

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE FÓSFORO, BORO, ZINCO E CALAGEM
NO TEOR DE MACRONUTRIENTES DAS FOLHAS DE MUDAS DE
Eucalyptus grandis (Hill, Ex-Maiden) CULTIVADAS
EM SOLO DE CERRADO*

J.V.de C. Rocha Filho**
J.R. Sarruge***
H.P. Haag***
G.D. de Oliveira***

RESUMO

Utilizando-se um Latossol Vermelho Amarelo fase arenosa, originalmente sob vegetação de Cerrado do município de Itirapina (SP), foi desenvolvido um experimento em vasos, em casa de vegetação, na E.S.A. "Luiz de Queiroz", em Piracicaba (SP), com a finalidade de se verificar o efeito da aplicação de níveis de P (0, 16 e 32 ppm), níveis de B (0, 2 e 4 ppm), níveis de Zn (0, 3 e 6 ppm) e níveis de calagem (0 e 6,0 g CaCO₃ + 2,5 g MgCO₃) por cada

* Entregue para publicação em 26.10.1979.

Parte da Tese de Doutorado apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP.

** Departamento de Solos e Engenharia Rural, Universidade Federal da Paraíba.

*** Departamento de Química, E.S.A. "Luiz de Queiroz", USP.

vaso, na concentração de N, P, K, Ca e Mg das folhas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden). A calagem e as adubações fosfatadas, com boro ou com zinco, alteraram as concentrações dos macronutrientes dos tecidos foliares das plantas.

INTRODUÇÃO

É bastante conhecido na literatura, as possibilidades econômicas da exploração da região de cerrado pela Silvicultura, devido às condições que a mesma oferece para minimizar os custos de produção, principalmente, quando, se utilizam técnicas agrícolas, capazes de propiciar aos solos condições de boa fertilidade.

No Estado de São Paulo, em região de cerrado tem sido observadas deficiências de zinco e boro em diversas culturas (LAUN, 1975). Atualmente, diversas florestas de *Eucalyptus* implantadas nessa região estão apresentando problemas nutricionais ligados à fósforo, cálcio, magnésio e micronutrientes.

ACCORSI *et alii* (1961) e HAAG *et alii* (1965) citados em MALAVOLTA *et alii* (1974), determinaram em diferentes espécies de *Eucalyptus* a variação dos teores de micronutrientes existente entre plantas deficientes e não deficientes, para boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco. MELLO *et alii* (1970), estudando em solos de cerrado o efeito da aplicação de fertilizantes minerais na produção de madeira *E. saligna*, observaram efeitos significativos nas interações N versus Ca e efeito isolado de fósforo. BRASIL & SIMÕES (1973) estudaram dosagens crescentes de fertilizantes minerais NPK (5:14:3) incorporados ao solo na produção de mudas de *E. saligna* por semeadura direta em recipiente tipo tubete de papelão e; concluíram que nessas condições a dose mais interessante para a produção de mudas estaria entre 5 e 10 g por muda, da fórmula utilizada. HAAG *et alii* (1976) coletaram folhas recém-maduras da copa das espécies *E. grandis*, *E. microcorys*, *E. resinífera*, *E. robusta* e *E. saligna*

de sete anos de idade, localizadas em Latossolo na região de Mogi-Guaçu (SP) e Areia Branca (SP), constatando, diferenças significativas entre os locais, entre os nutrientes, com exceção de Mg, B, Cu, Fe e Zn.

BRANDI *et alii* (1977a, 1977b) relatam que o fósforo foi o elemento que mais contribuiu no desenvolvimento e endurecimento de mudas de *E. citriodora*, para o estabelecimento no campo, sob condições adversas de umidade no solo. O potássio mostrou-se elemento de baixa eficiência sobre o crescimento das plantas. HAAG *et alii* (1977) observaram uma sintomatologia atípica em *E. citriodora* implantado em um Regossol no município de Santa Maria da Serra (SP) e pelas análises das folhas, concluíram tratar-se de uma desnutrição generalizada e especialmente em S, Ca e P.

O presente trabalho teve o objetivo de estudar os efeitos da aplicação de fósforo, boro, zinco e calagem, na concentração de macronutrientes das folhas de mudas de *E. grandis*, cultivadas em um solo originalmente sob vegetação de cerrado.

