e 200%. Houve resposta ao K até a dosagem mais elevada (120 mg de K kg⁻¹ de solo). Houve aumento significativo na concentração de K no caule em resposta à adição do nutriente no solo. Sem adubação potássica a concentração foi de 0,18% passando para 0,46 e 0,60% nas dosagens de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo. Não se obteve resposta com o aumento do nível de K de 60 para 120 mg de K kg⁻¹ de solo. A concentração de K nas raízes aumentou com a adição do

elemento no solo obtendo se resposta significativa até a dosagem de 120 mg de K kg⁻¹ de solo. Para os três níveis de adubação potássica os valores obtidos foram 0,11, 0,47 e 0,60% o que corresponde a aumentos de cerca 330 e 450%.

A adição de Ca no solo aumentou significativamente a concentração do elemento em todas as partes da planta (Figura 32, Tabelas IX, X e XI do anexo) Sem aplicação de a Ca, concentração foliar foi de 0,24% subindo para 0,54% e 0,79% nos níveis subseqüentes o que equivale a um aumentos de 125 e 230% e mostram que houve resposta até as dosagem 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo. Houve aumento significativo na concentração de Ca no caule com a adição do nutriente no solo. Para os três níveis de Ca (0, 60 e 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo) os valores obtidos foram 0,22, 0,49 e 0,63%. A adição de Ca no solo aumentou a concentração do elemento nas raízes. Os valores variaram de 0,11% sem adubação com Ca a 0,22 e 0,28% nos dois níveis subseqüentes. Estas diferenças foram significativas entre os três níveis de Ca mostrando que houve resposta até a dosagem de 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo.

A adição de Mg no solo aumentou a concentração dele próprio em todas as partes da planta (Figura 32, Tabelas IX, X e XI do anexo). Sem aplicação de Mg a concentração do nutriente na folha foi de 0,058%. Este valor foi significativamente menor que os alcançados com 30 e 60 mg de Mg kg⁻¹ de solo que foram 0,11 e 0,14%. A concentração no caule aumentou de 0,05% sem fertilização para 0,10% e 0,12%, com 30 e 60 mg de Mg kg⁻¹ de solo. Os aumentos devidos à adição de Mg correspondem a 120 e 160%. A concentração de Mg nas raízes aumentou de 0,07 sem fertilização para 0,15 e 0,18% com fertilização (Figura 32, Tabelas IX, X e XI do anexo)

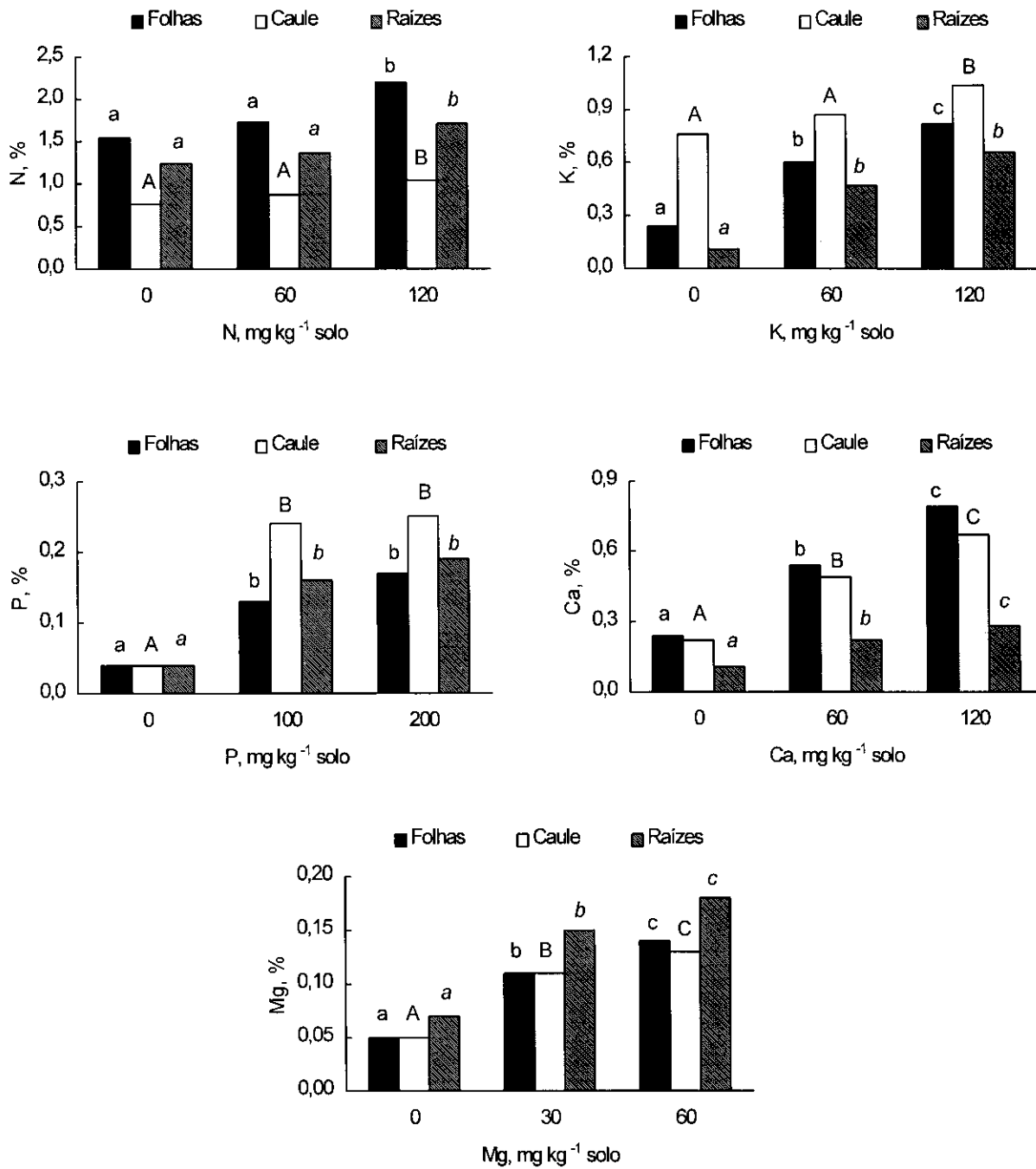


Figura 32. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento nas folhas, caule e raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra para o mesmo componente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A adição de P alterou a concentração de N, K, Ca, Mg e S nas folhas, Ca e S no caule e N, K e S nas raízes (Tabela 11). As concentrações de N e K nas folhas decresceram com a adição de P, enquanto as de Ca e Mg aumentaram. A concentração de Ca no caule também aumentou com a adição de P. No caso do S no caule o efeito do P foi negativo. O P provocou decréscimo de S nas raízes sendo esta queda em torno de 50%.

A adição de K acarretou queda nas concentrações de Ca e Mg em todas as partes da planta (Tabela 12). Este resultado mostra comportamento antagônico entre estes nutrientes. A queda de Ca nas folhas foi de 0,60% para 0,46%; no caule foi de 0,54% para 0,37% e nas raízes de 0,24% para 0,17%.

A adição de Ca kg⁻¹ de solo diminuiu a concentração de P foliar (Tabela 13). O Ca teve efeito positivo sobre a concentração de S em todas as partes da planta. A adição de Mg diminuiu a concentração de Ca no caule e nas raízes (Tabela 14).

Tabela 10. Efeito da adição de N no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

Componente	N mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,54 a	0,10 a	0,53 a	0,52 a	0,09 a	0,05 a
	60	1,73 a	0,12 a	0,49 a	0,56 a	0,11 a	0,06 a
	120	2,20 b	0,13 a	0,64 a	0,48 a	0,10 a	0,08 b
Caule	0	0,76 a	0,16 a	0,43 a	0,46 a	0,10 a	0,08 a
	60	0,87 a	0,18 a	0,45 a	0,44 a	0,09 a	0,08 a
	120	1,04 b	0,19 a	0,36 a	0,45 a	0,10 a	0,09 a
Raízes	0	1,24 a	0,11 a	0,40 a	0,20 a	0,14 a	0,05 a
	60	1,36 a	0,14 a	0,37 a	0,20 a	0,13 a	0,05 a
	120	1,71 b	0,14 a	0,46 a	0,20 a	0,12 a	0,05 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 11. Efeito da adição de P no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

Componente	P mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	2,07 a	0,04 a	0,64 b	0,60 a	0,08 a	0,11 a
	100	1,58 b	0,13 b	0,44 a	0,51 b	0,10 b	0,03 c
	200	1,83 ab	0,17 b	0,58 ab	0,46 b	0,12 c	0,06 b
Caule	0	0,97 a	0,04 a	0,48 a	0,39 a	0,09 a	0,15 a
	100	0,84 a	0,24 b	0,33 a	0,49 b	0,10 a	0,02c
	200	0,85 a	0,25 c	0,43 a	0,46 b	0,11 a	0,07 b
Raízes	0	1,55 b	0,04 a	0,49 a	0,19 a	0,13 a	0,08 a
	100	1,34 a	0,16 b	0,29 b	0,21 a	0,13 a	0,03 b
	200	1,42 ab	0,19 b	0,46 a	0,20 a	0,14 a	0,04 b

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 12. Efeito da adição de K no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

Componente	K mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,87 a	0,11 a	0,24 a	0,60 a	0,14 a	0,07 a
	60	1,83 a	0,12 a	0,60 b	0,51 b	0,08 a	0,07 a
	120	1,78 a	0,11 a	0,82 c	0,46 b	0,08 a	0,05 a
Caule	0	0,97 a	0,16 a	0,18 a	0,54 a	0,13 a	0,09 a
	60	0,87 a	0,18 a	0,46 a	0,44 b	0,09 b	0,08 a
	120	0,82 a	0,19 a	0,60 b	0,37 b	0,07 b	0,07 a
Raízes	0	1,48 a	0,13 a	0,11 a	0,24 a	0,15 a	0,05 a
	60	1,46 a	0,12 a	0,47 b	0,19 b	0,13 a	0,05 a
	120	1,38 a	0,14 a	0,66 c	0,17 b	0,11 a	0,05 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 13. Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

Componente	Ca mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,96 a	0,14 a	0,66 a	0,24 a	0,10 a	0,06 a
	60	1,77 a	0,09 b	0,51 a	0,54 b	0,10 a	0,06 a
	120	1,74 a	0,11 b	0,49 a	0,79 c	0,10 a	0,08 b
Caule	0	0,89 a	0,20 a	0,42 a	0,22 a	0,12 a	0,05 a
	60	0,86 a	0,17 a	0,41 a	0,49 b	0,09 a	0,08 b
	120	0,90 a	0,16 a	0,41 a	0,63 c	0,09 a	0,11 c
Raízes	0	1,49 a	0,14 a	0,47 a	0,11 a	0,12 a	0,04 a
	60	1,44 a	0,12 a	0,36 a	0,22 b	0,14 b	0,05 b
	120	1,37 a	0,14 a	0,41 a	0,28 c	0,14 b	0,05 b

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 14. Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

Componente	Mg mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,89 a	0,11 a	0,61 a	0,53 a	0,05 a	0,06 a
	30	1,77 a	0,11 a	0,51 a	0,54 a	0,11 b	0,06 a
	60	1,81 a	0,12 a	0,54 a	0,49 a	0,14 c	0,07 a
Caule	0	0,91 a	0,18 a	0,42 a	0,52 a	0,05 a	0,06 a
	30	0,88 a	0,19 a	0,40 a	0,45 ab	0,11 b	0,09 a
	60	0,87 a	0,16 a	0,42 a	0,38 b	0,13 c	0,10 a
Raízes	0	1,48 a	0,14 a	0,44 a	0,23 a	0,07 a	0,04 a
	30	1,39 a	0,14 a	0,40 a	0,20 b	0,15 b	0,05 a
	60	1,43 a	0,12 a	0,40 a	0,18 b	0,18 c	0,05 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Resposta de *Dipteryx alata* à adição de nutrientes.

Altura e diâmetro do colo

O crescimento em altura das mudas de *Dipteryx alata* foi maior até 45 dias após a semeadura para todos os tratamentos (Figura 33). Nesta época a altura média era 15,9 cm o que correspondeu a um incremento médio mensal de 10,6 cm. Na avaliação final (210 dias), a altura média foi de 18,6 cm. Considerando o período entre a segunda e a última avaliação, o incremento médio mensal foi de 0,5 cm. Estes incrementos mostram que o crescimento desta espécie é muito maior até 45 dias. A análise de variância mostrou que nenhum dos nutrientes testados afetou a altura (Tabela XII do anexo).

O crescimento em diâmetro foi contínuo durante os 210 dias de duração do experimento (Figura 34). O P teve efeito significativo sobre este parâmetro (Figura 35, Tabela XII. do anexo). Ao final do período o diâmetro médio das plantas que receberam 100 ou 200 mg de P kg⁻¹ de solo atingiu 7,5 e 7,6 mm contra 6,8 mm sem adição do nutriente (Figura 36). Estes resultados mostram que só houve resposta ao P até a dosagem de 100 mg de P kg⁻¹ de solo. A Figura 36 mostra a diferença entre alguns tratamentos em crescimento de mudas de *Dipteryx alata* aos 165 dias após a semeadura.

Número de folhas, área foliar e peso específico foliar

O número de folhas atingiu uma média de 5 folhas aos 60 dias após a semeadura. A seguir, por um período de cerca de 30 dias, permaneceu praticamente estável, voltando a aumentar até 165 dias e novamente se estabilizando até a o final quando a média foi de 7,22 folhas por planta (Figura 37). Dos nutrientes testados somente o P e o Mg tiveram efeito significativo sobre este parâmetro (Tabela XIII do anexo).

O efeito do P começou a se manifestar por volta de 105 dias de idade quando as plantas que receberam 100 ou 200 mg de P kg⁻¹ de solo, passaram a apresentar maior número de folhas em relação às plantas não adubadas com P (Figura 38). Na avaliação final as médias foram cerca de 8 e de 6 folhas por planta com e sem adubação fosfatada, o que correspondeu a um aumento de cerca de 33%.

O efeito do Mg começou a se manifestar por volta de 120 quando as plantas que receberam 60 mg de Mg kg⁻¹ começaram a apresentar maior número de folhas em relação às outras dosagens (Figura 39). Na avaliação final as plantas que receberam 60, 30 e 0 mg de Mg kg⁻¹ apresentaram cerca de 7,6 7,2 e 6,9 folhas por planta.

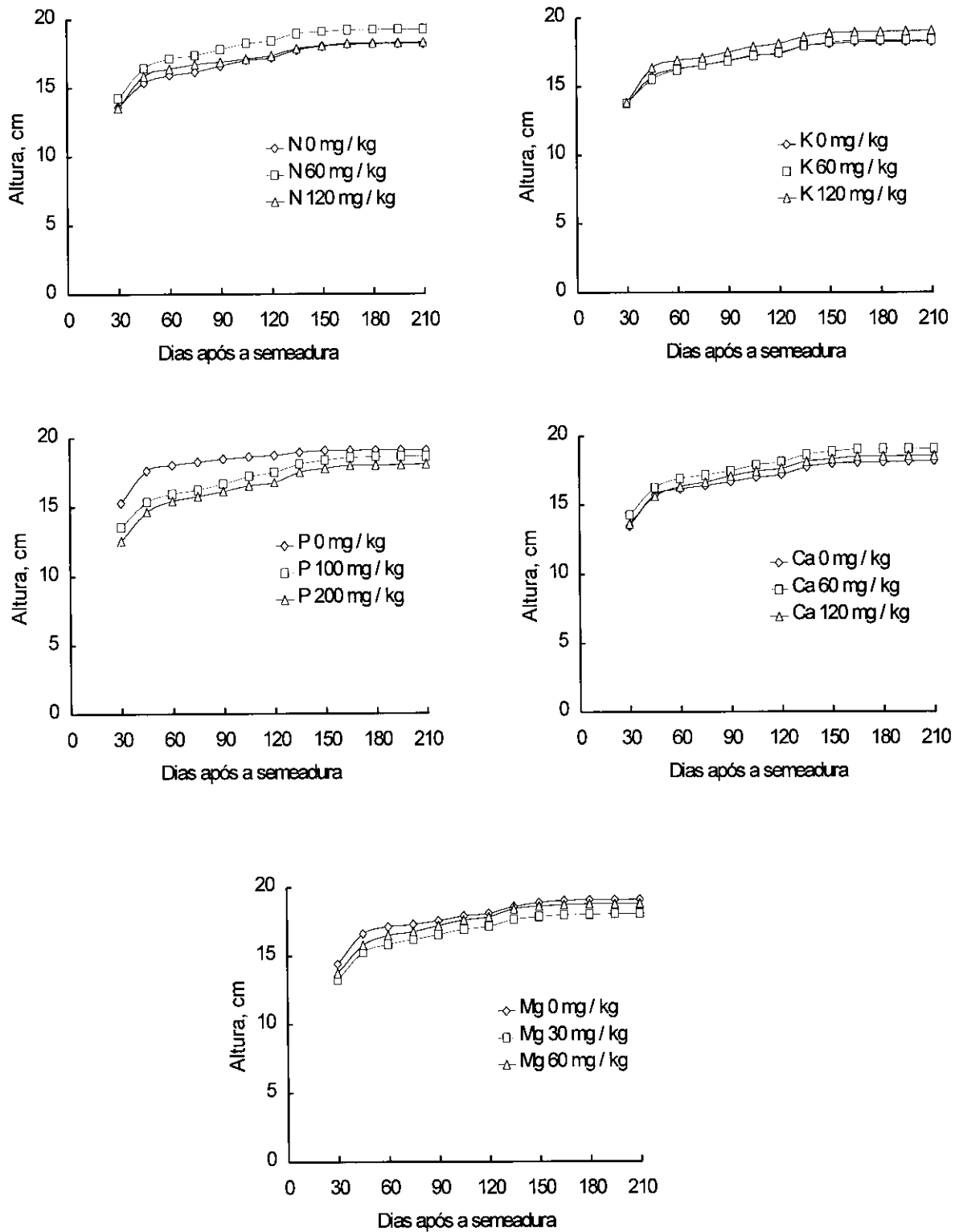


Figura 33. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro até 210 dias após a semeadura.

