

INTERAÇÃO FÓSFORO, BORO, ZINCO E CALAGEM EM
MUDAS DE *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden) CULTIVADAS
EM LATOSSOL VERMELHO AMARELO DE CERRADO

JOSÉ VITALIANO DE C. ROCHA FILHO
Engenheiro-Agrônomo

Orientador: Prof. Dr. José Renato Sarruge

Tese apresentada à Escola Superior de Agricultura
"Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo,
para obtenção do grau de Doutor em Solos e
Nutrição de Plantas.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Outubro, 1979

À Mércia,

José Márcio e Ana Márcia,

D E D I C O.

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. José Renato Sarruge, Professor Assistente Doutor da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", USP, pelo constante apoio e orientação neste trabalho.
- Ao Prof. Dr. Henrique Paulo Haag e ao Prof. (M.S.) Gilberto Diniz de Oliveira, do Departamento de Química da ESALQ/USP, pela amizade e sugestões.
- Aos Eng^{os} Florestais Antonio Rioyei Higa e Edson Antonio Balloni, por sua colaboração na obtenção das mudas de Eucalipto e ajuda na pesquisa bibliográfica, respectivamente.
- Aos Laboratoristas e Estagiários Marcos Antonio Maistro, Francisco Carlos Antonioli, Lurdes Aparecida Dário e Lúcia Helena Spesoto Pavan, pela colaboração nas análises químicas.
- À Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da USP, e à Universidade Federal da Paraíba, pela oportunidade oferecida.
- Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela bolsa de estudo concedida.
- Aos que direta ou indiretamente colaboraram neste trabalho.

Í N D I C E

	Pág.
1. RESUMO	1
2. INTRODUÇÃO	3
3. REVISÃO DE LITERATURA	5
4. MATERIAL E MÉTODOS	17
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
5.1 - Crescimento em Altura e Produção de Matéria Seca por Planta	23
5.2 - Concentração de Nutrientes na Matéria Seca em Função dos Níveis de Fósforo, Boro, Zinco e Calagem	28
5.2.1 - Concentração de Nitrogênio	28
5.2.2 - Concentração de Fósforo	33
5.2.3 - Concentração de Potássio	40
5.2.4 - Concentração de Cálcio	46
5.2.5 - Concentração de Magnésio	50
5.2.6 - Concentração de Boro	56
5.2.7 - Concentração de Cobre	63
5.2.8 - Concentração de Ferro	69
5.2.9 - Concentração de Manganês	75
5.2.10 - Concentração de Zinco	79
6. CONCLUSÃO	79
7. SUMMARY	91
8. LITERATURA CITADA	93

1. RESUMO

Foi desenvolvido um experimento em casa de vegetação na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba (SP), utilizando-se solo, originalmente sob vegetação de cerrado (Latosol Vermelho Amarelo, fase arenosa) do município de Itirapina (SP), com o objetivo de estudar o efeito de níveis de fósforo, boro, zinco e calagem, no crescimento em altura, na produção de matéria seca e absorção de nutrientes pelo *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden).

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado num esquema fatorial 3^3 na presença e ausência de calagem, sendo que, cada parcela foi constituída de um vaso contendo 8 kg de terra e duas plantas. As mudas de *Eucalyptus* utilizadas foram provenientes de Mogi-Guaçu (SP).

Nestas condições, a adubação fosfatada (16 ppm e 32 ppm de P) provocaram aumento no crescimento em altura e na produção de matéria seca das plantas. A adição de 2 ppm e 4 ppm de boro ao solo, provocou efeitos de interação com calagem, fósforo e zinco, ocasionando tanto aumento como diminuição em altura das plantas. A adição de 3 ppm e 6 ppm de zinco ao solo ocasionou interação com o boro e fósforo adicionados, diminuindo o crescimento em altura das plantas.

As adubações com fósforo, boro, zinco e a calagem aumentaram as concentrações de P, B, Zn, Ca e Mg, respectivamente, nos tecidos das plantas. Verificou-se acúmulo de boro nos tecidos das plantas, em níveis considerados tóxicos, devido à adição deste nutriente ao solo.

A calagem diminuiu as concentrações de zinco, manganês, ferro e cobre nos tecidos das plantas. De uma maneira geral, as concentrações dos nutrientes minerais, nos diferentes órgãos das plantas, foram alteradas pelo fósforo, boro e zinco, respectivamente.

2. INTRODUÇÃO

A região de cerrado no Brasil representa cerca de 20% do território nacional e abrange partes dos Estados de São Paulo, Minas Gerais, Goiás, Mato Grosso, Bahia, e uma faixa de alguns Estados Nordestinos, com algumas introduções em áreas da região amazônica (THIBAU, 1977).

Os solos dessa região, de acordo com VERDADE (1971) e RANZANI (1962, 1971), apresentam uma baixa fertilidade e consequentemente uma menor produtividade agrícola, necessitando de uma tecnologia especial, ou criação de uma infraestrutura para se chegar a uma exploração econômica.

Entretanto, o crescimento e o desenvolvimento da indústria madeireira do País, nesses últimos anos, vêm exigindo uma ex

ploração econômica maior para produção de madeira, fato este evidenciado pela utilização dos solos de cerrados para a formação de povoamentos artificiais de *Eucalyptus* e outras essências florestais.

Diversos autores (FERRI, 1955; SETZER, 1956; GURGEL FILHO, 1962; MELLO *et alii*, 1971) têm relatado as possibilidades econômicas na exploração do cerrado pela Silvicultura, devido às condições que oferece para minimizar os custos de produção, desde que se utilizem técnicas agrícolas, capazes de propiciar aos solos condições de boa fertilidade.

Outro fator que vem contribuindo para a implantação de povoamentos artificiais em região de cerrado, é a atual crise energética mundial, que tem evidenciado a necessidade de se descobrir novas fontes de energia, destacando-se entre elas o aproveitamento das florestas brasileiras.

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

A finalidade do presente trabalho foi a de estudar, através de experimento em condições controladas, os efeitos de aplicação de fósforo, boro, zinco e da calagem em *Eucalyptus grandis*, cultivado em solo, originalmente sob vegetação de cerrado, na altura e no peso de matéria seca final, bem como, nas concentrações dos nutrientes na planta.

3. REVISÃO DE LITERATURA

Os problemas ligados à nutrição mineral do *Eucalyptus*, têm sido pesquisados por diversos autores, devido à importância que representa para a Silvicultura, essa essência florestal.

Assim, KARSCHON (1956) apresentou uma chave para identificação de sintomas consequentes da carência de ferro observadas em *Eucalyptus gomphocephala*, cultivados em solos de Israel. Segundo esse autor, a carência desse micronutriente seria produzida pela presença de altas concentrações de cálcio e magnésio nos solos calcáreos de algumas regiões daquele País.

GUIMARÃES *et alii* (1959), num ensaio de adubação com N, P, K e esterco em mudas de *E. saligna*, utilizando um delineamento fatorial $3^2 \times 2$, sendo dois níveis para esterco (0 e 1) e três (0, 1 e 2) para nutrientes minerais, observaram respostas positivas

do crescimento em altura das plantas, quando se aplicou 0,256 g de N e 0,625 g de P. O potássio não apresentou resposta significativa.

HAAG *et alii* (1961), estudando os teores químicos das folhas de *Eucalyptus alba* e *E. grandis* provenientes de povoamento de 2 anos de idade, situados em solos de cerrados, concluíram que essas duas espécies são mais exigentes em cálcio, nitrogênio e potássio, do que magnésio e fósforo para o seu crescimento.

WILL (1961), cultivando *E. saligna*, *E. botryoides*, *E. pilularis*, em solução nutritiva, concluiu que as carências de nutrientes (N e P) podem suprimir completamente a formação de ramos, enquanto que a carência potássica provoca a diminuição do comprimento dos entre-nós e o aparecimento de galhos de 1.^a e 2.^a ordens. A carência de magnésio nas espécies *E. botryoides* e *E. saligna* provocou o desdobramento dos galhos e aumento do número de folhas; enquanto na carência de cálcio o crescimento foi normal durante algumas semanas, mas foi interrompido bruscamente, seguido de um secamento e morte das folhas. Na espécie *E. pilularis* apareceram brotos axilares.

BRASIL SOBRINHO *et alii* (1961), estudando o efeito da localização de fertilizante em cultura de *E. saligna*, implantada em solo de cerrado, encontraram resposta muito eficiente à aplicação de fertilizantes, quando este era feito no mesmo sulco de plantio, e concluíram da possibilidade de aproveitamento dos solos daquela região serem utilizados por aquela espécie silvícola.

SAVORY (1962) observou, em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*, deficiência de boro, a qual foi corrigida através da aplicação de boro, tanto no solo como nas plantas.

PIRES (1962) estudou o comportamento de mudas de *E. citriodora* condicionadas em torrões paulistas quanto à adubação com NPK (5:10:5), utilizando-se duas doses do adubo, e concluiu que os elementos N, P e K apresentaram efeito linear sobre o desenvolvimento daquela espécie.

GONZALES ESPARCIA, E. e J.J. GARCIA NUÑO (1964), em experimentos em vasos com solos deficientes em nitrogênio, observaram sintomas de deficiência deste nutriente em *E. globulus* e *E. rostrata*, determinando os níveis críticos de nitrogênio das folhas para as duas espécies florestais: *E. globulus*: 1,65% e *E. rostrata*: 1,50%.

ACORSI *et alii* (1961) e HAAG *et alii* (1965), citados por MALAVOLTA *et alii* (1974), observaram deficiências de micronutrientes em diferentes espécies de *Eucalyptus*, quando cultivados em solução nutritiva, e determinaram a variação dos teores de micronutrientes existentes entre plantas sadias e plantas deficientes, para boro, cobre, ferro, manganês, molibdênio e zinco.

BHYMAYA e KAUL (1966) observaram, em condições de campo, sintomas de deficiências de alguns macro e micronutrientes em *E. camaldulensis*, cultivado em diferentes localidades da Índia, e determinaram os níveis de elementos nutrientes nas plantas sadias e

nas que apresentavam sintomas de deficiência.

KAUL *et alii* (1966), estudando a nutrição mineral de *E. hybrid* cultivado em solução nutritiva com omissões de macronutriente, descreveram sintomas de deficiências minerais observadas para N, P, K, Ca, Mg e S, em plântulas daquela espécie florestal.

KAUL *et alii* (1966) estudaram as necessidades nutricionais de N, P e K em plântulas de *Eucalyptus*. As plantas cultivadas na ausência de nitrogênio ou fósforo, mostraram sintomas bem definidos. O potássio não apresentou efeito significativo no desenvolvimento das plantas.

KNUDSON *et alii* (1967) relatam que o nitrogênio, fósforo e boro, forneceram estímulo significativo ao crescimento inicial de *E. saligna* cultivados em solos de cerrado. Calcário e zinco tiveram efeitos significativos no primeiro ano, enquanto que o potássio produziu um efeito não significativo nos primeiros 8 meses, tendendo a desaparecer após as chuvas. Os tratamentos que mais contribuíram para o crescimento das plantas foram: NPK + boro + zinco e NPK, quando comparados com a planta testemunha.

McCOOL e HUMPHREYS (1967) observaram que a distribuição de *E. gummiifera* e *E. maculata*, na Costa Sul da Austrália, estava estreitamente relacionada com as propriedades edáficas de fertilidade do solo, do que propriamente com os fatores climáticos.

MELLO (1968), estudando o efeito da adubação mineral em *E. saligna*, observou efeito positivo dos elementos minerais no

desenvolvimento de árvores plantadas em solos de cerrado; aos dois anos de idade a diferença de produção entre as parcelas adubadas e não adubadas era significativa, não tendo sido constatado efeito prejudicial da adubação na qualidade da madeira.

McCOOL (1969), estudando a relação solo/planta em diferentes espécies de *Eucalyptus* na Austrália, observou que as concentrações de zinco e manganês nas folhas das plantas tendiam a se apresentarem altos nos locais onde o solo apresentava fósforo disponível, e que havia uma correlação significativa entre o teor de fósforo na folha versus o teor de fósforo do solo e correlação positiva entre o teor de fósforo do solo e os teores de zinco e manganês nas folhas.

BARATEMES (1970), na Espanha, trabalhando com *E. globulus* em diferentes idades e cultivados em solos arenosos e pobres em nutrientes, observou as seguintes correlações positivas: teor de cálcio na folha versus teor de cálcio no solo; teor de fósforo na folha versus pH do solo; teor de cobre nas folhas inferiores versus teor de cobre no solo; teor de manganês na folha versus teor de manganês no solo; teor de boro na folha versus idade da planta. Encontrou ainda as seguintes correlações negativas: CTC do solo versus relação C/N; concentração de zinco nas folhas versus crescimento em altura; teor de manganês nas folhas versus crescimento em altura. Além disso, observou que nas folhas dos ramos superiores havia uma tendência para acumulação de nitrogênio, fósforo, magnésio, cobre e

zinco, enquanto nas folhas dos ramos inferiores havia uma tendência para acumulação de boro e alumínio.

COOLING e JONES (1970), estudando a importância do boro e da adubação NPK em *Eucalyptus* cultivados em Zâmbia, observaram que as plantas que receberam boro tiveram um melhor crescimento, uma menor incidência ao "die-back" e um melhor florescimento que aquelas que não receberam esse micronutriente.

MUÑOZ-COBO e MARCOS DE LANUZA (1970), estudando a nutrição de *E. glubulus* em seus primeiros estágios de desenvolvimento e cultivados em solução nutritiva, determinaram a variação da quantidade total e da concentração de N, P, K, Ca, Mg, Fe, Mn e Zn, nas distintas partes da planta, principalmente caule e raízes.

MELLO *et alii* (1970), estudando, em solos de cerrado, o efeito da aplicação de fertilizantes minerais na produção de madeira em *E. saligna*, observaram efeitos significativos nas interações nitrogênio versus cálcio, e efeito do fósforo agindo isoladamente. Não se constatou nenhum efeito negativo da adubação sobre a qualidade da madeira.

HANS (1972), estudando em solos da Zâmbia o efeito da aplicação da adubação mineral NPK, combinada com diferentes níveis de boro sobre a qualidade da madeira de *Eucalyptus grandis*, observou que esta diminuía quando se aumentavam as doses de NPK, e NPK combinada com aplicações de boro. Plantas que não receberam adubações tiveram uma maior densidade na madeira. Por outro lado, obser-

varam que NPK na presença de boro aumentavam o diâmetro das plantas. Em outras palavras, os tratamentos que apresentaram maior crescimento em espessura de diâmetro, apresentaram a menor densidade da madeira.

BRASIL e 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 do tipo tubete de papelão e concluíram que, nessas condições, a dose teórica que provocaria o maior desenvolvimento em altura seria 22 g por recipiente, e que doses superiores prejudicariam esse desenvolvimento. A dose mais interessante seria entre 5 e 10 g da formulação por muda.

MULLETE *et alii* (1974), estudando a nutrição mineral do fósforo e suas interações com alguns micronutrientes em plântulas de *E. grummiifera*, em solos da Austrália, observaram a hipótese que essa espécie é capaz de se adaptar, para sobreviver, em locais onde os solos são pobres e o fósforo solúvel é o principal fator limitante do crescimento, processo esse que envolveria em interação, a presença de microorganismos específicos.

MARCOS DE LANUZA e MUÑOZ-COBO (1974) estudaram o efeito do cálcio no desenvolvimento de plântulas de *E. globulus*, cultivadas em solução nutritiva, determinando as concentrações deste nutriente nas diferentes partes das plantas e seus efeitos nas concentrações de N, P, K, Mg, Fe, Zn e Mn dos tecidos daquela espécie flo

restal. Relatam os mesmos autores os sintomas de deficiência e toxicidade de cálcio, observados nas plantas.