MATERIAIS E MÉTODOS

Três níveis de P (0, 16 e 32 ppm), três de B (0, 2 e 4 ppm), três de Zn (0, 3 e 6 ppm) e dois níveis de calagem (0, 2 e 4 ppm), três de Zn (0, 3 e 6 ppm) e dois níveis de calagem (0 e 6,0 g CaCO₃ + 2,5 g MgCO₃) por vaso foram testados num Latossol Vermelho Amarelo, distrófico, álico com A fraco e textura arenosa, originário de uma região de Cerrado do Estado de São Paulo (município de Itirapina, 22°15'S e 47°49'W, altitude de 762m). As amostras de solo foram coletadas superficialmente a uma profundidade de 0,20m. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba, S. Paulo.

As amostras de solo foram analisadas quimicamente e, com base nos teores de cálcio e magnésio, foi feita calagem,

utilizando-se 6,0 g de CaCO_3 + 2,5 g MgCO_3 por vaso.

Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de nitrogênio e potássio: 0,38 g de sulfato de amônio e 0,13 g de cloreto de potássio. O borax utilizado foi o decahidratado (23,0%B) e o sulfato de zinco era heptahidratado (23,0% Zn). O superfosfato triplo apresentava 18% de P. Com exceção deste último todos os sais utilizados na adubação e na calagem eram pró-análise.

As mudas de *E. grandis*, após 100 dias de sementeiras, foram transplantadas para vasos de barro, pintados internamente com resina Epoxi, contendo 8,0 kg de solo. O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial $3^3 \times 2$ com duas repetições, num total de 54 parcelas. Cada parcela foi constituída de um vaso com duas mudas. Os tratamentos eram irrigados diariamente, com água desmineralizada. Após 120 dias do transplante, as plantas foram colhidas, lavadas e postas para secar até peso constante, em estufa de circulação forçada de ar (60-70°C). As amostras foram pesadas, moídas e analisadas quimicamente de acordo com o descrito em SARRUGE & HAAG (1974). Os resultados analíticos foram analisados estatisticamente conforme PIMENTEL GOMES (1976).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Concentração de macronutrientes na matéria seca das folhas, em função dos níveis de calagem, fósforo, boro e zinco

Concentração de nitrogênio

As concentrações de nitrogênio nas folhas, em função das doses adicionadas de fósforo, são apresentadas na Tabela 1. Observa-se que a concentração de nitrogênio diminuiu quando se aumentou a dose de fósforo de 0 para 16 ppm; não se observou efeito do fósforo quando se adicionou 32 ppm de P. As reduções observadas pela fertilização fosfatada, são concordantes com os resultados obtidos por CONROY & LAMBE

(1962) e FREIRE (1978). Entretanto, os decréscimos da concentração de nitrogênio pela elevação da dose de 0 para 16 ppm de P, podem ser atribuídos a um efeito de diluição.

Tabela 1 - Concentração de nitrogênio (%) na matéria seca das folhas em função das doses de fósforo

Partes da Planta	P (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	16	32	
Folhas superiores	1,99	1,17	1,21	
Folhas inferiores	1,86	1,19	1,19	

Na Tabela 2, é apresentado o efeito da interação boro x calagem sobre o teor de N na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de boro e calagem. Observa-se que a concentração de nitrogênio apresentou-se menor nas plantas que receberam 4 ppm de boro e calagem. É possível de se explicar esse efeito: o menor crescimento das plantas foi provocado pela dose 4 ppm de boro na ausência de calagem, havendo portanto, uma maior concentração de N nas folhas superiores. Com a calagem e a mesma dose de boro (4 ppm) o maior crescimento do *E. grandis* provocou uma diluição do nitrogênio.

Concentração de fósforo

Nas Tabelas 3 e 4 respectivamente, são apresentados os efeitos isolados do fósforo e da calagem, na concentração de fósforo na matéria seca das folhas superiores. Observa-se na Tabela 3, que a concentração de P aumentou quando se adicionou ao solo 16 e 32 ppm desse nutriente. Este resultado é concordante com o obtido por McCOOL (1969) que encontrou uma correlação positiva entre o fósforo adicionado ao solo, e o teor desse nutriente em folhas de diferentes

espécies de *Eucalyptus*. ASHTON (1976) encontrou para *E. regnans* e *E. sieberi* uma correlação positiva entre o fósforo do solo e a absorção desse nutriente por aquelas espécies.