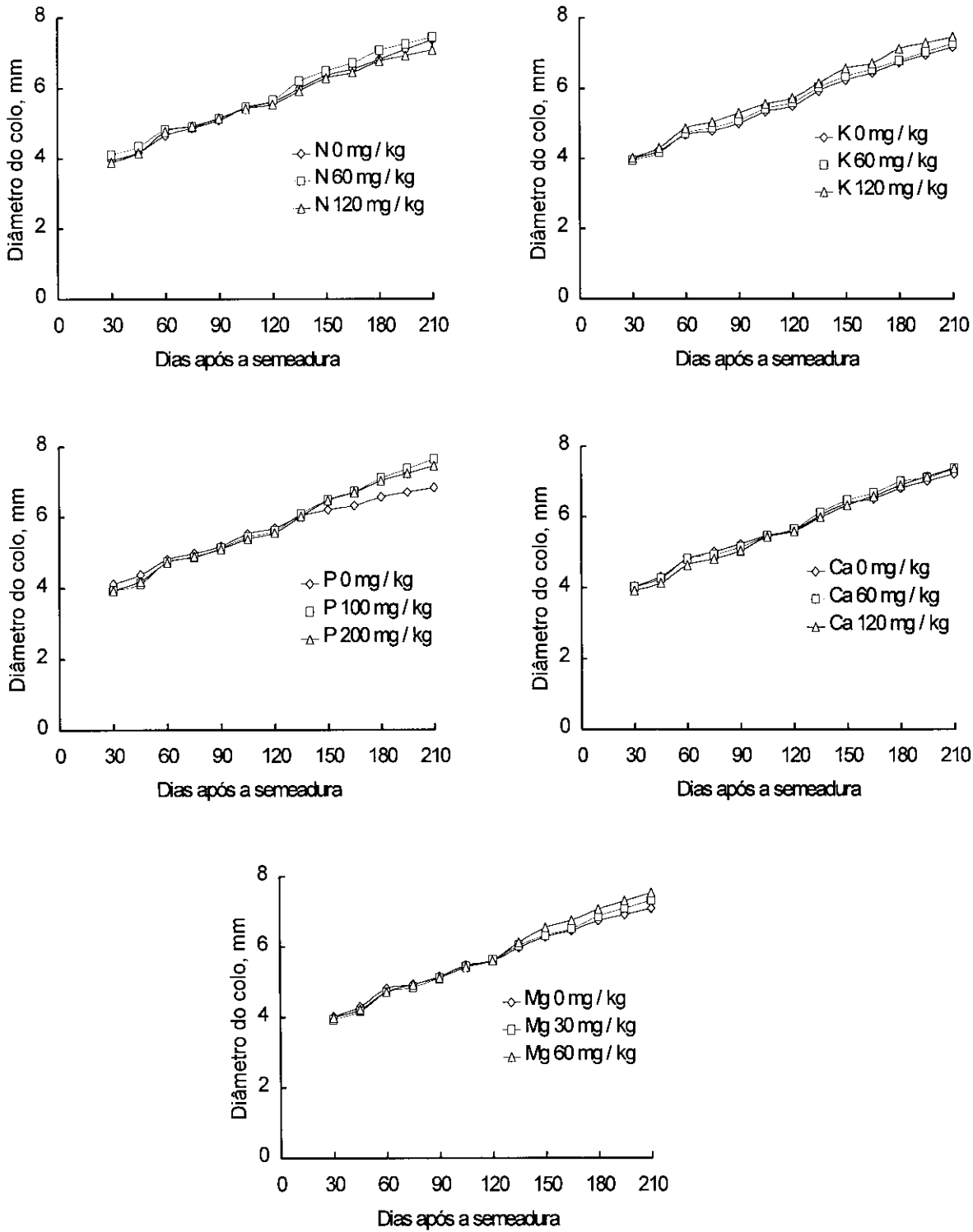


Figura 34. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre diâmetro do colo de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro até 210 dias após a semeadura.

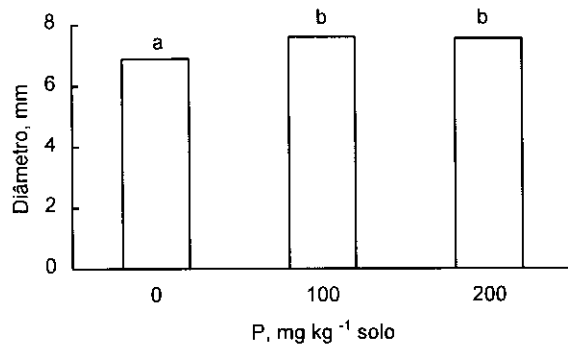


Figura 35. Efeito da adição de P no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A adição de P resultou em aumento significativo da área foliar das mudas de *Dipteryx alata* (Figura 40, Tabela XIII do anexo). Sem o nutriente a área foliar por planta atingiu 329 cm²/planta, enquanto que com 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo os valores foram de 501 e 481 cm²/planta. Estes aumentos devido ao P correspondem a 52% e 46% mostrando a importância do nutriente.

A adição de 60 mg de Mg kg⁻¹ aumentou a área foliar das plantas em comparação com aquelas que receberam apenas 30 mg de Mg kg⁻¹ (Figura 41). Entretanto, não houve diferença quando comparado com as plantas sem Mg.

Dos nutrientes testados apenas o P teve efeito significativo sobre o peso específico foliar das plantas de *Dipteryx alata* (Figura 42). Os valores variaram de 7,8 sem o nutriente a 8,1 e 8,0 nas dosagens de 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo, sendo a única diferença significativa a dosagem de 100 mg de P kg⁻¹ de solo que superou os valores obtidos sem P.

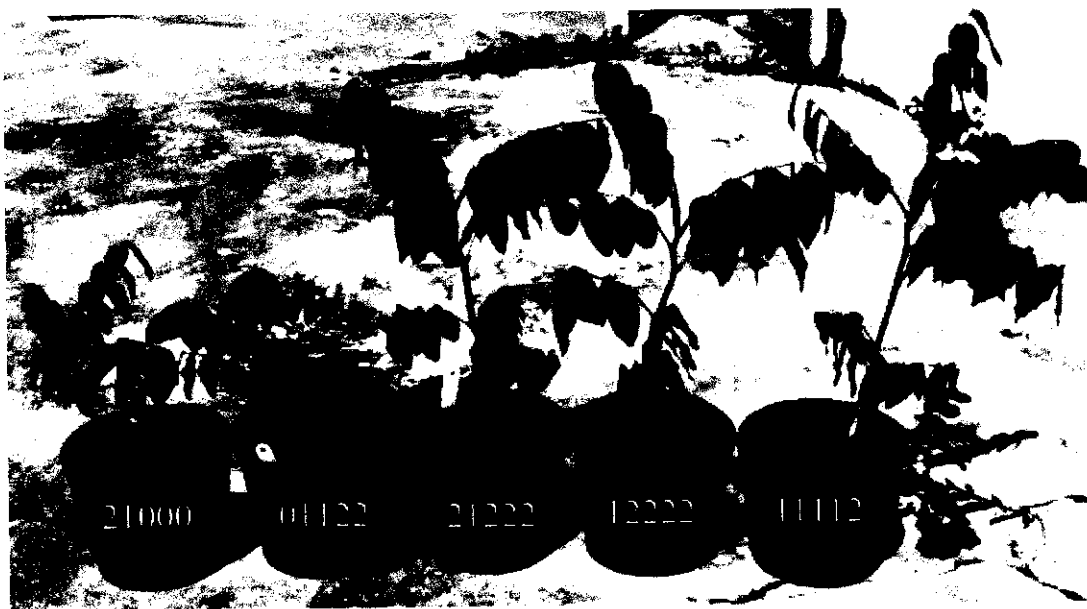


Figura 36. Efeito da adição de nutrientes no crescimento de mudas *Dipteryx alata* aos 165 dias após a semeadura. Os números indicam os níveis de N, P, K, Ca e Mg conforme Tabela 1. O nível 0 representa o controle; os níveis 1 e 2 representam para N, K e Ca 60 e 120 mg do nutriente kg^{-1} de solo, 100 e 200 mg para P e 30 e 60 mg para Mg.

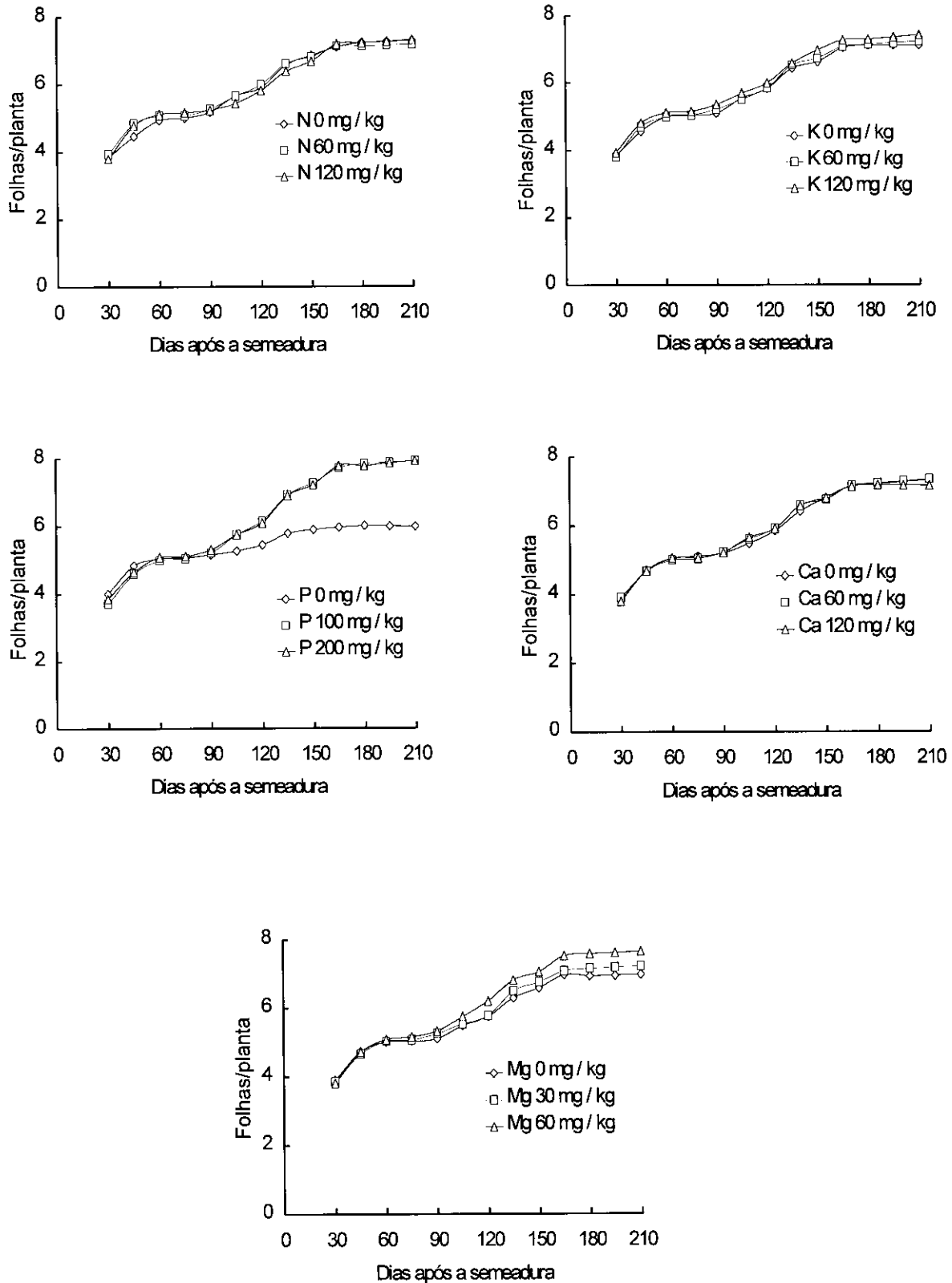


Figura 37. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre número de folhas em mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro até 210 dias após a semeadura.

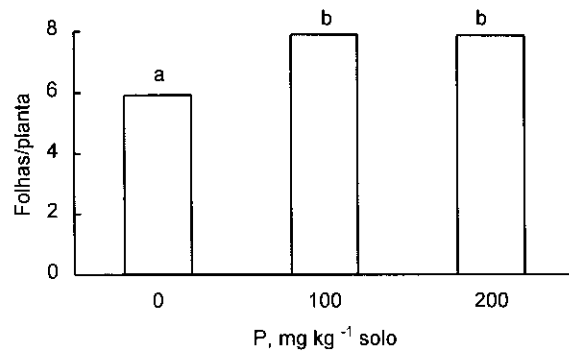


Figura 38. Efeito da adição de P no solo sobre número de folhas em mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

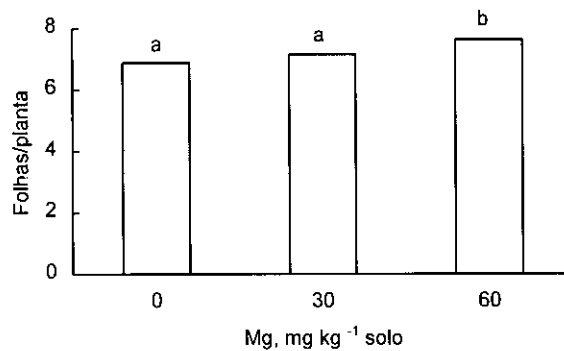


Figura 39. Efeito da adição de Mg no solo sobre número de folhas em mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

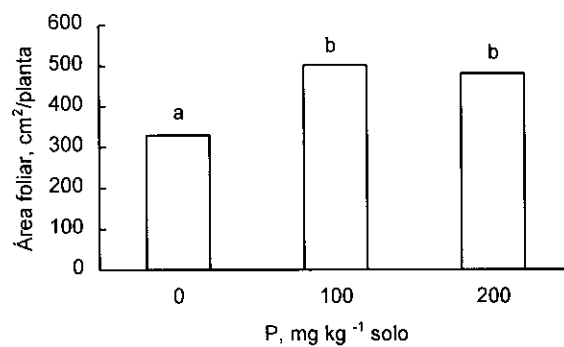


Figura 40. Efeito da adição de P no solo sobre área foliar de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

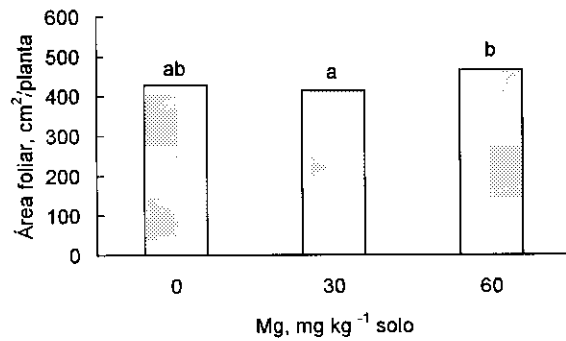


Figura 41. Efeito da adição de Mg no solo sobre área foliar de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

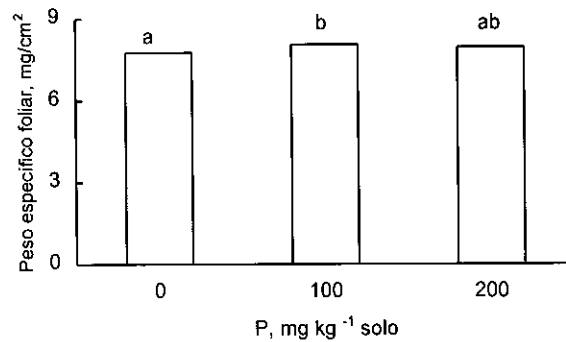


Figura 42. Efeito da adição de P no solo sobre peso específico foliar de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Produção de matéria seca e relação raiz parte aérea

A adição de 100 mg de P kg⁻¹ de solo aumentou significativamente a produção de matéria seca de todas as partes da planta (Figura 43, Tabelas XIV). A matéria seca foliar (2,5 g/planta) sem adubação com P subiu para 4,0 e 3,8 g/planta nas dosagens de 100 e 200 mg de P kg⁻¹ de solo. Estes aumentos foram de 57 e 50% evidenciando a importância do nutriente. Os ganhos de produção de matéria seca do caule devidos ao P foram de cerca de 32% e de 22% enquanto que os ganhos em termos de produção de raízes foram cerca de 50% e 40%. Estes aumentos mostram a importância do nutriente para a produção de matéria seca de *Dipteryx alata*. Houve queda de produção, embora não significativa, na dosagem de 200 mg de P kg⁻¹ de solo mostrando que acima de 100 mg de P kg⁻¹ de solo não se obteve mais resposta ao nutriente.

A adição de Mg no solo também aumentou a produção de matéria seca do caule (Figura 44, Tabela XIV do anexo). Os valores alcançados sem Mg ou com 30 mg de Mg kg⁻¹ de solo não diferiram entre si, mas foram significativamente menores que a produção onde se aplicou 60 mg de Mg kg⁻¹ de solo.

Houve uma queda na relação raiz/parte aérea com a adição de N no solo (Figura 45, Tabela XV do anexo). Sem adubação nitrogenada esta relação foi de 1,35 caindo para 1,24 e 1,19 com 60 e 120 mg de N kg⁻¹;

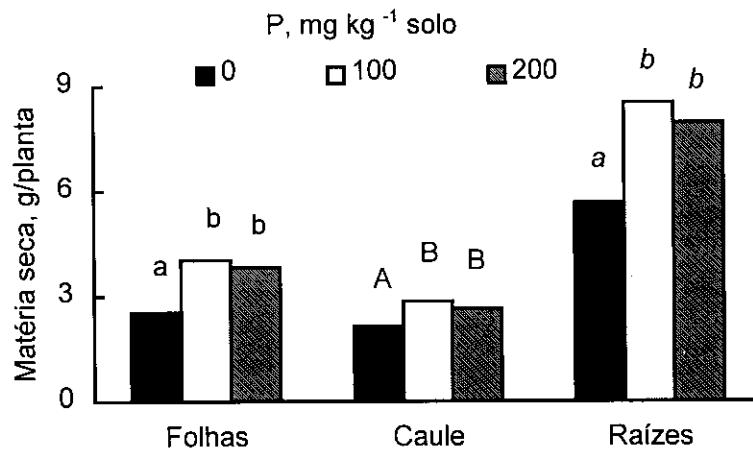


Figura 43. Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca das folhas, caule e raízes de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Colunas seguidas pela mesma letra, para a mesma parte da planta, não diferem pelo teste de t a 5%.

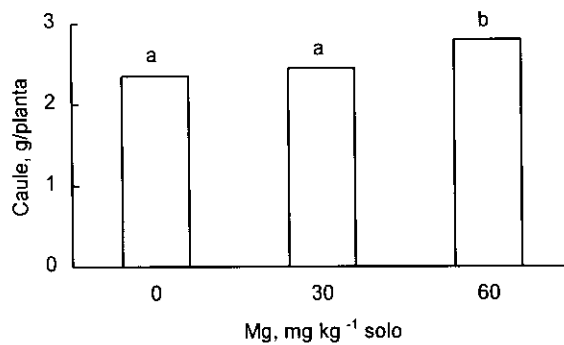


Figura 44. Efeito da adição de Mg no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

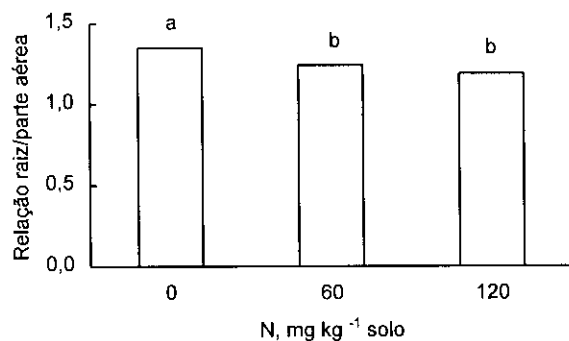


Figura 45. Efeito da adição de N no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Concentração de nutrientes na biomassa

A adição de N no solo aumentou a concentração do nutriente em todas as partes da planta (Figura 46 e Tabelas XV, XVI e XVII do anexo). Nas folhas ela subiu de 1,27%, 1,40% e 1,44% nas três dosagens o que corresponde a aumentos de cerca de 10 e 13%. Estas diferenças só foram significativas entre as parcelas não adubadas e as adubadas, mostrando resposta só até 60 mg de N kg⁻¹ de solo. A concentração de N no caule foi de 0,72% sem adubação. Este valor é significativamente menor que os das parcelas adubadas com N que foram 0,92 e 0,90% as quais não diferem entre si e mostram que só houve resposta até 60 mg de N kg⁻¹ de solo. A concentração de N nas raízes subiu significativamente de 0,92%, 1,13% e 1,27% nos três níveis de N. Isto mostra que houve efeito até a dosagem mais elevada (120 mg de N kg⁻¹ de solo).

