

ROSE MYRIAN ALVES FERREIRA

CRESCIMENTO DE **Eucalyptus citriodora** CULTIVADO EM  
DOIS LATOSSOLOS SOB INFLUÊNCIA DE NÍVEIS  
DE BORO E UMIDADE

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura de Lavras, como parte das exigências do Curso de Pós-Graduação em Agronomia, área de concentração Solos e Nutrição de Plantas, para obtenção do grau de "MESTRE".

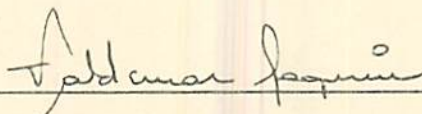
ESCOLA SUPERIOR DE AGRICULTURA DE LAVRAS  
LAVRAS - MINAS GERAIS

1992



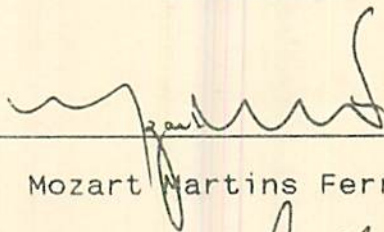
CRESCIMENTO DE *Eucalyptus citriodora*  
CULTIVADO EM DOIS LATOSSOLOS SOB  
INFLUÊNCIA DE NÍVEIS DE BORO E UMIDADE

APROVADA: 10 de dezembro de 1992



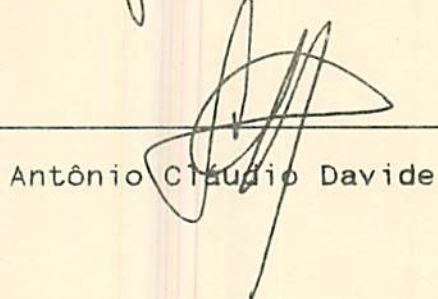
---

Valdemar Faquin  
Orientador



---

Mozart Martins Ferreira



---

Antônio Cláudio Davide

Aos meus pais

SEBASTIÃO parte deste trabalho e

DIVA (in memoriam) minha força.

Ao meu esposo, VICTOR

Às minhas filhas, CLARISSA e IARA

DEDICO

## AGRADECIMENTOS

A Deus que, de uma maneira tortuosa, me conduziu a mais uma etapa de aprimoramento da minha existência.

Ao IBAMA - Instituto Brasileiro do Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis, pela oportunidade concedida à realização deste curso.

À ESAL - Escola Superior de Agricultura de Lavras por ter proporcionado condições à realização deste curso.

Ao Professor e colega Valdemar Faquin pela amizade, apoio, ensinamentos, orientação e inesgotável força durante todo o curso.

Aos Professores Mozart Martins Ferreira e Antônio Cláudio Davide, pela colaboração, sugestões apresentadas, apoio e equilíbrio sempre que solicitados e ao Professor Marco Aurélio C. Ribeiro pelas sugestões apresentadas.

Ao Professor Nairan Felix de Barros pela valiosa sugestão deste trabalho.

À PLANTAR S.A., através do funcionário Antonio Lisbôa

Santos Teixeira, pelo apoio na coleta dos solos utilizados neste trabalho.

Aos Professores e funcionários do DCS por toda atenção dispensada, e ao Carlinhos, Delane, Elaise, Jairo, João, Pezão, Evaristo, com os quais sempre pude contar com a colaboração durante a execução deste trabalho.

Aos colegas e amigos, Lúcia, Tânia, Carlos, Anísio, Orivaldo e Fábio por tudo que fizemos e vivemos juntos durante o curso.

Ao amigo e "irmão" Rogério pela ajuda imensurável e ao Moacir com os quais este trabalho pôde se tornar realidade.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

## SUMÁRIO

	Página
1. INTRODUÇÃO .....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA .....	4
2.1. Boro no solo .....	4
2.1.1. Fontes de boro .....	4
2.1.2. Teores, distribuição e nível crítico de B .....	5
2.2. Fatores que afetam a disponibilidade de Boro no solo .....	7
2.2.1. pH do solo .....	8
2.2.2. Matéria orgânica .....	9
2.2.3. Compostos de Fe e Al .....	10
2.2.4. Textura .....	13
2.2.5. Umidade do solo .....	14
2.2.6. Interações de boro com cálcio .....	16
2.3. O boro na planta .....	17

2.4. Respostas do eucalipto à aplicação de boro e níveis críticos na planta .....	20
3. MATERIAL E MÉTODOS .....	24
3.1. Solos e espécie vegetal .....	24
3.2. Análises físicas e químicas dos solos .....	25
3.3. Delineamento experimental e tratamentos .....	27
3.4. Instalação e condução do experimento .....	27
3.5. Determinações e parâmetros avaliados na planta ...	30
3.6. Análise estatística e determinações dos níveis críticos .....	31
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	33
4.1. Análises químicas e físicas dos materiais de solos utilizados .....	33
4.2. Parâmetros de crescimento .....	36
4.3. Boro no solo - níveis críticos .....	46
4.4. Boro na planta .....	53
4.4.1. Teor, acumulação e níveis críticos de B na planta .....	53
4.4.2. Relação cálcio e boro .....	68
4.4.3. Sintomas de deficiência e toxidez de boro .	73
5. CONCLUSÕES .....	76
6. RESUMO .....	78
7. SUMMARY .....	81
8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	84
APÊNDICE .....	102

## LISTA DE QUADROS

Quadro		Página
1	Fontes e doses de micronutrientes aplicados aos solos .....	28
2	Caracterização química e física da camada de 0-20 cm de materiais do LE e LV utilizados no experimento .....	34
3	Características do LE e LV (0-20 cm) após incubação com adubação básica e com as doses de B (média de 8 repetições) .....	35
4	Altura das plantas de <i>E. citriodora</i> na época da colheita, cultivada em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 a -0,10 atm) .....	43
5	Equações para os teores de boro em planta de <i>E. citriodora</i> ( $y = \text{ppm}$ ), em função das doses de boro aplicadas ( $x = \text{mg B/dm}^3$ de solo), em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) .....	57

## Quadro

## Página

6	Equações para acumulação em boro pela planta de <i>E. citriodora</i> ( $y = \mu\text{g B/planta}$ ), em função das doses de boro aplicadas ( $x = \text{mg B/dm}^3$ de solo), em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) .....	58
7	Faixa crítica foliar de boro (ppm), correspondente a 90-95% da produção máxima de matéria seca, em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) ...	61
8	Equações de regressão para a relação Ca/B ( $y$ ) nas folhas medianas de <i>E. citriodora</i> , em função das doses de B aplicadas ( $x = \text{mg/dm}^3$ de solo), cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (0,33 e -0,10 atm) .....	71

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curvas características da umidade do Latossolo Vermelho Escuro (LE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LV) .....	26
2	Efeito das doses de B na produção de matéria seca total do <i>Eucalyptus citriodora</i> de dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) .....	38
3	Efeito das doses de B na produção de matéria seca da parte aérea do <i>Eucalyptus citriodora</i> de dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) .....	39
4	Efeito das doses de B na produção de matéria seca pela raiz do <i>Eucalyptus citriodora</i> de dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) .....	40
5	Crescimento médio do <i>Eucalyptus citriodora</i> para cada dose de boro, em vários estágios do seu desenvolvimento, cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) .....	44

Figura		Página
6	Efeito das doses de B na concentração do elemento em dois Latossolos (LE e LV) .....	47
7	Faixa crítica de boro no solo do LE (90 a 95% da produção máxima) .....	51
8	Faixa crítica de boro no solo do LV (90 a 95% da produção máxima) .....	52
9	Efeito das doses de B no teor do micronutriente na matéria seca das folhas nova, mediana, velha, dos ramos e das raízes de <i>E. citriodora</i> , cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidades (-0,33 e -0,10 atm). DMS (Tukey 5%) .....	55
10	Efeito das doses de B no acúmulo em boro pela matéria seca das folhas nova, mediana, velha, dos ramos e das raízes de <i>E. citriodora</i> , cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidades (-0,33 e -0,10 atm). DMS (Tukey 5%) .....	56
11	Efeito das doses de B na relação Ca/B das folhas medianas do <i>E. citriodora</i> , cultivado em dois Latossolos (LE e LV) sob dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) .....	70

## 1. INTRODUÇÃO

A crescente necessidade de matéria-prima para produção de energia (lenha e carvão), celulose, fibras e outros derivados da madeira, levou o setor industrial a encontrar no gênero *Eucalyptus* espécies de grande potencial produtivo, capacidade de adaptação à maioria das condições edafo-climáticas existentes no país e diversidade de aplicação de seus produtos.

Para o aumento da produtividade das florestas plantadas, o setor florestal/industrial visualizou a importância de se implementar a pesquisa florestal. Além da contribuição econômica, este aumento de produtividade tende a diminuir a proporção de nativa/exótica consumida pelas indústrias, reduzindo assim o desmatamento e a utilização de madeiras nativas de cerrado. Isto faz com que haja maior preservação deste ecossistema tão importante para a fauna, flora e o homem.

O setor florestal teve um grande impulso através dos incentivos fiscais, concedidos a partir de 1966, principalmente com essências exóticas de rápido crescimento, como é o caso do *Eucalyptus*. As regiões prioritárias do governo para concessão desses incentivos consistiam, geralmente, de áreas cuja vegetação

original era o cerrado, que apresenta características próprias de nutrição deficiente, sendo suportada normalmente por solos de baixa fertilidade, apresentando condições físicas e topográficas favoráveis e caracterizada por um período de seca prolongado. São comuns também nesta região, os chamados "veranicos" que se caracterizam por um período de duas ou mais semanas sem chuva durante o período chuvoso.

A fertilização mineral destes solos como técnica para o aumento de produtividade, tornou-se uma necessidade constante. A adubação florestal no Brasil, em particular nos povoamentos de eucalipto, estava de modo geral, restrita às aplicações de quantidades variáveis de NPK, normalmente na relação 10-28-6, completado ou não por B e Zn. Este tipo de adubação vinha sendo adotado independente da espécie, características do solo e condições climáticas, refletindo a falta de critérios bem estabelecidos para recomendação da adubação no setor (BARROS et alii, 1982).

O uso intensivo de solos de baixa fertilidade, associado à alta exportação de nutrientes pela cultura do eucalipto, faz com que os sintomas de deficiências nutricionais tornem-se mais evidentes e suas manifestações precoces. O boro e o zinco são os micronutrientes para os quais, sintomas de deficiência têm sido mais observados (MALAVOLTA, 1980; NOVELINO et alii, 1982 e NOVAIS et alii, 1990), visto os baixos níveis de B disponíveis encontrados na maioria dos solos brasileiros (BRASIL SOBRINHO & FREIRE, 1980). A deficiência de boro vem sendo freqüentemente associada às secas

prolongadas, mostrando influência da disponibilidade de água, entre outros fatores, na liberação do elemento para as plantas e/ou sua absorção, tendo como consequência a seca e morte dos ponteiros das árvores.