SIMÕES *et alii* (1974), estudando o efeito da fertilização parcelada na produção de mudas de *E. saligna*, em duas regiões do Estado de São Paulo, concluíram que a maior eficiência em crescimento das mudas foi obtida quando se aplicou, sob a forma de rega, 4,05 g de NPK (6:15:3) por planta, parceladas em cinco vezes: antes da sementeira, aos 30, 40, 50 e 60 dias de idade. Não se verificou eficiência das adubações foliares quando feitas isoladamente.

BARRET *et alii* (1975) detectaram sintomas de deficiência de boro, em diferentes espécies de *Eucalyptus* implantados em solos da Rodésia, e verificaram uma sensível melhora das plantas, quando se aplicava o boro ao solo ou na planta.

HAAG *et alii* (1976) coletaram folhas recém-maduras da copa das espécies *E. grandis*, *E. microcorys*, *E. resinifera*, *E. robusta* e *E. saligna* de sete anos de idade, localizadas em Latossolo na região de Mogi-Guaçu e Areia Branca (SP). Foram constatadas diferenças significativas entre os locais, entre os nutrientes, com exceção de Mg, B, Cu, Fe e Zn. Os teores de boro oscilaram entre 19 ppm para *E. microcorys* até 28 ppm para *E. robusta*.

LAMB (1976), estudando as variações dos teores de macro e micronutrientes em folhas de *E. deglupta* cultivados em Nova Guiné, em função da época de amostragem, posição das folhas nos ramos e dos ramos no caule, observou que existe uma variação mínima

nos teores de nutrientes nas folhas de *Eucalyptus*, quando comparados nas estações de chuva e de seca. Essa variação, segundo o autor, é válida para todos os nutrientes, com exceção feita ao potássio, o qual apresentou uma variação significativa nos teores analíticos para as duas estações.

TOKESHI *et alii* (1976) observaram sintomas de deficiência de boro em *E. citriodora* e verificaram uma sensível recuperação quando aplicavam boro ao solo na proporção de 12 a 18 g de B por planta. Os sintomas de carência deste micronutriente foram reduzidos para 2,4 e 2,8% do total de plantas afetadas.

BRANDI *et alii* (1977a, 1977b), estudando o efeito da aplicação de adubação mineral NPK no desenvolvimento e no endurecimento de mudas de *Eucalyptus citriodora* Hook, em solos de Viçosa, MG, concluíram que o fósforo foi o elemento que mais contribuiu para o desenvolvimento e endurecimento das mudas, para estabelecimento no campo sob condições adversas de umidade no solo. O potássio, em ambos os casos 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, pela análise das folhas, concluíram tratar-se de uma desnutrição geral e especialmente em S, Ca e P. Os teores de boro variaram de 18 ppm nas folhas novas para 16 ppm nas folhas maduras.

LAMB (1977), estudando a relação entre o teor de nitrogênio das folhas de *E. deglupta* implantados em solos de Nova Guiné e o seu crescimento, encontrou uma predominante correlação linear entre o crescimento dessa espécie florestal e a concentração foliar de N, concluindo que o nível crítico de N que daria o máximo crescimento em altura seria 2,1% de N.

CARVALHO (sem data), estudando alguns problemas da nutrição mineral de *E. saligna*, em um Regossol "intergrade" Latossol Vermelho Amarelo, visando levantar as necessidades de micronutrientes em solos de baixa fertilidade do Estado de São Paulo, observou um desequilíbrio nutricional provocado por uma forte adubação mineral NPK, acentuando por conseguinte uma deficiência de boro, cobre e zinco nas plantas, a qual ocasionou uma destruição quase completa dos *Eucalyptus*. A deficiência do boro, segundo o autor, seria explicada pelo efeito de diluição ocasionada pela adubação mineral. As deficiências de cobre e zinco, pelo efeito de fixação desses cátions metálicos, provocada pelos fosfatos e carbonatos contidos nos componentes dos fertilizantes minerais utilizados.

MALAVOLTA *et alii* (1978) cultivaram plântulas de *E. citriodora*, *E. grandis* e *E. urophylla* em solução nutritiva contendo níveis crescentes de boro (0; 0,01; 0,5 e 1,0 ppm). Os sintomas de carência evidenciaram-se primeiramente em *E. citriodora*, seguindo-se em *E. grandis* e finalmente em *E. urophylla*. Quanto à toxicidade de boro, a sensibilidade das três espécies seguiu a ordem inversa.

Os teores de boro nas folhas variaram de 27 ppm em *E.citriodora* até 361 ppm em *E. citriodora* e *E. grandis*.

ROCHA FILHO *et alii* (1978) cultivaram *E. urophylla* em soluções nutritivas carente de micronutrientes, boro e de ferro, com a finalidade de obterem o quadro sintomatológico das carências e a composição química das folhas. Na omissão de boro, a concentração reduziu-se de 30,5 ppm para 8,2 ppm. Observaram ainda uma redução drástica do sistema radicular das plantas carentes em boro.

BALLONI (sem data) apresenta uma revisão bibliográfica sobre deficiência de boro em povoamentos florestais implantados, concluindo que nas áreas de cerrado, onde ocorre um déficit hídrico acentuado, é a região onde a deficiência de boro apresenta-se com maior frequência em *Eucalyptus*.

HAAG *et alii* (1978) e ROCHA FILHO *et alii* (1978) estudaram a ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de *Eucalyptus* e *Pinus*, em um solo Podzólico Vermelho Amarelo, variação Laras, no Município de Piracicaba (SP), observando a contribuição das duas espécies florestais nas quantidades de nutrientes da manta do solo, bem como a distribuição dos elementos minerais no solo e na manta, proporcionada pelas duas espécies florestais.

ROCHA FILHO *et alii* (1979) cultivaram plântulas de *E. grandis* em soluções nutritivas com níveis crescentes de boro (0; 0,125; 0,25; 0,5; 1,0 e 2,0 ppm), com a finalidade de obter o quadro sintomatológico de carência e toxicidade de boro naquela espécie.

cie florestal. Concluíram os autores que os sintomas de carência são de fácil reconhecimento, no entanto, os de toxicidade de boro apresentam dificuldades de reconhecimento. Os sintomas de carência manifestam-se nas folhas novas, apresentando concentração de 46 ppm de boro. Os sintomas de excesso estão associados à concentração superior a 100 ppm e ocorrem nas folhas jovens e maduras. A concentração crítica do boro nas folhas jovens é em torno de 61 ppm.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, na Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", em Piracicaba (SP), durante o período de outubro de 1977 a fevereiro de 1978.

Foram testados três níveis de fósforo, três de boro, três de zinco e dois níveis de calagem, em um solo, originalmente sob vegetação de cerrado do Estado de São Paulo, estando sua localização e classificação apresentadas na Tabela 1.

Tabela 1 - Classificação e localização do local de coleta do solo utilizado.

SOLO	CLASSIFICAÇÃO	LOCALIZAÇÃO
LV	Latossol Vermelho Amarelo, distrófico, álico, com A fraco e textura arenosa ⁽¹⁾	Estrada para Itirapina(SP) distante 1,2 Km do entroncamento com a Rodovia Washington Luiz, em direção à Itirapina (22 ^o 15'S e 47 ^o 49'W, altitude de 762 m), aproximadamente a 200 m da estrada pelo lado direito.

(1) De acordo com a classificação de FREIRE *et alii* (sem data), Carta de Solos da Represa da Broa, Município de São Carlos (SP) - Comunicação pessoal.

As amostras de solo estudadas, foram coletadas superficialmente a uma profundidade média de 0,20m. Após secagem ao ar, o solo foi destorroado e peneirado, em peneiras de malhas de 2 mm.

Previamente, antes da instalação do experimento, foram feitas análises químicas e granulométricas do solo, cujos resultados estão apresentados na Tabela 2.

Tabela 2 - Resultados das análises químicas e granulométricas do solo estudado.

pH em H ₂ O 1:2,5 ²	C %	Teor trocável em mg/100 g de TFSA				
		PO ₄ ⁻³	K ⁺	Ca ⁺² +Mg ⁺²	Al ⁺³	H ⁺
		<u>Sem calagem</u>				
5,00	0,62	0,02	0,08	1,00	0,60	3,84
		<u>Após calagem</u>				
6,35	0,90	0,06	0,14	2,42	traços	1,68
Horizonte	Areia	Análise granulométrica				
		Limo	Argila	Da	Dr	
		(%)				
Ap	83,60	12,40	14,00	1,6	2,5	
B ₂	78,50	3,70	17,80	1,6	2,5	

Com base nos teores de cálcio e magnésio, foi feita calagem, objetivando obter uma saturação de 60% da capacidade de troca de cátions do solo. Utilizou-se 6,0 g de Carbonato de Cálcio (CaCO₃) e 2,5 g de Carbonato de Magnésio (MgCO₃) por cada vaso.

Após a calagem, o solo foi mantido com um teor de umidade de cerca de 40% da capacidade de saturação, durante duas semanas.

De acordo com CATANI e JACINTHO(1974), o solo estudado se enquadrava antes e após calagem dentro da seguinte classificação:

Parâmetros	Antes da calagem	Após a calagem
pH	acidez média	acidez fraca
% C	teor médio	teor médio
P trocável	teor baixo	teor baixo
K trocável	teor baixo	teor médio
Ca + Mg trocáveis	teor baixo	teor médio
Al trocável	teor médio	teor baixo
H ⁺	teor médio	teor baixo

Foram feitas determinações químicas do teor de zinco e de boro em amostras de solo antes e após calagem, que revelaram os seguintes teores: Boro solúvel em H₂O: 0,07 ppm (antes); 0,02 ppm (após); Zinco extraído com H₂SO₄ 0,025 N mais HCl 0,05 N: 0,8 ppm (antes); 0,4 ppm (após).

Todos os tratamentos receberam uma adubação básica de nitrogênio e potássio, sendo 0,38 g de sulfato de amônio (21% N) mais 0,13 g de cloreto de potássio (60% de K₂O) por vaso, a partir de dados citados em MALAVOLTA *et alii* (1974), para *Eucalyptus*: 60 kg N/ha e 30 kg K₂O/ha.

Com exceção do superfosfato triplo, os reagentes usados como fonte de nutrientes ou usados para calagem foram de classificação química pré-análise.

Os níveis de fósforo, zinco e boro utilizados são apresentados na Tabela 3.

Tabela 3 - Níveis, fontes e quantidades (ppm) de nutrientes utilizados.

Níveis	Superfosfato triplo	Bórax	Sulfato de zinco
	(P)	(B)	(Zn)
0	0	0	0
1	16	2	3
2	32	4	6

O bórax utilizado foi o decahidratado ($\text{Na}_2\text{B}_4\text{O}_7 \cdot 10\text{H}_2\text{O}$) com 11,3% de B. O sulfato de zinco ($\text{ZnSO}_4 \cdot 7\text{H}_2\text{O}$) com 23% de Zn. O superfosfato triplo - $\text{Ca}(\text{H}_2\text{PO}_4)_2$ apresentava 18,0% de P.

As sementes de *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden) utilizadas foram procedentes de Mogi-Guaçu (SP) e foram semeadas no dia 28 de junho de 1977, sendo transplantadas para os vasos no dia 18 de outubro do mesmo ano. A idade da árvore matriz era de 7 anos, estando essa registrada sob o número E545-17 no Departamento de Silvicultura da ESALQ/USP, em Piracicaba (SP). A espécie florestal utilizada é originária de Coffs Harbour, Austrália.

O delineamento experimental usado foi o inteiramente casualizado, num esquema fatorial $3^3 \times 2$, com duas repetições, perfazendo um total de 54 parcelas.

Cada parcela foi constituída de um vaso com duas mudas de *Eucalyptus grandis* obtidas por desbaste de 5 mudas transplantadas inicialmente.

Diariamente todos os tratamentos foram irrigados com água desmineralizada. Com o objetivo de se evitar danos de uma irrigação excessiva, foi adaptado aos vasos um sistema de coleta para captação da água percolante excedente. Cada vaso de barro, com capacidade de 8,0 kg de solo, foi pintado internamente com resina Epoxi.

Após 120 dias do transplante, as plantas foram colhidas, cortando-se a parte aérea ao nível do colo.

Para as análises químicas, a parte aérea foi dividida em folhas superiores, folhas inferiores, caule e ramos. As raízes das plantas foram lavadas em água de torneira, posteriormente com água destilada e finalmente com água desmineralizada, a exemplo do que ocorreu com a parte aérea.

Após lavagem, todas as partes das plantas, separadamente, foram acondicionadas em sacos de plásticos perfurados e levados a secar em estufa de circulação forçada de ar, até peso constante, à temperatura de 60-70°C.

Após pesagens, o material foi moído em moinho Wiley e conservado em saquinhos de plástico.

As determinações dos elementos químicos foram feitas conforme metodologia citada em SARRUGE e HAAG (1974).

Os resultados analíticos foram analisados estatisticamente segundo PIMENTEL GOMES (1976).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 - Crescimento em Altura e Produção de Matéria Seca Por Planta

As análises de variância dos dados relativos ao crescimento em altura e à matéria seca total produzida por planta são apresentados de forma resumida na Tabela 4.

Observou-se que, para o crescimento em altura, houve efeitos de calagem e fósforo com interação; efeito de boro, interações fósforo x boro, boro x zinco e fósforo x boro x zinco. Entretanto, para a produção total de matéria seca por planta, observou-se somente efeito com interação de calagem e fósforo.

Tabela 4 - Resumo das análises de variância dos dados relativos a crescimento em altura e produção total de matéria seca por planta.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.	
		Altura	Matéria seca total produzida
Calagem (C)	1	5.045,9998**	915,5467**
P	2	2.762,7406**	973,4470**
C x P	2	353,3899**	44,3624*
B	2	134,7267**	28,4201
C x B	2	1,0139	4,2800
P x B	4	85,6435*	14,4329
C x P x B	4	64,4860*	9,2749
Zn	2	25,3518	4,2878
C x Zn	2	13,1666	15,6483
P x Zn	4	26,9560	7,4790
B x Zn	4	191,2546**	6,7613
C x P x Zn	4	43,6180	18,6694
C x B x Zn	4	38,0872	6,3789
P x B x Zn	8	56,9942*	6,9955
Resíduo	8	15,1007	6,5365
Total	53		
C.V.		6,56%	18,56%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Observando a Tabela 5, pode-se perceber que a calagem e o fósforo, de maneira geral, contribuíram para maior crescimento em altura das plantas. O boro também influenciou esse crescimento: as plantas que não receberam calagem nem fósforo apresentaram aumento no crescimento até a adição da dose de 2 ppm de boro; ao se aumentar para 4 ppm de boro, essas plantas apresentaram uma redução na altura. Efeito semelhante se verificou nas plantas do tratamento com calagem, nas quais foram adicionadas 32 ppm de P. Estas também tiveram sua altura reduzida quando se aumentou de 2 ppm para 4 ppm de boro.

Tabela 5 - Crescimento médio em altura (cm) das plantas em função da calagem e doses de fósforo e de boro.