O P adicionado ao solo aumentou a concentração do elemento em todas as partes da planta (Figura 46 e Tabelas XVI, XVII e XVIII do anexo). Nas folhas ela praticamente dobrou com a adição de 100 ou 200 mg de P kg⁻¹ de solo passando de 0,05% para 0,10% mostrando que houve resposta somente até 100 mg de P kg⁻¹ de solo. No caule o aumento da concentração de P só foi significativo quando se aplicou 200 mg de P kg⁻¹ de solo. Nesta dosagem a concentração foi de 0,11% superando o valor obtido sem fertilização que foi de 0,08%. A concentração de P nas raízes variou de 0,04, 0,08 e 0,09% sendo estas diferenças significativas em todas as três dosagens. Isso mostra que houve resposta ao nutriente até o nível mais elevado.

A adição de K no solo aumentou a concentração do elemento em todas as partes da planta (Figura 46 e Tabelas XVI, XVII e XVIII do anexo). Nas folhas ela foi de 0,30% sem fertilização potássica subindo para 0,68% e 0,88% nas dosagens subsequentes.

Estes aumentos devido ao K foram de cerca de 130% e 190% mostrando que houve uma maior absorção do nutriente com o aumento da disponibilidade no solo. Nas raízes a concentração de K passou de 0,05% para 0,19 e 0,31% com o aumento das dosagens do nutriente. Estes aumentos correspondem a 280% e 520% mostrando resposta nos três níveis de K.

A adição de Ca no solo aumentou significativamente a concentração do elemento em todas as partes da planta (Figura 46 e Tabelas XVI, XVII e XVIII do anexo). Sem aplicação de Ca a concentração foliar foi de 0,28% subindo para 0,59% e 0,78% nos níveis subseqüentes o que equivale a aumentos de 110 e 178% e mostra que houve resposta até a dosagem 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo. Houve aumento significativo na concentração de Ca no caule com a adição do nutriente no solo. Para os três níveis de Ca (0, 60 e 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo) os valores obtidos foram 0,20, 0,47 e 0,66%. A adição de Ca no solo aumentou a concentração do elemento nas raízes. Os valores variaram de 0,14% sem adubação do nutriente a 0,35 e 0,46% nos dois níveis subseqüentes. Estas diferenças foram significativas entre os três níveis mostrando que houve resposta até a dosagem de 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo.

A concentração de Mg aumentou em todas as partes da planta com a adição do nutriente no solo (Figura 46 e Tabelas XVI, XVII e XVIII do anexo). Nas folhas este aumento foi de 183% para a dosagem de 30 mg de mg de Mg kg⁻¹ de solo e de 333% para 60 mg de Mg k⁻¹ de solo. No caule a concentração subiu de 0,04% sem fertilização para 0,08% com 30 mg de Mg kg⁻¹ de solo e 0,10% com 60 mg de mg de Mg kg⁻¹ de solo, enquanto que nas raízes subiu de 0,04% para 0,07% e 0,08%.

A adição de N no solo afetou muito pouco a concentração dos demais nutrientes nos tecidos da planta (Tabela 15). Nas folhas e nas raízes o efeito foi insignificante para todos os nutrientes avaliados (P, K, Ca, Mg e S). No caule a adição de N não alterou a concentração de P, Ca, Mg e S, porém quando aplicado 120 mg de N kg⁻¹ de solo causou queda significativa na concentração de K.

A adição de P diminuiu a concentração de N e K, aumentou a concentração de Ca e não alterou a concentração de Mg e S nas folhas (Tabela 16). A adição de P diminuiu a concentração de K, aumentou a de Ca e Mg e não alterou a de N e S no caule. Houve queda na concentração de N e aumento na concentração de S com a adição de P no solo para as raízes.

A aplicação de K diminuiu as concentrações foliares de N, Ca e Mg e não alterou as concentrações de P e S (Tabela 17). Com relação a concentração dos elementos

no caule o único efeito do K foi sobre o Mg provocando queda com o aumento do nível do nutriente. Nas raízes o K provocou queda na concentração de N, aumento na concentração de Mg e nenhum efeito sobre os outros nutrientes.

A adição de Ca no solo não teve efeito na concentração de N nas folhas e caule, porém provocou queda na concentração radicular de N (Tabela 18). A aplicação de Ca não alterou as concentrações de P e S em nenhuma parte da planta. A concentração de K nas raízes aumentou com a aplicação de 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo.

A aplicação de Mg aumentou a concentração de N e diminuiu a concentração de K nas folhas (Tabela 19). Com relação ao caule houve aumento da concentração de K e queda na de Ca, enquanto que nas raízes o único efeito do Mg foi a queda na concentração de Ca.

Tabela 15. Efeito da adição de N no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Componente	N mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,27 a	0,09 a	0,59 a	0,54 a	0,17 a	0,03 a
	60	1,40 b	0,08 a	0,65 a	0,54 a	0,18 a	0,03 a
	120	1,44 b	0,08 a	0,62 a	0,57 a	0,14 a	0,03 a
Caule	0	0,72 a	0,09 a	0,31 a	0,44 a	0,07 a	0,01 a
	60	0,92 b	0,10 a	0,37 a	0,42 a	0,07 a	0,01 a
	120	0,90 b	0,09 a	0,24 b	0,47 a	0,07 a	0,01 a
Raízes	0	0,92 a	0,07 a	0,20 a	0,32 a	0,06 a	0,02 a
	60	1,13 a	0,07 a	0,17 a	0,30 a	0,06 a	0,02 a
	120	1,27 c	0,07 a	0,18 a	0,32 a	0,06 a	0,02 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

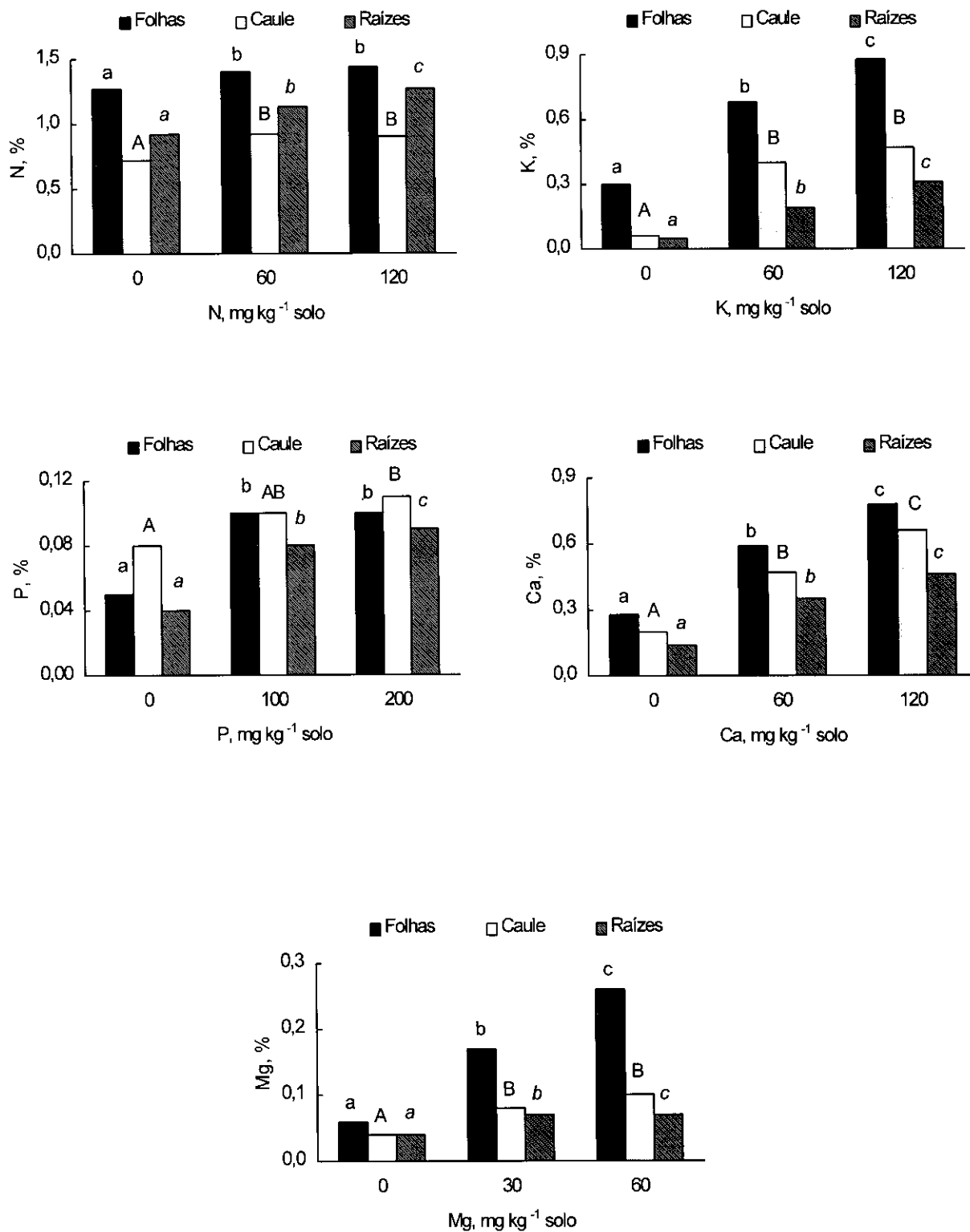


Figura 46. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento nas folhas, caule e raízes de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra para o mesmo componente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 16. Efeito da adição de P no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Componente	P mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,40 a	0,05 a	0,72 a	0,48 a	0,14 a	0,02 a
	100	1,33 b	0,10 b	0,55 b	0,59 b	0,18 a	0,03 a
	200	1,38 b	0,10 b	0,58 b	0,58 b	0,18 a	0,03 a
Caule	0	0,87 a	0,08 a	0,37 a	0,39 a	0,07 a	0,01 a
	100	0,83 a	0,10 ab	0,27 b	0,46 b	0,07 a	0,01 a
	200	0,85 a	0,11 b	0,29 b	0,48 b	0,08 b	0,01 a
Raízes	0	1,25 a	0,04 a	0,19 a	0,31 a	0,07 a	0,01 a
	100	0,99 b	0,08 b	0,16 a	0,32 a	0,06 a	0,02 b
	200	1,08 b	0,09 c	0,20 a	0,31 a	0,06 a	0,02 b

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 17. Efeito da adição de K no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Componente	K mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,52 a	0,09 a	0,30 a	0,71 a	0,26 a	0,03 a
	60	1,41 b	0,08 a	0,68 b	0,48 b	0,13 b	0,03 a
	120	1,40 b	0,09 a	0,88 c	0,46 b	0,11 b	0,03 a
Caule	0	0,89 a	0,10 a	0,06 a	0,55 a	0,08 a	0,01 a
	60	0,78 a	0,09 a	0,40 b	0,39 a	0,07 b	0,01 a
	120	0,88 a	0,10 a	0,47 b	0,39 a	0,06 c	0,01 a
Raízes	0	1,17 a	0,07 a	0,05 a	0,32 a	0,06 a	0,02 a
	60	1,06 b	0,07 a	0,19 b	0,31 a	0,07 b	0,02 a
	120	1,09 b	0,07 a	0,31 c	0,31 a	0,07 b	0,02 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 18. Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Componente	Ca mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,39 a	0,09 a	0,62 a	0,28 a	0,16 a	0,03 a
	60	1,33 a	0,08 a	0,60 a	0,59 b	0,18 a	0,03 a
	120	1,39 a	0,08 a	0,63 a	0,78 c	0,16 a	0,03 a
Caule	0	0,91 a	0,10 a	0,31 a	0,20 a	0,08 a	0,01 a
	60	0,84 a	0,09 a	0,27 a	0,47 b	0,07 a	0,01 a
	120	0,84 a	0,09 a	0,34 a	0,66 c	0,07 a	0,01 a
Raízes	0	1,20 a	0,07 a	0,15 a	0,14 a	0,07 a	0,02 a
	60	1,08 b	0,07 a	0,16 a	0,35 b	0,06 b	0,02 a
	120	1,04 b	0,07 a	0,23 b	0,46 c	0,06 b	0,02 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 19. Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes nas folhas, caule e raízes de mudas de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Componente	Mg mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Folhas	0	1,30 a	0,09 a	0,67 a	0,57 a	0,06 a	0,02 a
	30	1,41 b	0,08 a	0,63 a	0,54 a	0,17 b	0,03 a
	60	1,40 b	0,09 a	0,56 b	0,53 a	0,26 c	0,03 a
Caule	0	0,77 a	0,10 a	0,27 a	0,56 a	0,04 a	0,01 a
	30	0,90 a	0,10 a	0,37 b	0,41 b	0,08 b	0,01 a
	60	0,85 a	0,09 a	0,28 b	0,36 c	0,10 b	0,01 a
Raízes	0	1,12 a	0,07 a	0,15 a	0,37 a	0,04 a	0,02 a
	30	1,11 a	0,07 a	0,20 a	0,31 b	0,07 b	0,02 a
	60	1,08 a	0,07 a	0,21 a	0,26 c	0,08 c	0,02 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Resposta de *Hancornia speciosa* à adição de nutrientes

Altura e diâmetro do colo

O crescimento em altura das mudas de *Hancornia speciosa* foi contínuo durante os 170 dias do experimento (Figura 47) No final das avaliações – 170 dias após a semeadura – a altura média foi de 8,4 cm o que corresponde a um incremento médio mensal de 1,5 cm. A análise de variância mostrou que a adição de nutrientes no solo não acarretou aumento significativo sobre o crescimento em altura das plantas (Tabela XVIII do anexo).

O crescimento em diâmetro do colo das mudas de *Hancornia speciosa* foi contínuo durante os 170 dias de duração do experimento (Figura 48). Na avaliação final – 170 dias após a semeadura – o diâmetro médio foi de 2,9 mm o que corresponde a um incremento mensal de 0,51 mm. A análise de variância mostrou que a adição de nutrientes no solo não acarretou aumento significativo sobre o crescimento em diâmetro (Tabela XVIII do anexo). A Figura 49 mostra diferenças entre alguns tratamentos em crescimento aos 165 dias após a semeadura.

Número de folhas, área foliar e peso específico foliar

O número de folhas por planta cresceu de forma contínua durante o período de duração do experimento atingindo uma média geral de 10,8 folhas por planta (Figura 50). Dos nutrientes testados o N, P e K afetaram significativamente este parâmetro com interação significativa entre N e (Tabela XIX). Sem adição de N, o número de folhas por planta aumentou com o aumento do nível de K (Figura 51). Os valores obtidos foram 8,3, 10,3 e 11,9 folhas por planta para os três níveis de K (0, 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo). Com a adição de 60 ou 120 mg de N kg⁻¹ de solo, o K não teve efeito significativo sobre o número de folhas por planta. A aplicação de N somente teve efeito sobre o número de folhas sem aplicação de K. Os valores obtidos foram 8,3, 10,3 11,2 folhas por planta para os três níveis de N (0, 60 e 120 mg de N kg⁻¹ de solo).

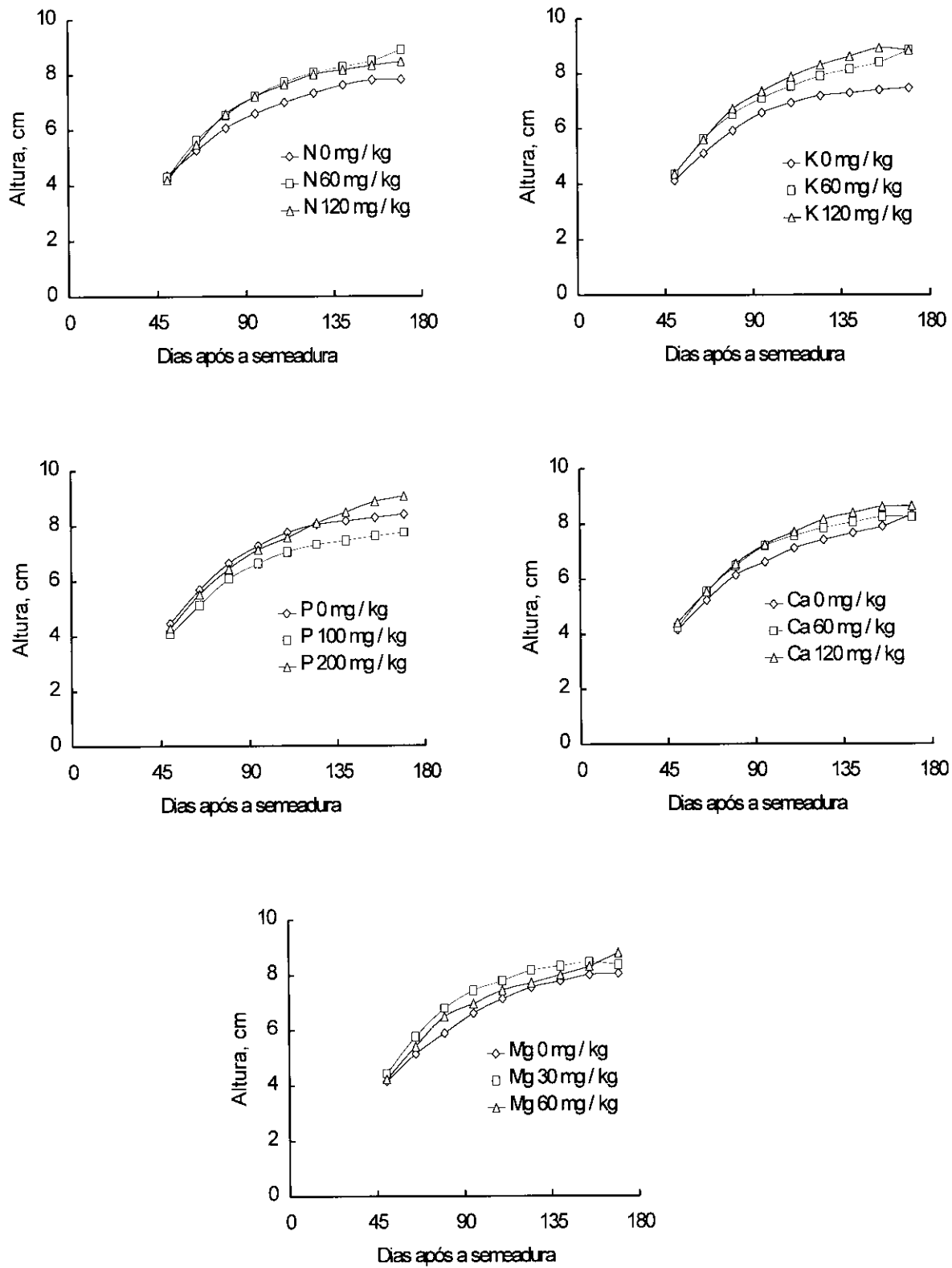


Figura 47. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre a altura de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro até 170 dias após a semeadura.