As respostas à aplicação de boro têm sido conflitantes na maioria das espécies havendo necessidade de maiores investigações.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar em Latossolo Vermelho Escuro e Latossolo Vermelho Amarelo, o efeito da aplicação de doses de boro no crescimento de *Eucalyptus citriodora*, submetido a níveis de umidade correspondente as tensões  $-0,33$  e  $-0,10$  atm e determinar o nível crítico do micronutriente no solo e na planta.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Boro no solo

#### 2.1.1. Fontes de boro

Segundo MARCONI et alii (1980), embora o B participe da estrutura de relativamente um grande número de minerais, poucos apresentam alguma importância, seja pelo teor nas rochas ou pelo valor econômico. O mineral mais significativo como fonte de boro no solo é a turmalina (3 a 4% de B), no entanto, ele é muito resistente ao intemperismo (MALAVOLTA, 1980; BRASIL SOBRINHO & FREIRE, 1980 e MENGEL & KIRKBY, 1982), não sendo, portanto, uma fonte prontamente disponível do nutriente para as plantas.

Nas rochas ígneas o teor de boro é baixo e se apresenta sempre bem distribuído. As rochas mais ácidas têm uma concentração de boro um pouco maior, sendo normalmente encontrado na forma de turmalina (CAMARGO, 1988). Segundo este autor, a geoquímica do boro é muito influenciada pelo processo de sedimentação, enquanto seu teor varia de 5 a 10 ppm nas rochas ígneas, nas sedimentares varia de 3 a mais de 300 ppm. Nos sedimentos de bauxita e

caulinita os teores de B são baixos, enquanto que nos argilitos estes teores são altos, resultantes principalmente da reorganização dos silicatos em estruturas típicas de minerais de argila. MARCONI et alii (1980) citam que as rochas metamórficas mais ricas em B, são os xistos e gnaisses de turmalina. Solos formados a partir de sedimentos marinhos contêm normalmente mais B que os solos formados de rochas ígneas (GOLDSCHIMIDT, 1958; NORRISH, 1975 e RESENDE, 1982).

A turmalina, mesmo representando em torno de 95% da reserva deste elemento em solos de regiões úmidas, não é a principal fonte deste micronutriente para as plantas, devido à sua alta resistência ao intemperismo. Embora os folhelhos e sedimentos que contêm B, se decompõem mais rapidamente é a matéria orgânica, através da mineralização, a fonte mais importante de boro para as plantas (MALAVOLTA, 1980).

### 2.1.2. Teores, distribuição e nível crítico de B

O conteúdo de B total na maioria dos solos varia de 20-200 ppm (Berger & Pratt citado por GUPTA, 1979). Trabalhando com solos do Canadá, GUPTA (1968) encontrou que o B total varia de 45-124 ppm e B solúvel em água quente, de 0,35-4,67 ppm, indicando que apenas uma pequena fração do B total ocorre na forma disponível; CAMARGO (1988) também citou que o B ocorre na litosfera em valores que variam em torno de 50 ppm, já no solo seus valores são baixos.

Nos solos brasileiros, conforme MALAVOLTA (1980), os teores de B situam-se, em geral, dentro das seguintes faixas: disponível (B disponível em água quente) de 0,06 a 0,50 ppm e total de 30-60 ppm. MALAVOLTA (1986), cita que os teores de B encontrados nos solos brasileiros em forma disponível, estão entre 0,1 a 3,0 ppm, sendo que a faixa tida como adequada varia entre 0,5 a 1,0 ppm, sem no entanto, citar o extrator.

O B disponível pode ocorrer no solo na forma inorgânica ou associado à matéria orgânica. As formas inorgânicas provêm da intemperização dos minerais de B e dos que o contém devido às substituições isomórficas do silício. Os microrganismos e as plantas utilizam-se deste boro, transformando-o, temporariamente, na forma orgânica, até que se processe sua mineralização (MARCONI et alii, 1980).

No perfil do solo o B apresenta uma nítida tendência de acumular-se nos horizontes superficiais e reduzir-se em função da profundidade, correlacionando positivamente com o teor de matéria orgânica (HODGSON, 1963 e BRASIL, SOBRINHO & FREIRE, 1980).

Reisenauer, citado por CASAGRANDE (1978) estabeleceu as seguintes classes de disponibilidade de B no solo: (a) teores de B solúvel em água quente compreendido entre 0,1 a 0,7 ppm, são considerados insuficientes para o desenvolvimento normal das plantas; (b) solos com 0,7 a 1,0 ppm de B solúvel permitem o desenvolvimento normal das plantas; (c) solos com 1,0-5,0 ppm de B solúvel são considerados potencialmente tóxicos às plantas.

O nível crítico de um nutriente no solo tem sido definido como o teor mínimo disponível capaz de possibilitar 90-100% do máximo crescimento vegetal. Apesar da existência de estudos sobre nutrição de boro em eucalipto, nenhuma referência foi encontrada a respeito do nível crítico deste nutriente no solo. Este nível foi encontrado apenas de maneira generalizada ou para outras culturas. COX & KAMPRATH (1972) mencionaram faixas críticas, para diversas culturas, de 0,1 a 0,7 ppm de B disponível em água quente (B d.a.q.). O nível crítico no solo para a cultura de trigo, encontrado por CARTWRIGHT et alii (1983) para 18 solos distintos, foi de 0,7 ppm de B d.a.q.

MITCHELL (1965) citou que o nível de deficiência em B d.a.q., é próximo de 0,5 ppm. Este nível também é mencionado por BRADFORD (1966), para várias culturas e vários solos. LOPES & CARVALHO (1988) adotaram como uma primeira aproximação, uma possível faixa crítica generalizada de B no solo de 0,4 a 0,6 ppm (d.a.q.).

## 2.2. Fatores que afetam a disponibilidade de Boro no solo

A disponibilidade de um nutriente no solo, refere-se ao teor do mesmo que está em forma passível de ser absorvida pelas raízes e metabolizado pelas plantas. Diversos são os fatores que afetam a disponibilidade de B no solo e são discutidos a seguir:

### 2.2.1. pH do solo

O pH do solo é um dos fatores importantes que afetam a disponibilidade de B no solo, no entanto, este fator foi tido por vários autores, como praticamente o único a influenciar na disponibilidade de B para as plantas, tornando-o menos disponível com o aumento dos valores de pH (COOK & MILLAR, 1939; GUPTA, 1972; GUPTA & CUTCLIFFE, 1972 e BARTLETT & PICARELLI, 1973).

Estudos realizados por OKAZAKI & CHAO (1968) mostraram uma correlação positiva entre adsorção de B no solo e pH; já BINGHAN et alii (1971) e PAVAN & CORRÊA (1988) só obtiveram esta correlação para solos com pH superior a 6,5, sendo que com a reacidificação do meio o B é novamente solubilizado, indicando uma reação química rápida e reversível. PAVAN & CORRÊA (1988) justificaram que a menor adsorção de B a  $\text{pH} < 6,5$  seria, provavelmente, devido ao menor número de sítios de adsorção e pela maior proporção de ácido bórico molecular  $[\text{B}(\text{OH})_3]$  em relação ao íon borato  $[\text{B}(\text{OH})_4^-]$  nesta faixa de pH. Do ponto de vista prático, o autor sugere que a calagem realizada em solos ácidos, para elevar o pH a 6,0-6,5, pode causar deficiência de B apenas nos solos onde os teores iniciais deste nutriente estão próximos às concentrações limitantes à nutrição da planta. BRASIL SOBRINHO (1965) não verificou correlação significativa e positiva entre esses dois parâmetros, obtendo teores mais altos de B d.a.q., em solos com pH mais elevado do que naqueles de pH mais baixo. Estes trabalhos evidenciam que a presença de outros fatores, além do pH do solo,

podem estar influenciando a disponibilidade de B no solo.

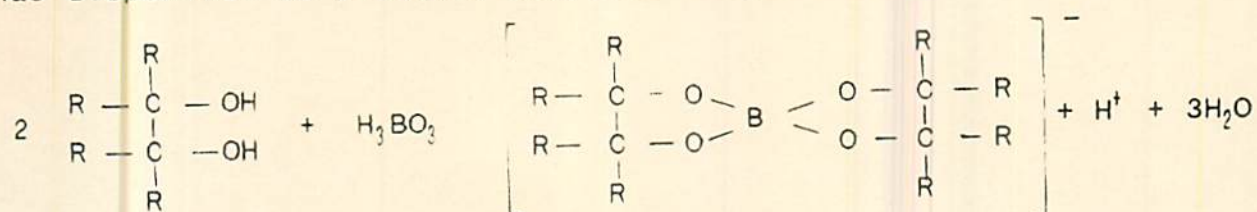
O pH do solo pode ter também outro efeito indireto na disponibilidade de B, afetando a atividade microbológica do solo. Segundo SIQUEIRA & FRANCO (1988) o pH afeta a mineralização de compostos orgânicos, sendo que a taxa máxima ocorre em pH aproximadamente neutro. Lembrando que a matéria orgânica é a principal fonte de B nos solos das regiões tropicais, este processo deve ter uma importância relevante na sua disponibilidade, embora PARKS & WHITE (1952) postulem que um estímulo na atividade microbiana pode aumentar a formação do grupo diol e tornar o B não disponível às plantas, pelo menos temporariamente.

### 2.2.2. Matéria orgânica

Como mencionado, a matéria orgânica através da mineralização, é a principal fonte de B no solo (OKAZAKI & CHAO, 1968 e MALAVOLTA, 1980) embora, Zyrin & Zborishchuk, citado por BUZETTI (1988), não observaram correlações consistentes entre B total e B solúvel com o conteúdo de matéria orgânica do solo. Vários autores têm encontrado correlações positivas entre o boro solúvel em água quente e o teor de matéria orgânica no solo (BRASIL SOBRINHO, 1965; MILJKOVIC et alii, 1966; GUPTA, 1968; MARTENS, 1968; HOROWITZ & DANTAS, 1973; CASAGRANDE, 1978 e BALLONI, 1979, PAVAN & CORREA, 1988 e outros), o que justifica os maiores teores de boro nos horizontes superficiais. O teor crítico de matéria

orgânica para o fornecimento de boro, em solos com altos teores de cálcio, segundo BERGER & TRUOG (1940) parece estar em torno de 2%.

O boro na matéria orgânica é intensamente liberado na forma disponível, através da ação de microrganismos (BERGER & PRATT, 1963). Entretanto, como já mencionado, (PARKS & WHITHE, 1952), um aumento da atividade de microrganismos pode levar a matéria orgânica do solo a concorrer com a fixação de boro, pela formação de compostos organoborados, tornando-o temporariamente não disponível às plantas, conforme reação abaixo:



RIBEIRO (1974) em alguns latossolos do Estado de Minas Gerais mencionaram que o teor de B d.a.q. não se correlacionou com o teor de matéria orgânica do solo. O autor menciona como provável explicação para este resultado, o distrofismo dos solos estudados restringindo assim, a atividade microbiana que promoveria a formação do grupo diol responsável pela retenção de boro pelo solo.

### 2.2.3. Compostos de Fe e Al

Os óxidos\* de Fe e Al têm papel relevante na retenção de B no solo. Este papel é intensificado em decorrência da dominância

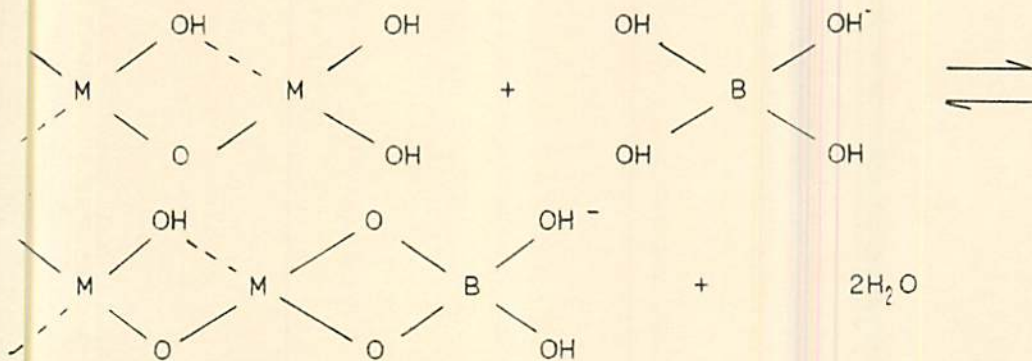
\* Termo inclusivo para óxidos, oxihidróxidos e hidróxidos.