Tabela 2 - Concentração de nitrogênio (%) na matéria seca das folhas superiores em função das doses de boro e calagem

Folhas superiores	B (ppm)		
	0	2	4
Sem calagem	1,52	1,42	1,69
Com calagem	1,59	1,33	1,19
D.M.S. Tukey 5%	Cal. dentro de B = 0,31 B dentro de cal. = 0,39		

Tabela 3 - Concentração de fósforo (%) na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de fósforo

Parte da Planta	P (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	16	32	
Folhas superiores	0,06	0,08	0,10	0,01

Observa-se na Tabela 4 que o teor de P também, aumentou quando se fez calagem. O efeito da calagem no aumento da disponibilidade do fósforo trocável do solo é bastante relatado na literatura.

Tabela 4 - Concentração de fósforo (%) na matéria seca das folhas superiores, em função de calagem

Parte da Planta	Sem Calagem	Com Calagem	D.M.S. Tukey 5%
Folhas superiores	0,08	0,10	0,01

Na Tabela 5, percebe-se o efeito da calagem fósforo e boro com interação, sobre a concentração de fósforo na matéria seca das folhas inferiores. A calagem provocou um aumento na concentração do fósforo e o boro adicionado ao solo, diminuiu a concentração de P. O efeito interativo fósforo x boro é muito discordante na literatura consultada. Alguns autores encontraram que o boro induzia um aumento no teor de P das plantas (AVAKYAN *et alii*, 1974), outros relatam um efeito depressivo do boro, no teor de P das plantas (BESSE & GOETS, 1965; TELLHEM, 1969).

Tabela 5 - Concentração de fósforo (%) na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de fósforo, boro e da calagem

B (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	0,06	0,08	0,10	0,08	0,10	0,12
2	0,04	0,06	0,06	0,06	0,08	0,10
4	0,04	0,06	0,06	0,06	0,06	0,08
D.M.S. Tukey 5%	Cal. dentro de P x B = 0,01 P dentro de Cal. x B = 0,02 B dentro de Cal. x P = 0,02					

Concentração de potássio

Na Tabela 6, é apresentada a concentração de potássio na matéria seca das folhas, em função da calagem e doses de fósforo. Percebe-se que a concentração de potássio diminuiu quando se adicionou fósforo às plantas que receberam ou não calagem. Ocorreu ainda diminuição no teor de potássio, quando se fez calagem, com exceção das folhas superiores das plantas que receberam fósforo. MELLO *et alii* (1961) observaram que plantas de *E.grandis*, cultivadas em solução nutritiva, apresentavam um aumento no teor de potássio das folhas, quando se omitia magnésio. CORDEIRO *et alii* (1977) demonstraram que a disponibilidade do potássio do solo, diminui em função dos níveis de calagem.

Tabela 6 - Concentração de potássio (%) na matéria seca das folhas, em função das doses de fósforo e calagem

	Folhas superiores			Folhas inferiores		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
Sem calagem	1,82	0,59	0,60	1,76	0,66	0,59
Com calagem	0,81	0,49	0,43	0,88	0,36	0,30
D.M.S. Tukey 5%	= 0,40				0,27	
Cal. dentro de P	= 0,25				0,17	
P dentro de Cal.	= 0,32				0,21	

Concentração de cálcio

Na Tabela 7, são apresentadas as concentrações de cálcio nas folhas, em função das doses de fósforo e calagem. Observa-se que a calagem, de uma maneira geral, aumentou a

concentração de cálcio nas folhas. Verificou-se ainda, um aumento deste nutriente, quando se fez calagem e se adicionou 32 ppm de P. McCOOL & HUMPREYS (1967) encontraram correlação positiva entre o teor de cálcio nas folhas e o teor desse nutriente do solo.