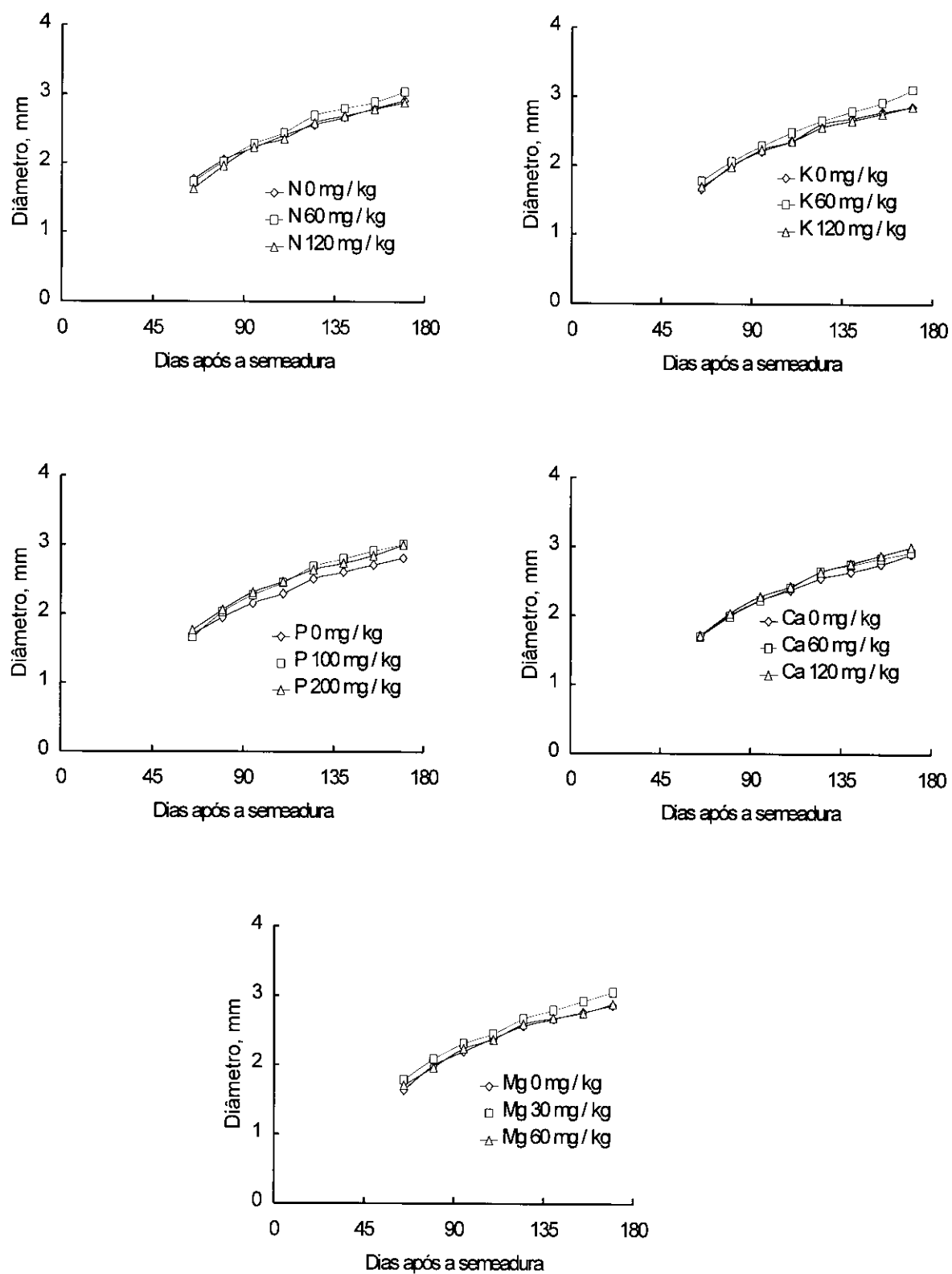


Figura 48. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o diâmetro do colo de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro até 170 dias após a semeadura.



Figura 49. Efeito da adição de nutrientes no crescimento de mudas de *Hancornia speciosa* aos 165 dias após a semeadura. Os números indicam os níveis de N, P, K, Ca e Mg conforme Tabela 1. O nível 0 representa o controle; os níveis 1 e 2 representam para N, K e Ca 60 e 120 mg do nutriente kg^{-1} de solo, 100 e 200 mg para P e 30 e 60 mg para Mg.

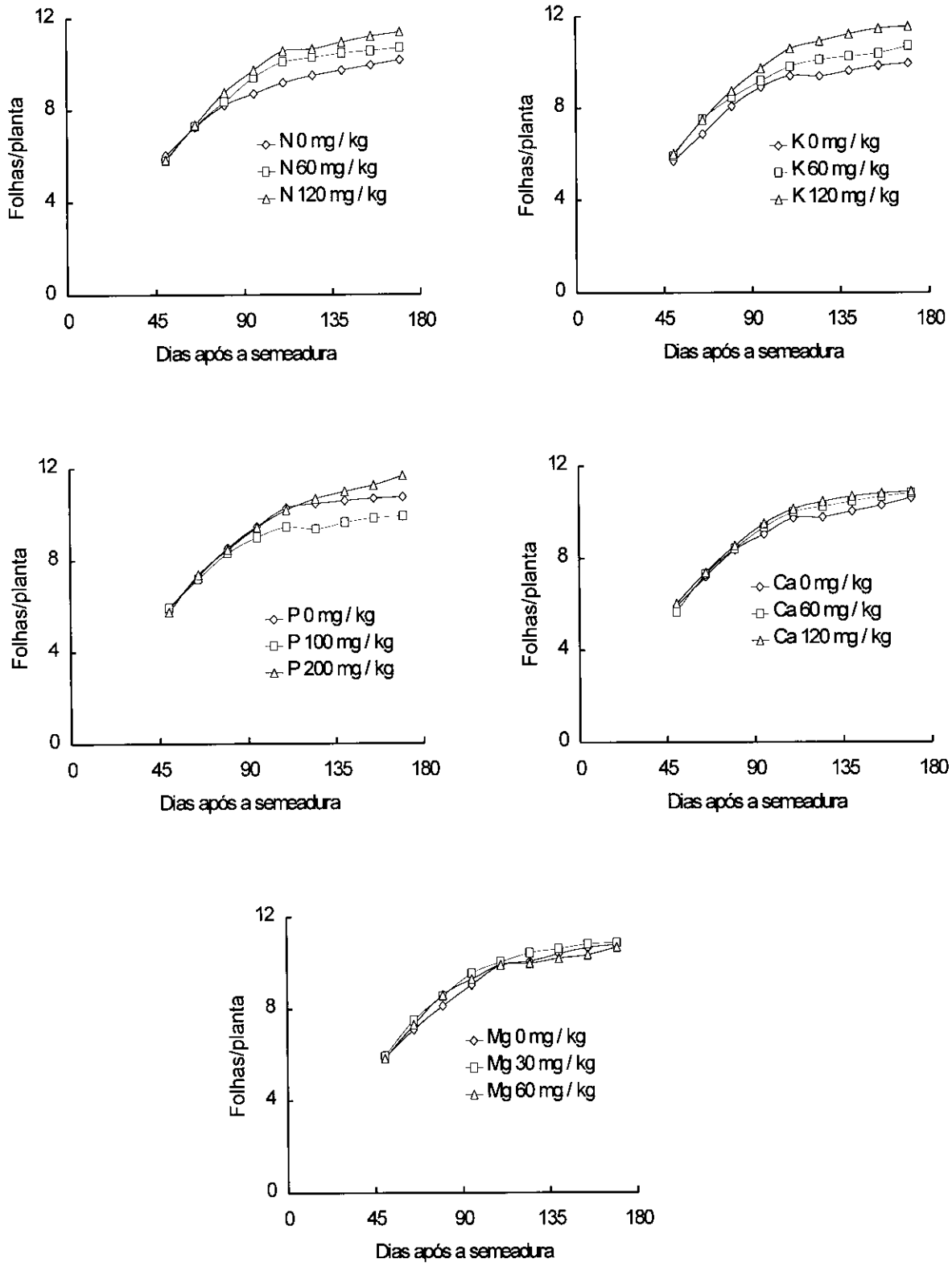


Figura 50. Efeito da adição de nutrientes no solo sobre o número de folhas de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro até 170 dias após a semeadura.

A interação entre N e Mg foi significativa mostrando que o efeito do N depende do nível de Mg. Sem aplicação de Mg o N não teve efeito sobre o número de folhas, porém com a aplicação de 30 mg de Mg kg^{-1} de solo este número aumentou de 10,2 para 11,6 folhas por planta. Com a aplicação de 60 mg de Mg kg^{-1} de solo o aumento foi de 9,2 para 11,56 folhas por planta.

A aplicação de P alterou significativamente o número de folhas por planta (Figura 52). Nas dosagens de 0 e 100 mg de P kg^{-1} de solo as plantas apresentaram em média 10,7 e 9,9 folhas, valores significativamente menores que o alcançado com 200 mg de P kg^{-1} de solo, mostrando que só houve resposta quando com maior quantidade de P.

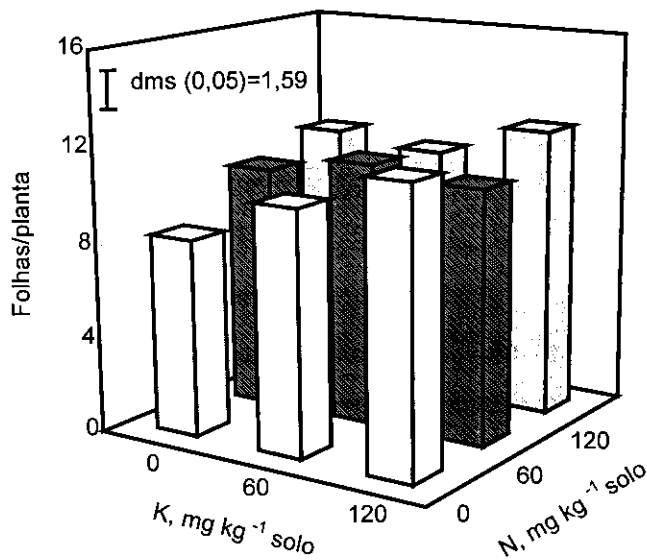


Figura 51. Efeito da adição de N e K no solo sobre o número de folhas de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura (dms = diferença mínima significativa ao nível de 5%).

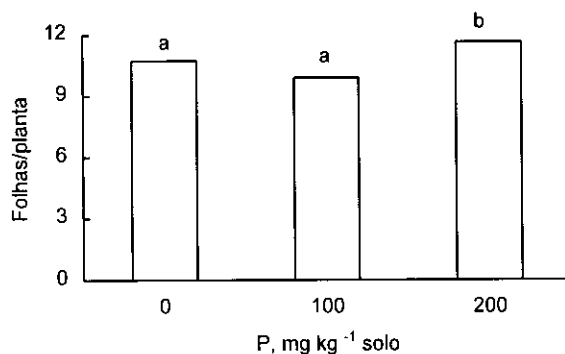


Figura 52. Efeito da adição de P no solo sobre o número de folhas de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Houve aumento significativo da área foliar com a adição de P no solo (Figura 53 e Tabela XIX do anexo). A maior área foliar média foi obtida com aplicação de 200 mg de P kg⁻¹ de solo, cujo valor atingiu 80 cm²/planta. Este valor é cerca de 45 e 25% superior aos obtidos sem adubação fosfatada (55 cm²/planta) e com 100 mg de P kg⁻¹ de solo (64 cm²/planta). A adição de K também aumentou a área foliar (Figura 54 e Tabela XIX do anexo). Nos tratamentos sem o nutriente e com 60 mg de K kg⁻¹ de solo ela foi em média 53 cm²/planta e 65 cm²/planta. Estes valores não diferem entre si significativamente, mas são inferiores ao obtido com aplicação de 120 mg de K kg⁻¹ de solo (80 cm²).

A aplicação de K acarretou queda no peso específico foliar (Figura 55 e Tabela XIX do anexo). Sem o nutriente ele foi de 7,7 mg/cm², caindo para 7,5 e 7,2 nas dosagens de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo. A aplicação de Ca aumentou o peso específico foliar (Figura 56 e Tabela XIX do anexo). Sem aplicação de Ca ele foi de 7,2 mg/cm², subindo para 7,5 e 7,7 com a aplicação de 60 e 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo.

Produção de matéria seca e relação raiz parte aérea

A adição de P aumentou significativamente a produção de matéria seca foliar (Figura 57 e Tabela XX do anexo). Sem o nutriente ou com 100 mg de P kg⁻¹ de solo a produção foi praticamente a mesma variando de 0,41 a 0,47 g/planta. Estes valores não diferem entre si mas são menores que o obtido com uso de 200 mg de P kg⁻¹ de solo cuja produção foi de 0,60 g/planta. Este aumento devido ao P foi de 46% quando comparado com as plantas não adubadas. A aplicação de K também aumentou a produção de matéria seca foliar (Figura 58 e Tabela XX do anexo). Sem o nutriente a produção foi de 0,42 g/planta passando para 0,49 e 0,57 g/planta com uso de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo. Estes aumentos correspondem a 17 e 36%. Os outros nutrientes aplicados (N, Ca e Mg) não alteraram a produção de matéria seca foliar.

A produção de matéria seca do caule foi alterada significativamente somente pela adição de Ca não sofrendo influência dos demais nutrientes aplicados ao solo (Figura 59 e Tabela XX do anexo). A adição de 60 e 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo aumentou a produção de matéria seca do caule em 33 e 44% em comparação com as plantas que não receberam o nutriente. Não houve diferença significativa entre as dosagens de 60 e 120 mg de Ca kg⁻¹ de solo.

A produção de matéria seca radicular foi influenciada apenas pelo N (Figura 60 e Tabela XX do anexo). A produção sem o nutriente foi de 0,78 g/planta e não diferiu daquela obtida na dosagem de 60 mg de N kg⁻¹ de solo que foi de 0,74 g/planta. Entretanto

estes valores são significativamente maiores que o obtido com uso de 120 mg de N kg⁻¹ de solo que foi de 0,60 mg/planta.

A aplicação de N no solo diminuiu a relação entre a matéria seca radicular e aérea (Figura 61 e Tabela XX do anexo). Sem o nutriente ela foi 1,51, valor significativamente maior que os obtidos com adubação nitrogenada que foram 1,19 e 1,22 para as dosagens de 60 e 120 mg de N kg⁻¹ de solo.

Concentração de nutrientes na biomassa

A adição de N no solo acarretou aumento da concentração do nutriente tanto na parte aérea como nas raízes das plantas (Figura 62, Tabelas XXI e XXII do anexo). A concentração do elemento na parte aérea foi de 1,58% nos tratamentos sem N. Este valor é significativamente inferior aos obtidos nas dosagens de 60 (1,92%) e 120 mg de N kg⁻¹ de solo (2,12%). A concentração de N nas raízes subiu de 1,04% nas plantas que não receberam adubação nitrogenada para 1,24 e 1,55% nas plantas que receberam 60 e 120 mg de N kg⁻¹ de solo com resposta significativa até o nível mais elevado de N.

A adição de P no solo aumentou significativamente a concentração do elemento tanto na parte aérea como nas raízes (Figura 62). Na parte aérea este aumento só foi significativo no nível mais elevado de P (200 mg de P kg⁻¹ de solo). Nesta dosagem a concentração foi de 0,09%, valor significativamente maior que os obtidos sem P e 100 mg de P kg⁻¹ de solo que foram 0,04 e 0,05% e não diferiram entre si. Nas raízes o aumento da concentração também só foi significativo na dosagem mais elevada de P atingindo 0,08%, valor significativamente superior aos obtidos nos outros dois níveis de P.

Com a adição de K no solo, houve aumento significativo na concentração do nutriente tanto na parte aérea como nas raízes devido à adição do nutriente no solo (Figura 62). Na parte aérea ela subiu de 0,50% sem aplicação do nutriente no solo para 1,00% e 1,64 % com aplicação de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo. Todas estas médias são diferentes entre si mostrando que houve resposta até o nível mais elevado de K (120 mg de K kg⁻¹ de solo). A concentração nas raízes que era de 0,36% sem aplicação do nutriente subiu para 0,55 e 0,61% nas dosagens de 60 e 120 mg de K kg⁻¹ de solo. Estes aumentos correspondem a cerca de 53 e 70%.

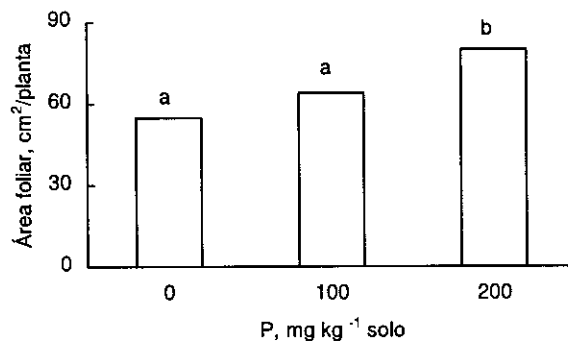


Figura 53. Efeito da adição de P no solo sobre a área foliar de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

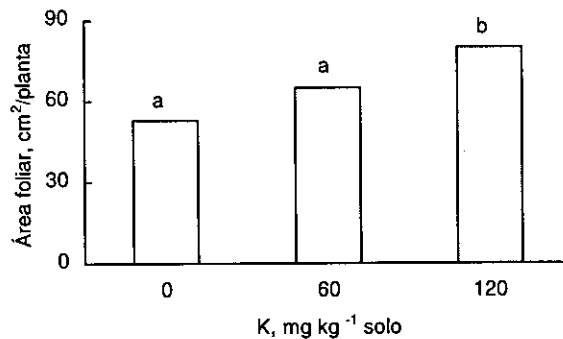


Figura 54. Efeito da adição de K no solo sobre a área foliar de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

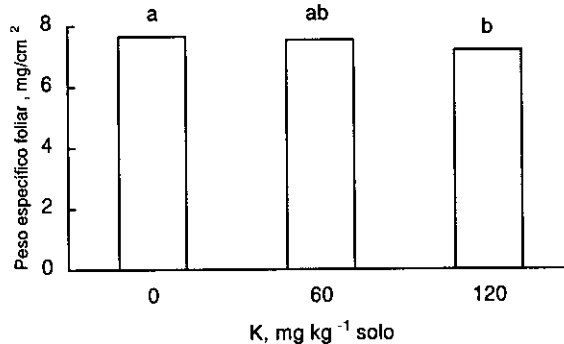


Figura 55. Efeito da adição de K no solo sobre peso específico foliar de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

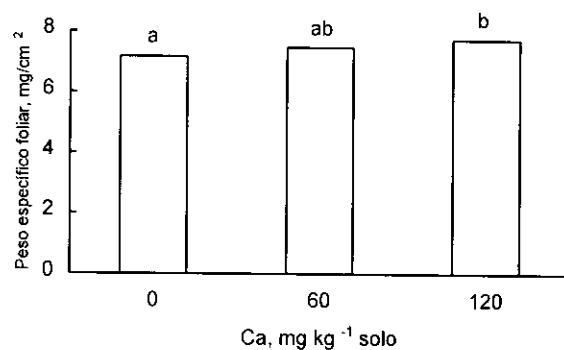


Figura 56. Efeito da adição de Ca no solo sobre peso específico foliar de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

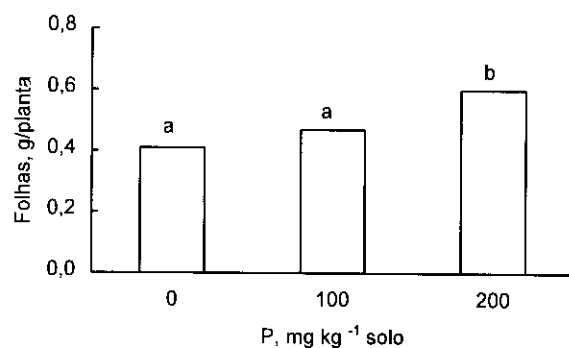


Figura 57. Efeito da adição de P no solo sobre a produção de matéria seca foliar de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

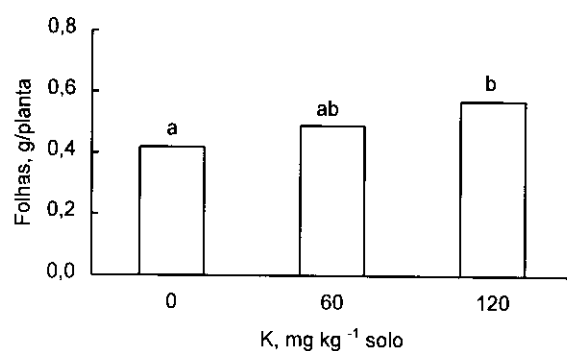


Figura 58. Efeito da adição de K no solo sobre a produção de matéria seca foliar de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