Boro (ppm)	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	34,67	46,67	66,00	58,00	75,17	71,83
2	41,17	44,00	71,33	56,33	72,50	87,17
4	30,67	47,00	63,33	59,17	69,67	70,00
	Sem calagem			Com calagem		
			Cal. dentro de B x P	=	7,32	
D.M.S. Tukey 5%			B dentro de P x Cal.	=	6,41	
			P dentro de B x Cal.	=	6,41	

Na Tabela 6, percebe-se o efeito de zinco interagindo com fósforo e boro. As plantas que não receberam ou receberam 32 ppm de fósforo apresentaram um menor crescimento em altura quando se adicionou 4 ppm de boro e doses crescentes de zinco (3 e 6 ppm). O menor crescimento em altura observado se verificou nas plantas em que não se adicionou fósforo e se adicionou 4 ppm de boro e 6 ppm de zinco.

Tabela 6 - Crescimento médio em altura (cm) das plantas em função das doses de fósforo, boro e zinco.

ZINCO (ppm)	BORO (ppm)								
	0			2			4		
0	45,25	53,75	62,75	49,00	57,50	80,00	54,50	60,50	75,75
3	49,25	64,00	67,75	47,00	63,00	78,25	44,25	54,75	70,75
6	46,00	65,00	76,25	50,25	57,25	79,50	36,00	59,75	53,50
	0	16	32	0	16	32	0	16	32
	P (ppm)								
	P dentro de B x Zn = 6,40								
D.M.S. Tukey 5%	B dentro de P x Zn = 6,40								
	Zn dentro de B x P = 6,40								

Pode-se observar que a dose 2 ppm de boro, quando foi aplicada em presença da máxima dose de fósforo, proporcionou um aumento no crescimento em altura das plantas que receberam 3 ppm de zinco ou não receberam este micronutriente. Por outro lado, quando

se aumentou a dose de boro de 2 ppm para 4 ppm, se observou uma redução no crescimento em altura das plantas, mesmo se aplicando igual dose de fósforo.

Os efeitos observados do boro são concordantes com os relatados para *Eucalyptus* por diversos autores: SAVORY (1962), COOLING e JONES (1970), BARRET *et alii* (1975), TOKESHI *et alii* (1976), MALAVOLTA *et alii* (1978) e ROCHA FILHO *et alii* (1979).

Quando se analisa a Tabela 7, produção de matéria seca total por planta, verifica-se que tanto o fósforo como a calagem contribuíram para o crescimento das plantas, isto é, tiveram a produção de matéria seca aumentada quando se adicionaram doses crescentes de fósforo (16 e 32 ppm), ou quando se fez calagem.

Tabela 7 - Produção de matéria seca total (g/planta), em função de calagem e doses de fósforo.

	P (ppm)		
	0	16	32
Sem calagem	2,95	11,91	14,11
Com calagem	7,69	22,71	23,28
D.M.S. Tukey 5%	Cal. dentro de P = 2,78		
	P dentro de Cal. = 3,44		

O efeito do fósforo observado concorda com os observados por diversos autores, para diferentes espécies de *Eucalyptus*: BEADLE (1954), GUIMARÃES *et alii* (1959), KAUL *et alii* (1966), SIMÕES *et alii* (1967), McCOOL (1969, 1970), MULLETTE *et alii* (1974), BARRET *et alii* (1975) e LAMB (1977).

5.2 - Concentração de Nutrientes na Matéria Seca em Função dos Níveis de Calagem, Fósforo, Boro e Zinco

5.2.1 - Concentração de Nitrogênio

Pelas análises de variância da Tabela 8, observa-se que o efeito do fósforo ocorreu em todas as partes da planta. Nas folhas superiores ocorreu ainda efeito de interação calagem x boro. Nos ramos, ocorreu efeito do zinco e do boro, com interação fósforo x boro. Nas raízes, efeito de calagem e de zinco.

As concentrações de nitrogênio nas folhas, caule e raízes, em função das doses adicionadas de fósforo, são apresentadas na Tabela 9. Observa-se que em todas as partes da planta a concentração de nitrogênio diminuiu quando se aumentou a dose de fósforo de 0 para 16 ppm; não se observou efeito do fósforo sobre a concentração de nitrogênio quando se adicionou 32 ppm de P.

Tabela 8 - Resumo das análises de variância das concentrações de ni trogênio na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Super.	Folhas Infer.	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	0,3969	0,2535	0,0153	0,0189	0,3569**
P	2	3,8492**	2,7270**	0,1992*	0,2191**	0,1577**
C x P	2	0,0300	0,0165	0,0867	0,0034	0,0290
B	2	0,1413	0,1268	0,0311	0,0434*	0,0316
C x B	2	0,3833*	0,1425	0,0115	0,0133	0,0065
P x B	4	0,1957	0,2267	0,0338	0,0396*	0,0223
C x P x B	4	0,0323	0,0411	0,0129	0,0036	0,0150
Zn	2	0,2876	0,1251	0,0049	0,0667*	0,0464*
C x Zn	2	0,1209	0,0529	0,0150	0,0047	0,0174
P x Zn	4	0,2169	0,1015	0,0218	0,0256	0,0118
B x Zn	4	0,2016	0,0570	0,0310	0,0212	0,0221
C x P x Zn	4	0,1448	0,0222	0,0168	0,0188	0,0105
C x B x Zn	4	0,0638	0,0375	0,0127	0,0096	0,0231
P x B x Zn	8	0,1806	0,0559	0,0153	0,0277	0,0058
Resíduo	8	0,0819	0,0632	0,0333	0,0085	0,0094
Total	53					
C.V.		19,67%	17,77%	20,05%	20,01%	13,21%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 9 - Concentração de nitrogênio (%) na matéria seca das folhas, caule e das raízes, 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	0,27
Folhas inferiores	1,86	1,19	1,19	0,24
Caule	0,48	0,28	0,33	0,17
Raízes	0,84	0,72	0,65	0,09

As reduções observadas pela fertilização fosfatada, são concordantes com a literatura. CONROY e LAMBE (1962) observaram efeito antagônico entre o fósforo e o nitrogênio. FREIRE (1978) observou uma diminuição no teor de nitrogênio, quando se adicionou às plantas doses crescentes de fósforo. Entretanto, os decréscimos da concentração de nitrogênio pela elevação da dose de 0 para 16 ppm de fósforo, podem ser atribuídos a um efeito de diluição, já que as plantas desses tratamentos alcançaram maiores desenvolvimentos.

Na Tabela 10, pode-se perceber o efeito da interação fósforo x boro, sobre as concentrações de nitrogênio nos ramos. O boro adicionado ao solo resultou num efeito depressivo na concentração de nitrogênio da matéria seca dos ramos na presença de 0 e 16 ppm de fósforo. Por outro lado, na ausência de boro a concentração de nitrogênio também diminuiu quando se adicionou ao solo 32 ppm de fósforo.

Tabela 10 - Concentração de nitrogênio (%), na matéria seca dos ramos, em função das doses de fósforo e boro.

B (ppm)	P (ppm)		
	0	16	32
0	0,70	0,63	0,43
2	0,39	0,39	0,38
4	0,40	0,40	0,41
D.M.S. Tukey 5%	P dentro de B = 0,15 B dentro de P = 0,15		

Na Tabela 11, é apresentado o efeito da interação boro x calagem sobre o teor de nitrogênio na matéria seca das folhas superiores. Observa-se que a concentração de nitrogênio apresentou-se menor nas plantas que receberam 4 ppm de boro e calagem.

Tabela 11 - 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		

Este efeito não está concordante com os observados por PAULSEN e HARDER (1968), SHEAR e FAUST (1970), que encontraram, em plantas deficientes em cálcio, um aumento no teor de nitrogênio nas folhas. É possível explicar a discordância dos resultados, uma vez que, o menor crescimento das plantas foi provocado pela dose 4 ppm de boro na ausência de calagem, havendo, portanto, uma maior concentração de nitrogênio nas folhas superiores. Com a calagem e mesma dose de boro (4 ppm), o maior crescimento do *E. grandis* provocou uma diluição do nitrogênio.

Na Tabela 12, observa-se que, quando se adicionou 3 ppm de zinco ao solo, houve uma diminuição na concentração do nitrogênio na matéria seca dos ramos e um aumento no teor desse elemento nas raízes.

Tabela 12 - Concentração de nitrogênio (%), na matéria seca dos ramos e raízes, em função das doses de zinco.

PARTES DA PLANTA	ZINCO (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	3	6	
Ramos	0,52	0,39	0,46	0,09
Raízes	0,68	0,78	0,74	0,09

O efeito negativo no teor de nitrogênio, observado nos ramos, provocado pela dose 3 ppm de zinco, provavelmente se deve a um mecanismo de translocação e distribuição desse elemento, uma

vez que, para as raízes, a maior concentração do macronutriente foi observada para a mesma dose de zinco.

A influência da calagem sobre o teor de nitrogênio nas raízes é apresentada na Tabela 13. Percebe-se que os menores teores de nitrogênio na matéria seca das raízes foram provocados pela calagem. Tal fato, provavelmente se deve a um efeito de diluição, uma vez que as raízes das plantas com calagem tiveram maior crescimento, ou ainda, de acordo com PAULSEN e HARDER (1968), ao papel do cálcio no metabolismo do nitrogênio, provocando nas plantas deficientes em cálcio um acúmulo de nitrogênio.

Tabela 13 - Concentração de nitrogênio (%), na matéria seca das raízes, em função da calagem.

NUTRIENTE	SEM CALAGEM	COM CALAGEM
N%	0,82	0,65
D.M.S. Tukey (5%) = 0,06		

5.2.2 - Concentração de Fósforo

As análises de variância das concentrações de fósforo na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentadas na Tabela 14.

Tabela 14 - Resumo das análises de variância de concentração de fósforo na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Superiores	Folhas Inferiores	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	0,8563.10 ^{-2**}	0,6685.10 ^{-3*}	0,4446.10 ^{-2**}	0,4741.10 ⁻³	0,6667.10 ⁻³
P	2	0,1113.10 ^{-2*}	0,6889.10 ^{-3*}	0,2539.10 ^{-2**}	0,1185.10 ⁻³	0,3519.10 ⁻⁴
C x P	2	0,3352.10 ⁻³	0,7406.10 ⁻⁵	0,8685.10 ^{-3**}	0,3852.10 ⁻³	0,2167.10 ⁻³
B	2	0,2241.10 ⁻³	0,6667.10 ⁻⁴	0,2056.10 ⁻³	0,1130.10 ⁻³	0,1352.10 ⁻³
C x B	2	0,1685.10 ⁻³	0,1407.10 ⁻³	0,1296.10 ⁻⁴	0,4463.10 ⁻³	0,3889.10 ⁻⁴
P x B	4	0,2491.10 ⁻³	0,2889.10 ⁻³	0,1778.10 ⁻³	0,1546.10 ⁻³	0,1463.10 ⁻³
C x P x B	4	0,1824.10 ⁻³	0,3796.10 ^{-3*}	0,5185.10 ⁻⁴	0,1824.10 ⁻³	0,1056.10 ⁻³
Zn	2	0,8074.10 ⁻³	0,2000.10 ⁻³	0,1167.10 ⁻³	0,1241.10 ⁻³	0,2796.10 ^{-3*}
C x Zn	2	0,7185.10 ⁻³	0,3185.10 ⁻³	0,3241.10 ^{-3*}	0,5741.10 ⁻⁴	0,3167.10 ^{-3*}
P x Zn	4	0,1241.10 ⁻³	0,5555.10 ⁻⁴	0,1972.10 ⁻³	0,4574.10 ^{-3*}	0,1324.10 ⁻³
B x Zn	4	0,3352.10 ⁻³	0,1833.10 ⁻³	0,1056.10 ⁻³	0,1852.10 ⁻⁴	0,3324.10 ^{-3*}
C x P x Zn	4	0,6407.10 ⁻³	0,1741.10 ⁻³	0,2546.10 ^{-3*}	0,3185.10 ⁻³	0,2583.10 ^{-3*}
C x B x Zn	4	0,5741.10 ⁻⁴	0,1741.10 ⁻³	0,1474.10 ⁻³	0,3296.10 ⁻³	0,1806.10 ⁻³
P x B x Zn	8	0,4185.10 ⁻³	0,2264.10 ⁻³	0,1444.10 ⁻³	0,1296.10 ⁻³	0,1477.10 ⁻³
Resíduo	8	0,2213.10 ⁻³	0,9213.10 ⁻⁴	0,6296.10 ⁻⁴	0,1157.10 ⁻³	0,5139.10 ⁻⁴
Total	53					
C.V.		16,40%	15,85%	19,40%	20,42%	12,56%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Observa-se que nas folhas ocorreram efeitos isolados de calagem e fósforo. As folhas inferiores apresentaram ainda efeitos de calagem, fósforo e boro, com interação. No caule e nas raízes, ocorreram efeitos de calagem, fósforo e zinco, com interação e, ainda nas raízes, efeito de boro x zinco, com interação.

Nas Tabelas 15 e 16, respectivamente, são apresentados os efeitos isolados do fósforo e da calagem, na concentração de fósforo na matéria seca das folhas superiores. Pode-se observar na Tabela 15, que a concentração do fósforo aumentou quando se adicionou ao solo 16 e 32 ppm desse nutriente. Este resultado está concorde com o obtido por McCOOL (1969), que encontrou uma correlação positiva entre a quantidade de fósforo adicionado ao solo e o teor desse nutriente nas folhas de diversas espécies de *Eucalyptus*. ASHTON (1976) encontrou, para *E. regnans* e *E. sieberi*, uma forte correlação positiva entre o fósforo do solo e a absorção desse nutriente por aquelas espécies.

Tabela 15 - 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 ainda, na Tabela 16, que o teor de fósforo das folhas superiores também aumentou quando se fez calagem. O efeito da calagem no aumento da disponibilidade do fósforo trocável do solo é bastante relatado na literatura. Observando-se a Tabela 3, percebe-se que a calagem aumentou a quantidade do fósforo trocável do solo estudado (de 0,02 para 0,06 emg de PO_4^{-2} /100 g de solo), o que torna possível uma maior absorção desse nutriente pelas plantas.

Tabela 16 - Concentração de fósforo (%), na matéria seca das folhas superiores, em função da calagem.

PARTE DA PLANTA	Sem calagem	Com calagem	O.M.S. Tukey 5%
Folhas superiores	0,08	0,10	0,01

Observando-se a Tabela 17, percebe-se o efeito da calagem, fósforo e boro, com interação, sobre a concentração de fósforo na matéria seca das folhas inferiores.

A calagem proporcionou um aumento na concentração do fósforo, e o boro adicionado ao solo diminuiu a concentração do fósforo nas plantas.

O efeito interativo fósforo x boro, é muito discordante na literatura consultada. Alguns autores encontraram que o boro induzia um aumento no teor de fósforo nas plantas (AVAKYAN *et*

alli, 1974), outros relatam um efeito depressivo do boro no teor de fósforo das plantas (BESSE e GOETS, 1965; TELLHEM, 1969).

Tabela 17 - Concentração de fósforo (%), na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de fósforo, boro e 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				

A Tabela 18 apresenta o efeito da interação fósforo x zinco sobre a concentração do fósforo na matéria seca dos ramos. Pode-se perceber que a concentração deste nutriente aumentou em todas as plantas que receberam adubação fosfatada. Por outro lado, a concentração de fósforo diminuiu quando se adicionou zinco ao solo. Esses efeitos concordam com os da literatura consultada.

SARKAR e SINHA (1975) observaram que, em solos com alta concentração de zinco, ocorre uma redução na absorção do fósforo. SHARMA *et alii* (1968) sugerem que o efeito antagônico fósforo x

zinco estaria mais ligado à translocação do elemento das raízes para a parte aérea das plantas, do que propriamente ao efeito de absorção.

Tabela 18 - Concentração de fósforo (%), na matéria seca dos ramos, em função das doses de fósforo e zinco.