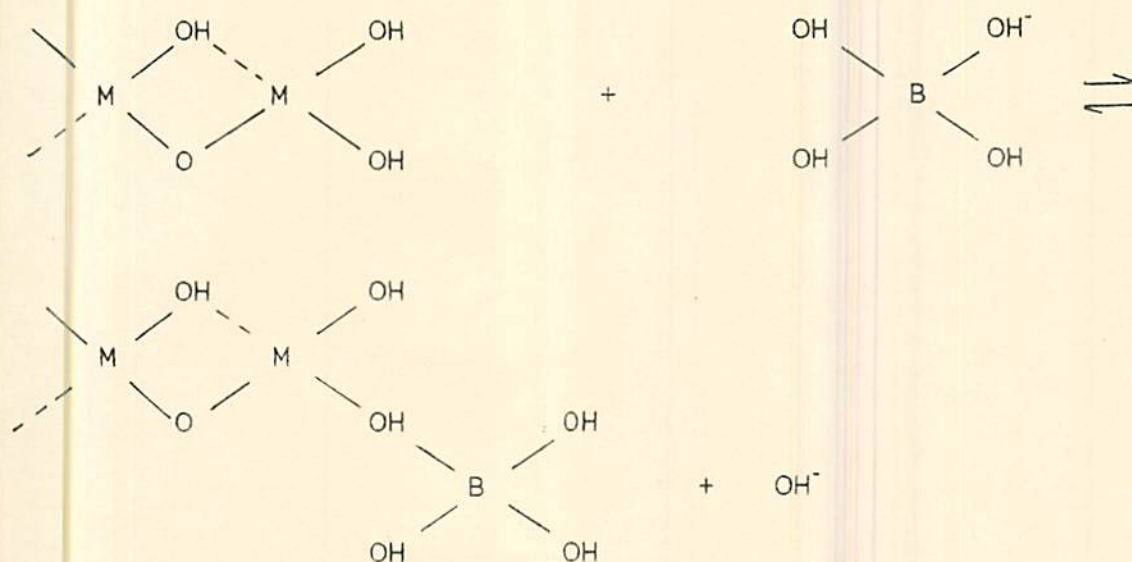
destes compostos, como constituintes da fração coloidal inorgânica, na maioria dos solos tropicais. Apesar desta importância, tais mecanismos de reação não são bem conhecidos. Segundo HINGSTON (1964), é possível que estes se devam à troca de ânions, adsorção de moléculas de ácido bórico e às pontes de hidrogênio

Eaton & Wilcox, citados por ELLIS & KNEZEC (1972), sugeriram três possíveis mecanismos para a reação de B com os solos (a) troca de ânions; (b) precipitação química e, (c) adsorção molecular. RHOADES et alii (1970) relataram que os principais sítios de adsorção de B são: (1) hidróxidos de Fe e Al recobrando ou associados com argilo-minerais; (2) óxidos de Fe e Al, e (3) argilo-minerais, particularmente os do tipo micáceo. Entre os óxidos de Fe e Al, MALCOLM et alii (1972) observaram que, os de Al retêm mais boro por unidade de massa.

SIMS & BINGHAM (1968) sugeriram a retenção de B mediante dois possíveis mecanismos:

#### 1. Eliminação de água e formação do complexo borato-diol



2. Troca de íons borato  $[B(OH)_4]^-$  por íons hidroxila

onde M pode ser  $\text{Al}^{3+}$  ou  $\text{Fe}^{3+}$ .

De acordo com HATCHER et alii (1967), o  $\text{Al}(\text{OH})_3$  adsorve quantidades relativamente grandes de B, sendo que o aumento da quantidade adsorvida, em solos ácidos que receberam calagem, foi altamente relacionada com a quantidade de alumínio trocável que se precipitou nesta forma. Esses autores concluíram que o  $\text{Al}(\text{OH})_3$ , bem como outros compostos semelhantes, são os principais constituintes do solo que causam a retenção do boro. O composto  $\text{Al}(\text{OH})_3$  recém-precipitado, adsorve grandes quantidades de B, embora este processo decresça acentuadamente com o tempo, tornando-se constante ao redor de 7 dias. A diminuição da retenção de boro com envelhecimento destes compostos, foi confirmada por SIMS & BINGHAM (1968).

#### 2.2.4. Textura

OLSON & BERGER (1946) relataram que o teor de B d.a.q. é maior nas frações argila que no silte e este maior que na areia. BIGGAR & FIREMAN (1960) verificaram que a retenção de B pelo solo, aumenta dos solos de textura grosseira para os de textura mais fina, sendo que, além da capacidade de retenção, os solos também variam quanto à energia de retenção, afetando portanto, a habilidade do solo em liberar B, bem como, a manutenção de um suprimento adequado desse nutriente na solução do solo. GUPTA (1968) também observou que o teor de B total e solúvel em água quente, foi menor em solos de textura grosseira e maior em solos de textura fina, sugerindo que as partículas de argila adsorvem o B. Entretanto, o mesmo não acontece com a areia, ficando o nutriente susceptível à lixiviação. O autor observou ainda, que a recuperação de B adicionado por meio de extração em água quente, foi menor nos solos argilosos do que nos de textura grosseira. KUBOTA et alii (1948) comentaram, que os baixos teores de B em solos arenosos, podem estar associados às altas taxas de lixiviação do elemento.

O relato acima, demonstra que os solos argilosos requerem maiores doses de B para uma mesma disponibilidade do nutriente, quando comparado com solos de textura mais grosseira, embora, segundo BRASIL SOBRINHO (1965), os solos argilosos apresentem uma maior capacidade de suprimento do elemento quando comparado com solos arenosos.

### 2.2.5. Umidade do solo

O B tem como principal forma de transporte no solo até a superfície das raízes o fluxo de massa (GUPTA, 1979), que por sua vez é diretamente proporcional ao fluxo de água no solo, sendo, portanto, extremamente afetado pelas condições de umidade do solo (REICHARDT, 1985).

Estudos realizados por Klude, citado por GUPTA (1979), indicaram que a deficiência de boro nas plantas durante períodos secos, não pode estar somente associada aos níveis de B solúvel em água quente no solo. O autor menciona que a redução da umidade do solo, em associação com a diminuição do fluxo de massa e taxa de difusão, bem como do fluxo transpiratório, que é limitado nas plantas durante os períodos mais secos, podem ser os fatores responsáveis pela deficiência de boro, mesmo que haja teores adequados deste nutriente no solo.

Mello et alii, citado por BALLONI (1979), admitiram que secas prolongadas concorrem para reduzir o teor de B disponível do solo, devido à diminuição da atividade microbiana, responsável pela mineralização da matéria orgânica. Corroborando com esta idéia, TISDALE et alii (1985) relataram que a deficiência temporária de boro, durante períodos de seca, é muito comum e se deve em grande parte ao fato de B estar na matéria orgânica, e sob estas condições a sua mineralização é bastante lenta. Comentam, ainda, que como o B apresenta uma tendência de acumular-se nos horizontes superficiais, as raízes ali presentes, que representam a grande

parte do total, tornam-se menos ativas sob condições de seca, conferindo uma menor absorção do nutriente pela planta. Por outro lado, solos arenosos submetidos às altas precipitações, a lixiviação pode remover o B disponível para além da zona radicular (KUBOTA et alii, 1948).

HAAG (1983) relataram que a deficiência de B em eucalipto, surge com uma seca de ponteiros ("die back") e este sintoma está mais associado aos períodos secos. FERREIRA (1989) menciona que, muitos sintomas de deficiências minerais em plantas, na estação seca do ano, decorrem, principalmente, devido à carência hídrica no solo, mostrando-se recuperadas logo no início das chuvas, ou seja, depois que se restabeleceu a normalidade hídrica do solo, necessária à mobilização dos nutrientes.

A umidade do solo é uma condição necessária para a movimentação de nutrientes na solução do solo e este aspecto foi caracterizado para o boro por GUPTA et alii (1968) em um experimento de cevada, em que a umidade teve um efeito significativo na absorção de B pelas plantas, quando o B era aplicado no solo. A concentração de B nos tecidos das plantas com adição deste nutriente, variou de 162-312 ppm sob condições normais, mas foi somente de 87-135 ppm, quando a área próxima à faixa fertilizada com B foi mantida seca.

### 2.2.6. Interações de boro com cálcio

Existem algumas informações na literatura mostrando as interações entre boro e cálcio. REEVE & SHIVE (1944) trabalhando com tomate e milho, verificaram que em altas concentrações no substrato, o Ca possui uma grande capacidade de acentuar os sintomas de deficiência de boro; por outro lado, a toxidez potencial de B, quando em elevados teores, pode ser prevenida pela elevação da concentração do Ca.

JONES & SCARSETH (1944), relataram que as plantas têm um comportamento diferenciado quanto à absorção de Ca e B, dependendo da disponibilidade destes nutrientes no solo. Citaram ainda, que as plantas só terão um desenvolvimento normal se existir um equilíbrio na absorção destes elementos. Desta maneira, em solos ácidos que contêm pequena quantidade de cálcio, as plantas terão maior tolerância à deficiência de B, mas estarão mais sujeitas à fitotoxidez, mesmo com adição de pequenas quantidades deste micronutriente. Por outro lado, em solos onde há apreciáveis quantidades de Ca, as plantas passam a necessitar de uma maior quantidade de B, podendo ser aplicado em maiores proporções quando comparados com solos ácidos. O autor menciona ainda uma relação Ca/B igual a 500 no tecido foliar da soja, como o valor ideal para desenvolvimento da cultura.

ECK & CAMPBELL (1962), TANAKA (1967) e FOX (1968), encontraram que a calagem diminuiu a absorção de B, mesmo quando o teor deste micronutriente era alto. Eles atribuíram este efeito ao

alto conteúdo de cálcio existente nestas condições.

GUPTA (1972) trabalhando com cevada, concluiu que para solos com menos de 0,6 ppm de B d.a.q., a adição de calcário, com elevação o pH acima de 5,8, poderá agravar a deficiência desse micronutriente e, que o calcário deveria ser aplicado a solos com mais de 2,4 ppm de B, a fim de evitar injúrias às plantas devido à toxidez. Uma relação de Ca/B de 180 no tecido foliar, foi relacionada com a máxima produção de grãos de cevada; relações Ca/B de 540 e 45 estavam relacionadas, respectivamente, com deficiência e toxidez de boro nesta cultura.

CARVALHO et alii (1978), em resultados preliminares, não evidenciaram efeitos de interação B/Ca sobre o desenvolvimento de plantas de eucalipto.