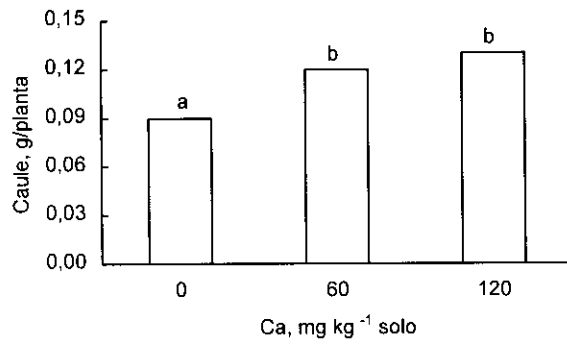


Figura 59. Efeito da adição de Ca no solo sobre a produção de matéria seca do caule de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

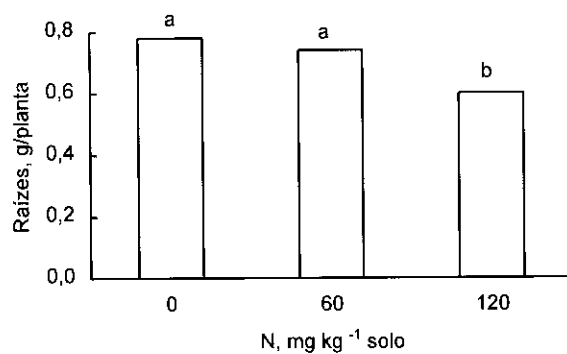


Figura 60. Efeito da adição de N no solo sobre a produção de matéria seca radicular de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

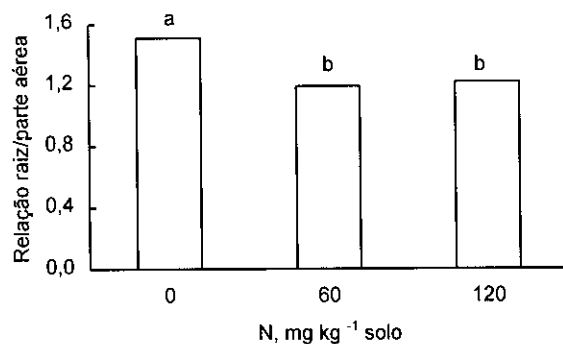


Figura 61. Efeito da adição de N no solo sobre a relação raiz/parte aérea de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

A adição de Ca no solo aumentou significativamente a concentração do elemento tanto na parte aérea como nas raízes (Figura 62). Sem aplicação, a concentração atingiu cerca de 0,73% subindo para 0,99% e 1,20% nas dosagens de 60 e 120 mg de Ca kg^{-1} de solo. Isto equivale a aumentos de 36 e 64%. Todas estas médias diferem entre si mostrando que houve resposta até o nível mais elevado do nutriente. A concentração de Ca nas raízes variou de 0,17% sem aplicação do nutriente a 0,23 e 0,31% nas parcelas adubadas, sendo estas médias também diferentes entre si.

A adição de Mg no solo aumentou a concentração dele próprio na parte aérea e nas raízes (Figura 62). Sem aplicação do nutriente a concentração na parte aérea foi de 0,13% subindo para 0,20 e 0,27% nas dosagens 0, 30 e 60 mg kg^{-1} de solo. Estas médias diferem entre si e mostram que houve resposta ao nutriente até a dosagem mais elevada. A concentração nas raízes atingiu 0,09% , 0,13% e 0,16% sem fertilização, com 30 e 60 mg de Mg kg^{-1} de solo. Estes aumentos correspondem a 44% e 78%.

A adição de N no solo não alterou significativamente a concentração de nenhum dos outros nutrientes testados (Tabela 20). A aplicação de P aumentou significativamente a concentração de N, K, Ca e Mg na parte aérea sem alterar a do S (Tabela 21), entretanto, este aumento só foi significativo quando se usou 200 mg de P kg^{-1} de solo. O P aumentou ainda a concentração de N, Ca e S nas raízes. Estes resultados mostram a importância deste nutriente na absorção dos demais nutrientes pela planta. O aumento do nível de K no solo acarretou uma queda nas concentrações de Ca e Mg na parte aérea e aumento na concentração de S nas raízes (Tabela 22). A adição de Ca no solo provocou redução nas concentrações de N, K e Mg na parte aérea (Tabela 23). Além disso houve redução nas concentrações radiculares de N e Mg. A adição de Mg acarretou redução na concentração de Ca tanto na parte aérea como nas raízes e de K na parte aérea (Tabela 24).

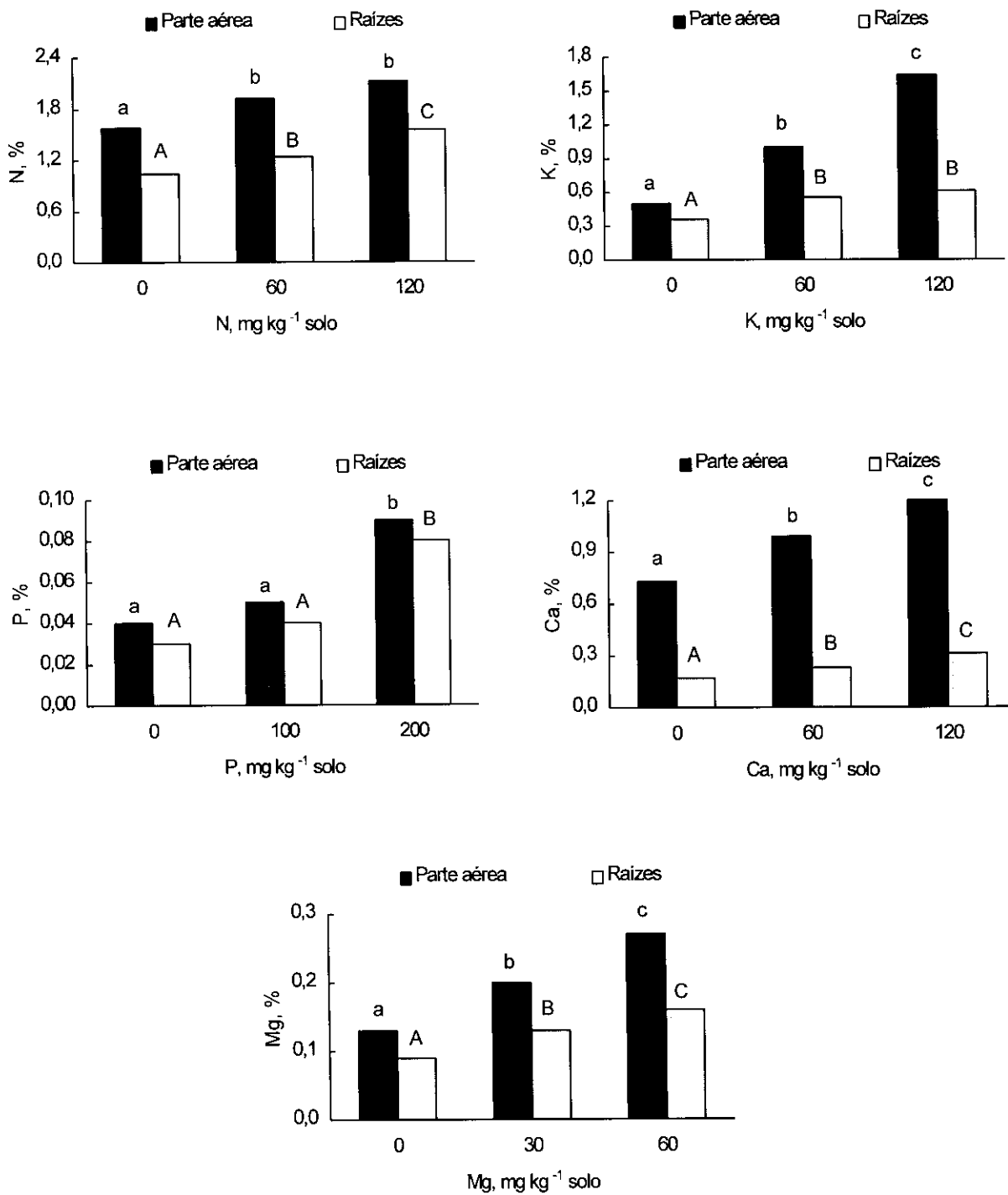


Figura 62. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg no solo sobre a concentração do próprio elemento na parte aérea e nas raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura. Médias seguidas pela mesma letra para o mesmo componente não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5%.

Tabela 20. Efeito da adição de N no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Componente	N mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,58 a	0,06 a	1,00 a	0,93 a	0,18 a	0,03 a
	60	1,92 b	0,06 a	1,03 a	1,03 a	0,21 a	0,03 a
	120	2,12 b	0,06 a	1,11 a	0,97 a	0,21 a	0,02 a
Raízes	0	1,04 a	0,05 a	0,46 a	0,24 a	0,11 a	0,04 a
	60	1,24 a	0,05 a	0,55 a	0,25 a	0,13 a	0,03 a
	120	1,55 b	0,05 a	0,51 a	0,24 a	0,13 a	0,04 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 21. Efeito da adição de P no solo sobre a concentração de nutrientes parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Componente	P mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,70 a	0,04 a	1,05 a	0,82 a	0,19 a	0,03 a
	100	1,82 a	0,05 a	0,93 a	0,93 a	0,20 a	0,02 a
	200	2,10 b	0,09 b	1,16 b	1,08 b	0,22 b	0,03 a
Raízes	0	1,15 a	0,03 a	0,58 a	0,21 a	0,12 a	0,03 a
	100	1,23 a	0,04 a	0,50 a	0,24 b	0,13 a	0,02 a
	200	1,45 b	0,08 b	0,43 a	0,27 c	0,13 a	0,05 b

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 22. Efeito da adição de K no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Componente	K mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,89 a	0,06 a	0,50 a	1,13 a	0,23 a	0,03 a
	60	1,80 a	0,06 a	1,00 b	0,93 b	0,18 b	0,03 a
	120	1,93 a	0,06 a	1,64 c	0,87 b	0,19 b	0,02 a
Raízes	0	1,18 a	0,05 a	0,36 a	0,25 a	0,13 a	0,02 a
	60	1,27 a	0,05 a	0,55 b	0,25 a	0,12 a	0,03 ab
	120	1,38 a	0,06 a	0,61 b	0,22 a	0,12 a	0,04 b

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 23. Efeito da adição de Ca no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Componente	Ca mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	2,02 a	0,06 a	1,15 a	0,73 a	0,24 a	0,02 a
	60	1,84ab	0,05 a	1,07 a	0,99 b	0,19 b	0,03 a
	120	1,76b	0,06 a	0,92 b	1,20 c	0,17 b	0,03 a
Raízes	0	1,44 a	0,05 a	0,53 a	0,17 a	0,15 a	0,03 a
	60	1,25 b	0,05 a	0,50 a	0,23 b	0,13 b	0,03 a
	120	1,15 c	0,05 a	0,49 a	0,31 c	0,11 c	0,04 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

Tabela 24. Efeito da adição de Mg no solo sobre a concentração de nutrientes na parte aérea e raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Componente	Mg mg kg ⁻¹ solo	Concentração %					
		N	P	K	Ca	Mg	S
Parte aérea	0	1,93 a	0,06 a	1,19 c	1,06 a	0,13 a	0,03 a
	30	1,83 a	0,05 a	0,92 a	0,96 b	0,20 b	0,03 a
	60	1,87 a	0,07 a	1,02 b	0,91 b	0,27 c	0,03 a
Raízes	0	1,35 a	0,05 a	0,45 a	0,28 a	0,09 a	0,03 a
	30	1,24 a	0,05 a	0,51 a	0,22 b	0,13 b	0,04 a
	60	1,24 a	0,05 a	0,56 a	0,22 b	0,16 c	0,03 a

Medias seguidas pela mesma letra para cada componente não diferem pelo teste de Tukey ao nível de 5%.

DISCUSSÃO

Crescimento inicial das mudas

O crescimento em altura revelou algumas diferenças entre as espécies. A *Eugenia dysenterica* apresentou duas taxas distintas. Na primeira fase, que vai até 200 dias após a semeadura, o crescimento foi mais lento, não havendo nenhuma resposta aos nutrientes aplicados. A segunda fase, de maior crescimento, se estende até a avaliação final (345 dias). A *Eugenia dysenterica* foi semeada em abril de 1998, portanto a mudança de taxa de crescimento ocorreu em dezembro, pleno período chuvoso. Observou-se um crescimento logo após a germinação com o lançamento de alguns entrenós. A seguir houve uma queda ou quase paralisação nestes lançamentos até por volta de 200 dias. Nesta época houve uma retomada no crescimento com a emissão de grandes e numerosos entrenós aumentando a taxa de crescimento.

O *Sclerolobium paniculatum*, ao contrário da *Eugenia dysenterica*, apresentou uma taxa de crescimento uniforme ao longo do período de avaliação não sendo observado diferença entre os tratamentos. *Dipteryx alata* mostrou uma curva de crescimento em altura completamente diferente de *Eugenia dysenterica* e do *Sclerolobium paniculatum*. Até 45 dias após a semeadura a altura alcançou cerca de 16 cm. De 30 dias até a avaliação final aos 210 dias o crescimento foi muito lento. Este crescimento inicial rápido provavelmente deve se às reservas da semente que no caso de *Dipteryx alata* são muito grandes, e pode ser vantajoso em termos ecológicos pois, em condições naturais, pode facilitar o estabelecimento de novas plantas. A curva de crescimento em altura de *Hancornia speciosa* também foi diferente do padrão das outras espécies. O crescimento inicial também foi mais rápido, mas não tanto quanto *Dipteryx alata*, visto que a altura atingiu cerca de 4,0 cm contra 16 cm de *Dipteryx alata*.

As curvas de crescimento em diâmetro para todas as espécies revelaram não haver variações na taxa de crescimento que aumentou linearmente durante o período de avaliação. As diferenças devido aos tratamentos só se manifestaram por volta de 230 dias no caso de *Eugenia dysenterica* e 150 dias no caso de *Sclerolobium paniculatum*.

A curva do número de folhas de *Eugenia dysenterica* e *Sclerolobium paniculatum* mostrou que a taxa de emissão de folhas praticamente não variou ao longo do tempo, sendo as diferenças existentes devido aos tratamentos. A taxa de emissão de folhas pelo *Dipteryx alata* foi variável ao longo do período de avaliação. Até por volta de 50 dias após a semeadura esta taxa foi maior quando comparada com o resto do período. De 50 a 90 dias praticamente não houve lançamento de folhas, entre 90 e 165 dias a taxa voltou a

crescer e depois se estabilizou até o final do período. A taxa de emissão de folhas pela *Hancornia speciosa* foi maior no início da avaliação, tendendo a uma estabilização por volta de 100 dias após a semeadura.

Vale salientar que as curvas de crescimento foram obtidas em experimentos com vasos em casa de vegetação. Portanto os recursos oferecidos à planta são mais limitados, principalmente em termos de volume de solo, sendo bem provável que nas condições naturais o comportamento seja outro.

Resposta à adição de nutrientes

A fertilização com N não resultou em benefício para o crescimento de nenhuma das espécies avaliadas exceto um ligeiro aumento do número de folhas de *Hancornia speciosa*. Estes resultados são discordantes dos obtidos por Renó *et al.* (1997) com *Senna multijuga* L. C. Rich, *Cedrela fissilis* Vellozo, *Caesalpineia ferrea* Martius ex Tul. Var. *leiostachia* Bentham e *Piptadenia gonoacantha* (Martius MacBride) em Latossolo Vermelho Amarelo onde a adição de N resultou em maior crescimento e produção de matéria seca. Nicoloso *et al.* (1999), trabalhando com *Apuleia leicarpa* Vog. Macbride em solo Podzólico Vermelho Amarelo, verificaram que o N só apresentou efeito positivo sobre a altura, número de folhas, peso seco de folhas e peso total quando combinado o P e o K, o que torna a espécie pouco ou quase nada exigente em N. Com relação às espécies do cerrado, Moraes (1994), trabalhando com árvores adultas de *Dimorphandra mollis*, *Stryphnodendron adstringens*, *Dalbergia violacea*, *Roupala montana*, *Ouratea hexasperma* e *Didymopanax macrocarpum*, espécies arbóreas nativas do cerrado, em condições naturais, obteve resposta ao N com aumento do teor foliar para apenas duas espécies (*Dimorphandra mollis* e *Stryphnodendron adstringens*)

A adição de N, embora não tenha de modo geral afetado o crescimento das espécies, diminuiu a produção das raízes em relação à parte aérea para três das quatro espécies estudadas *Sclerolobium paniculatum*, *Dipteryx alata* e *Hancornia speciosa*. Este efeito também foi observado por Renó *et al.* (1997) para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* Var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha* em Latossolo Vermelho Amarelo. Este resultado mostra que, de um modo geral, uma maior disponibilidade de N permite maior investimento pela planta na produção de parte aérea.

A adição de N diminuiu a relação raiz/parte aérea de três das quatro espécies estudadas (*Dipteryx alata*, *Sclerolobium paniculatum* e *Hancornia speciosa*) sem alterar a relação de *Eugenia dysenterica*. Este parâmetro se mostrou muito variável entre as

espécies. De acordo com Oliveira (1999), o bioma Cerrado possui elevada taxa raízes/parte aérea e o mesmo afirma que várias fisionomias dos Cerrados possuem valores superiores a 71% para biomassa total de raízes. Os resultados, aqui apresentados, mostram que esta relação pode variar muito entre as espécies na fase de mudas. A *Eugenia dysenterica*, por exemplo, produziu cerca de três vezes mais biomassa de raízes que parte aérea, enquanto o *Sclerolobium paniculatum* produziu apenas 0,35 vezes. Este rápido crescimento radicular, principalmente na fase de mudas, tem a função ecológica de garantir a sobrevivência pois as raízes atingem camadas mais profundas onde a umidade é maior (Handro, 1969; Labouriau *et al.*, 1964).

A concentração de N nos tecidos das plantas de um modo geral foi maior nas folhas, seguido pelas raízes e finalmente pelo caule. A concentração na parte aérea atingiu 1,88% na *Hancornia speciosa*, valor um pouco inferior ao obtido por Renó *et al.* (1997) que chegou a cerca de 3% para *Cedrela fissilis*, espécie de mata de galeria e de solos mais férteis, porém muito semelhante ao obtido por Borgatto (1994) para espécies do cerrado em regeneração e por Ulhoa (1997) para *Solanum lycocarpum*. A adição de N aumentou a concentração do elemento em todas as partes da planta para toda as espécies estudadas, embora isto não tenha se revertido em crescimento e produção de biomassa. Aumento na concentração de N foliar em função do aumento do nutriente no solo também foi obtido por Moraes (1994) para *Dimorphandra mollis*, *Stryphnodendron adstringens* e *Dalbergia violacea*, *Roupala montana*, *Ouratea hexasperma* e *Didymopanax macrocarpum* e por Silber *et al.* (1998) para *Leucadendron* em solos ácidos e de baixa fertilidade da Austrália.

A adição de N teve pouca influência na concentração dos demais nutrientes, sendo o único efeito o aumento da concentração de K nas raízes de *Eugenia dysenterica* e de S nas folhas de *Sclerolobium paniculatum*. Estes resultados discordam daqueles obtidos por Renó *et al.* (1997) para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* Var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha* onde o N diminuiu a concentração de P e Ca e aumentou a de K e Mg.