Zn (ppm)	P (ppm)		
	0	16	32
0	0,05	0,07	0,10
3	0,03	0,05	0,08
6	0,03	0,05	0,07
D.M.S. Tukey 5%: 0,025		P dentro de Zn = 0,02 Zn dentro de P = 0,02	

Nas Tabelas 19 e 20, são apresentados os efeitos de interação fósforo, zinco e calagem, sobre o teor de fósforo na matéria seca do caule e raízes, respectivamente.

Analisando as duas tabelas, observa-se efeitos semelhantes tanto para o caule como para as raízes. Ocorreu aumento na concentração do fósforo quando: 1) não se fez calagem e se adicionou ao solo fósforo e zinco; 2) quando não se fez adubação com zinco e se adicionou ao solo fósforo e calagem.

Ocorreu diminuição na concentração do fósforo tanto no caule como nas raízes quando se fez calagem e se adicionou ao so

lo zinco, provavelmente devido à formação de compostos insolúveis de fósforo e zinco na presença de calagem.

Tabela 19 - Concentração de fósforo (%) na matéria seca do caule, em função das doses de fósforo, zinco e calagem.

Zn (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	0,02	0,04	0,07	0,04	0,06	0,08
3	0,04	0,06	0,10	0,02	0,04	0,06
6	0,04	0,06	0,09	0,02	0,04	0,06
D.M.S. Tukey 5%		Cal. dentro de P x B = 0,005				
		P dentro de Cal. x B = 0,01				
		B dentro de Cal. x P = 0,01				

Tabela 20 - Concentração de fósforo (%) na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo, zinco e calagem.

Zn (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	0,03	0,05	0,07	0,05	0,07	0,09
3	0,05	0,07	0,09	0,03	0,05	0,07
6	0,05	0,07	0,08	0,03	0,05	0,07
D.M.S. Tukey 5%		Cal. dentro de P x B = 0,004				
		P dentro de Cal. x B = 0,01				
		B dentro de Cal. x P = 0,01				

Na Tabela 21 são apresentados os efeitos da interação boro e zinco sobre o teor de fósforo da matéria seca das raízes. Pode-se perceber que ocorreu um aumento na concentração do fósforo, quando se adicionou boro na ausência e na presença de 6 ppm de zinco. A maior concentração de fósforo observada ocorreu para as concentrações: 4 ppm de boro e 6 ppm de zinco. Tal fato pode ser explicado, provavelmente, pela redução do crescimento das plantas provocada por essas doses dos dois micronutrientes, uma vez que elas ocasionaram também o menor crescimento em altura das plantas.

Tabela 21 - Concentração de fósforo (%), na matéria seca das raízes, em função das doses de boro e zinco.

Boro (ppm)	Zn (ppm)		
	0	3	6
0	0,04	0,05	0,06
2	0,06	0,06	0,06
4	0,06	0,06	0,08
D.M.S. Tukey 5% = 0,01		$\left\{ \begin{array}{l} \text{B dentro de Zn} = 0,01 \\ \text{Zn dentro de B} = 0,01 \end{array} \right.$	

5.2.3 - Concentração de Potássio

Na Tabela 22 são apresentadas as análises de variância, em forma resumida, dos dados relativos à concentração de potássio na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Tabela 22 - Resumo das análises de variância das concentrações de potássio na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Super.	Folhas Infer.	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	2,4533**	3,2227**	0,3504**	2,3064**	0,0580
P	2	3,7521**	4,4300**	2,0223**	6,3200**	0,5608**
C x P	2	1,1715**	0,5252**	0,3722**	1,6621**	0,4.10 ⁻⁴
B	2	0,0836	0,0838	0,0610	0,3168**	0,0207
C x B	2	0,0344	0,0735	0,0831*	0,3573**	0,0215
P x B	4	0,0465	0,0332	0,0358	0,1565**	0,0051
C x P x B	4	0,1139	0,0152	0,0491	0,3233**	0,0071
Zn	2	0,0006	0,0348	0,0252	0,0694	0,0025
C x Zn	2	0,0537	0,0763	0,0231	0,0206	0,0034
P x Zn	4	0,0040	0,0040	0,0169	0,0844*	0,0037
B x Zn	4	0,0474	0,0556	0,0537	0,0463	0,0082
C x P x Zn	4	0,0287	0,0135	0,0123	0,0102	0,0145
C x B x Zn	4	0,0186	0,0141	0,0167	0,0436	0,0090
P x B x Zn	8	0,0579	0,0297	0,0563	0,0178	0,0140
Resíduo	8	0,0549	0,0250	0,0178	0,0204	0,0136
Total	53					
C.V.		19,71%	20,01%	18,56%	17,22%	20,32%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Observa-se que ocorreu efeito de calagem e fósforo com interação nas folhas, caule e ramos. O caule apresentou ainda efeito de calagem e boro, com interação. Nos ramos ocorreu efeito de calagem, fósforo e boro, com interação, e efeito de fósforo e zinco, com interação. Nas raízes ocorreu efeito isolado do fósforo.

A concentração de potássio na matéria seca das folhas e do caule, em função da calagem e doses de fósforo, é apresentada na Tabela 23. Pode-se perceber que a concentração de potássio diminuiu tanto nas folhas como no caule quando se adicionou fósforo às plantas que sofreram ou não calagem. Ocorreu ainda diminuição na concentração do potássio na matéria seca das folhas e do caule quando se fez calagem, com exceção das folhas superiores das plantas que receberam fósforo. O efeito antagônico cálcio x potássio ou magnésio x potássio é bastante citado na literatura. MELLO *et ali*i (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 ali*i (1977), empregando técnica de marcação química (Rb/K) e isotópica (^{45}Ca), demonstraram que a disponibilidade do potássio do solo diminui em função dos níveis de calagem.

Tabela 23 - Concentração de potássio (%), na matéria seca das folhas e caule, em função das doses de fósforo e calagem.

	Folhas superiores			Folhas inferiores			Caule		
	P (ppm)								
	0	16	32	0	16	32	0	16	32
Sem calagem	1,82	0,59	0,60	1,76	0,66	0,59	1,03	0,45	0,40
Com calagem	0,81	0,49	0,43	0,88	0,36	0,30	0,54	0,23	0,19
D.M.S. Tukey 5%:	0,40				0,27		0,23		
Cal.dentro de P:	0,25				0,17		0,15		
P dentro de Cal.:	0,32				0,21		0,18		

Verifica-se, pela Tabela 24, que as plantas que não sofreram calagem apresentaram um aumento na concentração de potássio na matéria seca do caule, quando se adicionou 4 ppm de boro. Por outro lado, dentro dessa mesma dose, o teor de potássio diminuiu quando se fez calagem. Provavelmente a calagem provocou um efeito antagônico sobre a concentração de potássio no caule, a exemplo do que já foi comentado nas tabelas anteriores.

Na Tabela 25, observa-se que a concentração de potássio na matéria seca dos ramos diminuiu quando se fez calagem na ausência de fósforo, ou se aumentaram as doses de fósforo de 0 para 16 ppm, na presença ou ausência de boro.

Na ausência de calagem a concentração de potássio diminuiu quando se adicionou boro na ausência de fósforo.

Tabela 24 - Concentração de potássio (%), na matéria seca do caule, em função das doses de boro e calagem.

	Boro (ppm)		
	0	2	4
Sem calagem	0,40	0,36	0,58
Com calagem	0,39	0,30	0,26
D.M.S. Tukey 5% = 0,23			
Cal. dentro de B = 0,15			
B dentro de Cal. = 0,18			

Tabela 25 - Concentração de potássio (%), na matéria seca dos ramos, em função das doses de fósforo, boro e calagem.

Boro (ppm)	P (ppm)					
	Sem calagem			Com calagem		
	0	16	32	0	16	32
0	2,69	0,46	0,26	0,64	0,31	0,26
2	1,40	0,36	0,18	0,82	0,26	0,18
4	1,46	0,36	0,23	0,77	0,23	0,20
D.M.S. Tukey 5%:				Cal. dentro de P x B = 0,09		
				P dentro de Cal. x B = 0,24		
				B dentro de Cal. x P = 0,24		

Percebe-se, pela Tabela 26, que a concentração de potássio na matéria seca dos ramos diminuiu quando se adicionou fósforo na presença ou ausência de zinco.

Observou-se ainda que a concentração de potássio diminuiu quando, na ausência de fósforo, se aumentou a dose de zinco de 3 para 6 ppm.

Tabela 26 - Concentração de potássio (%), na matéria seca dos ramos, em função das doses de fósforo e zinco.

Zn (ppm)	P (ppm)		
	0	16	32
0	1,40	0,33	0,20
3	1,42	0,31	0,24
6	1,07	0,36	0,20
D.M.S. Tukey 5% = 0,34		$\left\{ \begin{array}{l} \text{P dentro de Zn} = 0,24 \\ \text{Zn dentro de P} = 0,24 \end{array} \right.$	

Na Tabela 27, pode se verificar que a concentração de potássio na matéria seca das raízes diminuiu quando se adicionou fósforo. Provavelmente ocorreu um efeito de diluição, isto é, o fósforo, promovendo um maior crescimento das raízes, provocou uma diluição do potássio naquela parte da planta.

Tabela 27 - Concentração de potássio (%), na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo.

NUTRIENTE	P (ppm)		
	0	16	32
K	0,55	0,29	0,32
D.M.S. Tukey 5% = 0,11			

5.2.4 - Concentração de Cálcio

As análises de variância das concentrações de cálcio da matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentadas resumidamente na Tabela 28. Pode-se perceber que houve efeito isolado da calagem em todas as partes da planta. Efeito de calagem e fósforo, com interação, ocorreu nas folhas, caule e ramos. O efeito isolado do fósforo somente ocorreu nos ramos e raízes. O efeito isolado do boro ocorreu no caule, e o efeito de calagem e boro, com interação, ocorreu somente nos ramos.

Na Tabela 29, são apresentadas as concentrações de cálcio nas folhas, caule e ramos, em função das doses de fósforo e calagem. Observa-se que a calagem, de uma maneira geral, aumentou a concentração de cálcio tanto nas folhas como no caule e nos ramos.

Tabela 28 - Resumo das análises de variância dos dados relativos à concentração de cálcio na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Super.	Folhas Infer.	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	8,0659**	6,3448**	3,5165*	12,9164**	1,9991**
P	2	0,1022	0,0226	0,0310	0,4376**	0,0221*
C x P	2	0,2393*	0,1435*	0,4785**	0,8370**	0,01646
B	2	0,0367	0,0236	0,1563*	0,1628	0,0058
C x B	2	0,0281	0,0162	0,0351	0,2868*	0,0010
P x B	4	0,0201	0,0192	0,0236	0,0240	0,0031
C x P x B	4	0,0151	0,0064	0,0329	0,1189	0,0004
Zn	2	0,0297	0,0392	0,0325	0,0483	0,0005
C x Zn	2	0,0387	0,0396	0,0173	0,0194	0,0005
P x Zn	4	0,0274	0,0276	0,0067	0,0328	0,0023
B x Zn	4	0,0450	0,0340	0,0103	0,0386	0,0021
C x P x Zn	4	0,0389	0,0639	0,0045	0,0240	0,0025
C x B x Zn	4	0,0902	0,0277	0,0328	0,0431	0,0024
P x B x Zn	8	0,0360	0,0367	0,0206	0,0366	0,0043
Resíduo	8	0,0327	0,0285	0,0190	0,0467	0,0041
Total	53					
C.V.		20,21%	19,66%	19,46%	20,01%	18,46%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 29 - Concentração de cálcio (%), na matéria seca das folhas, caule e ramos, em função das doses de fósforo e calagem.

PARTES DA PLANTA	Sem calagem			Com calagem			D.M.S. Tukey 5%	P d. Cal.	Cal. d. P
	P (ppm)								
	0	16	32	0	16	32			
Folhas sup.	0,50	0,37	0,43	1,01	1,23	1,38	0,31	0,24	0,20
Folhas inf.	0,60	0,41	0,54	1,09	1,25	1,33	0,29	0,23	0,18
Caule	0,60	0,39	0,32	0,78	1,11	1,00	0,24	0,19	0,15
Ramos	0,58	0,46	0,49	1,06	1,66	1,74	0,37	0,29	0,23

Nas folhas verificou-se um aumento na concentração de cálcio quando se fez calagem e se adicionou 32 ppm de fósforo ao solo. No caule ocorreu uma diminuição na concentração de cálcio na ausência de calagem e quando se adicionou fósforo ao solo. A concentração de cálcio aumentou quando se fez calagem e se adicionou fósforo ao solo. Nos ramos, a concentração de cálcio aumentou quando se fez calagem e se fez adubação fosfatada. McCOOL e HUMPHREYS(1967) encontraram correlação positiva entre o teor de cálcio do caule e das folhas de *E. gummiifera* com o teor desse nutriente do solo.

Na Tabela 30, pode-se perceber o efeito do boro sobre o teor de cálcio na matéria seca do caule. Observa-se que aumentando-se a dose de boro para 4 ppm, ocorreu um aumento na concentração de cálcio. Este resultado é concordante com os obtidos por SHEAR

e FAUST (1973), que verificaram um aumento no teor de cálcio em algumas frutíferas arbóreas, quando se fez aplicação de boro ao solo.

Tabela 30 - Concentração de cálcio (%), na matéria seca do caule, em função das doses de boro.

PARTE DA PLANTA	Boro (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	2	4	
Caule	0,65	0,65	0,81	0,13

A Tabela 31 apresenta as concentrações de cálcio da matéria seca dos ramos, em função das doses de boro e calagem, a qual permite verificar que a concentração de cálcio aumentou quando se fez calagem, tanto na presença como na ausência de boro. Por outro lado, o teor de cálcio também aumentou quando se fez aplicação de boro ao solo que recebeu ou não calagem. O aumento da concentração de cálcio pela aplicação de boro é concordante com os resultados obtidos por SHEAR e FAUST (1973).

Na Tabela 32 são apresentadas as concentrações de cálcio na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo. Percebe-se que a adubação fosfatada promoveu uma maior concentração de cálcio na matéria seca das raízes.

Tabela 31 - Concentração de cálcio (%), na matéria seca dos ramos, em função das doses de boro e calagem.

	Boro (ppm)		
	0	2	4
Sem calagem	0,45	0,75	0,85
Com calagem	1,24	1,57	1,65
D.M.S. Tukey 5% = 0,37	{ B dentro de Cal. = 0,29 Cal. dentro de B = 0,23		

Tabela 32 - Concentração de cálcio (%), na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo.

PARTE DA PLANTA	P (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	16	32	
Raízes	0,26	0,33	0,40	0,06

5.2.5 - Concentração de Magnésio

As análises de variância das concentrações de magnésio na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentadas de forma resumida na Tabela 33. Observa-se que houve efeito isolado da calagem em todas as partes da planta. As folhas superiores e o caule apresentaram efeitos de calagem, fósforo, boro, com

interação. As folhas superiores apresentaram ainda efeito de calagem, boro, zinco, com interação.