### 2.3. O boro na planta

O boro é o único nutriente que não satisfaz o critério direto de essencialidade, visto não ter sido encontrado nas plantas nenhum composto vital no qual ele participe e nem foi identificada qualquer reação crucial para o metabolismo que deixe de ocorrer na sua ausência (MALAVOLTA, 1980). Postula-se que o B influencia a absorção iônica, síntese de ácidos nucléicos e proteínas, divisão celular, germinação de grãos de pólen, síntese de sacarose, formação da parede celular, aumento do tamanho das células, balanço de fitohormônios e a produção de fenóis na via Pentose-P (ALBERT,

1965; JOHNSON & ALBERT, 1967; ALBERT, 1968; POLLARD et alii, 1977; BOHNSACH & ALBERT, 1977; GUPTA, 1979; MALAVOLTA, 1980 e MOZAFAR, 1989).

Na faixa de pH observada para a maioria dos solos, o boro encontra-se na solução como  $H_3BO_3$ , forma que as raízes absorvem com mais eficiência (OERTLI & GRGUREVIC, 1975 e GUPTA, 1979).

O B é considerado, tal como o Ca, imóvel ou móvel somente a uma extensão limitada no floema (Raven & Dugger, citados por MENGEL & KIRKBY, 1982). Esta imobilidade faz com que seu conteúdo seja maior nos órgãos mais velhos do que nos mais novos. GUPTA (1979) mencionou que a taxa de transpiração tem uma influência decisiva no transporte ascendente de B nas plantas, sugerindo ainda, que este micronutriente seja principalmente translocado via xilema. O autor comenta que o movimento do B na planta com o fluxo transpiratório, também explica porque a deficiência deste nutriente sempre se inicia nos pontos de crescimento.

Segundo STONE (1991), a deficiência de boro em florestas ocorre em muitos países principalmente em plantações de essências exóticas de *Eucalyptus* e *Pinus* em solos alterados pela fertilização com macronutrientes, fogo ou erosão. Os sintomas de deficiência de B no gênero *Eucalyptus*, semelhantes entre suas diferentes espécies, foram descritos inicialmente por SAVORY (1962): "Inicialmente ocorre o enrugamento e a descoloração das folhas recém desabrochadas do ramo principal, o que se repete pelos outros ramos da parte superior da copa. Os brotos tornam-se também descoloridos e desprendem-se dos ramos. A progressão do sintoma culmina com o

escurecimento e necrosamento dos ramos e folhas da parte superior da copa (seca de ponteiros - "die back")".

ROCHA FILHO et alii (1978) descreveram os sintomas de carência de B em mudas de *Eucalyptus urophylla*, surgindo principalmente nas folhas superiores, as quais tornavam-se enrugadas para baixo no sentido abaxial e em estágios mais avançados, um aspecto generalizado de murchamento. Mencionaram ainda que a principal característica de carência estava no atrofiamento do sistema radicular. ROCHA FILHO et alii (1979a), também observaram, que os sintomas de carência de B em *Eucalyptus grandis*, são facilmente reconhecidos e se manifestam nas folhas mais novas, enquanto os de toxidez ocorrem tanto nas folhas maduras como nas jovens e são de difícil reconhecimento. Estes autores acrescentaram aos sintomas já descritos anteriormente, que num estágio mais avançado as folhas tornam-se duras e quebradiças e com ocorrência de brotação lateral à gema apical, culminando num escurecimento e necrosamento dos ramos e folhas novas. Sintomas semelhantes foram também descritos por TOKESHI et alii (1976) e NOVELINO et alii (1982).

O nível tóxico de boro no solo e nas plantas está bastante próximo aos níveis de deficiência, havendo necessidade de um perfeito conhecimento das exigências da espécie para se detectar o problema com exatidão (BALLONI, 1979).

Os sintomas de toxidez na parte aérea do eucalipto, de modo geral, se caracterizam por uma clorose, seguida de necrose no final das nervuras acompanhando a margem das folhas (Oertli & Kohl

citado por BALLONI, 1979). O *Eucalyptus cloeziana* apresentou sintomas de toxidez, caracterizados por uma clorose nas margens das folhas seguida de um enrugamento (Barret et alii, citados por BALLONI, 1979).

#### 2.4. Respostas do eucalipto à aplicação de boro e níveis críticos na planta

As diferentes respostas à aplicação do nutriente são afetadas tanto pelo solo como também pela cultura, esta, segundo BRASIL SOBRINHO & FREIRE (1980) se comporta de maneira diferenciada quanto à sensibilidade à deficiência ou toxidez de boro. De maneira geral as dicotiledôneas requerem maiores quantidades de boro que as monocotiledôneas (Shive, citado por MENGEL & KIRKBY, 1982).

SAVORY (1962) relatou que os sintomas de deficiência de boro no gênero *Eucalyptus*, podem ocorrer como seca de ponteiros, geralmente após o primeiro ano de plantio e classificou a espécie de *Eucalyptus saligna* como menos sensível e *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* como sensíveis à carência de boro.

MALAVOLTA et alii (1978) estudando a influência do boro no crescimento e na composição química do eucalipto, desenvolvido em solução nutritiva contendo níveis crescentes de B (0; 0,01; 0,5 e 1 ppm), também observaram que as espécies respondem de maneira diferenciada à deficiência deste micronutriente. O *Eucalyptus*

*citriodora* mostrou-se a espécie mais sensível à deficiência, seguida pelo *Eucalyptus grandis* e finalmente o *Eucalyptus urophylla*. Com relação à toxidez a ordem foi inversa, porém pouco afetando o crescimento das espécies. Os teores de boro nas folhas variaram de 27 ppm no *Eucalyptus citriodora*, até 361 ppm em *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus grandis* com 90 dias após os tratamentos.

NOVELINO et alii (1982), em conformidade com MALAVOLTA et alii (1978), relataram que *Eucalyptus citriodora* é mais resistente à fitotoxicidade de B do que o *Eucalyptus grandis*, que possui uma faixa relativamente estreita de dosagem para a máxima produção e fitotoxicidade. Os autores encontraram que maior produção de *Eucalyptus citriodora* em solução nutritiva, foi obtida no nível de 0,1 ppm de B, mas, no entanto, esta espécie foi a que teve menor produção de matéria seca. É importante ressaltar que, além da espécie, a procedência das sementes de eucalipto pode exercer importante papel no comportamento com relação a resposta à aplicação de nutrientes (BALLONI, 1979).

Atualmente vários reflorestamentos de eucalipto em regiões de cerrado, vêm apresentando uma acentuada seca de ponteiros ("die back"), que começa a se manifestar em meados da estação seca, progredindo com o avanço desta estação, e se repete nas estações secas dos anos subsequentes (BALLONI, 1979). O *Eucalyptus citriodora* foi classificado por Goes, citado por FAÇANHA et alii (1983) como uma espécie pouco resistente à seca.

As respostas à aplicação de B em *Eucalyptus* spp têm sido

muito conflitantes. KNUDSON et alii (1972) em trabalhos sobre adubação de *Eucalyptus saligna*, em solos sob cerrado de Minas Gerais, relataram que aplicações de B e Zn com adubação NPK, aumentaram a altura das plantas. Por outro lado, também em solos de cerrado, BARROS et alii (1981) avaliando a produção aos 4,5 anos do *Eucalyptus saligna* e *Eucalyptus grandis*, em resposta à aplicação de NPK, B e Zn, observou que a adição de boro e zinco não causou efeito significativo no crescimento de *E. saligna*, mas tendeu a reduzir a altura e o volume ( $m^3/ha$ ) de *E. grandis*.

ROCHA FILHO et alii (1978) trabalhando com mudas de *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva, constataram que as plantas apresentaram carência quando os níveis de B na matéria seca estavam em torno de 8,0 ppm e se manifestaram 28 dias após a omissão do nutriente na solução. ROCHA FILHO et alii (1979b) trabalhando com mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden), encontraram altos teores de boro na matéria seca das folhas, em níveis considerados tóxicos (acima de 450 ppm de B), quando aplicou-se de 2,0 a 4,0 ppm de B, em um Latossolo Vermelho Amarelo, fase arenosa. Analisando a influência do B no crescimento e na composição química do *Eucalyptus grandis* cultivados em solução nutritiva, ROCHA FILHO et alii (1979a) relataram que os sintomas de carência manifestaram nas folhas novas de *Eucalyptus grandis*, aos 90 dias após a omissão do B, apresentando concentração de 46 ppm. Os autores mencionaram, ainda, que os sintomas de toxidez estão associados à concentração superior a 100 ppm, ocorrendo tanto nas folhas jovens quanto nas maduras. Citam também, que a concentração

crítica de 61 ppm de B, isto é, a concentração mínima do nutriente presente na planta, ou parte dela, capaz de proporcionar 90-100% do crescimento máximo. CHRISTO & SANTOS (1990) em estudos com *E. citriodora* num PV de textura arenosa mencionaram que a dose 0,075 ppm de B promoveu a máxima produção de matéria seca da parte aérea enquanto que a aplicação de 0,10 ppm de boro reduziu a altura e produção de matéria seca da planta, indicando efeito fitotóxico. Esses autores fazendo um comparativo do trabalho acima com o de ROCHA FILHO et alii (1978), observaram que teores de B em *Eucalyptus citriodora*, inferiores a 46 ppm, não revelaram sintomas de carência e que indícios de toxidez foram encontrados em plantas com valores inferiores a 100 ppm, mas comentaram que as reações das plantas poderiam ser explicadas mais pelo equilíbrio nutricional da cultura do que pelos valores absolutos de boro.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em vasos, sob condições de casa de vegetação no Departamento de Ciência do Solo da Escola Superior de Agricultura de Lavras, ESAL, Lavras/MG, no período de 30/01 a 17/06/91.

#### 3.1. Solos e espécie vegetal

Utilizou-se dois de solos, um Latossolo Vermelho Escuro (LE), textura argilosa, fase cerrado, originário do município de Curvelo-MG, onde o clima é caracterizado por período de seca prolongado, época em que vem sendo observada nas áreas reflorestadas com eucalipto, a ocorrência de seca de ponteiros; e outro, um Latossolo Vermelho Amarelo (LV), textura média, fase cerrado, originário do município de Itumirim-MG.

A amostra de cada material de solo foi coletada na camada superficial de 0-20 cm, tendo-se o cuidado de remover toda a vegetação e restos orgânicos da superfície. Após secadas ao ar, as amostras foram peneiradas em malha de 2 mm e subamostras de cada

solo foram tomadas para as análises químicas e físicas.

A espécie vegetal utilizada foi o *Eucalyptus citriodora*, da Cia. Agrícola e Florestal Santa Bárbara de procedência de Barão de Cocais - Santa Bárbara-MG (lote nº 167), visto ser sensível à deficiência de boro e indicada para áreas de clima subtropical com elevada seca estacional, segundo GOLFARI (1975).

### 3.2. Análises físicas e químicas dos solos

Os solos foram caracterizados física e quimicamente. Na análise granulométrica as determinações de silte e argila foram efetuadas pelo método do densímetro com modificações introduzidas por CARVALHO (1985); a fração areia foi determinada por tamisagem; a densidade do solo foi determinada pelo método do anel volumétrico, segundo BLAKE (1965) e a densidade de partículas pelo método do balão volumétrico, com álcool etílico (EMBRAPA, 1979); a retenção de água pelos solos foi avaliada em extratores de placa porosa de acordo com RICHARDS & FIREMAN, 1943 (Figura 1). As determinações químicas foram realizadas conforme VETTORI (1969) com modificações da EMBRAPA (1979) para pH em água, P, K, Ca, Mg, Al. A acidez potencial (H + Al) determinada pela solução tampão SMP (RAIJ et alii, 1987). O boro foi extraído pelo método de água quente e determinado no extrato de acordo com o método da curcumina de Dible et alii, descrito por JACKSON (1970).