Tabela 7 - Concentração de cálcio (%) na matéria seca das folhas em função das doses de fósforo e calagem

Partes da Planta	Sem calagem			Com calagem			D.M.S. P.den- tro Cal.	Tukey 5%cal. den- tro P
	P (ppm)							
	0	16	32	0	16	32		
F.superiores	0,50	0,37	0,43	1,01	1,23	1,38	0,24	0,20
F.inferiores	0,60	0,41	0,54	1,09	1,25	1,33	0,23	0,18

Concentração de magnésio

Na Tabela 8, são apresentadas as concentrações de magnésio na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de fósforo, boro e calagem. Percebe-se que a calagem aumentou a concentração de magnésio. Observa-se ainda que, na ausência de calagem, a concentração de magnésio aumentou quando: 1) na ausência de fósforo se adicionou boro ao solo; 2) na ausência de boro, se adicionou fósforo ao solo. Por outro lado, na presença de calagem a concentração de magnésio aumentou quando: 1) na ausência de boro se adicionou ao solo 32 ppm de P; 2) quando na presença de 4 ppm de boro, se adicionou ao solo, 32 ppm de P. McCOOL (1969) observou uma estreita correlação positiva entre o fósforo adicionado ao solo e a absorção de magnésio por diferentes espécies de *Eucalyptus*.

Tabela 8 - Concentração de magnésio (%) na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de fósforo, boro e calagem

Boro (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	0,07	0,15	0,17	0,53	0,54	0,58
2	0,19	0,15	0,15	0,55	0,58	0,55
4	0,17	0,15	0,15	0,57	0,60	0,62
	Cal. dentro de P x B = 0,05					
D.M.S. Tukey 5%	P dentro de cal. x B = 0,04					
	B dentro de cal. x P = 0,04					

Na Tabela 9, são apresentadas as concentrações de magnésio na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de boro, zinco e calagem. Observa-se que ocorreu aumento na concentração de magnésio quando na ausência de calagem ao solo, 3 e 6 ppm de zinco. Quando se fez calagem, a concentração de magnésio aumentou quando se adicionou boro na ausência de zinco e, essa concentração diminuiu quando se adicionou zinco em presença de boro.

A Tabela 10, apresenta as concentrações de magnésio na matéria seca das folhas inferiores. Observa-se que o teor de magnésio aumentou quando se fez calagem.

Tabela 9 - Concentração de magnésio (%) na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de boro, zinco e de calagem

Zinco (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	B (ppm)					
	0	2	4	0	2	4
0	0,14	0,17	0,20	0,50	0,60	0,63
3	0,13	0,17	0,25	0,53	0,54	0,56
6	0,12	0,14	0,30	0,53	0,54	0,50
D.M.S. Tukey 5%						
Cal dentro de Zn x B = 0,05						
B dentro de cal. x Zn = 0,04						
Zn dentro de cal. x B = 0,04						

Tabela 10 - Concentração de magnésio (%) na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de calagem

Parte da planta	Sem calagem	Com Calagem	D.M.S. Tukey 5%
Folhas inferiores	0,14	0,49	0,02

CONCLUSÕES

A dose 4 ppm de boro interage com a calagem promovendo a diminuição da concentração de nitrogênio das folhas superiores.

A dose 16 ppm de P, isoladamente, diminui a concentração de nitrogênio das folhas.

Ocorre efeito de calagem, fósforo e boro, com interação alterando as concentrações de P das folhas inferiores.

Ocorre efeito de calagem e fósforo, com interação, diminuindo o teor de potássio das folhas.

A dose 32 ppm de P interage com a calagem, promovendo aumento na concentração de cálcio das folhas.

Ocorrem efeitos de calagem, fósforo, boro; calagem, boro, zinco, ambos com interação, alterando as concentrações de magnésio das folhas.

As adubações com fósforo e a calagem, aumentam as concentrações de P, Ca e Mg das folhas.

SUMMARY

EFFECTS OF THREE LEVELS OF P, B, Zn, AND TWO LEVELS OF LIME ON AN ORTHOX SOIL (CERRADO) UPON THE MAJOR NUTRIENT CONTENTS OF LEAVES OF *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden)

A factorial experiment, consisting of $3^3 \times 2$ with two replications was conducted in a greenhouse at Piracicaba (SP), Brazil.

Three levels of P (0.0, 16.0 and 32.0 ppm), B (0.0, 2.0 and 4.0 ppm), Zn (0.0, 3.0 and 6.0 ppm). two levels of lime (0.0 and 6.0 gr. CaCO_3 + 2.5 gr. MgCO_3) were applied to 8.0 kg of an Orthox soil originated from a "Cerrado" area from Itirapina (SP), Brazil.

The application of phosphorus, Boron, Zinc and lime, changed the concentration of the major elements in the foliar tissue. The application of lime and phosphorus increased the concentration of these elements in the foliar tissue.