Tabela 33 - Resumo das análises de variância das concentrações de magnésio na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Super.	Folhas Infer.	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	2,3438**	1,6748**	0,2295**	0,4760**	0,8538**
P	2	0,0026*	0,0025	0,0034*	0,0023	0,0022
C x P	2	0,0008	0,0022	0,0234**	0,0105	0,0021
B	2	0,0061**	0,0018	0,0041*	0,0005	0,0005
C x B	2	0,0019	0,0004	0,0033*	0,4.10 ⁻⁴	0,0004
P x B	4	0,0032*	0,0009	0,0039*	0,0011	0,0007
C x P x B	4	0,0032*	0,0003	0,0039*	0,0014	0,0002
Zn	2	0,0020	0,0029	0,0005	0,3.10 ⁻⁴	0,0003
C x Zn	2	0,0006	0,0004	0,0004	0,0006	0,0002
P x Zn	4	0,0006	0,0005	0,0002	0,0015	0,0005
B x Zn	4	0,0043**	0,0013	0,0002	0,0009	0,0016
C x P x Zn	4	0,0016	0,0017	0,0003	0,0022	0,0004
C x B x Zn	4	0,0039*	0,0014	0,0002	0,0024	0,0009
P x B x Zn	8	0,0010	0,0013	0,0008	0,0017	0,0006
Resíduo	8	0,0006	0,0011	0,0006	0,0039	0,0008
Total	53					
C.V.		6,76%	10,31%	19,67%	25,42%	15,90%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Na Tabela 34, 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 na matéria seca das folhas superiores aumentou quando: 1) na ausência de boro se adicionou ao solo 32 ppm de fósforo; 2) quando na presença de 4 ppm de boro, se adicionou ao solo 32 ppm de fósforo.

Tabela 34 - 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
D.M.S. Tukey 5%:		Cal. dentro de P x B = 0,05				
		P dentro de Cal. x B = 0,04				
		B dentro de Cal. x P = 0,04				

O efeito do fósforo aplicado ao solo, sobre a concentração de magnésio das folhas das plantas foi estudado por alguns autores. MULDER (1950) encontrou correlação positiva entre o teor de magnésio de folhas de macieira e o fósforo adicionado ao solo.

McCOOL (1969) observou uma estreita correlação positiva entre o fósforo adicionado ao solo e a absorção de magnésio por diferentes espécies de *Eucalyptus*.

Na Tabela 35, são apresentados os teores de magnésio na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de boro, zinco e calagem. Percebe-se que ocorreu aumento na concentração de magnésio quando na ausência de calagem e em presença de 4 ppm de boro se adicionou ao solo 3 e 6 ppm de zinco. Provavelmente o aumento da concentração de magnésio foi ocasionado pelo efeito depressivo das doses de zinco na presença de altas doses de boro, sobre o crescimento das plantas.

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.

Tabela 35 - Concentração de magnésio (%), na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de boro, zinco e calagem.

Zinco (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (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 P x B = 0,05				
		P dentro de Cal. x B = 0,04				
		B dentro de Cal. x P = 0,04				

A Tabela 36 apresenta as concentrações de magnésio na matéria seca das folhas inferiores, ramos e raízes. Observa-se que o teor de magnésio dessas partes da planta aumentou quando se fez calagem.

Tabela 36 - Concentração de magnésio (%), na matéria seca das folhas inferiores, ramos e raízes, em função das doses de calagem.

PARTES DA PLANTA	Sem calagem	Com calagem	D.M.S. Tukey 5%
Folhas superiores	0,14	0,49	0,02
Ramos	0,06	0,25	0,04
Raízes	0,05	0,30	0,02

Na Tabela 37, são apresentados os teores de magnésio na matéria seca do caule, em função das doses de fósforo, boro e calagem. Verifica-se que a calagem aumentou a concentração de magnésio. Observa-se que, na ausência de calagem, a concentração de magnésio aumentou quando, na ausência de fósforo, se adicionou ao solo doses de boro. Na presença de calagem, ocorreu aumento na concentração de magnésio quando se adicionou fósforo, ou ainda, quando se adicionou 4 ppm de boro ao solo na presença de 16 ppm de fósforo.

Tabela 37 - Concentração de magnésio (%), na matéria seca do caule, em função das doses de fósforo, boro e calagem.

Boro (ppm)	Com calagem			Sem calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	0,03	0,04	0,03	0,17	0,21	0,23
2	0,08	0,04	0,03	0,18	0,22	0,19
4	0,09	0,04	0,04	0,18	0,26	0,25
D.M.S. Tukey 5%:		Cal. dentro de P x B = 0,02				
		P dentro de Cal. x B = 0,04				
		B dentro de Cal. x P = 0,04				

5.2.6 - Concentração de Boro

As análises de variância das concentrações de boro na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentadas resumidamente na Tabela 38. Observa-se que houve efeito isolado de boro para todas as partes da planta. Efeito de calagem e fósforo, com interação, ocorreu nas folhas superiores e ramos. Efeito de calagem e boro, com interação, ocorreu nas folhas superiores e raízes. Nas folhas e ramos ocorreu efeito de fósforo e boro, com interação. No caule ocorreu efeito de calagem, fósforo e boro, com interação. Somente as folhas inferiores apresentaram efeito isolado do zinco.

Na Tabela 39, são apresentados os teores de boro na matéria seca das folhas e dos ramos, em função das doses de fósforo e boro.

Ocorreu um aumento no teor deste micronutriente na matéria seca das folhas e dos ramos, quando se adicionou boro ao solo. Percebe-se ainda que, quando se adicionou ao solo 2 e 4 ppm de boro, as folhas apresentaram altos teores desse micronutriente.

EATON (1944) relata que o maior acúmulo de boro ocorre nas folhas, o que pode ser constatado na Tabela 39, se compararmos as concentrações de boro das diversas partes da planta.

Tabela 38 - Resumo da análise de variância das concentrações de boro na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Superiores	Folhas Inferiores	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	1.968,0742	4.722,6836	384,0000**	66,6666	5.890,6668**
P	2	15.624,6845**	6.804,3887*	1.144,2407**	516,5185*	709,0185*
C x P	2	10.532,7949*	4.622,0195	1.045,0556**	526,2222*	163,5000
B	2	635.818,3520**	875.926,3870**	494,1296**	1.226,7963**	5.632,2407**
C x B	2	9.354,1289*	3.611,1309	561,0555**	184,7222	3.360,3888**
P x B	4	7.402,6011*	4.460,9453*	416,8519**	644,5463*	227,1296
C x P x B	4	3.120,6016	3.841,1270	153,4444*	103,5278	129,0556
Zn	2	456,6846	6.326,0547*	4,7963	80,6852	285,4074
C x Zn	2	3.178,0176	2.379,1289	25,7222	26,7222	113,5556
P x Zn	4	1.377,7019	1.440,2773	30,8519	55,2685	214,7963
B x Zn	4	408,9351	2.729,4453	18,3241	129,7130	52,5185
C x P x Zn	4	1.562,0728	1.373,2949	15,2778	89,5278	271,2222
C x B x Zn	4	1.599,4893	1.677,2393	13,0278	97,8611	122,1111
P x B x Zn	8	846,1445	2.516,8755	4,8796	111,4213	66,6158
Resíduo	8	1.221,6736	1.048,7017	21,9167	96,7917	156,9861
Total	53					
C.V.		13,92%	11,37%	15,34%	23,40%	20,08%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 39 - Concentração de boro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas e ramos, em função das doses de fósforo e boro.

Boro (ppm)	Folhas Superiores			Folhas Inferiores			Ramos		
	P (ppm)								
	0	16	32	0	16	32	0	16	32
0	68	49	60	72	47	50	22	21	25
2	267	278	233	292	297	314	40	48	42
4	487	457	460	500	449	497	58	65	67
D.M.S. Tukey 5%	82,30			73,30			23,20		
P dentro de B	57,60			53,40			16,20		
B dentro de P	57,60			53,40			16,20		

Os altos teores de boro apresentados na matéria seca das folhas estão bastante acima dos valores médios encontrados por diversos autores para diferentes espécies de *Eucalyptus*: LAMB(1976), HAGG *et alii* (1976), MALAVOLTA *et alii* (1974), HAAG *et alii* (1978), ROCHA FILHO *et alii* (1978).

As concentrações de boro na matéria seca das folhas, quando se adicionou 2 e 4 ppm desse micronutriente, são concordantes com os teores foliares das plantas que apresentaram sintomas morfológicos de toxidez de boro, em diferentes espécies de *Eucalyptus*, e observados por alguns autores: MALAVOLTA *et alii* (1978) e ROCHA FILHO *et alii* (1979).

Na Tabela 40, são apresentados os teores de boro na matéria seca das folhas superiores e ramos, em função das doses de fósforo e calagem.

Tabela 40 - Concentração de boro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas superiores e ramos, em função das doses de fósforo e calagem.

	Folhas superiores			Ramos		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
Sem calagem	85	71	57	44	32	25
Com calagem	64	74	64	29	38	28
D.M.S. Tukey 5%	16,72			16,90		
P dentro de Cal.	13,05			13,20		
Cal. dentro de P	10,55			10,70		

A calagem diminuiu a concentração de boro na matéria seca das folhas superiores e dos ramos, na ausência da adubação fosfatada. Observa-se que houve, também, uma redução na concentração do boro das folhas superiores e ramos, quando se adicionou 32 ppm de fósforo na ausência de calagem.

É provável que essa redução tenha ocorrido pelo maior crescimento das plantas que receberam a maior dose de fósforo, provocando assim um efeito de diluição do teor de boro das partes ana-

lisadas.

Na Tabela 41, são apresentadas as concentrações de boro na matéria seca das folhas superiores e raízes. A calagem diminuiu a concentração de boro das duas partes analisadas. A adição de boro ao solo aumentou a concentração desse micronutriente na matéria seca das folhas superiores e raízes. O efeito da calagem diminuindo a disponibilidade do boro no solo é citado em MALAVOLTA *et alii* (1974).

Tabela 41 - Concentração de boro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas superiores e raízes, em função das doses de boro e calagem.

	Folhas superiores			Raízes		
	P (ppm)					
	0	2	4	0	2	4
Sem calagem	79	285	454	31	48	88
Com calagem	40	232	415	14	32	69
D.M.S. Tukey 5%:	60,20			21,60		
B dentro de Cal.:	47,20			16,90		
Cal. dentro de B:	38,00			13,60		

Outros autores observaram o efeito do cálcio na redução do teor de boro no tecido de diversas plantas: REEVE e SHIVE (1944), JONES e SCHARSETH (1944), BRENNAN e SHIVE (1948).

Na Tabela 42, são apresentados os teores de boro na matéria seca do caule, em função da calagem, doses de fósforo e de boro. Ocorreu uma diminuição no teor de boro quando se fez calagem na ausência da adubação fosfatada.

Tabela 42 - Concentração de boro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca do caule, em função das doses de fósforo, boro e calagem.

Boro (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	44	39	20	24	21	18
2	55	27	19	24	24	20
4	65	32	20	34	28	20
D.M.S. Tukey 5%:		Cal. dentro de P x B = 8,81				
		P dentro de Cal. x B = 7,72				
		B dentro de Cal. x P = 7,72				

O fósforo também contribuiu para que ocorresse uma diminuição no teor de boro na matéria seca do caule. Assim, na ausência de calagem, a concentração do micronutriente diminuiu quando se adicionou fósforo ao solo.

O efeito da interação fósforo x boro em plantas, tem sido pesquisado por diversos autores: TELLHEM (1969) verificou que o teor de boro em tecido meristemático de alfafa apresentava correlação negativa com o teor de fósforo do mesmo tecido.

BESSE e GOETZ (1965) observaram que o teor de boro em folhas de videira aumentou com a deficiência de nitrogênio + fósforo e de magnésio.

Na Tabela 43, são apresentadas as concentrações de boro na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de zinco.

Tabela 43 - Concentração de boro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de zinco.

PARTE DA PLANTA	Zinco (ppm)		
	0	3	6
Folhas inferiores	266	284	304
D.M.S. Tukey 5% = 30,8			

A dose 6 ppm de zinco aplicada ao solo aumentou a concentração de boro nas folhas inferiores. Esse resultado é concordante com os obtidos por FUEHERING *et alii* (1975), em plantas de milho, e OKHI (1975), em algodoeiro, os quais encontraram interação positiva entre boro e zinco.

Os dados referentes às concentrações de boro na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo, são apresentados na Tabela 44.

Tabela 44 - Concentração de boro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo.

PARTE DA PLANTA	P (ppm)		
	0	16	32
Raízes	53	41	38
D.M.S. Tukey 5% = 11,80			

O fósforo promoveu uma redução no teor de boro na matéria seca das raízes, provavelmente por efeito de diluição.

5.2.7 - Concentração de Cobre

As análises de variância dos dados relativos às concentrações de cobre na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentadas de forma resumida na Tabela 45. Para as folhas superiores ocorreu efeito de calagem e fósforo, com interação, e efeito isolado de zinco. Nas folhas inferiores ocorreu efeito de calagem e fósforo, com interação, e efeito isolado de boro. No caule, efeito de calagem e boro, com interação, além de efeitos isolados de fósforo e de calagem. Nos ramos ocorreu efeito de calagem e boro, com interação, além de efeito isolado do fósforo. Nas raízes ocorreu efeito isolado do fósforo.

Tabela 45 - Resumo da análise de variância dos dados relativos à concentração de cobre na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Superiores	Folhas Inferiores	Caule	Ramos	Raízes
Calagem (C)	1	83,1296**	394,7407**	85,6296**	31,1296	68,9074
P	2	343,0556**	926,7222**	262,5000**	392,6667**	797,0185**
C x P	2	45,6852*	125,7963**	17,7963	64,9630	29,2407
B	2	13,7222	48,5000*	2,1667	42,0000	55,1296
C x B	2	11,9074	9,2407	29,7962*	86,5185*	76,9074
P x B	4	13,1944	18,8889	8,6667	31,3333	29,4352
C x P x B	4	20,8796	17,1296	3,6296	47,8519	67,4907
Zn	2	27,0556*	44,0556	10,6667	39,0556	56,7963
C x Zn	2	20,3518	22,7963	2,7407	31,9074	10,1296
P x Zn	4	3,5278	7,3611	3,3333	6,6389	20,5185
B x Zn	4	20,3611	12,0556	2,6667	11,3056	59,7130
C x P x Zn	4	13,9907	7,2685	5,5741	9,6574	4,1296
C x B x Zn	4	10,3796	2,7963	5,2407	10,5463	32,5463
P x B x Zn	8	12,3750	12,8194	5,8750	9,8056	51,1019
Resíduo	8	5,8102	7,9769	4,3657	19,2963	30,0463
Total	53					
C.V....		17,86%	20,04%	20,00%	24,56%	15,81%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Na Tabela 46, são apresentados os teores de cobre na matéria seca das folhas, em função das doses de fósforo e calagem. Ocorreu uma diminuição no teor de cobre da matéria seca das folhas, quando se fez calagem na ausência de adubação fosfatada e quando se adicionou ao solo 16 ppm de fósforo. Por outro lado, a adubação fosfatada também reduziu a concentração desse micronutriente. O efeito da calagem na diminuição do teor desse nutriente pode ser explicado pelo aumento do pH do solo, diminuindo conseqüentemente a disponibilidade de cobre para as plantas.

Tabela 46 - Concentração de cobre ($\mu\text{g/g}$), 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	21	12	11	24	9	6
Com calagem	16	9	12	13	5	6
D.M.S. Tukey 5%:	4,15			4,87		
P dentro de Cal.:	3,25			3,80		
Cal. dentro de P:	2,62			3,07		

O efeito da adubação fosfatada na redução do teor de cobre, ocorrida na matéria seca das folhas, são concordantes com o relatado por BINGHAN e GARBER (1960) em plântulas de laranjeira.

SHUKLA e GRUPTA (1975), OLSEN *et alii* (1977) relatam que a disponibilidade de cobre do solo diminui pela aplicação de níveis crescentes de adubação fosfatada. VAN LEAR e SMITH (1972) observaram, em plântulas de *Pinus*, que a concentração de cobre das folhas diminuía quando se aplicava ao solo 400 ppm de P mais 100 ppm de N.