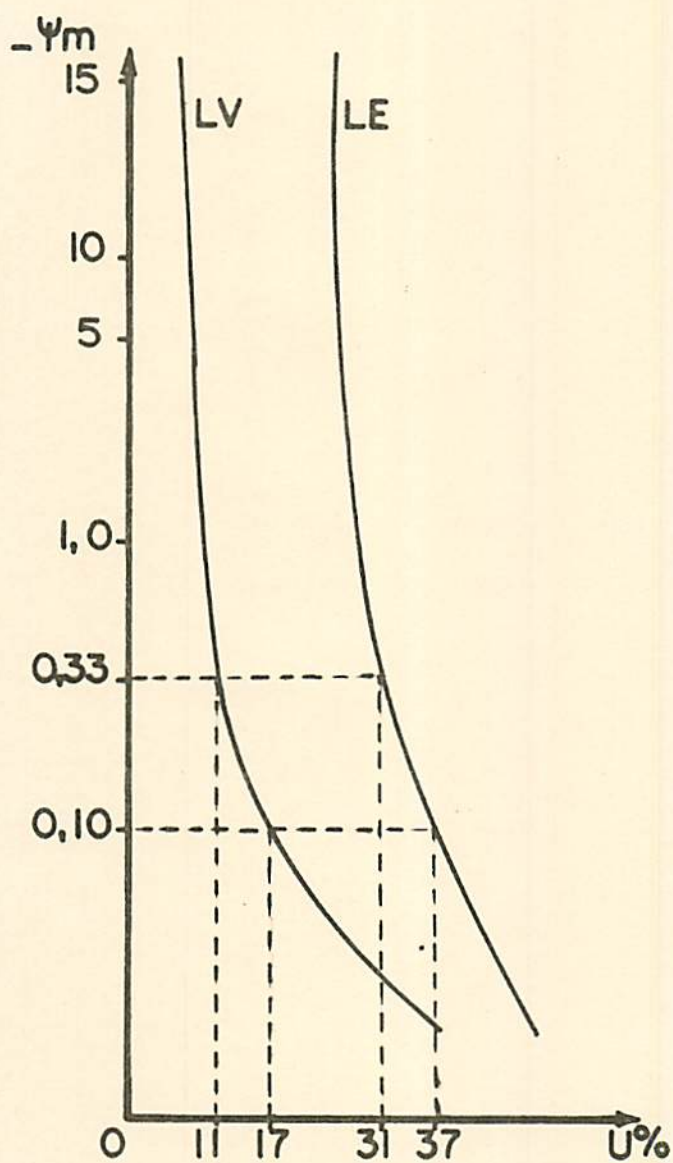


FIGURA 1 - Curvas características da umidade do Latossolo Vermelho Escuro (LE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LV).

A matéria orgânica foi determinada segundo RAIJ & QUAGGIO (1983), os teores de  $SO_4$  segundo BLANCHAR et alii (1965) e  $Al_2O_3$ ,  $Fe_2O_3$ , pelo ataque sulfúrico, conforme VETTORI (1969) com modificações da EMBRAPA (1979).

### 3.3. Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental utilizado foi inteiramente casualizado com 20 tratamentos, distribuídos num arranjo fatorial  $5 \times 2 \times 2$ , com quatro repetições, sendo cinco doses de B (0,00; 0,25; 0,75; 2,25 e 6,25 mg B/dm<sup>3</sup> de solo, na forma de  $H_3BO_3$ ); dois tipos de solos [Latosolo Vermelho Escuro (LE) e Latossolo Vermelho Amarelo (LV)] e dois níveis de umidade correspondentes às tensões -0,33 e -0,10 atm, obtidas através da curva característica de cada solo (Figura 1), perfazendo um total de 80 parcelas. Cada vaso com uma planta constituiu uma parcela experimental.

### 3.4. Instalação e condução do experimento

O material dos solos foram divididos em porções de 3 dm<sup>3</sup>, correspondentes ao volume dos vasos plásticos, onde aplicou-se a seguinte adubação básica: N = 50 mg/dm<sup>3</sup> de solo aplicado na forma de  $NH_4NO_3$  e  $(NH_4)_2SO_4$ ; P = 240 mg/dm<sup>3</sup> de solo na forma de  $KH_2PO_4$  e  $Ca(H_2PO_4)_2 \cdot H_2O$ ; K = 100 mg/dm<sup>3</sup> de solo na forma de  $KH_2PO_4$  e S = 20

mg/dm<sup>3</sup> de solo na forma de (NH<sub>4</sub>)<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>. Foi também aplicado MgCO<sub>3</sub> para fornecimento de Mg, na forma a elevar seu teor até o nível crítico proposto por BARROS et alii (1986).

Os micronutrientes, com exceção do boro, foram supridos através de um coquetel como apresentado no Quadro 1.

QUADRO 1 - Fontes e doses de micronutrientes aplicados aos solos

Elemento	Fonte	Dose aplicada - mg/dm <sup>3</sup> -
Mn	MnCl <sub>2</sub> . 4H <sub>2</sub> O	3,00
Cu	CuSO <sub>4</sub> . 5H <sub>2</sub> O	1,33
Fe	Fe . EDTA	5,00
Zn	ZnSO <sub>4</sub> . 7H <sub>2</sub> O	5,00

Tanto as doses de B correspondentes aos tratamentos (fonte - H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> p.a.), quanto os demais micronutrientes presentes no coquetel, foram aplicados aos solos via líquida, individualmente em cada vaso, fazendo-se uma cuidadosa homogeneização do solo. A aplicação da adubação básica dos macronutrientes foi via sólida, tomando-se os mesmos cuidados com relação à homogeneização. Em seguida, os solos dos vasos permaneceram incubados por 15 dias, com umidade correspondente à tensão -0,10 atm e, posteriormente, foram coletadas amostras de cada vaso para determinação do B disponível em cada dose do micronutriente aplicado, de acordo com o método descrito no item 3.2.

Passado o período de incubação, as sementes de *Eucalyptus citriodora* foram semeadas diretamente nos vasos plásticos, com uma média de 10 sementes por vaso, sendo a umidade do solo mantida a níveis adequados, correspondentes a  $-0,10$  atm, aferido através de pesagens diárias. Nesta fase, a fim de se evitar a incidência direta do sol, os vasos foram protegidos com sombrite 50% até o desbaste. Em média, as sementes germinaram com 15 dias, sendo o desbaste realizado 35 dias após a semeadura, deixando-se uma planta por vaso.

Somente na época do desbaste é que foram aplicados os níveis de umidade, suspendendo-se a irrigação dos vasos com umidade correspondente ao tratamento de  $-0,33$  atm, até que esta umidade fosse atingida, mantendo-a até o final do experimento.

Todos os vasos receberam adubação nitrogenada em cobertura a partir de 60 dias após a semeadura (25 dias após o desbaste), na dosagem de  $80 \text{ mg N/dm}^3$  de solo, parcelada em 4 aplicações de  $20 \text{ mg N/dm}^3$  de solo, espaçadas de 10 dias cada. O enxofre também foi complementado, juntamente com o nitrogênio, em duas aplicações de  $22,86 \text{ mg S/dm}^3$  de solo na forma de  $(\text{NH}_4)_2\text{SO}_4$ , juntamente com a 2ª e 4ª coberturas nitrogenadas. O Fe também foi complementado no LV em  $5 \text{ mg/dm}^3$  de solo na forma de Fe-EDTA.

Durante a condução do experimento, a umidade dos solos correspondentes aos níveis  $-0,33$  e  $-0,10$  atm, foi rigorosamente controlada através de duas ou mais pesagens diárias do conjunto vaso-planta, repondo-se o volume evapotranspirado com água desmineralizada.

### 3.5. Determinações e parâmetros avaliados na planta

As plantas tiveram suas alturas e diâmetros medidos aos 60, 80, 100, 120 e 140 dias (colheita) após a semeadura.

Os sintomas de deficiência e toxidez de B que ocorreram no período de condução do experimento, foram detalhadamente descritos, anotando-se o tratamento e a data do início da ocorrência e a sua evolução.

Na época da colheita (140 dias após a semeadura) as plantas foram cortadas na altura do coleto e a parte aérea separada em caule, folhas novas, medianas e maduras, sendo cada parte colocada em sacos de papel devidamente identificados e levados para estufa, com circulação forçada de ar a 70°C, até peso constante. Após a secagem do solo nos vasos, as raízes foram removidas por peneiragem, lavadas e secadas em estufa até peso constante. Posteriormente, tomou-se o peso da matéria seca de cada parte da planta, individualmente.

Todo material vegetal foi moído separadamente em moinho tipo Willey, provido de peneira de aço inoxidável com 20 malhas por polegada (0,42 mm) e, acondicionadas em frascos devidamente identificados para análise química. O teor de Ca nos tecidos foi determinado através da digestão nitroperclórica (MALAVOLTA et alii, 1989) e a concentração no extrato, por espectrofotometria de absorção atômica. O boro nos tecidos de todas as partes das plantas foi determinado por via seca, de acordo com a metodologia descrita por JACKSON (1970), sendo as leituras realizadas em

fotocolorímetro.

A quantidade de boro acumulada nos tecidos de cada parte da planta, foi calculada com base nos seus teores no tecido e a produção de matéria seca.

### 3.6. Análise estatística e determinações dos níveis críticos

Foram realizadas análises de variância dos parâmetros avaliados através do programa SANEST, regressões pelo programa SAEG.

Através do ajuste das equações de regressão entre a produção de matéria seca da parte aérea ( $Y = \text{g/planta}$ ), em função das doses de B aplicada ( $X = \text{mg/dm}^3$ ) para cada solo, e em cada nível de umidade, determinou-se a dose do nutriente responsável por 90% e 95% da produção máxima de matéria seca da parte aérea. Substituindo-se estes valores nas equações de regressão, para o B disponível em água quente em função das doses de B aplicadas, obteve-se a faixa crítica de B disponível no solo para o *Eucalyptus citriodora*, cultivados nos dois solos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

A partir das equações de regressão ajustadas entre as concentrações de B nas folhas das plantas ( $Y = \text{ppm}$ ), em função das doses de B aplicadas ( $X = \text{mg/dm}^3$ ) e substituindo-se nestas equações as doses necessárias para atingir 90%-95% da produção máxima de matéria seca da parte aérea estimada, obteve-se as concentrações

críticas de B nas folhas, para cada solo, em cada nível de umidade utilizado.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

##### 4.1. Análises químicas e físicas dos materiais de solos utilizados

No Quadro 2, são apresentados os resultados de análises químicas e físicas da camada superficial (0-20 cm) dos solos utilizados no experimento. Ambos confirmaram, através de suas análises, serem de baixa fertilidade natural. O Latossolo Vermelho Escuro (textura argilosa) com acidez elevada, apresentou teor médio de matéria orgânica e baixos teores de P, K, Ca e Mg, muito baixa saturação de bases e teores médios de Al trocável. O teor de enxofre está abaixo do nível crítico para eucalipto em solo arenoso mencionado por BARROS et alii, 1986 (11,0 ppm S) e do obtido por FURTINI NETO (1988) também para eucalipto em um LV (9,8 ppm S). O boro apresentou teor abaixo do nível crítico citado por diversos autores, tais como MITCHELL, 1965; BRADFORD, 1966 (0,50 ppm de B); COX & KAMPRATH, 1972 (0,10 - 0,7 ppm B d.a.q.); LOPES & CARVALHO, 1988 (0,4 - 0,6 ppm de B) e, BUZETTI (1988) para a cultura de soja num Latossolo Vermelho Escuro de textura argilosa (0,23 ppm de B).