O aumento da disponibilidade de P no solo resultou em aumento de todos os parâmetros de crescimento avaliados em *Eugenia dysenterica* e *Dipteryx alata*. Aumentou ainda a área foliar e número de folhas de *Hancornia speciosa* e *Sclerolobium paniculatum*, a produção de matéria seca de todos os componentes de *Sclerolobium paniculatum* e matéria seca foliar de *Hancornia speciosa*. Por outro lado, a adição de P acarretou uma

queda no peso específico foliar de *Eugenia dysenterica* e na relação raiz/parte aérea de *Dipteryx alata* e *Hancornia speciosa*.

A interação entre P e Ca para altura, produção de matéria seca de folhas e caule e relação raiz/parte aérea de mudas de *Eugenia dysenterica* mostra a importância não só de cada um destes nutrientes isoladamente mas também de um balanço entre eles. Os resultados mostraram resposta ao P até 100 mg kg^{-1} de solo, entretanto esta resposta é maior quando se aplica Ca. Isto mostra que maior resposta ao P pode depender de adequado suprimento de Ca. A Interação entre Ca e P, afetando a produção de matéria seca e a relação raiz/parte aérea também foi encontrada por Ulhoa (1997) para *Dipteryx alata* e *Solanum lycocarpum*. Este autor observou queda na produção de matéria seca da parte aérea para doses mais altas de Ca dentro da dose de $50 \text{ mg de P kg}^{-1}$ de solo e atribuiu esta queda à deficiência de P.

Os resultados apresentados para *Eugenia dysenterica* mostram que houve queda no crescimento na dose mais elevada de P ($200 \text{ mg de P kg}^{-1}$ de solo). Acredita-se que esta queda se deva ao sódio contido na fonte de P (fosfato de sódio), visto que se observou necroses foliares nos tratamentos com P sendo estes sintomas mais intensos na dose mais elevada do nutriente. O efeito prejudicial do sódio, sobretudo para o sistema radicular, foi observado por Devitt *et al.* (1984) para sorgo. Este autor afirma que plantas crescendo em condições salino-sódica devem enfrentar não apenas o estresse osmótico mas também a toxidez do íon sódio. Grattan & Maas (1984) afirmam que, sob condições salinas, o fosfato pode ser tóxico, uma vez que este fato foi verificado pelos autores para soja. Com respeito às espécies do cerrado (Felippe & Dale, 1990) trabalhando com mudas de *Qualea grandiflora* e *Bidens gardneri* observaram que o crescimento depende do fornecimento de P sendo reduzido quando ele é baixo e também quando ele é muito alto.

O aumento da produção de matéria seca com a adição de P reflete bem a importância deste nutriente no desenvolvimento das espécies do cerrado

A concentração de P nos tecidos foliares variou entre as espécies. No caso do *Sclerolobium paniculatum* o nível foliar foi em média de 0,11%, próximo ao nível crítico obtido para a espécie por Dias *et al.* (1991a) que foi de 0,12%. A adição de P no solo aumentou significativamente a concentração do elemento em todas as partes da planta (folhas, caule e raiz) em todas as espécies. Este fato também foi observado em *Acacia mangium* (Dias *et al.*, 1991b), em *Sclerolobium paniculatum* (Dias *et al.*, 1991a, em *Qualea grandiflora* e *Bidens pilosa* (Felippe & Dale, 1990) e em *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* Var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha* (Renó *et al.*, 1997)

A adição de P no solo influenciou a concentração de outros nutrientes nos tecidos da plantas. A concentração de N, por exemplo, mostrou tendência de queda nas folhas e nas raízes de duas das quatro espécies estudadas (*Sclerolobium paniculatum* e *Dipteryx alata*). Para *Eugenia dysenterica* e *Hancornia speciosa* houve aumento da concentração de N com o aumento do nível de P. Alguns trabalhos mostram que a disponibilidade de P pode aumentar a concentração de N em muitos órgãos das plantas (Melo *et al.*, 1999; Nicoloso *et al.*, 1999; Denslow *et al.*, 1987).

A adição de P no solo mostrou pouco efeito na concentração de K. De um modo geral, o P aumenta a concentração de Ca nos tecidos de plantas de *Hancornia speciosa* (parte aérea e raízes), *Dipteryx alata* (caule e raiz) e *Sclerolobium paniculatum* (raiz). O efeito foi negativo para folhas de *Eugenia dysenterica* e *Sclerolobium paniculatum*.

Com relação à concentração de Mg, o P atuou positivamente nas raízes de *Eugenia dysenterica*, nas folhas de *Sclerolobium paniculatum*, no caule de *Dipteryx alata* e na parte aérea de *Hancornia speciosa*. Em nenhum caso houve queda na concentração de Mg em função do aumento do nível de P no solo.

O P reduziu a concentração de S em *Eugenia dysenterica* (raízes) e *Sclerolobium paniculatum* (todas as partes da planta) e aumentou nas raízes de *Dipteryx alata* e *Hancornia speciosa*.

As concentrações de K variaram entre as espécies e partes da planta em função da fertilização. A *Hancornia speciosa*, por exemplo, apresentou teores foliares quase o dobro do observado para as demais espécies. Entretanto em todos os casos os valores encontrados estão dentro da faixa observada para a maioria das plantas do cerrado que, segundo levantamento feito por Oliveira & Machado (1982), variou de 0,2% a 0,9% e em levantamento feito por Silva (1990) varia de 0,21 a 1,73% nas folhas. Com exceção da *Eugenia dysenterica* a concentração de K nas folhas foi maior que nas outras partes da planta, o que está de acordo com o obtido por Silva (1990).

A fertilização com K não afetou nenhum parâmetro de *Dipteryx alata*, entretanto aumentou a produção de matéria seca de raízes de *Eugenia dysenterica* e do caule de *Sclerolobium paniculatum*. Das espécies estudadas, a *Hancornia speciosa* foi a que apresentou maiores respostas ao K com aumentos no número de folhas, área foliar e matéria seca foliar e queda no peso específico foliar. Dias *et al.* (1991b) verificaram que em *Acacia mangium* a adição de K no solo resultou em menores taxas de crescimento e produção de biomassa. Este autor afirma que de acordo com a literatura algumas espécies

florestais nativas e exóticas ocorrem em solos com nível de K muito baixo (inferior a 50 mg de K kg⁻¹ de solo). Para *Eucalyptus grandis* este nível é de 7 a 10 mg de K kg⁻¹ de solo (Novais *et al.*, 1979), para *Eucalyptus cloeziana* de 11 a 31 mg de K kg⁻¹ de solo (Novais *et al.*, 1980). De acordo com Silva *et al.* (1996) algumas espécies são realmente capazes de se desenvolver sob condições de menor disponibilidade de K, fazendo uso de formas não trocáveis do elemento no solo. Desse modo, é possível que o nível crítico de K disponível para as espécies que não responderam ao K neste trabalho possa estar abaixo do nível existente naturalmente no solo usado, que era de 27 mg de K kg⁻¹ de solo. A adição de K provocou aumento na concentração do elemento em todas as partes das plantas para todas as espécies. Assim, mesmo para as espécies que não responderam na forma de crescimento, houve resposta em termos de absorção do nutriente. Aumentos na concentração de K nos tecidos com aumento de K no solo, mesmo com resposta negativa no crescimento, foi observado também por Dias *et al.* (1991b).

A fertilização com K diminuiu a concentração de Ca em todas as partes do *Sclerolobium paniculatum* e nas folhas de *Dipteryx alata*, diminuiu ainda a concentração de Mg na parte aérea de *Eugenia dysenterica*, caule de *Sclerolobium paniculatum* e folhas e caule de *Dipteryx alata*. Queda nas concentrações de Ca e Mg com aumento do nível de K no solo também foi relatado por Renó *et al.* (1997) para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* Var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*.

Dentre as espécies estudadas, a *Eugenia dysenterica* foi a que se mostrou mais exigente em Ca, respondendo com aumento na altura, diâmetro do colo, área foliar e produção de biomassa de folhas e caule. Quanto às demais espécies houve resposta no peso específico foliar de *Sclerolobium paniculatum* e *Hancornia speciosa* e biomassa do caule de *Hancornia speciosa*. De acordo com Dias *et al.* (1991a) algumas espécies do cerrado como *Sclerolobium paniculatum* podem apresentar baixíssimo requerimento de Ca. Desse modo é possível que o Ca existente no solo (0,17 cmol(+) kg⁻¹ de solo) tenha suprido as necessidades das espécies que não responderam ao nutriente. Apesar de algumas espécies não responderam ao Ca, todas elas apresentaram maior concentração do nutriente nos tecidos quando o elemento foi adicionado ao solo. Este fato foi observado por Garcia (1990) para duas espécies do cerrado: *Qualea parviflora* e *Vochysia thyrsoidea* em experimentos de fertilização em condições naturais.

A concentração de Ca nos tecidos foi muito variável entre as espécies. Em ordem decrescente de concentração foliar estão a *Eugenia dysenterica* (1,39%), a *Hancornia speciosa* (0,98%), o *Dipteryx alata* (0,55%) e o *Sclerolobium paniculatum*

(0,52%). Estes resultados mostram as variações existentes entre as espécies, fato já bastante conhecido da literatura. Entretanto todos os valores estão na faixa dos valores encontrados por Ribeiro (1983); Silva (1990) e Oliveira & Machado (1982). Para todas as espécies estudadas, a concentração média nas raízes ficou em 0,3%, muito abaixo da concentração observada para as folhas.

O aumento de Ca no solo influenciou a concentração de alguns nutrientes. Entretanto não foi possível identificar claramente uma tendência para todas as espécies e componentes da planta, exceto uma queda na concentração de Mg nas raízes de três das quatro espécies estudadas (*Hancornia speciosa*, *Dipteryx alata* e *Sclerolobium paniculatum*). Esta tendência não foi observada por Dias *et al.* (1991a) para *Sclerolobium paniculatum*, porém a competição entre Ca e Mg foi observada por Renó *et al.* (1997) para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* Var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*. O balanço e a interação entre nutrientes são complexos e altamente documentados para espécies cultivadas (Marschner, 1986), mas muito pouco estudados nas espécies nativas. Deve-se ressaltar no entanto, que os efeitos dos tratamentos sobre os teores de certos nutrientes pode resultar de diluição ou concentração provocado pelo crescimento diferenciado das plantas, nos diversos tratamentos (Jarrell & Beverly, 1981).

A adição de Mg aumentou apenas o número de folhas, a área foliar e a produção de biomassa do caule de *Dipteryx alata*. As outras espécies (*Eugenia dysenterica*, *Hancornia speciosa* e *Sclerolobium paniculatum*) não foram influenciadas pelo Mg, evidenciando a baixa exigência destas espécies. São escassos os trabalhos onde o Mg é aplicado separado do Ca. De acordo com Novais *et al.* (1990) a exigência dos eucaliptos de um modo geral quanto a Ca e Mg é quase um que o preconizado para as espécies cultivadas. *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna*, por exemplo, mostram pouca resposta quando a soma de Ca + Mg estiver em torno de 0,40 cmol(+) dm⁻³ de solo. Novais (1979) não encontrou resposta quando a soma foi de 0,25 cmol(+) dm⁻³ de solo. Para espécies nativas, Renó *et al.* (1997) verificaram que a omissão de Mg não restringiu o crescimento de *Caesalpineia ferrea* Var. *leiostachia* e *Cedrela fissilis* em Latossolo Vermelho Amarelo. No solo usado nos ensaios, a soma Ca+Mg era de 0,24 cmol(+) dm⁻³ de solo. Assim, é possível que o Mg do solo tenha sido suficiente para suprir as necessidades das plantas, fazendo com que houvesse baixa resposta ao nutriente.

A adição de Mg no solo aumentou a concentração do nutriente em todas as partes da planta em todas as espécies, mostrando que as plantas respondem em termos de concentração nos tecidos, mesmo quando não houve resposta no crescimento. Aumento na

concentração de Mg nas folhas com o aumento da disponibilidade do nutriente no solo foi encontrado também por Renó *et al.* (1997) para *Senna multijuga*, *Cedrela fissilis*, *Caesalpineia ferrea* Var. *leiostachia* e *Piptadenia gonoacantha*.

Considerando a concentração média nas folhas ou parte aérea como um todo as espécies em ordem decrescente foram: *Hancornia speciosa* e *Eugenia dysenterica* (0,20%), *Dipteryx alata* (0,16%) e *Sclerolobium paniculatum* (0,10%). Estes resultados estão dentro da faixa observada por Silva (1990) que se situa entre 0,20 e 0,05%, dependendo da espécie.

A aplicação de Mg diminuiu a concentração de Ca nas raízes de todas as espécies, na parte aérea de *Hancornia speciosa* e no caule de *Sclerolobium paniculatum* e *Dipteryx alata*, confirmando a competição entre estes nutrientes. A aplicação de Mg diminuiu também a concentração de K na parte aérea de *Eugenia dysenterica* e *Hancornia speciosa* e nas folhas de *Dipteryx alata*, mostrando competição entre estes dois cátions.

As raízes apresentaram menores concentrações de Mg que as outras partes, exceto no *Sclerolobium paniculatum* onde ela foi ligeiramente maior que nas folhas. Este fato observado com o *Sclerolobium paniculatum* não está de acordo com o que é observado para a maioria das plantas que, de um modo geral, apresentam maiores concentrações de nutrientes nas folhas.

CONCLUSÕES

Todas as espécies aumentaram a absorção dos macronutrientes N, P, K, Ca e Mg à medida que aumentou a disponibilidade destes no solo. Esta maior absorção se refletiu em maior concentração dos nutrientes aplicados em todas as partes da planta. Entretanto, em alguns casos, não houve resposta em crescimento correspondente a este aumento na concentração de nutrientes nos tecidos.

O P foi o nutriente mais limitante para todas as espécies estudadas em relação ao crescimento. Sua aplicação aumentou todos os parâmetros de crescimento e produção de biomassa de *Eugenia dysenterica* e *Dipteryx alata*, o número de folhas, área foliar e produção de matéria seca de *Sclerolobium paniculatum* e o número de folhas, área e matéria seca foliar de *Hancornia speciosa*.

O K foi limitante para *Hancornia speciosa* e *Sclerolobium paniculatum*. Sua aplicação aumentou o número de folhas, a área e a matéria seca foliar de *Hancornia speciosa*. Para o *Sclerolobium paniculatum* seu único efeito foi maior produção de matéria seca do caule.

O Mg foi o nutriente mais limitante para o *Dipteryx alata*. Sua aplicação promoveu maior crescimento em número de folhas, área foliar e matéria seca do caule. A *Eugenia dysenterica* o *Sclerolobium paniculatum* e a *Hancornia speciosa* não mostraram resposta a este nutriente.

O N diminuiu a relação entre a produção de matéria seca da raiz/matéria seca da parte aérea de três das quatro espécies estudadas (*Sclerolobium paniculatum*, *Dipteryx alata* e *Hancornia speciosa*). Entretanto ele não foi limitante para o crescimento e produção de matéria seca de nenhuma delas, exceto para o número de folhas de *Hancornia speciosa*, onde ele promoveu um ligeiro aumento.

O Ca aumentou o crescimento em altura, diâmetro e área foliar de mudas de *Eugenia dysenterica*, além de promover o maior produção de matéria seca foliar e de caule. As outras espécies estudadas (*Sclerolobium paniculatum*, *Dipteryx alata* e *Hancornia speciosa*) não responderam ao nutriente a não ser um aumento no peso seco do caule em *Hancornia speciosa*.

Houve interação entre absorção de cátions Ca, Mg e K. O aumento da disponibilidade de K no solo diminuiu a concentração de Ca nas folhas, caule e raízes de *Sclerolobium paniculatum*, nas folhas de *Dipteryx alata* e parte aérea de *Hancornia speciosa*. O K diminuiu também a concentração de Mg na parte aérea de *Eugenia*

dysenterica e *Hancornia speciosa*, no caule de *Dipteryx alata* e *Sclerolobium paniculatum* e nas folhas de *Dipteryx alata* e *Hancornia speciosa*. A maior disponibilidade de Mg diminuiu a concentração de Ca nas raízes de todas as espécies estudadas, no caule de *Dipteryx alata* e *Sclerolobium paniculatum* e parte aérea de *Hancornia speciosa*.

As mudas das espécies estudadas apresentaram curvas de crescimento em altura diferentes entre si durante o período de avaliação. O *Dipteryx alata* teve um crescimento logo após a germinação muito rápido e depois muito lento ou quase nulo após 45 dias, provavelmente devido à grande reserva da semente. A *Eugenia dysenterica* tem crescimento inicial lento até 200 dias seguido de maior taxa de crescimento a partir desta época. A mudança da taxa de crescimento na *Hancornia speciosa* ocorre em dezembro e pode estar associada a algum mecanismo fisiológico ligado à umidade do solo. A *Hancornia speciosa* diminuiu a taxa de crescimento com o tempo porém de modo gradual. A taxa de crescimento de *Dipteryx alata* sofreu pouca variação durante o período de avaliação, mantendo um padrão linear ao longo do tempo.

BIBLIOGRAFIA

- ADÂMOLI, J.; MACEDO, J.; AZEVEDO, L.G. de. Caracterização da região dos cerrados. In: GOEDERT, W.J. **Solos dos Cerrados: tecnologia e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC / São Paulo: Nobel, 1986. p.33-74.
- ADLER, P.R.; WILCOX, G.E. Rapid perchloric acid digest methods for analysis of major elements in plant tissue. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.16, p.1153-1163, 1985.
- ALMEIDA, S.P de. Frutas nativas do cerrado: caracterização físico – química e fonte potencial de nutrientes. In: SANO, S.M.; ALMEIDA, S.P., ed. **Cerrado: ambiente e flora**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. p.248-285.
- ALMEIDA, S.P.; PROENÇA, C.E.B.; SANO, S.M.; RIBEIRO, J.F. **Cerrado: espécies vegetais úteis**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1998. 464p.
- ARASAKI, F.R.; FELIPPE, G.M. Crescimento inicial de *Kielmeyera coriacea*. **Ciência e Cultura**, v.42, p.715-720, 1990.
- BARBOSA, Z.; VENTURIN, R.P.; CARVALHO, J.G. de; MORAIS, A.R. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes saturações por bases. I. Crescimento vegetativo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos**. : UFV, 1995a. v.2, p.806-808.
- BARBOSA, Z.; VENTURIN, R.P.; CARVALHO, J.G. de; MORAIS, A.R. Crescimento e composição química foliar de mudas de aroeira (*Myracrodruon urundeuva* Fr. All.) sob diferentes saturações por bases II. Teor foliar de macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25., 1995, Viçosa, MG. **Resumos expandidos**. Viçosa: UFV, 1995b. v.2, 809-810.
- BEADLE, N. C. W. The edaphic factor in plant ecology with special note on phosphates. **Ecology**, v.34, p.426-428, 1953.
- BORGATTO, D.F. **Estado nutricional da regeneração de espécies arbóreas de um cerrado submetido a corte e queima**. Brasília: Departamento de Ecologia-UNB, 1994. 104 p. Dissertação de Mestrado.
- BRUFORD, G.R. **The effect of fertiliser on the soil on three natives species of the Cerrado in Central Brazil**. Oxford: Universidade de Oxford, 1993. 136p. Dissertação de Mestrado.
- BURSLEM, D.F.R.P.; GRUBB, P.J.; TURNER, I.M. Responses to nutrient addition among shade-tolerant tree seedlings of lowland tropical rain forest in Singapore. **Journal of Ecology**, v.83, p.113-122, 1995.
- CARPANEZZI, A.A.; MARQUES, L.C.T.; KANASHIRO, M. **Aspectos ecológicos e silviculturais de taxi-branco-da-terra-firme (*Sclerolobium paniculatum* Vogel)**. Curitiba: EMBRAPA-URPFCS, 1983. 10p. (EMBRAPA-URPFCS. Circular Técnica, 8).
- CARVALHO, P.E.R. **Espécies florestais brasileiras: recomendações silviculturais, potencialidades e uso da madeira**. Colombo: EMBRAPA-CNPQ / Brasília: EMBRAPA-SPI, 1994. 640p.