Na Tabela 47, são apresentados os teores de cobre na matéria seca do caule e dos ramos, em função da calagem e doses de boro. A calagem promoveu uma redução no teor de cobre no caule na ausência de boro e na dose 2 ppm deste micronutriente. Nos ramos essa redução, provocada pela calagem, ocorreu apenas na ausência de boro. Por outro lado, o boro aplicado ao solo na dose de 4 ppm, na presença de calagem, provocou um aumento na concentração de cobre na matéria seca, tanto do caule como dos ramos.

Tabela 47 - Concentração de cobre ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca do caule e ramos, em função das doses de boro e calagem.

	Caule			Ramos		
	Boro (ppm)					
	0	2	4	0	2	4
Sem calagem	11	10	9	13	8	11
Com calagem	6	7	9	6	9	12
D.M.S. Tukey 5%:		3,60			7,57	
B dentro de Cal.:		2,81			5,80	
Cal. dentro de B:		2,27			4,77	

A Tabela 48 apresenta as concentrações de cobre na matéria seca do caule, ramos e raízes, em função das doses de fósforo. Houve uma redução no teor de cobre quando se fez adubação fosfatada. Provavelmente pode ter ocorrido efeito de diluição no teor desse micronutriente nas partes analisadas da planta.

Tabela 48 - Concentração de cobre ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca do caule, ramos e raízes, em função das doses de fósforo.

PARTES DA PLANTA	P (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	16	32	
Caule	13	8	5	1,99
Ramos	15	8	6	4,18
Raízes	29	18	17	5,22

Na Tabela 49, são apresentados os teores de cobre na matéria seca das folhas, em função das doses de zinco. Ocorreu um aumento na concentração de cobre, tanto nas folhas superiores como nas inferiores quando se adicionou 6 ppm de zinco ao solo. Este aumento ocorrido no teor de cobre, induzido pela adição de zinco, não é concordante com os dados relatados na literatura. MILLIKAN (1953) relata que observou, em alfafa e trevo, um efeito antagônico Zn-Cu. Assim, plantas deficientes em zinco apresentaram aumento na concentração de cobre. GILBEY *et alii* (1970) observaram que, quando o zin

co era aplicado ao solo em quantidades maiores que a recomendada, plantas de cevada e trigo apresentaram deficiência de cobre.

Tabela 49 - Concentração de cobre ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas, em função das doses de zinco.

PARTES DA PLANTA	Zinco (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	3	6	
Folhas superiores	12	13	15	2,30
Folhas inferiores	9	10	12	2,69

A Tabela 50 apresenta as concentrações de cobre na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de boro. A adição de boro provocou uma redução no teor de cobre da matéria seca das folhas inferiores. GOPAL (1970) observou, em plantas de amendoim, que elevadas concentrações de boro aplicadas ao solo reduzia a concentração de cobre nas folhas das plantas. Segundo o mesmo autor, o tipo de antagonismo, pelo qual a toxidez de boro atua sobre o cobre, estaria ligado à atuação do primeiro micronutriente no sistema cupro-enzimático.

Tabela 50 - Concentração de cobre ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de boro.

PARTE DA PLANTA	Boro (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	2	4	
Folhas inferiores	11	8	8	2,69

5.2.8 - Concentração de Ferro

As análises de variância dos dados relativos à concentração de ferro na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentadas, resumidamente, na Tabela 51. Observa-se que nas folhas superiores ocorreu efeito de calagem e fósforo, com interação, e efeito isolado do boro. As folhas inferiores apresentaram efeito de calagem e fósforo, com interação, e calagem e boro, com interação. Os ramos apresentaram efeito de calagem e fósforo, com interação, e fósforo e boro, com interação. As raízes apresentaram somente efeito isolado do fósforo.

Na Tabela 52, são apresentados os teores de ferro na matéria seca das folhas e ramos, em função de calagem e doses de fósforo.

Tabela 51 - Resumo da análise de variância dos dados relativos à concentração de ferro na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Superiores	Folhas Inferiores	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	280,1665	46,2959	4.629,6294	37.815,5740	53.455,3750
P	2	98,0183	3.093,3516*	3.847,2406	41.724,7961*	1.117.623,2500**
C x P	2	4.202,3887*	8.827,2402**	127,9075	39.037,9071*	80.237,0000
B	2	3.887,4626*	1.425,3511	2.648,9074	24.753,6848	85.894,5625
C x B	2	2.359,7217	2.862,7064*	167,3518	25.770,9073	80.592,3125
P x B	4	1.125,6296	572,4074	154,9073	33.085,1853*	39.453,8750
C x P x B	4	1.265,1111	801,5740	1.236,7963	23.812,7403	117.856,9060
Zn	2	180,3516	428,1289	1.237,3517	7.869,1295	78.506,7500
C x Zn	2	1.584,7222	1.163,0181	2.930,0186	3.952,0183	147.428,8750
P x Zn	4	642,6852	587,4353	1.186,0185	10.266,5462	374.510,6250
B x Zn	4	829,3796	978,5188	1.560,8519	10.118,0186	53.521,7812
C x P x Zn	4	464,6108	1.110,0464	2.305,9630	5.805,2683	47.634,3125
C x B x Zn	4	1.156,5278	905,5183	413,9074	7.880,8516	48.885,1250
P x B x Zn	8	1.067,7131	2.149,5742	805,5603	10.078,9769	66.722,4688
Resíduo	8	778,3337	618,8800	1.676,3934	7.894,2275	105.811,6710
Total	53					
C.V.		20,56%	15,83%	30,37%	5,66%	18,68%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F, significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

Tabela 52 - Concentração de ferro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas e ramos, em função das doses de fósforo e calagem.

	Folhas Superiores			Folhas Inferiores			Ramos		
	P (ppm)								
	0	16	32	0	16	32	0	16	32
Sem calagem	186	148	139	190	161	130	89	58	54
Com calagem	146	110	100	150	121	102	49	53	50
D.M.S. Tukey 5%:	48,10			42,90			53,00		
P dentro de Cal.:	37,60			33,50			39,62		
Cal.dentro de P:	30,30			27,03			32,50		

A calagem diminuiu a concentração de ferro nas folhas. Para os ramos, esse efeito somente ocorreu na ausência de adubação fosfatada. A aplicação de fósforo também reduziu o teor de ferro nas folhas. O efeito antagônico P-Fe, tem sido verificado por alguns autores para diferentes culturas. BROWN e TIFFIN (1960) observaram, em soja, efeito antagônico fósforo e ferro, em que o aumento da concentração de fósforo do solo diminuía a disponibilidade deste micronutriente. ESTES e BEVETSH (1973) estudaram os aspectos fisiológicos da nutrição mineral de Fe e P em duas variedades de milho e concluíram que existe um efeito antagônico entre os mesmos: altas concentrações de fósforo implica em baixa absorção de ferro.

Na Tabela 53, são apresentados os teores de ferro na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de boro e calagem.

Tabela 53 - Concentração de ferro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de boro e calagem.

	Boro (ppm)		
	0	2	4
Sem calagem	179	144	130
Com calagem	150	110	102
O.M.S. Tukey 5%: 42,90			
B dentro de Cal.: 33,50			
Cal. dentro de B: 27,03			

A concentração de ferro diminuiu quando se fez calagem ou adicionou-se boro ao solo. Esse resultado concorda com o obtido por MUÑOZ-LOBO e MARCOS DE LANUZA (1971), os quais observaram que a adição de 5 ppm de boro diminuiu o nível de ferro em plântulas de *Pinus radiata*. GOPAL e RAO (1969) observaram uma redução no teor de ferro em folhas de amendoim, devido à aplicação de 10 ppm de ácido bórico.

Na Tabela 54, são apresentadas as concentrações de ferro na matéria seca dos ramos, em função das doses de fósforo e boro.

Tabela 54 - Concentração de ferro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca dos ramos, em função das doses de fósforo e boro.

Boro (ppm)	P (ppm)		
	0	16	32
0	81	68	50
2	65	52	48
4	65	50	60
D.M.S. Tukey 5% :		20,60	
P dentro de B:		12,40	
B dentro de P:		12,40	

Ocorreu redução no teor de ferro quando se fez adubação fosfatada. O boro também reduziu o teor de ferro dos ramos na ausência da adubação fosfatada, ou quando se adicionou 16 ppm deste macronutriente ao solo.

A Tabela 55 apresenta os teores de ferro da matéria seca das folhas superiores, em função das doses de boro.

O boro reduziu a concentração de ferro, resultado es se concordante com os obtidos em plântulas de *Pinus* por MUÑOZ-COBO e MARCOS DE LANUZA (1971).

Tabela 55 - Concentração de ferro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de boro.

PARTE DA PLANTA	Boro (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	2	4	
Folhas superiores	159	130	125	26,60

Na Tabela 56, são apresentadas as concentrações de ferro na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo. Ocorreu redução no teor de ferro, provocada pela adubação fosfatada. O efeito de interação P e Fe já foi comentado anteriormente. Pode-se perceber ainda que o teor de ferro da matéria seca das raízes é bastante alto, porém concorda com os teores encontrados por ROCHA FILHO *et alii* (1978) e HAAG *et alii* (1976), em diferentes espécies de *Eucalyptus*.

Tabela 56 - Concentração de ferro ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das raízes, em função das doses de fósforo.

PARTE DA PLANTA	P (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	16	32	
Raízes	2.020	1.664	1.541	309,70

5.2.9 - Concentração de Manganês

As análises de variância dos dados relativos à concentração de manganês na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentados de forma resumida na Tabela 57. Em todas as partes analisadas ocorreu efeito de calagem fósforo, com interação. As folhas superiores, além disso apresentaram efeito de fósforo e boro, com interação. Os ramos apresentaram efeito de calagem, fósforo e boro, com interação.

Na Tabela 58, estão apresentadas as concentrações de manganês na matéria seca das folhas, caule e raízes, em função das doses de fósforo e calagem.

Ocorreu uma redução na concentração de manganês, em todas as partes analisadas, provocada pelo emprego da calagem. Quando se adicionou doses de fósforo na ausência de calagem ocorreu uma diminuição no teor de manganês nas diversas partes da planta. WALLACE (1979) observou, em *Phaseolus vulgaris* L., um efeito antagônico manganês e fósforo em plantas cultivadas em solo e em solução nutritiva. No entanto, outros autores observaram efeitos diferentes. LINOSAY e STEPHESON (1959) demonstraram que a adição de fosfato de cálcio ao solo provoca uma liberação do manganês fixado, tornando-o disponível às plantas. BINGHAM e GARBER (1960) verificaram que a aplicação de monoamônio fosfato (MAP) era mais eficiente para a absorção de manganês por plântulas de laranjeiras que a aplicação do

Tabela 57 - Resumo da análise de variância dos dados relativos à concentração de manganês na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Superiores	Folhas Inferiores	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	2.941.400,1500**	4.499.158,6900**	1.077.525,6200**	1.878.987,5700**	93.500,1668**
P	2	282.431,1270**	268.967,1830**	129.210,4980**	349.537,9980**	7.522,6852*
C x P	2	272.235,7200**	189.350,2890**	131.607,0190**	364.061,6310**	4.955,1665*
B	2	24.065,6816*	47.449,1289	9.537,3877	84.672,0537*	765,2407
C x B	2	12.953,3847	9.555,2305	7.678,5752	78.126,7959*	767,0556
P x B	4	21.398,6572*	20.879,4345	4.847,6389	63.523,0561*	685,6296
C x P x B	4	16.790,3564	12.445,7685	4.505,2107	69.842,3491*	736,7221
Zn	2	5.986,7910	27.960,3476	1.474,3877	13.918,7207	47,5740
C x Zn	2	3.500,7246	13.581,3515	1.097,5742	15.534,1289	28,5000
P x Zn	4	5.787,5186	30.008,7402	2.229,4727	12.970,7226	438,7963
B x Zn	4	12.048,7421	24.710,7685	4.659,8618	25.245,4448	258,9352
C x P x Zn	4	5.808,4385	32.139,4590	917,0435	13.754,6826	107,1667
C x B x Zn	4	19.140,1074	25.207,9853	4.759,1001	25.075,6831	516,9720
P x B x Zn	8	6.873,6314	8.909,2852	2.223,4863	17.757,6115	524,2825
Resíduo	8	5.041,5093	11.123,1523	2.362,4524	14.907,4948	896,9307
Total	53					
C.V.		18,09%	18,45%	19,78%	16,60%	20,40%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

fosfato monocálcico ou fosfato de potássio. RANDAL *et alii* (1975) observaram que a deficiência de manganês em cultura de soja pode ser minimizada com aplicações localizadas de MAP.

Tabela 58 - Concentração de manganês ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas, caule e raízes, em função das doses de fósforo e calagem.

PARTES DA PLANTA	Sem calagem Com calagem						D.M.S. Tukey 5%	Cal. d. P	P d. Cal.
	P (ppm)								
	0	16	32	0	16	32			
Folhas super.	838	450	376	91	88	86	122,40	77,15	95,62
Folhas infer.	918	539	520	104	85	57	114,60	114,60	142,00
Caule	492	263	159	20	25	20	83,80	52,80	65,50
Raízes	152	116	78	35	34	27	51,60	32,50	40,30

Na Tabela 59, pode-se observar o teor de manganês na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de fósforo e de boro. Ocorreu redução no teor de manganês da matéria seca das folhas superiores quando se fez adubação fosfatada. Por outro lado, na ausência de adubação fosfatada ocorreu, também, redução no teor de manganês quando se adicionou boro ao solo.

A Tabela 60 apresenta as concentrações de manganês na matéria seca dos ramos, em função da calagem e doses de fósforo e boro. A calagem reduziu o teor de manganês. Na ausência de calagem

gem, também ocorreu redução do teor de manganês quando se adicionou boro ao solo na ausência de adubação fosfatada.

Tabela 59 - Concentração de manganês ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas superiores, em função das doses de fósforo e boro.

Boro (ppm)	P (ppm)		
	0	16	32
0	579	270	230
2	401	233	227
4	414	230	236
D.M.S. Tukey 5%:		167,25	
P dentro de B:		117,11	
B dentro de P:		117,11	

Tabela 60 - Concentração de manganês ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca dos ramos, em função das doses de fósforo, boro e da calagem.

Boro (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	1.153	329	183	23	32	43
2	475	249	185	31	27	30
4	534	322	190	25	29	24
D.M.S. Tukey 5%:		Cal. dentro de P x B = 76,06				
		P dentro de Cal. x B = 201,37				
		B dentro de Cal. x P = 201,37				

5.2.10 - Concentração de Zinco

As análises de variância dos dados relativos à concentração de zinco na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes, são apresentadas resumidamente na Tabela 61.

Nas folhas superiores ocorreram efeitos de calagem, fósforo e zinco, com interação, efeito de boro e zinco, com interação. Nas folhas inferiores ocorreram efeitos isolados de fósforo, além de efeito de calagem e zinco, com interação. O caule apresentou efeito de calagem e fósforo, fósforo e zinco, além de boro e zinco, com interação. Os ramos apresentaram efeitos de calagem, fósforo e boro, com interação, e calagem, boro e zinco, com interação. As raízes apresentaram efeito isolado do fósforo e efeito de calagem e zinco, com interação.

Na Tabela 62, são apresentadas as concentrações de zinco na matéria seca das folhas superiores, em função de calagem e doses de fósforo e zinco. A calagem provocou uma redução no teor de zinco das folhas superiores, exceção feita aos tratamentos que não receberam zinco aplicado ao solo.