LITERATURA CITADA

- ASHTON, D.H., 1976. Phosphorus in forest ecosystems at Beenak, Victoria. *Journal of Ecology* 64(1):171-186.
- AVAKYAN, N.D.; MIRAKYAN, S.K.; SHARYAN, V.S., 1974. Effect of microfertilizer in the accumulation of nutrients and quality of potato tubers. *Izy. Sel. Skokhoz Nauk* 16(3): 91-94. Apud. *Boron in Agriculture*, n^o 106, p.14.
- BESSE, D.; GOETZ, B., 1965. Analisesi quimico Y histologico de hojas de *Vitis vinifera* cultivadas em Suelos de diferentes contenidos en nutrientes. *Weinwiss.Fachz.Dtsch. Weiben.* 1963. 18:533-548. Apud. *Boron in Agriculture*, n^o 69, p. 9.
- BRANDI, R.M.; CANDIDO, J.F.; BRAGA, J.M.; BARROS, N.F.1977a. Efeito da adubação NPK no desenvolvimento inicial de mudas de *Eucalyptus citriodora*, Hook. *Ceres* 24(134):405-412.
- BRANDI, R.M.; CANDIDO, J.F.; BRAGA, J.M.; OLIVEIRA, L.M.de 1977b. Efeito da adubação NPK no endurecimento de mudas de *Eucalyptus citriodora*. Hook, para estabelecimento no campo sob condições de umidade no solo. *Ceres* 24(136): 608-617.
- BRASIL, V.M.; SIMÕES, J.W., 1973. Determinação da dosagem de fertilizante mineral para a formação de mudas de Eucalipto. IPEF, Piracicaba, (6):78-85.
- CONROY, E.; LAMBE, J.G.D., 1962. A phosphorus-magnesium interaction in tomato nutrition. *Nature, London*, 194: 100-501.

- CORDEIRO, D.A.; BATISTA, L.F.; GURGEL, M.N.; BITTENCOURT, V. C., 1977. Study on K-liming relation in soils cultivated with sugarcane by means of labelling techniques. Trabalho apresentado ao XVI Congresso da ISSCT, São Paulo.
- FREIRE, F.M., 1978. Produção de matéria seca nodulação e absorção de nutrientes pela soja (*Glycine max* (L.) Merrill) em função de níveis de fósforo e zinco em solos de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 74 p., Dissertação.
- HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D.de; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A., 1976. Análise foliar em cinco espécies de Eucaliptos. IPEF, Piracicaba, 13:99-116.
- HAAG, H.P.; SIMÕES, J.W.; OLIVEIRA, G.D.de; SARRUGE, J.R.; POGGIANI, F., 1977. Distúrbios nutricionais em *Eucalyptus citriodora*. IPEF, Piracicaba, 14:59-68.
- LAUN, C.R.P., 1975. Efeitos da aplicação de zinco e boro em Solos sob vegetação de cerrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 120 p. Dissertação.
- MALAVOLTA, E.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; MELLO, F.A.F.; HAAG, H.P., 1974. Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas, Cap. VIII., Ed. Pioneira, p. 455-481.
- McCOOL, J.G.; HUMPREYS, F.R., 1967. Relationships between some nutritional factors and the distributions of *Eucalyptus gummiifera* and *E. maculata*. Ecology 48(5):766-771.
- McCOOL, J.G., 1969. Soil plant relationships in *Eucalyptus forest* on the South Coast of New South Wales. Ecology 50(3):354-361.
- MELLO, F.A.F. de; HAAG, H.P.; BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; ACCORSI, W.R.; MALAVOLTA, E.; ARZOLLA, S., 1961. Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica sobre o "stand" de eucalipto. Conferência mundial do Eucalipto. São Paulo, vol. 2.

- MELLO, H.A.; SIMÕES, J.W.; MASCARENHAS SOBRINHO, J.; COUTO, H.T.Z. do, 1970. Resultados da aplicação de fertilizantes minerais na produção de *Eucalyptus saligna* em solos de cerrado do Estado de São Paulo. IPEF, Piracicaba, 1: 7-26.
- PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental, 6a. edição, Piracicaba, Livraria Nobel S/A, 430 p.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. Análises químicas em plantas, Piracicaba, ESALQ/USP, 55 p.
- TELLHEM, E., 1969. Nutrient requirements on content of alfafa in different development phases. Albrecht Thaer - Arch., 12(9):821-828. Apud. Boron in Agriculture, N^o 87, p. 14.