QUADRO 2 - Caracterização química e física da camada de 0-20 cm de materiais do LE e LV utilizados no experimento.

Caracterização	Amostras	
	LE	LV
- Química		
pH H <sub>2</sub> O	4,9	5,1
P (ppm)	1,0	1,0
K (ppm)	22,0	30,0
Ca (meq/100cc)	0,4	0,3
Mg (meq/100cc)	0,1	0,1
Al (meq/100cc)	0,5	0,4
H + Al (meq/100cc)	4,0	1,5
S (meq/100cc)	0,6	0,5
t (meq/100cc)	1,1	0,9
T (meq/100cc)	4,6	2,0
m (%)	47,0	46,0
V (%)	12,0	24,0
Carbono (%)	1,6	0,8
Matéria orgânica (%)	2,7	1,3
Enxofre (ppm)	0,66	6,9
B (ppm)	0,14	0,10
Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	14,80	7,5
Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub> (%)	14,20	11,4
- Física		
Areia (%)	36	76
Silte (%)	18	12
Argila (%)	46	16
Densidade de partícula (g/cm <sup>3</sup> )	2,70	2,56
Densidade do solo (g/cm <sup>3</sup> )	1,02	1,32

O Latossolo Vermelho Amarelo (textura média) apresentou acidez média, teor baixo de matéria orgânica e baixos teores de P, K, Ca e Mg e muito baixa saturação em bases e baixo teor de alumínio trocável. Neste solo, o teor de enxofre também está abaixo do nível crítico citado por BARROS et alii, 1986 (11,0 ppm S) e FURTINI NETO, 1988 (9,8 ppm S) para um Latossolo Vermelho

Amarelo de textura média. O teor de boro deste solo também se apresentou abaixo dos níveis críticos, anteriormente mencionados.

QUADRO 3 - Características do LE e LV (0-20 cm ) após incubação com adubação básica e com as doses de B (média de 08 repetições)

Características	Latossolo Vermelho Escuro					Latossolo Vermelho Amarelo				
	0,00	0,25	0,75	2,25	6,25	0,00	0,25	0,75	2,75	6,25
	(mg/dm <sup>3</sup> )					(mg/dm <sup>3</sup> )				
pH H <sub>2</sub> O	5,0	5,0	5,1	5,1	5,1	5,3	5,4	5,4	5,3	5,3
P (ppm)	17	18	16	17	18	43	45	43	48	43
K (ppm)	111	112	110	111	114	112	114	113	110	115
Ca (meq/100cc)	0,43	0,45	0,50	0,48	0,48	0,58	0,56	0,60	0,60	0,60
Mg (meq/100cc)	0,16	0,17	0,20	0,17	0,16	0,20	0,16	0,21	0,22	0,20
Al (meq/100cc)	0,30	0,30	0,20	0,30	0,30	0,20	0,20	0,30	0,30	0,30
H + Al (meq/100cc)	4,10	4,00	4,20	4,10	4,10	2,60	2,60	2,60	2,60	2,60
S (meq/100cc)	1,28	1,32	1,38	1,34	1,35	1,48	1,42	1,51	1,52	1,50
t (meq/100cc)	1,58	1,62	1,58	1,64	1,65	1,68	1,62	1,81	1,82	1,80
T (meq/100cc)	5,38	5,32	5,58	5,44	5,45	4,08	4,22	4,41	4,42	4,40
m (%)	19	18	13	18	18	12	12	16	16	17
V (%)	24	25	25	25	25	36	34	36	34	34
Carbono (%)	1,6	1,6	1,6	1,6	1,6	0,6	0,6	0,6	0,6	0,6
Matéria orgânica (%)	2,7	2,7	2,7	2,7	2,7	1,1	1,1	1,1	1,0	1,0
S - SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> (ppm)	11,28	11,04	12,72	12,11	11,75	41,10	39,22	35,14	34,22	38,39
B	0,17	0,28	0,39	0,75	2,36	0,10	0,18	0,37	0,99	2,96

A análise química do solo das unidades experimentais após o período de incubação com a adubação básica e doses de boro está apresentada no Quadro 3. Observa-se que a adubação básica foi suficiente para elevar os teores dos macronutrientes a valores considerados adequados para o desenvolvimento da cultura, sem no entanto afetar drasticamente os valores de pH em água. Destaca-se

ainda, pelo Quadro 3, que o nível de fertilidade dos solos, a exceção do B, praticamente não foi alterado quando se aplicou doses crescentes de boro. Os resultados do boro d.a.q., constantes no referido Quadro, serão discutidos no item 4.3.

#### 4.2. Parâmetros de crescimento

As análises de variância (Apêndice 1) mostraram que o solo, a umidade e as doses de B utilizadas influenciaram significativamente ( $P < 0,01$ ) os parâmetros de crescimento do eucalipto, à exceção do solo para matéria seca da raiz; umidade e dose para a relação raiz/PA e doses de B para altura das plantas. Porém, a interação só foi significativa para solo x umidade e na raiz/PA não houve nenhum efeito interativo. O desdobramento da interação mostrou que a umidade afetou os parâmetros de crescimento apenas no LV textura média (Apêndice 1). Esta sensibilidade das plantas às variações de umidade, no LV se deve, provavelmente, ao elevado teor de areia desse solo (76% - Quadro 2) pois segundo HILLEL (1971), os solos mais arenosos sob condições não saturadas, têm sua condutividade hidráulica reduzida mais drasticamente que nos solos argilosos. Isto reflete em menor suprimento de boro para as plantas, pelo fato deste nutriente se movimentar no solo principalmente por fluxo de massa, que por sua vez é diretamente proporcional à condutividade hidráulica do solo.

O efeito da variação da umidade, em cada solo, na

produção de matéria seca é apresentada no Apêndice 2. Verifica-se que o LV a  $-0,33$  atm foi o que promoveu em termos médios, independente das doses, menor produção pela parte aérea (PA) e total (PA + raízes), enquanto que o LV a  $-0,10$  atm possibilitou maior crescimento das raízes e produção de matéria seca total.

Nas Figuras 2, 3 e 4 estão ilustrados, respectivamente, os efeitos de doses de B sobre a produção de matéria seca total, da parte aérea e raiz do *E. citriodora*, cultivado em Latossolos (LE e LV) sob dois níveis de umidade ( $-0,33$  e  $-0,10$  atm), com as respectivas equações de regressão. Observa-se que o efeito do B sobre a produção de matéria seca segue um modelo raiz quadrático, mostrando que houve um aumento acentuado na produção, quando se aplicou pequenas doses de B até atingir a máxima produção e uma pequena tendência de diminuição na produção em doses mais elevadas, independente dos solos e umidades a que foram submetidos. A produção máxima de matéria seca total, da parte aérea e raiz na época da colheita, estimada pelas equações de regressão (Figuras 2, 3 e 4), corresponderam, respectivamente, às doses 2,13; 2,21 e 2,03  $\text{mg}/\text{dm}^3$  de B aplicados.

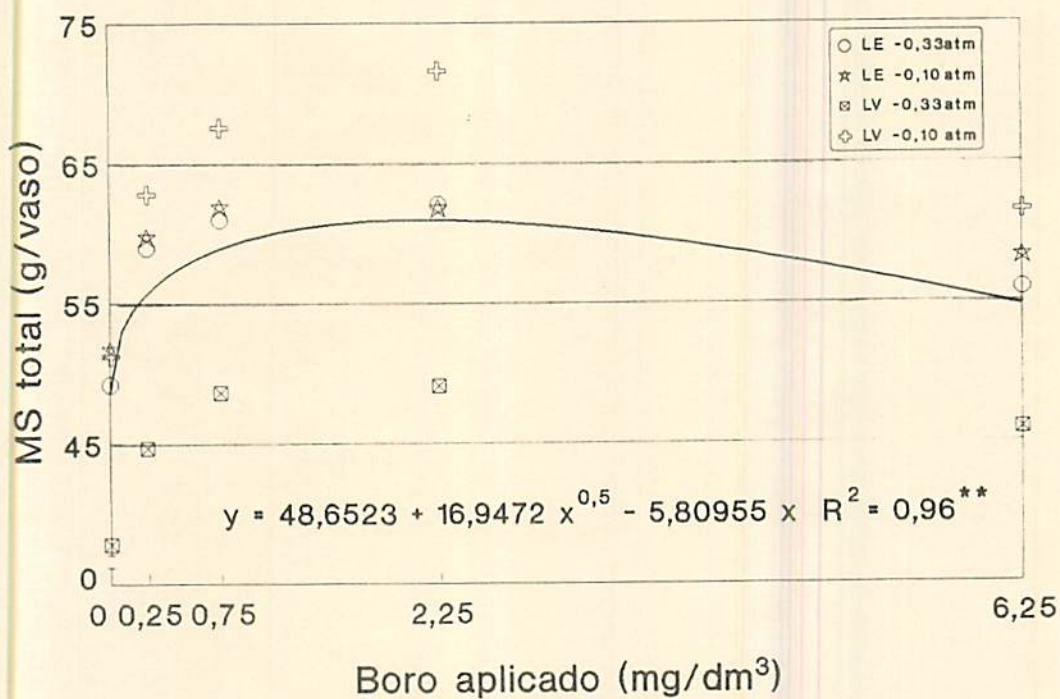


FIGURA 2 - Efeito das doses de B na produção de matéria seca total do *Eucalyptus citriodora* de dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

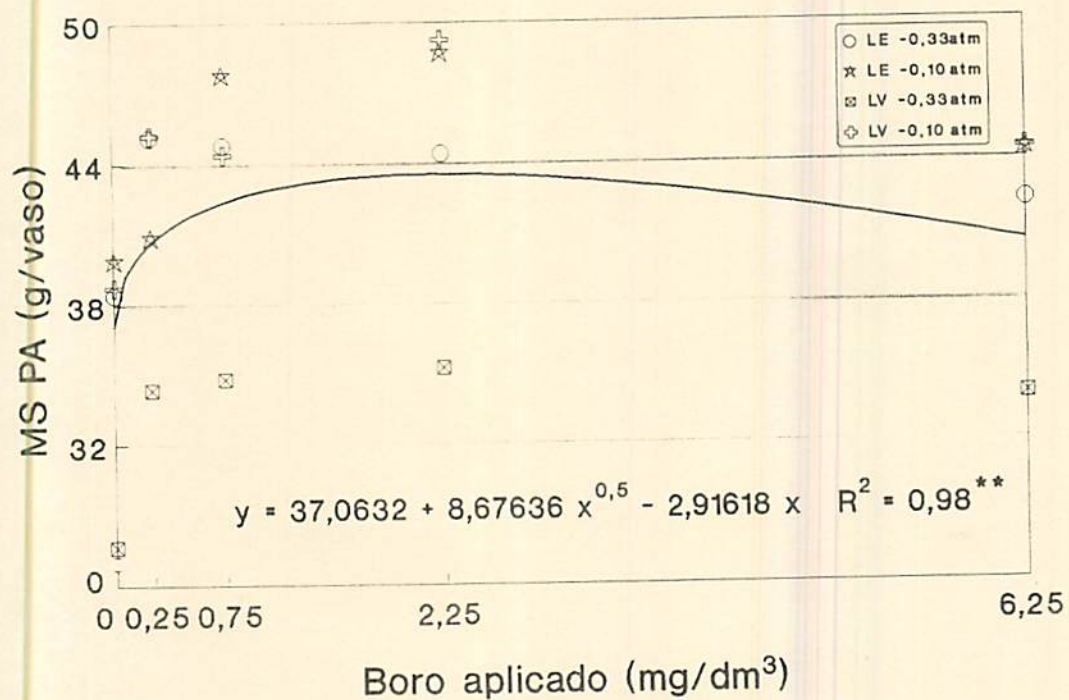


FIGURA 3 - Efeito das doses de B na produção de matéria seca da parte aérea do *Eucalyptus citriodora* de dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