A adição de fósforo provocou uma redução do teor de zinco nas plantas, na ausência de calagem e quando se aplicou este micronutriente ao solo. Por outro lado, ocorreu um aumento no teor de zinco, nas folhas superiores, quando este micronutriente foi aplicado ao solo na ausência de calagem. Ocorreu uma redução no teor

Tabela 61 - Resumo de análise de variância dos dados relativos à concentração de zinco na matéria seca das folhas, caule, ramos e raízes.

Causa da Variação	G.L.	Q.M.				
		Folhas Superiores	Folhas Inferiores	Caule	Ramos	Raízes
Calagem(C)	1	4.968,9629**	18.150,0000**	21.680,0074**	16.120,1666**	503.440,6660**
P	2	2.048,1296**	2.903,1296**	1.571,7222**	3.181,5555**	12.199,0537
C x P	2	706,0186**	357,0555	625,4629**	1.544,0000**	4.890,0166
B	2	687,7963**	1.202,2963	776,0000**	390,3889**	28.641,7207
C x B	2	82,5741	157,9998	290,7407	335,7222*	15.833,3877
P x B	4	254,0185	269,1852	262,7222	539,6111**	14.402,6118
C x P x B	4	51,2963	117,3886	71,2963	777,3889**	18.417,8877
Zn	2	7.346,2407**	17.967,7963**	10.514,3888**	5.330,3889**	338.726,7200**
C x Zn	2	2.392,3518**	7.231,0553**	5.492,2407**	2.001,1667**	30.653,3867
P x Zn	4	526,5463**	465,6018	380,4444*	23,2778	21.416,1123
B x Zn	4	408,1296*	654,8518	497,3890*	795,6111**	7.519,2788
C x P x Zn	4	290,3241*	140,1944	137,6296	12,6667	16.464,7202
C x B x Zn	4	189,9630	216,2222	230,0741	273,7222*	10.374,4433
P x B x Zn	8	207,3519	270,1158	153,7361	130,2917	6.898,1665
Resíduo	8	73,3519	320,3195	72,0047	56,6806	10.789,5310
Total	53	19,93%	21,57%	18,93%	20,81%	26,76%

(* e **) = quadrados médios correspondentes a valores do teste F significativos a 5% e 1% de probabilidade, respectivamente.

desse micronutriente nas folhas, quando se aplicou fósforo na presença de calagem e 6 ppm de zinco.

Tabela 62 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas superiores, em função de calagem e das doses de fósforo e zinco.

Zinco (ppm)	Sem calagem			Com calagem			
	P (ppm)						
	0	16	32	0	16	32	
0	29	19	22	29	23	26	
3	65	40	37	34	29	29	
6	119	88	53	55	35	40	
D.M.S. Tukey 5%:		Cal. dentro de P x B = 5,37					
		P dentro de Cal. x B = 14,13					
		B dentro de Cal. x P = 14,13					

A redução que se verificou no teor de zinco nas folhas superiores, induzida pela calagem, concorda com os resultados obtidos em diversas culturas por SEATZ *et alii* (1959), LANGIN *et alii* (1962), PAULI *et alii* (1968). Enquanto que, a redução do teor de zinco da matéria seca das folhas superiores, ocasionada pela adubação fosfatada, é concordante com os resultados observados por diversos autores em diferentes culturas: BOAWN e LEGGETT (1964), ELLIS *et alii* (1964), HALIM *et alii* (1968), SHARMA *et alii* (1968).

Na Tabela 63, são apresentados os teores de zinco na matéria seca das folhas superiores e caule, em função das doses de boro e zinco.

Tabela 63 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas superiores e caule, em função das doses de boro e zinco.

Zinco (ppm)	Folhas superiores			Caule		
	Boro (ppm)					
	0	2	4	0	2	4
0	28	22	25	16	10	13
3	43	38	42	26	29	32
6	60	55	82	54	48	79
D.M.S. Tukey 5%:	20,17			19,90		
B dentro de Zn:	14,13			14,00		
Zn dentro de B:	14,13			14,00		

A adição de zinco provocou um aumento na concentração deste micronutriente nas partes analisadas da planta. A adição de 4 ppm de boro, na presença de 6 ppm de zinco, provocou um aumento na concentração deste último nutriente, tanto na matéria seca das folhas superiores como na do caule.

Na Tabela 64, são apresentados os teores de zinco na matéria seca das folhas superiores e caule, em função de calagem e doses de zinco.

Tabela 65 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das folhas inferiores, em função das doses de fósforo.

PARTE DA PLANTA	P (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	16	32	
Folhas inferiores	64	45	36	17,04

Ocorreu uma redução na concentração de zinco das folhas inferiores, provocada pela adubação fosfatada. Provavelmente, pode ter ocorrido um efeito depressivo na absorção do zinco pelo fósforo aplicado ao solo, e/ou um efeito de diluição devido ao maior crescimento das plantas.

A Tabela 66 apresenta as concentrações de zinco na matéria seca do caule, em função de calagem e das doses de fósforo. Houve redução do teor desse micronutriente, provocada pela calagem. Na ausência de calagem ocorreu redução do teor de zinco da matéria seca do caule quando se adicionou ao solo adubação fosfatada.

A Tabela 67 apresenta os teores de zinco na matéria seca do caule, em função das doses de fósforo e zinco.

Ocorreu redução do teor de zinco quando se adicionou fósforo ao solo, na presença de doses máximas de zinco. A adição de sulfato de zinco proporcionou aumento na concentração deste elemento nos tecidos das plantas.

Tabela 66 - Concentrações de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca do caule, em função de calagem e das doses de fósforo.

	P (ppm)		
	0	16	32
Sem calagem	71	49	42
Com calagem	18	12	12
D.M.S. Tukey 5%: 14,60			
Cal. dentro de P: 9,20			
P dentro de Cal.: 11,40			

Tabela 67 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca do caule, em função das doses de fósforo e zinco.

Zinco (ppm)	P (ppm)		
	0	16	32
0	17	12	10
3	36	27	25
6	81	53	46
D.M.S. Tukey 5%: 19,90			
P dentro de Zn: 14,00			
Zn dentro de P: 14,00			

Na Tabela 68, são apresentadas as concentrações de zinco na matéria seca dos ramos, em função de calagem e doses de fósforo e boro.

Tabela 68 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca dos ramos, em função de calagem e das doses de fósforo e boro.

Boro (ppm)	Sem calagem			Com calagem		
	P (ppm)					
	0	16	32	0	16	32
0	72	32	34	17	15	15
2	86	41	36	20	18	15
4	96	55	44	33	20	16

Cal. dentro de P x B = 4,72
D.M.S. Tukey 5%: P dentro de Cal. x B = 12,41
B dentro de Cal. x P = 12,41

A calagem reduziu o teor de zinco dos ramos. Na ausência de calagem ocorreu uma redução no teor de zinco, ocasionada pela adição de fósforo. Ainda na ausência de calagem, ocorreu aumento na concentração de zinco dos ramos, quando se adicionou boro ao solo na ausência de fósforo, ou quando se adicionou dose máxima de boro na presença de 16 ppm de fósforo.

Na Tabela 69, pode-se observar o efeito de calagem, boro e zinco sobre a concentração de zinco na matéria seca dos ramos. Na ausência de calagem, e quando não se adicionou zinco ao solo, o boro promoveu uma redução no teor de zinco. Quando se adicionou dose máxima de zinco ao solo, a aplicação de boro promoveu um aumento no teor do nutriente metálico na matéria seca dos ramos. Na

presença de calagem, ocorreu aumento da concentração de zinco quando se adicionou doses máximas de um dos micronutrientes na presença de dose máxima do outro.

Tabela 69 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca dos ramos, em função de calagem e das doses de boro e zinco.

Zinco (ppm)	Sem calagem			Com calagem			
	P (ppm)						
	0	2	4	0	2	4	
0	47	18	18	12	13	13	
3	60	48	49	17	17	20	
6	73	88	109	19	24	35	
D.M.S. Tukey 5%:		Cal. dentro de P x B = 4,72					
		P dentro de Cal. x B = 12,41					
		B dentro de Cal. x P = 12,41					

A Tabela 70 apresenta a concentração de zinco na matéria seca das raízes, em função da calagem. A calagem promoveu uma redução no teor de zinco da matéria seca das raízes.

Provavelmente ocorreu um efeito no solo entre o fósforo e zinco, e/ou efeito de diluição, provocado por um maior crescimento das raízes; que ocasionaria uma diluição deste micronutriente naquela parte da planta.

Tabela 70 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das raízes, em função de calagem.

PARTE DA PLANTA	Sem Calagem	Com Calagem	D.M.S. Tukey 5%
Raízes	346	153	65,20

Na Tabela 71 percebe-se que adição de zinco ao solo promoveu um aumento na concentração deste micronutriente na matéria seca das raízes.

Tabela 71 - Concentração de zinco ($\mu\text{g/g}$), na matéria seca das raízes, em função das doses desse elemento.

PARTE DA PLANTA	Zinco (ppm)			D.M.S. Tukey 5%
	0	3	6	
Raízes	103	262	385	98,9

6. CONCLUSÕES

Pelos resultados obtidos, pode-se chegar às seguintes conclusões:

1 - A calagem e a adubação fosfatada (16 ppm e 32 ppm de P) provocam aumento no crescimento em altura e na produção de matéria seca das plantas.

2 - A adição de 2 ppm e 4 ppm de boro ao solo provoca efeitos de interação com calagem, fósforo e zinco, ocasionando tanto aumento como diminuição na altura das plantas.

3 - A adição de 3 ppm e 6 ppm de zinco ao solo interage com boro e fósforo adicionado, e diminui o crescimento em altura da planta.

4 - Fertilizações com fósforo, com boro ou com zinco, e a calagem, aumentam as concentrações de P, B, Zn, Ca e Mg, respectivamente, nos tecidos das plantas.

5 - As doses de 2 ppm e 4 ppm de boro, adicionados ao solo, provocam acúmulo desse nutriente nos tecidos das plantas, em níveis considerados tóxicos.

6 - A calagem diminui as concentrações de Zn, Mn, Fe e Cu nos tecidos das plantas.

7 - As adubações fosfatadas com boro ou com zinco alteram as concentrações dos nutrientes minerais dos tecidos das plantas.

7. SUMMARY

Effects of three levels of P, B, Zn and two levels of lime on an Orthox soil (Cerrado) upon the chemical composition and growth rate of *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden).

Three levels of phosphorus (0.0, 16.0 and 32.0 ppm), boron (0.0, 2.0 and 4.0 ppm), zinc (0.0 and 6.0 gr.CaCO₃ + 2.5 gr. MgCO₃) were applied to 8.0 kg of an Orthox soil, originated from a "Cerrado" area from Itirapina (SP), Brazil.

A factorial experiment, consisting of 3³ x 2 with two replications were conducted in a green-house at Piracicaba (SP), Brazil.

Phosphorus and liming had a significant effect on growth and dry matter production by *Eucalyptus*. The boron level (2.0

ppm and 4.0 ppm) interacted with lime, phosphorus and zinc application. The addition of 3.0 ppm and 6.0 ppm of zinc to the soil interacted negatively with boron and phosphorus on the growth of the plants. The application of phosphorus, boron, zinc and lime increased the concentration of these elements in the plant tissue. The application of 2.0 ppm and 4.0 ppm of boron to the soil were toxic for the *Eucalyptus* plants. The application of lime decreased the concentration of zinc, manganese, iron and copper in the plant tissue.

8. LITERATURA CITADA

ASHTON, D.H., 1976. Phosphorus in forest ecosystems at Beenak, Victoria. Journal of Ecology 64(1): 171-186.

AVAKYAN, N.O; S.K. MIRAKYAN e V.S. SHARYAN, 1974. "Effect of microfertilizer in the accumulation of nutrients and quality of potato tubers. Izv. Sel Skokhoz Nauk., 1973, 16(3): 91-94". Apud: Boron in Agriculture, n^o 106, p. 14.

BALLONI, E.A., s/ data. Deficiência de boro em povoamentos florestais implantados. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF). Piracicaba, SP. 14 p. Mimeografados.

BARA TEMES, S., 1970. Study of E. globulus I. Mineral constituents of the leaves in relation to their position on the tree, soil constituents and (tree) age. Comun. Inst. Fr. Invest. Exp., Madrid, n^o 67, 46 p.

- BARRET, R.L.; D.T. CARTER e B.R.T. SEWARD, 1975. Eucalyptus grandis in Rhodesia. The Rhodesia Bull. Forestry Resarch nº 6, 27-29.
- BEADLE, N.C.W., 1954. Soil phosphate and the delimitation of plants communities in eastern Australia. II. Ecology 35: 370-375.
- BESSE, D. e B. GOETZ, 1965. "Análisis químico y histológico de hojas de Vitis vivifera cultivadas en suelos de diferente contenido en nutrientes". Wein-Wiss. Fachz. Dtsch. Weinban. 1963, 18, p. 533-548". Apud: Boron in Agriculture, nº 69, p. 9.
- BHIMAYA, C.P. e R.N. KAUL, 1966. Levels of macro and micro elements in Eucalyptus camaldulensis Dehn. (E. Rostrata Schlecht) Nature: 212: 319-320.
- BINGHAM, F.T. e M.J. GARBER, 1960. Solubility and availability of micronutrients in relation to phosphorus fertilization. Proc. Soil Sci. Am., 24: 209-213.
- BOAWN, L.C. e G.E. LEGGETT, 1964. Phosphorus and zinc concentrations in russet burbank potato tissues in relation to development of zinc deficiency symptom. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 28: 229-232.
- BRANDI, R.M.; J.F. CANDIDO, J.M. BRAGA e N.F. BARROS, 1977a. Efeito da adubação NPK no desenvolvimento inicial de mudas de Eucalyptus citriodora Hook. Rev. Ceres 24(134): 405-412.
- BRANDI, R.M.; J.F. CANDIDO, N.F. BARROS e L.M. de OLIVEIRA, 1977b. Efeito da adubação NPK no endurecimento de mudas de Eucalyptus citriodora Hook, para estabelecimento no campo sob condições de umidade no solo. Rev. Ceres 24(136): 608-617.

- BRASIL SOBRINHO, M.O.C.; F.A.F. de MELLO; N. RODRIGUES e H.A. MELLO, 1961. Competição entre diferentes tipos de localização de fertilizantes no plantio de E. saligna Smith. Conf. Mundial do Eucalipto 2. S. Paulo, vol. 2, p. 919-923.
- BRASIL, U.M. e J.W. SIMÕES, 1973. Determinação da dosagem de fertilizante mineral para a formação de mudas de Eucalipto. IPEF, Piracicaba, (6): 79-85.
- BRENNAN, E.G. e J.W. SHIVE, 1948. Effect of Calcium and boron nutrition of the tomato on the relation between these elements in the tissue. Soil Sci. 66: 66-75.
- BROWN, J.C. e L.O. TIFFIN, 1960. Iron chlorosis in soybeans as related to the genotype of rootstalk: 2. A relationship between susceptibility of chlorosis and capacity to absorb iron from iron chelate. Soil Sci., 89: 8-15.
- CATANI, R.A. e A.O. JACINTHO, 1974. Avaliação da Fertilidade do Solo. Métodos de Análise. São Paulo, Livroceres, 61 p.
- CARVALHO, C.M., s/data. Nota prévia sobre alguns problemas na fertilização de Eucalyptus saligna Smith. (Deficiência de B, Zn e Cu). (No prelo) IPEF, Piracicaba, SP.
- CONROY, E. e J.G.D. LAMBE, 1962. A phosphorus-magnesium interaction in tomato nutrition. Nature, London, 194: 500.
- COOLING, A.N. e B.E. JONES, 1970. The importance of boron and NPK fertilizers to Eucalyptus in the Southern Province, Zambia. E.Af. Agric. For. 36: 185-194.