- CHAPIN, F.S. III. The mineral nutrition of wild plants. **Annual Review Ecology Systematics**, v.11, p.233-260, 1980.
- CHAPIN, F.S. III. Adaptation of selected trees and grasses to low availability of phosphorus. **Plant and Soil**, v.72, p.283-287, 1983.
- CHAPIN, F.S.; VITOUSEK, P.M.; VAN CLEVE, K. The nature of nutrient limitation in plant communities. **The American Naturalist**, v.127, p.48-58, 1986.
- CHRISTIE, E.K.; MOORBY, J. Physiological responses of semi-arid grasses. I. The influence of phosphorus supply on growth and phosphorus absorption. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.26, p.423-436, 1975.
- COCHRAN, W.G.; COX, G.M. **Experimental designs**. 2.ed. New York: J. Wiley, 1957. p.291.
- CORREA, M.P. Carvão de ferro. In: CORREA, M.P. **Dicionário das plantas úteis do Brasil e das exóticas cultivadas**. [Brasília]: IBDF, 1984. p.109.
- DAVIES, O.L. **The design and analysis of industrial experiments**. London: Longman, 1978. p.440-494.
- DENSLOW, J.S.; VITOUSEK, P.M.; SCHULTZ, J.C. Bioassays of nutrient limitation in a tropical rain forest soil. **Oecologia**, v.74, p.370-376, 1987.
- DEVITT, D.; STOLZY, L.H.; JARREL, W.M. Response of sorghum and wheat to different K^+/Na^+ ratios at varying osmotic potentials. **Agronomy Journal**, v.76, p.681-689, 1984.
- DIAS, L.E.; ALVAREZ, V. H.; JUCKSCH, I.; BARROS, N.F. de; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): 1. Resposta a calcário e fósforo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.26, p.69-76, 1991a.
- DIAS, L.E.; ALVAREZ, V.H.; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de *Acacia mangium* Wild: 2. Resposta a nitrogênio e potássio. **Revista Árvore**, v.15, p.11-22, 1991b.
- DIAS, L.E.; JUCKSCH, I.; ALVAREZ, V.H.; BARROS, N.F. de; BRIENZA JÚNIOR, S. Formação de mudas de taxi-branco (*Sclerolobium paniculatum* Voguel): II. Resposta a nitrogênio, potássio e enxofre. **Revista Árvore**, v.16, p.135-143, 1992.
- DRAKE, M. Soil chemistry and plant nutrition. In: BEAR, F.E. **Chemistry of the soil**. 2.ed. New York: Reinhold Publishers Corporation, 1965. p.395-444.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados (Planaltina,DF). **Relatório técnico anual do Centro de Pesquisa Agropecuária dos Cerrados**. Planaltina, 1976. 150p.
- FELIPPE, G.M.; DALE, J.E. The effects of phosphate supply on growth of plants from the Brazilian Cerrado: experiments with seedlings of the annual weed, *Bidens gardenari* Baker (Compositae) and the tree, *Qualea grandiflora* (Mart.) (Vochysiaceae). **Oecologia**, v.82, p.81-86, 1997.
- FETCHER, N.; HAINES, B.; CORDERO, R.A.; LODGE, D.J.; WALKER, L.; FERNANDEZ, D.S.; LAWRENCE, W.T. Responses of tropical plants to nutrients and light on a landslide in Puerto Rico. **Journal of Ecology**, v.84, p.331-341, 1996.
- FILGUEIRAS, T.S.; SILVA, E. Estudo preliminar do baru (Leg. Faboideae). **Brasil Florestal**, v.6, p.33-39, 1975.

- FREITAS, L.M.M. de; TANAKA, T.; LOBATO, E; SOARES, W.V.; FRANÇA, G.E. de. Experimentos de adubação de milho doce e soja em campo cerrado. **Pesquisa Agropecuária Brasileira, Serie Agronomia**, v.7, p.57-63, 1972.
- FROST, P.; MEDINA, E.; MENAUT, J.C.; SOLBRIG, O.; SWIFT, M.; WALKER, B. Responses of savannas to estresse and disturbance: A proposal for a collaborative programme of research. **Biology International**, v.10, 1986. Edição Especial.
- GARCIA MIRAGAYA, J.; SAN JOSE, J.J.; HERNANDEZ, J.I. Effect of added nitrogen, phosphorus and potassiun on above-ground biomassa production and nutrient content of *Trachypogon* savanna grasses. **Tropical Ecology**, v.24, p.33-42, 1983.
- GARCIA, M.A. **Resposta de duas espécies acumuladoras de alumínio à fertilização com fósforo, cálcio, e magnésio**. Brasília: Departamento de Ecologia-UNB, 1990. 72p. Dissertação de Mestrado.
- GODOY, S.M.A.; FELIPPE, G.M. Crescimento inicial de *Qualea cordata*, uma espécie dos cerrados. **Revista Brasileira de Botânica**, v.15, p.23-30, 1992.
- GOEDERT, W.J. Management of the cerrado soils of Brazil: a review. **Journal of Soil Science**, v.34, p.405-428, 1983.
- GOLDSTEIN, G.; MEDINA, E.; WERNER, P.A. Dependence of the variation in savanna composition and production on the extent of limitation and degree of variation available moisture and nutrients. In: BRIAN, H.W.; MENAUT, J.C., ed. **Research procedure and experimental design for savanna ecology and management**. [s.l.]: IUBS / UNESCO, [1988]. p.22. Report of a Meeting of an IUBS Working Group Decade of the Tropics Programme on Tropical Savanna Ecosystems.
- GRATTAN, S.R.; MAAS, E.V. Interactives effects of salinity and substrate phosphate on soybean. **Agronomy Journal**, v.76, p.668-676, 1984.
- HANDRO, W. Contribuição ao estudo da unidade de dispersão e da plântula de *Andira humilis* Mart. ex. Benth. (Leguminosae – Lotoideae). **Botânica**, v.27, p.3-189, 1969.
- HARIDASAN, M.; ARAUJO, G.M. A comparison of the nutritional status of two forest communities on mesotrophic and dystrophic soils in Central Brazil. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, v.19, p.1075-1089, 1988.
- HARIDASAN, M. Aluminium accumulation by some cerrado natives species of central Brasil. **Plant and Soil**, v.65, p.265-273, 1982.
- HARIDASAN, M. Estresse nutricional. In: DIAS, B.F. de S., coord. **Alternativas de desenvolvimento dos cerrados: manejo e conservação dos recursos naturais renováveis**. Brasília: FUNATURA/IBAMA, 1992. p.27-30.
- HARIDASAN, M.; HILL, P.G.; RUSSEL, D.G. Semi-quantitatives estimates of Al and others cations in the leaf tissues of some Al-accumulating species using electron probe microanalysis. **Plant and Soil**, v.104, p.99-102, 1987.
- HINKELMANN, K.; KEMPTHORNE, O. **Design and anlysis of experiments: introduction to experimental design**. New York: J. Wiley, 1994. v.1, p.145-196.
- JARREL, W.M.; BEVERLY, R.B. The dilution effect in plant nutrition studies. **Advances in Agronomy**, v.34, p.197-224, 1981.
- LABOURIAU, L.G.; VALIO, I.F.M.; HERINGER, E.P. Sobre o sistema reprodutivo de plantas do cerrado. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v.36, p.449-464, 1964.

- LOBATO, E. Adubação fosfatada em solos da região centro-oeste. In: OLIVEIRA, A.J. de; LOURENCO, S.; GOEDERT, W.J., ed. **Adubação fosfatada no Brasil**. Brasília: EMBRAPA-DID, 1982. p.201-239. (EMBRAPA-DID. Documentos, 21).
- LOBATO, E.; SOARES, W.V.; FRANCIS, C.W.; DOWNES, J.D. Resultados preliminares do estudo de fertilidade com milho doce e do efeito residual com soja em solos de campo cerrado do Distrito Federal. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2., 1967, Sete Lagoas. **Anais**. Sete Lagoas: IPEACO, 1972. p.153-163.
- LOCATELLI, M.; BARROS, N.F. de; NEVES, J.C.L.; NOVAIS, R.F. Efeito de formas de nitrogênio sobre o crescimento e composição mineral de mudas de eucalipto. **Revista Árvore**, v.8, p.53-69, 1984.
- LOPES, A.S. **Solos sob "Cerrado"**: características, propriedades e manejo. 2.ed. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1984. 162p.
- LORENZI, H. **Árvores Brasileiras**: manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil. Nova Odessa: Plantarum, 1992. 352p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. Orlando: Academic Press, 1986. 649p.
- MEDINA, E.; MOTT, J.J. A functional classification of savannas. In: BRIAN, H.W.; MENAUT, J.C., ed. **Research procedure and experimental design for savanna ecology and management**. [s.l.]: IUBS/UNESCO, [1988]. p.5. Report of a Meeting of an IUBS Working Group Decade of the Tropics Programme on Tropical Savanna Ecosystems.
- MEDINA, E. Biodiversity and nutrient relation in savanna ecosystems: interactions between primary producers, soil microorganisms, and soils. In: SOLBRIG, O.T.; MEDINA, E.; SILVA, J.F., ed. **Biodiversity and savanna ecosystem processes**: a global perspective. Heidelberg: Springer Verlag, 1996. p.45-57. (Ecological Studies, 121).
- MELHEM, T. S. Desenvolvimento da plântula de *Dipteryx alata* Vog. (Leguminosae-Lotoidea). **Hoehnea**, v.5, p.91-92, 1975.
- MELO, A.S. de; REINHARDT, D.H.; GOMES, J.C. Efeito de N, P e K sobre o desenvolvimento inicial e a nutrição foliar da aceroleira (*Malpighia puniceifolia* L.) **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.154, 1999.
- MIKKELSEN, D.S.; FREITAS, L.M.M.; McLUNG, A.C. **Efeitos da calagem e adubação na produção de algodão, milho e soja em tres solos de campo cerrado**. São Paulo. Instituto de Pesquisa IRI, 1963. 48p. (Instituto de Pesquisas IRI. Boletim 29).
- MIRAGAYA, J.G.; SAN JOSE, J.J.; HERNANDEZ, J.I. Effect of added nitrogen, phosphorus and potassium on above-ground biomass production and nutrient content of Trachypogon grasses. **Tropical Ecology**, v.24, p.33-41, 1983.
- MORAES, C.D.A. de. **Resposta de algumas espécies arbóreas nativas do cerrado à adubação e calagem**, Brasília: Departamento de Ecologia-UNB, 1994. 66p. Dissertação de Mestrado.
- NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M.; NOVAIS, R.F. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N. F. de; NOVAIS, R. F. (eds.). **Relação solo-eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990. cap. 3, p.99-126.

- NICOLOSO, F.T.; FOGAÇA, M.A.F.; ZANCHETTI, F.; MISSIO, E.L.; FORTUNATO, R.P. Exigências nutricionais da grábia (*Apuleia leicarpa* Vog. Macbride) em solo Podzólico Vermelho Amarelo – Níveis de nitrogênio, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, v.11, p.157, 1999.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L. Nutrição mineral do eucalipto. In: BARROS, N.F. de; NOVAIS, R.F., ed. **Relação-solo-eucalipto**. Viçosa: UFV, 1990. cap 2, p.25-98.
- NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F.; NEVES, J.C.L.; COUTO, C. Níveis críticos de fósforo no solo para o eucalipto. **Revista Árvore**, v.6, p.29-37, 1982.
- NOVAIS, R.F.; GOMES, J.M.; ROCHA, D.; BORGES, E.E.L.; NASCIMENTO FILHO, M.B. 1979. Calagem e adubação NPK na produção de mudas de eucalipto (*Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden). In: SEMINÁRIO SIF: fertilização e melhoramento florestal, 1., 1979, Belo Horizonte. **Anais**. [s.l.]: SIF, 1979. p.21-66.
- NOVAIS, R.F.; REGO, A.K.; GOMES, J.M. Nível crítico de potássio no solo e na planta para o crescimento de mudas de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden e de *Eucalyptus cloeziana* F. Muell. **Revista Árvore**, v.4, p.14-23, 1980.
- OLIVEIRA, M.E. de. **Influência de árvores das espécies nativas *Dipteryx alata* Vog. e *Caryocar brasiliense* Camb. No sistema solo-planta em pastagem de *Brachiaria decumbens* Stapf no cerrado**. Brasília: Departamento de Ecologia-UNB, 1999. 104p. Tese de Doutorado.
- OLIVEIRA, S.A.; MACHADO, J.W. Avaliação do estado nutricional de espécies nativas do cerrado na área do Distrito Federal. **Boletim Técnico Instituto Brasileiro de Desenvolvimento Florestal**, v.7, p.19-24, 1982.
- PAULILO, M.T.S.; FELIPPE, G.M.; DALE, J.E. Crescimento inicial de *Qualea grandiflora*. **Revista Brasileira de Botânica**, v.16, p.37-46, 1993.
- RATTER, J.A.; ASKEW, G.P.; MONTGOMERY, R.F.; GIFFORD, D.R. Observations on forest of some mesotrophic soils in Central Brazil. **Revista Brasileira de Botânica**, v.1, p.47-58, 1978.
- RENÓ, N.B.; SIQUEIRA, J.O.; CURTI, N.; VALE, F.R. do. Limitações nutricionais ao crescimento inicial de quatro espécies arbóreas nativas em Latossolo Vermelho-Amarelo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.32, p.17-25, 1997.
- RIBEIRO, J.F. **Comparação de nutrientes na vegetação arbórea de um cerrado e um cerradão no Distrito Federal, Brasil**. Brasília: Departamento de Ecologia-UNB, 1983. 108p. Dissertação de Mestrado.
- RITCHEY, K.; SILVA, J.E.; COSTA, U. Calcium deficiency in clayey B horizons of savanna oxisols. **Soil Science**, v.133, p.378-382, 1982.
- RITCHEY, K.; SOUZA, D.M.; LOBATO, E.; CORREA, O. Calcium leaching increase rooting depth in a brazilian savana oxisoil. **Agronomy Journal**, v.72, p.40-44, 1980.
- SASSAKI, R.M.; ZAIDAN, L.B.P.; FELIPPE, G.M.; CESARINO, F. Efeito do fotoperíodo, tipo de solo e época do ano no crescimento inicial da espécie arbórea do cerrado, *Dalbergia miscolobium*. **Revista Brasileira de Botânica**, v.19, p.193-201, 1996.
- SILBER, A.; GANMORE-NEUMANN, R.; BEN-JAACOV, J. Effects of nutrient addition on growth and rhizosphere pH of *Leucadendron* 'Safari Sunset'. **Plant and Soil**, v.199, n.2, p.205-211, 1998.

- SILVA JUNIOR, M.C.; BARROS, N.F.; CÂNDIDO, J.F. Relações entre parâmetros de solo e da vegetação de cerrado na Estação Florestal de Experimentação de Paraopeba, MG. **Revista Brasileira de Botânica**, v.10, p.125-137, 1987.
- SILVA, F. C. da. **Compartilhamento de nutrientes em diferentes componentes da biomassa aérea em espécies arbóreas de um cerrado**. Brasília: Departamento de Ecologia-UNB, 1990. 80p. Dissertação de Mestrado.
- SILVA, I.R. da; FURTINI NETO, A.E.; VALE, F.R.; CURI, N. Eficiência nutricional para potássio em espécies florestais nativas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.20, p.257-264, 1996.
- SOUSA, D.M.G.; CARVALHO, L.J.C.B.; MIRANDA, L.N. Correção da acidez do solo. In: GOEDERT, W.J., ed. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC / São Paulo: Nobel, 1986. p.99-127.
- SOUZA, D.M.; RITCHEY, K.D. Acidez do solo e sua correção. In: SIMPÓSIO SOBRE O CERRADO, 6., 1982, Brasília, DF. **Savanas: alimento e energia**. Planaltina: EMBRAPA-CPAC, 1988. p.15-32.
- SUHET, A.R.; PERES, J.R.R.; VARGAS, M.A.T. Nitrogênio. In: GOEDERT, W.J., ed. **Solos dos Cerrados: tecnologias e estratégias de manejo**. [Planaltina, DF]: EMBRAPA-CPAC / São Paulo: Nobel, 1986. p.167-202.
- TOMASELLI, I.; MARQUES, L.C.T.; CARPANEZZI, A.A.; PEREIRA, J.C.D. Caracterização da madeira de taxi-branco-da-terra-firme (*Sclerobium paniculatum* Voguel) para energia. **Boletim de Pesquisas Florestais**, v.6/7, p.33-41, 1983.
- ULHOA, M.L. **Efeito da calagem e adubação fosfatada no crescimento inicial e nutrição de plantas de baru (*Dipteryx alata* Vog.), fruta-de-lobo (*Solanum lycocarpum* St. Hil.) e tingui (*Magonia pubescens* St. Hil.)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1997. 74p. Dissertação de Mestrado.
- VALLILO, M.I.; TAVARES, M.; AUED, S. Composição química da polpa e da semente do fruto do cumbaru (*Dipteryx alata* Vog.) – caracterização do óleo da semente. **Revista Instituto Florestal**, v.2, p.115-125, 1990.
- VILELA, D.M.; HARIDASAN, M. Response of the ground layer community of a cerrado vegetation in Central Brazil to liming and irrigation. **Plant and Soil**, v.163, p.25-31, 1994.
- VILELA, D.M. **Resposta do estrato rasteiro de um cerrado à irrigação e à calagem**. Brasília: Departamento de Ecologia-UNB, 1990. 80p. Dissertação de Mestrado.