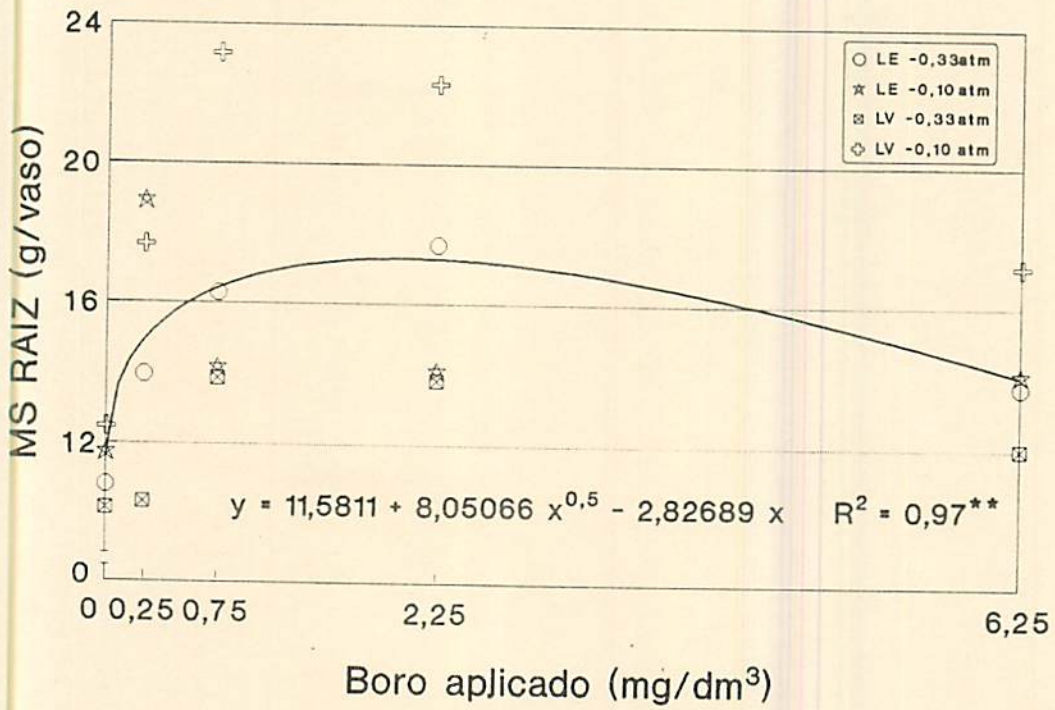


FIGURA 4 - Efeito das doses de B na produção de matéria seca pela raiz do *E. citriodora* de dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

A resposta encontrada na produção de matéria seca pelas plantas de *E. citriodora* ao B aplicado já era esperada, decorrente de sua baixa disponibilidade nos solos utilizados no experimento quando em condições naturais (0,14 e 0,10 ppm de B para o LE e LV, respectivamente, Quadro 2). Estes níveis estão próximos do considerado crítico (0,1 a 0,7 ppm) por COX & KAMPRATH (1972) e bem abaixo dos níveis mencionados por MITCHELL, 1965 e BRADFORD, 1966 (0,5 ppm) e por LOPES & CARVALHO, 1988 (0,4 a 0,6 ppm).

Alguns autores também encontraram efeitos das doses de B sobre o desenvolvimento do eucalipto. Destacam-se: ROCHA FILHO et alii (1979a), em solução nutritiva verificaram aumento na produção de matéria seca do *E. grandis* até o nível 0,50 ppm de B e NOVELINO et alii (1982) nas mesmas condições também observaram incrementos da produção de matéria seca total e na altura com adição de B, mas estas respostas se diferenciaram entre as espécies, onde a maior produção de matéria seca ficou entre os níveis 0,0 a 0,02 ppm de B para o *E. camaldulensis*; em torno de 0,1 ppm de B para o *E. citriodora* e *E. grandis* e, em torno de 0,5 ppm para *E. paniculata*. Já, ROCHA FILHO et alii (1978) registraram que as plantas de *E. urophylla* não foram afetadas pelo boro no desenvolvimento da parte aérea, mas apresentaram um atrofiamento no sistema radicular em plantas deficientes deste nutriente e BARROS et alii (1981) chegaram a observar uma tendência de redução do rendimento em volume das plantas ( $m^3/ha$ ) de *E. saligna* com aplicação do nutriente.

A influência do boro na matéria seca da raiz, (Figura 4), está de acordo com ROCHA FILHO et alii (1978) que mencionaram o

atrofiamento no sistema de *E. urophylla* em solução nutritiva, como principal característica de carência de B. MARSCHNER (1986) cita que uma das mais rápidas respostas à deficiência de B é a inibição ou interrupção da elongação das raízes.

A semelhança no comportamento da produção de matéria seca da raiz e parte aérea (Figuras 3, e 4) vem comprovar, segundo CLARKSON (1985) a coordenação do crescimento entre estas partes da planta, justificando portanto, a ausência do efeito das doses de B na relação raiz/PA (Apêndice 1).

Conforme demonstrado no Apêndice 1, não houve efeito das doses de boro na altura das plantas na época da colheita, o que contradiz o trabalho de KNUDSON et alii (1972), que observaram resposta ao boro aplicado na altura das plantas de *E. saligna*, em solo de cerrado. Os resultados desse experimento discordam também de BARROS et alii (1981) que observaram uma tendência de redução na altura das plantas com aplicação de B em *E. grandis* e de CHRISTO & SANTOS (1990) que mencionaram que a aplicação de 0,10 ppm de boro reduziu a altura de *E. citriodora*, em um PV de textura arenosa. Estas discordâncias sugerem que a altura, possivelmente, não é um bom parâmetro para avaliar a resposta do eucalipto à aplicação de boro.

A altura das plantas na época da coleta, a semelhança da matéria seca, não variou ao se desenvolverem no LE submetido a diferentes tensões, enquanto que no LV houve um menor crescimento no solo mais seco, independente das doses de B aplicadas (Quadro 4).

QUADRO 4 - Altura das plantas de *E. citriodora* na época da colheita, cultivada em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 a -0,10 atm)

Umidade (tensão)	LE	LV
----- atm -----	----- cm -----	
- 0,33	82,68 a	63,89 b
- 0,10	83,50 a	76,35 a
Média	83,08 A	70,12 B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Tukey 5%).

A Figura 5, apresenta o crescimento em altura do eucalipto avaliado em diversas épocas do experimento (60, 80, 100, 120 e 140 dias após a semeadura) para os diferentes tratamentos, onde se observa uma tendência do LE proporcionar um crescimento mais lento na fase inicial (até 60 dias após semeio) e mais intenso na fase final do experimento em relação ao LV. Este, quando submetido à tensão de -0,33 atm, apresentou uma tendência de redução na taxa de crescimento das plantas nas épocas finais do experimento, fato também observado para a produção de matéria seca na colheita, como mostra o Apêndice 2.

Os dados de diâmetro não foram considerados em decorrência do surgimento de "lignotuber" no caule de diversas plantas, ficando portanto as medições de diâmetro do caule prejudicadas.

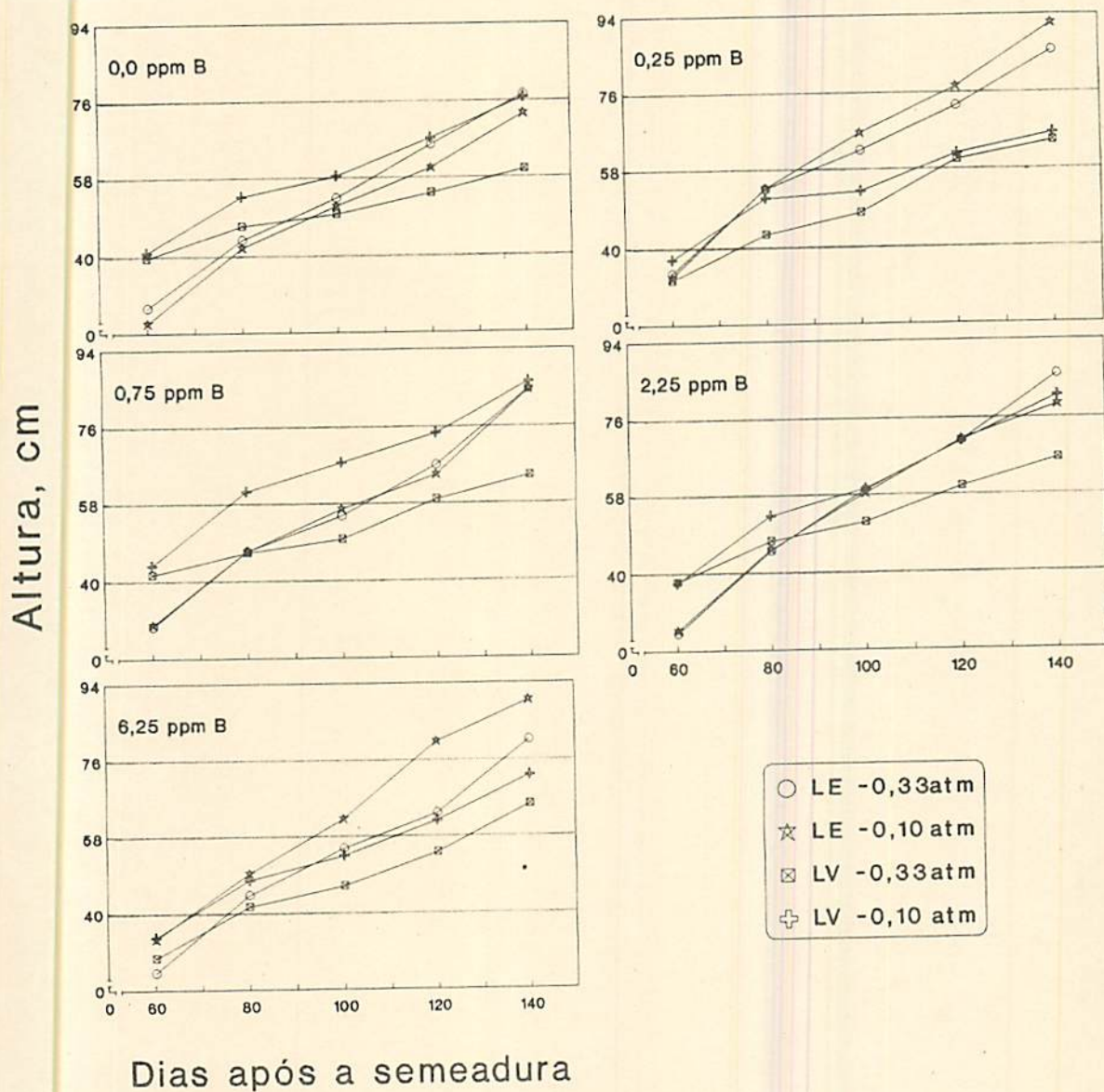


FIGURA 5 - Crescimento médio do *Eucalyptus citriodora* para cada dose de boro, em vários estágios do seu desenvolvimento, cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

Embora tenha sido constatada independência do tipo de solo e umidade, na resposta das plantas ao B aplicado na produção de matéria seca, observou-se pelas médias obtidas (Apêndice 2), dentro de cada dose, uma tendência de menores produções no LV a  $-0,33$  atm, sugerindo, conforme discutido anteriormente, a maior sensibilidade das plantas no LV quando submetidas às variações de umidade, bem como no fornecimento de boro às plantas, o que será discutido no item 4.4.1. Este comportamento se assemelha ao encontrado em vários trabalhos: Klude citado por GUPTA (1979), mencionou que a redução de umidade do solo associada à diminuição do fluxo de massa e taxa de difusão, bem como o fluxo transpiratório, podem ser fatores responsáveis pela deficiência de B mesmo que haja teores adequados de suprimento deste nutriente no solo; GUPTA (1968) encontrou um efeito significativo da textura na disponibilidade de boro para as plantas, onde solos argilosos apresentaram maiores teores de boro disponível que os arenosos; Mello et alii, citado por BALLONI (1979) e TISDALE et alii (1985) admitiram que secas prolongadas concorrem para a redução do teor de B disponível no solo devido à diminuição da atividade microbiana, responsável pela mineralização da matéria orgânica, a principal fonte de B no solo para as plantas e a redução da atividade das raízes superficiais, localizada onde há maior concentração de boro, em função da matéria orgânica.