- CORDEIRO, O.A.; L.F. BATISTA; M.N. GURGEL e V.C. BITTENCOURT, 1977. Study on K - liming relation in soils cultivated with sugarcane by means of labelling techniques. Trabalho apresentado no XVI Congresso da ISSCT. São Paulo.
- EATON, F.M., 1974. Deficiency, toxicity and accumulation of boron in plants. J. of Agric. Res. 69(6): 239-276.
- ELLIS Jr., R.; J.F. DAVIS e D.L. THURLOW, 1964. Zinc availability in calcareous Michigan soils as influenced by phosphorus level and temperature. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 28: 83-86.
- ESTES, G.D. e T.F. BRVESTH, 1973. Physiological aspects of Fe-P nutrition in two varieties of maize. I. Uptake and accumulation characteristics under green-house and field conditions. Soil Sci. Soc. Proc., 37: 243-246.
- FERRI, M.G., 1955. Problemas de reflorestamento da caatinga e do cerrado. Ciência e Cultura 7(1): 12-14.
- FREIRE, F.M., 1978. Produção de matéria seca, nodulação e absorção de nutrientes pela soja [Glicine max (L.) Merril] em função de níveis de fósforo e zinco em solos de Minas Gerais. Piracicaba, ESALQ/USP, 74 p. (Dissertação de Mestrado).
- GILBEY, O.J.; K.O. GREATHEAD e J.W. GARTRELL, 1970. Copper requirements for southeastern wheatbelt. J. Agr. West Aust. 11: 70-72.
- GONZALEZ ESPARCIA, E. e J.J. GARCIA NUÑO, 1964. Some aspect of N nutrition in Eucalipt seedling. Ann. Inst. For. Invest. Exp., Madrid, 36(9): 81-101.

- GOPAL, N.H. e I.M. RAO, 1969. "Effect of boron toxicity on some leaves constituents in groundnut Arachis hypogea, Linnol Plants". Andra Agric. J., 1968, 15(1): 21-24. Apud: Boron in Agriculture, nº 87, p. 13.
- GOPAL, N.H., 1970. Antagonistic action of boron one cooper in groundnut plant. Current Science, Bangalore, India, 39(2): 44-45.
- GUIMARÃES, R.F., F. PIMENTEL GOMES e E. MALAVOLTA, 1959. Adubação em torrão paulista de Eucalyptus saligna Sm. Companhia Paulista de Estrada de Ferro, Serviço Florestal, Jundiaí, Boletim nº 12, 12 p.
- GURGEL FILHO, O.A., 1963. Silvicultura no cerrado. In: Simpósio sobre o cerrado, São Paulo, 1962. Ed. da Univ. de São Paulo, p. 383-408.
- HAAG, H.P.; M.O.C. BRASIL SOBRINHO; W.R. ACCORSI; E. MALAVOLTA e S. ARZOLLA, 1961. Efeitos da adubação nitrogenada fosfatada e potássica sobre o "stand" de eucalipto. Conferência Mundial do Eucalipto 2, S. Paulo, vol. 2, p. 933-8.
- HAAG, H.P.; J.R. SARRUGE; G.O. de OLIVEIRA; F. POGGIANI e C.A. FERREIRA, 1976. Análise foliar em cinco espécies de Eucaliptos. IPEF, Piracicaba, 13: 99-116.
- HAAG, H.P.; J.W. SIMÕES; G.O. de OLIVEIRA; J.R. SARRUGE e F. POGGIANI, 1977. Distúrbios nutricionais em Eucalyptus citriodora. IPEF, Piracicaba, 14: 59-68.

- HAAG, H.P.; J.V. de C. ROCHA FILHO e G.D. de OLIVEIRA, 1978. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de Eucalyptus e Pinus. II - Contribuição das espécies de nutrientes na manta. Rev. "O Solo", Piracicaba, LXX(2): 28-31.
- HALIM, A.H.; C.E. WASSON e R. ELLIS Jr., 1968. Zinc deficiency symptoms and zinc phosphorus interactions in several strains of corn (Zea mays L.). Agron. J. 60: 267-271.
- HANS, A.S., 1972. Wood quality of Eucalyptus grandis (Hill) maiden in a fertilizer trial at Siamambo. E. Afr. Agric. For. J. 38: 157-161.
- JONES, H.E. e G.D. SCARSETH, 1944. The calcium boron balance in plants as related to boron needs. Soil Sci. 57: 15-24.
- KARSCHON, R., 1956. Tentative key of leaf symptoms in Eucalyptus gomphocephala A.DC. F.A.O. Working Party on Eucalyptus. 3rd. Session. Madrid.
- KAUL, O.N.; P.B. SRIVASTAVA e N.K.S. BORA, 1966. Nutrition studies on Eucalyptus. I. Diagnosis of mineral deficiencies in Eucalyptus hybrid seedlings. Indian For. 92(4): 264-268.
- KAUL, O.N.; P.B. SRIVASTAVA e H.M. MATHUR, 1966. Nutrition studies on Eucalyptus. II. NPK requirements of Eucalyptus hybrid seedlings. Indian For. 92(12): 772-778.
- KNUDSON, O.; H. CORREIA e H.E. YAHNER, 1967. Adubação de Eucalyptus saligna Sm. em solos de cerrado de Minas Gerais. In: Reunião Brasileira de Cerrados, 2. Sete Lagoas, Anais. Sete Lagoas, Instituto Brasileiro de Pesquisa e Experimentação Agropecuária do Centro Oeste, p. 101-125.

- LAMB, D., 1976. Variations in the foliar concentrations of macro and micro elements in a fast-growing tropical Eucalypt. Plant and Soil 45: 477-492.
- LAMB, D., 1977. Relationship between growth and foliar nutrient concentration in Eucalyptus deglupta. Plant and Soil 47: 495-508.
- LANGIN, E.J.; R.C. WARD; R.A. OLSON e H.F. RHOADES, 1962. Factors responsible for poor response of corn and grain sorghum to phosphorus fertilization. II - Lime and P placent effects on P-Zn relations. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 26: 574-577.
- LAUN, C.R.P., 1975. Efeitos da aplicação de zinco e boro em solos sob vegetação de cerrado. Piracicaba, ESALQ/USP, 120 p. (Dissertação de Mestrado).
- LINDSAY, W.L. e H.F. STEPHENSON, 1959. Nature of the reactions monocalcium phosphate monohydrate in soils: II. Dissolution and precipitation reactions involving Iron, Aluminium, Manganese and Calcium. Proc. Soil Sci. Soc. Am. 23: 18-22.
- MALAVOLTA, E.; P.E. TRANI; M.F. ATHAYOE; N.R. BRAGA; S.S. NOGUEIRA e S.A. MORAES, 1978. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécie cultivada do gênero Eucalyptus. Rev. da Agricultura, Piracicaba, LIII(4): 243-247.
- MALAVOLTA, E.; M.O.C. BRASIL SOBRINHO; F.A.F. MELLO e H.P. HAAG, 1974. Nutrição mineral e adubação das plantas cultivadas. Cap. VIII. Ed. Pioneira, p. 455-481.

- MARCOS DE LANUZA, J. e M.T.M. MUÑOZ-COBO, 1974. Hipronic nutrition with major elements. II. Calcium in Eucalyptus globulus. Annales del Instituto Nacional de Investigaciones Agrarias, Recursos Naturales, Madrid, 1: 129-178.
- McCOOL, J.G. e F.R. HUMPHREYS, 1967. Relationships between some nutritional factors and the distributions of Eucalyptus gummifera and Eucalyptus 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; H.P. HAAG; M.O.C. BRASIL SOBR^o; W.R. ACCORSI, E. MALAVOLTA e S. ARZOLA, 1961. Efeitos da adubação nitrogenada, fosfatada e potássica sobre o "stand" de eucalipto. Conferência Mundial do Eucalipto 2, São Paulo, vol. 2, p. 933-938.
- MELLO, H.A., 1968. Aspectos do emprego de fertilizantes minerais no reflorestamento de solos de cerrado do Estado de São Paulo, com Eucalyptus saligna Sm. Piracicaba, ESALQ/USP, 176 p. Tese.
- MELLO, H.A.; J.W. SIMÕES; J. MARCARENHAS SOBR^o e H.T.Z. do COUTO, 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.
- MILLIKAN, C.R., 1953. Relative effects of zinc and copper deficiencies on lucerne and subterranean clover. Aust. J. Biol. Sci. 6: 164-177.
- MULDER, E.F., 1950. Mineral nutrition of plants. Annual Review of Plant Physiology. California, 1: 1-24.

- MULLETE, K.J.; N.J. HANNON e A.G.L. ELLIOT, 1974. Insoluble phosphorus usage by Eucalyptus. Plant and Soil 41(1): 199-205.
- MUÑOZ-COBO, M.T.M. e J. MARCOS DE LANUZA, 1970. Nutricion de Eucalyptus globulus en seus primeros estados de desarrollo. An.Edafol. Agrobiol. 29(5/6): 401-411.
- MUÑOZ-COBO, M.T.M. e J. MARCOS DE LANUZA, 1971. Nutrition of Pinus radiata seedlings under boron toxic conditions. An.Edafol. Agrobiol., 29(5/6): 391-399.
- OHKI, K., 1975. Mn and B effects on micronutrients and P in cotton. Agron. J. 67: 204-207.
- OLSEN, S.R., 1972. Micronutrient interactions. In: MORTVEDT, J.J.; P.M. GIORDANO e W.L. LINDSAY, Coord. Micronutrients in Agriculture, Madison, Soil Sci. Soc. Amer., p. 243-264.
- OLSEN, S.R.; R.A. BONMAN e F.S. WATANABE, 1977. Behavior of phosphorus in the soil and interactions with other nutrients. Phosphorus in Agriculture 70: 31-46.
- PAULI, A.W.; R. ELLIS Jr. e H.C. MOSER, 1968. Zinc uptake and translocation as influenced by phosphorus and calcium carbonate. Agron. J. 60: 394-396.
- PAULSEN, G.M. e J.E. HARDER, 1968. Evidence for a role of calcium in nitrate assimilation in wheat seedlings. Plant Physiol. 43: 775-780.

- PIMENTEL GOMES, F., 1976. Curso de Estatística Experimental. 6a. edição, Piracicaba, Livraria Nobel S/A, 430 p.
- PIRES, C.L.S., 1962. Ensaio de adubação em mudas de E. citriodora Hook, acondicionadas em "Torrões Paulista". Silvicultura em São Paulo, 1(2): 107-115.
- RANDALL, G.W.; E.E. SCHULTE e R.B. COREY, 1975. Soil Mn availability to soybeans as affected by mono and diammonium phosphathe. Agron. J. 67: 705-709.
- RANZANI, G., 1962. Solos do cerrado. In: Simpósio sobre o cerrado, São Paulo. Universidade de São Paulo, 1963, p. 51-92.
- RANZANI, G., 1971. Solos do cerrado do Brasil. In: Simpósio sobre o cerrado 3, São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da UPS, p. 26-43.
- REEVE, E. e J.W. SHIVE, 1944. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. Soil Sci. 57: 1-15.
- ROCHA FILHO, J.V. de C.; H.P. HAAG; G.D. de OLIVEIRA e R.A. PITTELI, 1978. Ciclagem de nutrientes em florestas implantadas de Eucalyptus. I. Distribuição no solo e na manta. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". (No prelo).
- ROCHA FILHO, J.V. de C.; H.P. HAAG e G.D. de OLIVEIRA, 1978. Deficiências de macronutrientes boro e ferro em Eucalyptus urophylla. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". (No prelo).
- ROCHA FILHO, J.V. de C.; H.P. HAAG; G.D. de OLIVEIRA e J.R. SARRUGE, 1979. Influência do boro no crescimento e na composição química do Eucalyptus grandis. Anais da E.S.A. "Luiz de Queiroz". (No prelo).

- SARKAR, A.K. e H. SINHA, 1975. Zinc-Phosphorus interactions between soil and plant. Indian J. Agric. Chem. 8(1-2): 149-156.
- SARRUGE, J.R. e H.P. HAAG, 1974. Análises químicas em plantas. Piracicaba, ESALQ/USP, 55 p.
- SAVORY, B.M., 1962. Boron deficiency in Eucalyptus in Northern Rhodesia. Empire For. Review 41: 118-126.
- SEATZ, L.F.; A.J. SETERGES e J.C. KRAMER, 1959. Crops response to zinc fertilization as influenced by lime and phosphorus applications. Agron. J. 51: 457-459.
- SETZER, J., 1956. Possibilidades de recuperação do campo cerrado. Rev. Bras. Geogr. 18(4): 471-493.
- SHARMA, K.C.; B.A. KRANTZ e A.L. BROWN, 1968. Interaction of P and Zn on two dwarf wheats. Agron. J. 60: 329-330.
- SHEAR, C.B. e M. FAUST, 1970. Calcium transport in apple trees. Plant Physiol. 45: 670-674.
- SHEAR, C.B. e M. FAUST, 1973. "Value of various tissues analysis in determining the Ca status of the apple tree and fruit". C.A. 1972, 77 Abs. nº 163527. Apud: Boron in Agriculture, nº 103, p. 8.
- SHUKLA, U.C. e L.C. GRUPTA, 1975. Phosphorus-Copper interaction in soil. Indian J. Agric. Chem. 8(1-2): 1-6.
- SIMÕES, J.W.; H.A. MELLO e D. BARBIN, 1967. Efeitos da aplicação de fertilizantes minerais na formação de mudas de Pinus elliotti En-

- gelman em substratos de solo de cerrado. In: Reunião Brasileira de Cerrados, 2. Sete Lagoas, Anais. p. 127-135.
- SIMÕES, J.W.; N.B. LEITE; O.K. TANAKA e S. ODA, 1974. Fertilização parcelada na produção de mudas de Eucalipto. IPEF, Piracicaba, 8: 99-109.
- TELLHELM, E., 1969. Nutrient requirements on contents of alfafa in different development phases. Albrecht - Thaer - Arch., 1968, 12(9): 821-828. Apud: Boron in Agriculture, nº 87, p. 14.
- THIBAU, C.E., 1977. Austrália e Brasil: Energia fotossintética. Silvicultura 5: 48-56.
- TOKESHI, H.; R.F. GUIMARÃES e M. TOMAZELLO FILHO, 1976. Deficiência de boro em Eucalyptus em São Paulo. Summa Phytopathologica, vol. 2: 122-126.
- VAN LEAR, D.H. e W.H. SMITH, 1972. Relationships between macro and micronutrient nutrition of Slash Pine on three Coastal Plain Soils. Plant and Soil 36: 331-347.
- VERDADE, F.C., 1971. Agricultura e silvicultura no cerrado. In: Simposio sobre o cerrado, 3. São Paulo, 1971. São Paulo, Edgard Blucher, Ed. da Universidade de São Paulo, p. 65-76.
- WALLACE, A., 1979. Excess trace metal effects on calcium distribution in plants. In: C.B. SHEAR Editor. International Symposium on Calcium Nutrition of Economics Crops. Commun. In Soil Science and Plant Analysis 10(1 e 2): 473-79.

WILL, G.M., 1961. Some changes in the growth habit of Eucalyptus seedlings caused by nutrient deficiencies. Emp. For. Rev. 40(4): 301-307.