APÊNDICE

Tabela I. Análise de variância da altura e diâmetro do colo de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F	
	Altura	Diâmetro do colo
N	0,02	0,22
P	21,50*	12,31*
K	2,41	3,13
Ca	3,45*	4,26*
Mg	0,81	0,82
N x P	1,27	2,33
N x K	0,99	0,07
N x Ca	0,97	0,93
N x Mg	2,36	0,91
P x K	0,80	2,49
P x Ca	3,24*	1,36
P x Mg	0,65	0,37
K x Ca	1,11	1,04
K x Mg	3,40*	1,30
Ca x Mg	1,25	0,24

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela II. Análise de variância do número de folhas, área foliar e peso específico foliar de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura

Fonte de variação	Valores de F		
	Número de folhas	Área foliar	Peso específico foliar
N	0,64	0,15	4,75*
P	23,82*	20,30*	6,19*
K	3,24	2,74	0,21
Ca	2,82	5,48*	0,57
Mg	1,53	2,79	0,38
N x P	0,96	1,97	1,69
N x K	1,52	1,57	0,94
N x Ca	1,15	1,98	0,23
N x Mg	1,27	1,74	1,73
P x K	1,71	0,95	1,61
P x Ca	1,94	2,35	0,29
P x Mg	0,36	1,22	0,44
K x Ca	1,27	2,24	2,35
K x Mg	1,17	3,12	0,72
Ca x Mg	0,87	0,79	0,49

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela III. Análise de variância da produção de matéria seca por planta e da relação raiz/parte aérea de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro aos 345 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F			
	Folhas	Caule	Raízes	Raiz/parte aérea
N	0,24	0,03	2,06	0,05
P	18,65*	21,13*	19,29*	53,04*
K	2,66	2,57	6,79*	2,80
Ca	5,05*	5,67*	1,36	8,13*
Mg	2,32	1,30	0,09	0,40
N x P	2,09	1,24	2,33	0,07
N x K	1,42	0,36	0,05	2,95
N x Ca	2,00	0,59	0,93	1,73
N x Mg	1,70	1,52	1,33	0,27
P x K	1,61	1,13	1,32	0,99
P x Ca	2,91*	3,89*	2,20	4,46*
P x Mg	1,12	0,36	1,42	0,42
K x Ca	2,66	1,56	2,59	0,72
K x Mg	3,67	3,44	1,43	0,79
Ca x Mg	0,89	0,55	0,74	1,67

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela IV. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes na parte aérea de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 345 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	0,44	0,60	1,43	3,32*	5,64*	0,74
P	7,86*	33,47*	0,73	10,63*	1,13	9,74*
K	3,36	0,83	3,81*	0,08	10,98*	0,07
Ca	3,44*	2,18	4,12*	58,74*	2,57	5,50*
Mg	13,21*	1,65	4,30*	1,36	193,86	8,14*
N x P	3,15	2,60	1,19	0,92	2,52	1,40
N x K	0,30	0,84	0,44	0,26	1,45	0,32
N x Ca	2,39	1,41	1,35	0,53	1,73	1,29
N x Mg	1,98	0,31	0,32	0,44	0,97	0,53
P x K	0,27	0,30	0,18	1,11	0,89	0,71
P x Ca	1,11	2,14	2,41	0,99	0,12	1,03
P x Mg	0,78	0,82	1,09	0,80	1,21	1,52
K x Ca	0,43	0,31	0,47	0,51	2,35	0,33
K x Mg	0,79	0,53	0,61	1,81	2,26	1,05
Ca x Mg	0,17	0,68	1,89	2,49	2,57	0,95

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela V. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes nas raízes de mudas de *Eugenia dysenterica* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 345 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	8,08*	0,78	5,41*	1,88	0,47	1,44
P	5,34*	71,84*	1,86	0,46	38,56*	12,58*
K	4,43*	0,40	22,05*	0,30	1,51	0,55
Ca	0,11	3,57*	3,20	80,45*	1,19	5,70*
Mg	0,26	0,92	1,80	8,23*	81,67*	2,75
N x P	2,49	1,71	1,25	0,56	1,16	1,39
N x K	0,35	1,16	1,87	0,82	1,42	1,09
N x Ca	0,99	1,02	0,14	1,12	0,87	0,52
N x Mg	2,05	0,26	0,75	0,15	2,62	1,13
P x K	0,42	0,20	0,50	0,84	1,84	0,81
P x Ca	1,94	1,68	2,11	1,72	2,45	0,94
P x Mg	1,80	0,69	1,01	0,89	2,98*	0,62
K x Ca	0,17	0,17	1,78	0,77	1,62	1,12
K x Mg	1,20	1,06	0,62	0,75	2,17	1,24
Ca x Mg	0,39	0,14	0,39	0,57	3,18*	0,21

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela VI. Análise de variância da altura e diâmetro do colo de mudas *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F	
	Altura	Diâmetro do colo
N	1,03	0,41
P	2,72	1,23
K	3,17	2,44
Ca	0,82	1,17
Mg	0,90	0,11
N x P	1,68	1,42
N x K	0,74	0,50
N x Ca	0,91	0,75
N x Mg	0,86	0,71
P x K	0,83	1,81
P x Ca	0,13	0,22
P x Mg	0,71	0,64
K x Ca	1,61	0,46
K x Mg	1,26	0,31
Ca x Mg	2,73	0,23

Tabela VII. Análise de variância do número de folhas, área foliar e peso específico foliar de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro aos 230 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F		
	Número de folhas	Área foliar	Peso específico foliar
N	1,23	0,02	4,40*
P	18,52*	73,81*	1,19
K	0,47	2,99	1,09
Ca	0,37	0,83	3,96*
Mg	3,03	0,17	1,06
N x P	3,42*	2,55	0,67
N x K	1,89	0,98	2,34
N x Ca	1,24	0,58	1,17
N x Mg	1,49	0,91	0,33
P x K	3,64	1,70	0,17
P x Ca	2,40	1,19	1,54
P x Mg	1,32	0,43	1,13
K x Ca	0,57	3,12	0,92
K x Mg	1,72	1,53	0,86
Ca x Mg	1,51	1,89	0,42

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela VIII Análise de variância da produção de matéria seca e da relação raiz/parte aérea de mudas de *Sclerolobium paniculatum* Vog. em Latossolo Vermelho Escuro, aos 230 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F			
	Folhas	Caule	Raízes	Raiz/parte aérea
N	0,68	1,61	5,22*	7,01*
P	48,04*	21,18*	14,62*	0,81
K	0,71	4,03*	2,93	2,38
Ca	2,36	2,14	0,10	2,91
Mg	0,16	1,00	0,62	1,95
N x P	2,00	2,32	2,72*	3,99
N x K	1,45	0,61	0,47	0,49
N x Ca	0,64	0,81	1,09	1,39
N x Mg	0,21	0,56	0,24	0,51
P x K	1,50	1,21	1,95	3,27
P x Ca	0,72	0,85	0,33	0,50
P x Mg	0,42	0,64	0,57	0,61
K x Ca	2,45	1,90	0,76	0,79
K x Mg	1,26	0,25	0,15	0,08
Ca x Mg	1,68	2,25	2,76*	1,66

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela IX. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes nas folhas de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 230 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	17,40*	2,63	2,20	2,28	0,54	3,91*
P	9,20*	50,00*	4,26*	20,55*	6,94*	23,08*
K	0,34	0,18	31,17*	6,13*	14,86*	1,87
Ca	2,14	6,27*	3,21	95,03*	0,24	12,37*
Mg	0,56	0,14	0,91	0,92	29,01*	0,88
N x P	1,75	1,42	1,47	0,40	0,79	1,38
N x K	1,37	1,67	0,97	0,79	1,23	0,68
N x Ca	0,37	0,45	1,39	1,00	0,66	0,71
N x Mg	0,75	0,81	0,93	0,49	0,61	1,15
P x K	0,40	0,30	1,90	0,41	1,33	0,62
P x Ca	0,46	1,65	0,65	4,00*	0,64	0,16
P x Mg	0,49	1,82	0,85	0,47	1,28	1,65
K x Ca	1,42	1,45	0,76	4,00*	0,62	3,34*
K x Mg	0,88	0,52	1,71	0,89	1,12	0,39
Ca x Mg	1,02	1,73	0,46	1,41	0,78	0,13

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela X. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes no caule de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 230 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	7,91*	1,02	0,68	0,12	0,26	0,26
P	2,10	74,20*	1,97	3,44*	1,42	19,56*
K	2,21	1,15	14,95*	10,01*	10,66*	0,47
Ca	0,18	2,00	0,01	53,07*	2,70	3,93*
Mg	0,18	0,89	0,05	6,54*	17,81*	1,94
N x P	0,72	1,20	0,11	1,26	1,62	0,78
N x K	0,39	0,83	2,85	0,73	0,61	1,02
N x Ca	0,50	1,04	0,40	0,29	1,06	0,21
N x Mg	1,27	0,08	0,52	0,69	0,36	0,78
P x K	0,52	0,70	1,13	2,54	1,89	0,20
P x Ca	0,12	1,12	1,44	2,44	0,56	1,00
P x Mg	2,53	1,86	1,19	0,99	0,98	0,90
K x Ca	1,09	0,31	0,59	2,07	0,49	0,41
K x Mg	2,43	0,48	0,96	1,19	1,76	0,18
Ca x Mg	0,25	0,61	0,41	0,77	0,54	0,40

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XI. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes nas raízes de mudas de *Sclerolobium paniculatum* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 230 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	24,54*	3,11	1,03	0,06	1,61	0,22
P	4,67*	42,46*	5,17*	1,74	1,31	23,39*
K	1,06	0,36	32,66*	16,51*	11,58*	2,86
Ca	1,52	0,69	1,26	93,09*	2,38	3,04
Mg	0,76	0,97	0,28	6,88*	69,95*	0,56
N x P	4,35*	1,14	0,08	2,07	0,15	0,77
N x K	0,84	0,79	0,40	0,48	5,04*	0,74
N x Ca	1,26	0,91	0,72	0,48	0,80	0,35
N x Mg	2,19	1,44	1,00	0,52	2,29	1,60
P x K	0,88	0,43	1,61	1,57	0,63	0,07
P x Ca	1,83	0,34	0,87	3,23*	2,29	1,54
P x Mg	0,98	2,65	0,47	0,48	1,48	0,65
K x Ca	1,33	1,00	0,15	2,89*	1,80	1,18
K x Mg	2,08	0,16	1,81	2,30	1,42	1,87
Ca x Mg	1,33	1,84	0,16	0,85	0,61	0,17

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XII. Análise de variância da altura e diâmetro do colo de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F	
	Altura	Diâmetro do colo
N	1,07	2,15
P	2,96	7,17*
K	0,89	0,71
Ca	0,71	0,27
Mg	1,82	0,08
N x P	0,93	0,52
N x K	0,94	1,56
N x Ca	1,76	2,15
N x Mg	1,15	0,98
P x K	1,33	0,30
P x Ca	2,88	1,01
P x Mg	0,25	0,44
K x Ca	0,17	0,48
K x Mg	2,13	3,43
Ca x Mg	0,09	0,69

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XIII. Análise de variância do número de folhas, área foliar e peso específico foliar de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F		
	Número de folhas	Área foliar	Peso específico foliar
N	1,20	1,50	0,30
P	66,14*	46,68*	3,45*
K	1,59	0,92	0,57
Ca	0,81	1,72	1,4
Mg	7,13*	3,56*	2,14
N x P	2,08	1,24	1,54
N x K	1,26	0,22	2,22
N x Ca	0,62	2,78	0,51
N x Mg	1,16	1,56	1,14
P x K	2,58	0,45	1,18
P x Ca	0,58	1,54	0,97
P x Mg	0,21	0,41	1,73
K x Ca	0,34	0,49	1,01
K x Mg	2,24	0,92	1,08
Ca x Mg	1,55	0,84	0,83

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XIV. Análise de variância da produção de matéria seca por planta e da relação raiz/parte aérea de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro aos 210 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F			
	Folhas	Caule	Raízes	Raiz/parte aérea
N	2,07	0,31	1,43	4,60*
P	54,87*	10,82*	22,98*	0,31
K	0,52	2,57	0,47	0,06
Ca	1,32	0,29	1,67	1,15
Mg	2,29	4,48*	1,03	1,67
N x P	2,15	0,35	0,49	0,56
N x K	0,62	1,29	0,47	2,01
N x Ca	2,70	1,50	1,18	4,09
N x Mg	1,72	0,90	1,07	0,53
P x K	0,24	0,35	0,54	1,01
P x Ca	1,81	1,17	0,99	1,75
P x Mg	0,25	0,28	,018	0,55
K x Ca	0,77	0,43	1,60	1,72
K x Mg	0,88	1,47	1,96	2,40
Ca x Mg	0,68	0,53	0,60	1,30

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XV. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes nas folhas de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 210 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	10,26*	1,47	1,49	1,29	2,92	1,43
P	1,48	191,69	13,39*	15,54*	5,29*	5,41*
K	9,49*	0,21	141,58*	73,40*	65,50*	2,53
Ca	1,51	2,73	0,57	240,55*	0,97	1,38
Mg	4,41*	0,21	5,35*	1,44	102,22	4,54*
N x P	0,61	1,14	2,25	1,17	0,79	1,46
N x K	0,31	0,31	0,70	0,55	1,22	0,55
N x Ca	1,75	0,54	1,91	1,97	0,40	2,55
N x Mg	3,21*	0,56	1,36	2,54	1,01	1,24
P x K	1,32	0,18	0,65	0,55	1,10	1,74
P x Ca	1,00	0,89	3,72*	3,82*	0,21	1,30
P x Mg	0,38	0,77	3,99	1,05	1,56	2,00
K x Ca	0,91	1,22	3,03*	9,02*	0,88	0,42
K x Mg	0,99	1,24	0,58	0,68	1,62	1,38
Ca x Mg	2,95*	1,82	2,98*	2,97	1,14	0,89

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XVI. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes no caule de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 210 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	4,62*	0,88	10,45*	2,60	0,32	0,68
P	0,12	4,16*	6,29*	11,88*	5,24	1,22
K	1,42	0,69	112,48*	36,32*	12,32	1,00
Ca	1,21	0,66	2,79	252,31*	1,22	4,58*
Mg	1,72	1,07	6,23*	47,71*	111,17*	2,71
N x P	0,44	0,37	0,94	0,75	1,82	1,41
N x K	0,16	0,50	1,43	0,98	1,79	0,96
N x Ca	1,19	0,29	2,94	0,90	1,78	1,62
N x Mg	0,92	1,82	0,89	0,78	0,91	1,95
P x K	0,97	1,31	0,10	1,72	1,83	1,04
P x Ca	1,82	0,91	1,21	7,12*	0,34	0,54
P x Mg	0,66	2,90	0,64	2,21	0,75	2,56
K x Ca	1,03	0,89	1,74	8,58*	0,56	0,64
K x Mg	0,38	0,39	1,10	0,29	5,22*	2,90
Ca x Mg	0,29	1,81	3,51	7,07*	1,64	3,05

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XVII. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes nas raízes de mudas de *Dipteryx alata* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 210 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	35,40*	0,33	0,68	1,37	0,21	0,63
P	19,18*	94,75*	1,36	0,33	3,29	15,48*
K	3,60*	1,16	47,95*	0,73	15,51*	0,54
Ca	7,30*	0,19	3,94*	335,27*	12,27*	1,05
Mg	0,36	2,05	2,74	41,45*	177,55*	0,16
N x P	2,47	1,49	0,98	0,25	0,72	2,77
N x K	0,69	0,24	0,83	2,54	0,93	1,86
N x Ca	1,86	0,21	0,31	0,77	2,44	0,68
N x Mg	0,64	0,74	1,59	0,88	2,37	0,78
P x K	1,62	0,81	1,10	2,51	1,84	0,29
P x Ca	0,97	2,28	1,15	3,13	0,17	0,87
P x Mg	0,46	0,11	0,62	2,57	0,52	1,04
K x Ca	0,65	0,27	1,54	2,27	0,21	0,60
K x Mg	0,57	0,95	0,82	1,53	2,02	0,36
Ca x Mg	2,62	0,29	0,56	6,08*	3,81*	3,42

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XVIII. Análise de variância da altura e diâmetro do colo de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F	
	Altura	Diâmetro do colo
N	1,57	0,84
P	2,29	1,44
K	3,31	2,41
Ca	0,23	0,31
Mg	0,75	1,31
N x P	1,59	0,26
N x K	0,96	2,12
N x Ca	0,69	0,75
N x Mg	1,18	1,03
P x K	1,92	0,49
P x Ca	0,78	0,87
P x Mg	1,09	1,59
K x Ca	0,94	1,20
K x Mg	0,51	0,23
Ca x Mg	0,55	0,84

Tabela XIX. Análise de variância do número de folhas, área foliar e peso específico foliar de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F		
	Número de folhas	Área foliar	Peso específico foliar
N	3,72*	0,94	0,17
P	7,68*	6,18*	0,32
K	6,44*	7,53*	3,61*
Ca	0,21	2,38	4,62*
Mg	0,10	0,71	1,41
N x P	2,28	1,73	1,66
N x K	3,10*	0,71	0,58
N x Ca	2,38	1,65	0,44
N x Mg	2,72*	0,96	1,17
P x K	2,45	2,14	0,99
P x Ca	0,12	0,30	3,07*
P x Mg	0,81	0,66	0,23
K x Ca	2,38	0,70	1,39
K x Mg	0,97	1,63	1,56
Ca x Mg	2,02	0,49	0,72

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XX. Análise de variância da produção de matéria seca por planta e da relação raiz/parte aérea de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro aos 170 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F			
	Folhas	Caule	Raízes	Raiz/parte aérea
N	0,95	0,27	5,78*	3,51*
P	5,71*	1,63	0,36	0,95
K	3,46*	1,01	0,35	1,06
Ca	3,18	4,26*	3,23	0,20
Mg	0,11	0,92	0,42	0,15
N x P	1,30	2,13	0,86	0,38
N x K	0,67	1,01	1,96	0,52
N x Ca	1,24	0,40	1,15	0,81
N x Mg	1,65	1,25	2,64	0,31
P x K	2,40	2,06	2,17	0,74
P x Ca	0,34	0,85	0,97	0,31
P x Mg	0,68	1,11	1,22	0,11
K x Ca	1,00	2,01	0,66	1,42
K x Mg	0,97	0,26	0,48	1,20
Ca x Mg	0,46	0,39	1,34	1,24

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XXI. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes na parte aérea de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 170 dias.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	14,34*	0,61	1,91	2,80	2,82	0,49
P	8,25*	26,35*	7,84*	9,07*	3,39*	1,91
K	0,89	0,03	197,07*	22,06*	13,30*	0,44
Ca	3,51*	1,28	8,00*	65,88*	19,73*	1,05
Mg	0,51	2,55	11,00*	7,07*	65,55*	0,15
N x P	0,91	0,88	1,07	0,32	0,31	2,35
N x K	0,96	1,35	0,81	1,71	1,52	0,09
N x Ca	1,72	0,61	0,57	1,00	0,37	0,97
N x Mg	1,15	0,61	1,71	1,17	0,28	0,141
P x K	1,24	0,70	1,43	2,57	0,61	0,69
P x Ca	1,31	0,44	1,11	8,99*	0,17	0,42
P x Mg	0,96	1,54	1,50	1,59	1,88	1,95
K x Ca	1,74	0,44	6,35	1,65	0,75	2,33
K x Mg	0,14	0,89	2,74	0,86	0,27	0,24
Ca x Mg	1,01	0,27	0,59	1,52	1,01	0,29

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey

Tabela XXII. Efeito da adição de N, P, K, Ca e Mg sobre a concentração de nutrientes nas raízes de mudas de *Hancornia speciosa* em Latossolo Vermelho Escuro, aos 170 dias após a semeadura.

Fonte de variação	Valores de F					
	N	P	K	Ca	Mg	S
N	27,47*	0,20	1,04	0,22	4,38*	0,68
P	10,00*	16,81*	2,64	8,05*	0,81	5,37*
K	4,07*	1,59	8,62*	3,02	1,42	3,90*
Ca	9,00*	0,43	0,21	43,87*	16,02*	1,25
Mg	1,74	0,29	1,74	9,68*	44,26*	0,74
N x P	2,94	2,40	2,45	2,41	0,28	2,20
N x K	0,47	0,62	1,04	1,68	0,36	0,52
N x Ca	1,86	0,35	2,00	0,86	1,38	0,89
N x Mg	0,58	0,51	0,39	0,98	1,12	1,44
P x K	0,76	0,63	0,55	2,57	0,90	0,39
P x Ca	0,23	0,55	1,45	4,28*	1,26	0,78
P x Mg	0,36	0,25	1,10	1,92	1,30	0,91
K x Ca	2,41	0,32	0,92	1,31	1,56	1,51
K x Mg	0,70	1,20	2,34	0,57	0,76	1,04
Ca x Mg	0,47	1,85	0,32	2,74	0,32	1,16

*Significativo a 5% pelo teste de Tukey