DANTAS (1991), citando Gravito e Leon, mencionou as seguintes hipóteses formuladas para explicar os efeitos da umidade na disponibilidade de boro: devido da deficiência de umidade a mineralização da matéria orgânica é dificultada, ficando a liberação do boro nela contida reduzida a índice praticamente zero; decréscimo na quantidade de água do solo corresponde à diminuição no teor de boro prontamente disponível; devido ao dessecamento do solo, o boro pode ser fortemente fixado pelo solo; dificuldades das plantas em absorver B devido à deficiência de umidade; e devido às condições de seca há uma redução no sistema radicular, induzindo a menor exploração do volume do solo, com conseqüente redução na absorção do B pela planta.

#### 4.3. Boro no solo - níveis críticos

Os efeitos das doses de B sobre seu teor no solo d.a.q. (amostras retiradas após o período de incubação e antes da semeadura), e respectivas equações de regressão, estão na Figura 6. Observa-se respostas lineares crescentes da ordem de 0,35 ppm de B no LE e 0,46 ppm de B no LV, para cada unidade de B ( $\text{mg}/\text{dm}^3$ ) aplicada ao solo. Nota-se, ainda, que na dose zero, o LE apresentou maior teor de B disponível, devido sua maior concentração no solo sob condições naturais, e por apresentar maior teor de matéria orgânica (Quadro 2) que segundo OKAZAKI & CHAO (1968), e MALAVOLTA (1980) é a principal fonte de B no solo. Esta

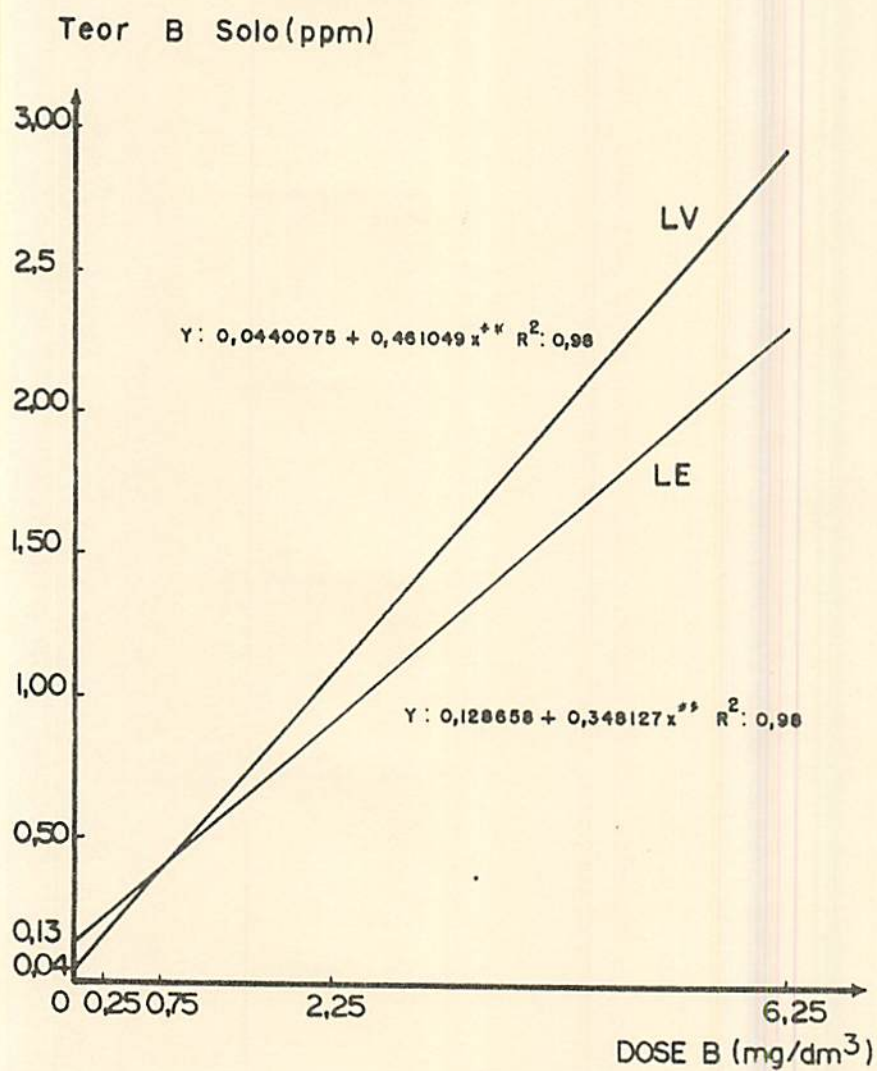


FIGURA 6 - Efeito das doses de B na concentração do elemento em dois Latossolos (LE e LV).

Esta superioridade do LE ocorreu apenas a pequenas doses de B aplicado, isto é, até a dose  $0,66 \text{ mg/dm}^3$ , calculado através das equações de regressão dos teores de B no LE e LV (Figura 6). Já a partir da dose  $0,84 \text{ mg/dm}^3$ , a situação se inverte, o LV passa a ter um maior teor do nutriente para as plantas enquanto que no intervalo de  $0,66$  a  $0,84 \text{ mg/dm}^3$  não houve diferença significativa dos teores de B dos solos utilizados neste estudo.

O maior coeficiente linear encontrado para o LV está de acordo com GUPTA (1968) onde observou que os solos de textura mais arenosa permitem maior recuperação do B aplicado, por meio de extração em água quente, em comparação com os de textura mais argilosa. RIBEIRO & TUCUNANGO SARABIA (1984), em cinco Latossolos do Triângulo Mineiro após três cultivos consecutivos com sorgo, verificaram aumento de  $0,50 \text{ ppm}$  de B (d.a.q.) na concentração do elemento no solo a cada  $\text{ppm}$  de B aplicado e BUZETTI (1988), na cultura da soja, em um LE (textura argilosa), este acréscimo foi de  $0,42 \text{ ppm}$  de B. Os coeficientes lineares, encontrados por estes autores, estão acima dos obtidos neste estudo.

As divergências na recuperação do B aplicado aos solos sugerem influência de fatores intrínsecos aos mesmos, tal como a textura, que conforme diversos autores, influenciam a retenção do elemento (OLSON & BERGER, 1946; BIGGAR & FIREMAN, 1960; GUPTA, 1968 e outros). Vários trabalhos mostram também a influência do  $\text{pH}^{\circ}$  do solo na adsorção de boro, indicando a máxima adsorção na faixa alcalina (KUBOTA et alii, 1948; OKAZAKI & CHAO, 1968; CATANI et alii, 1971, entre outros). Mas, provavelmente, os valores de  $\text{pH}$

dos solos utilizados nesse estudo (aproximadamente 5,0, Quadro 2) não exerceram tanta influência na adsorção de boro pois segundo BINGHAM et alii (1971) e PAVAN & CORREA (1988) esta influência só é relevante para solos com valores de pH superiores a 6,5. Os maiores valores de óxidos de Fe e Al totais no LE, quando comparados com o LV (Quadro 2), podem também ter influenciado na menor recuperação do B aplicado. Para SIMS & BINGHAM (1969) os compostos de Fe e Al são os responsáveis pela retenção de boro pelo solo. RHOADES et alii (1970), citaram os óxidos de Fe e Al livres no solo, como um dos principais sítios de adsorção do B, assim como os óxidos de Fe ou Al recobrindo ou associado com minerais de argila tipo micáceo, embora todos os minerais de argila apresentem alguma capacidade de retenção. Por outro lado, RIBEIRO (1974) não obteve correlação significativa entre óxido livre de Fe e Al e adsorção de B, justificando ter sido mais provável a ocorrência de óxidos livres no estado cristalino. Deste modo, sugere-se que um ou mais desses fatores estão participando de maneira diferenciada no processo de fixação de B nos solos do presente trabalho e nos solos estudados por RIBEIRO & TUGANANGO SARABIA (1984) e BUZETTI (1988).

Através das equações do teor de B no solo e produção de matéria seca da parte aérea, ambas em função das doses de B aplicado ao solo, determinou-se as faixas críticas de B no solo correspondentes a 90 a 95% da produção máxima (Figuras 7 e 8), obtendo-se respectivamente, 0,15 - 0,26 ppm de B para o LE (textura argilosa) e 0,08 - 0,22 ppm de B para o LV (textura média). Estas

faixas, dentro de certos limites, atestam a faixa crítica de boro para o crescimento de culturas, proposta por COX & KAMPRATH (1972) de 0,10 - 0,70 ppm de B e.a.q. O nível crítico de B do LE (textura argilosa), relacionado com 90% da produção máxima, assemelha-se ao encontrado por BUZETTI, 1988 (0,11 a 0,23 ppm B e.a.q. na ausência e presença de 2 t/ha de corretivo, respectivamente) para a cultura da soja em um LE (textura argilosa). Por outro lado, as faixas críticas obtidas neste experimento estão abaixo dos níveis citados por MITCHELL, 1965 e BRADFORD, 1966 (0,5 ppm de B) e das faixas sugeridas por LOPES & CARVALHO (1988), de maneira generalizada para as culturas (0,4 a 0,6 ppm B).

Dentro dos solos estudados, observou-se que os níveis críticos do LV (textura média) são menores quando comparados com o LE (textura argilosa). Isto provavelmente, deveu-se à grande resposta das plantas em crescimento às pequenas doses de B aplicadas (Figuras 7 e 8), fazendo com que a faixa de nível crítico de B em ambos os solos para a produção de 90-95% da produção máxima, se situasse na faixa de doses de B menor que 0,66 ppm, onde o teor de B d.a.q. foi maior no LE do que no LV.

Estas variações nos níveis críticos, encontrados em diversos trabalhos, mostram prováveis influências da espécie, condições de clima e solo, vindo a confirmar um fato muito discutido de que a fixação do nível crítico em 0,5 ppm de B e.a.q. no solo, não é válido para todas as espécies e tipos de solos.

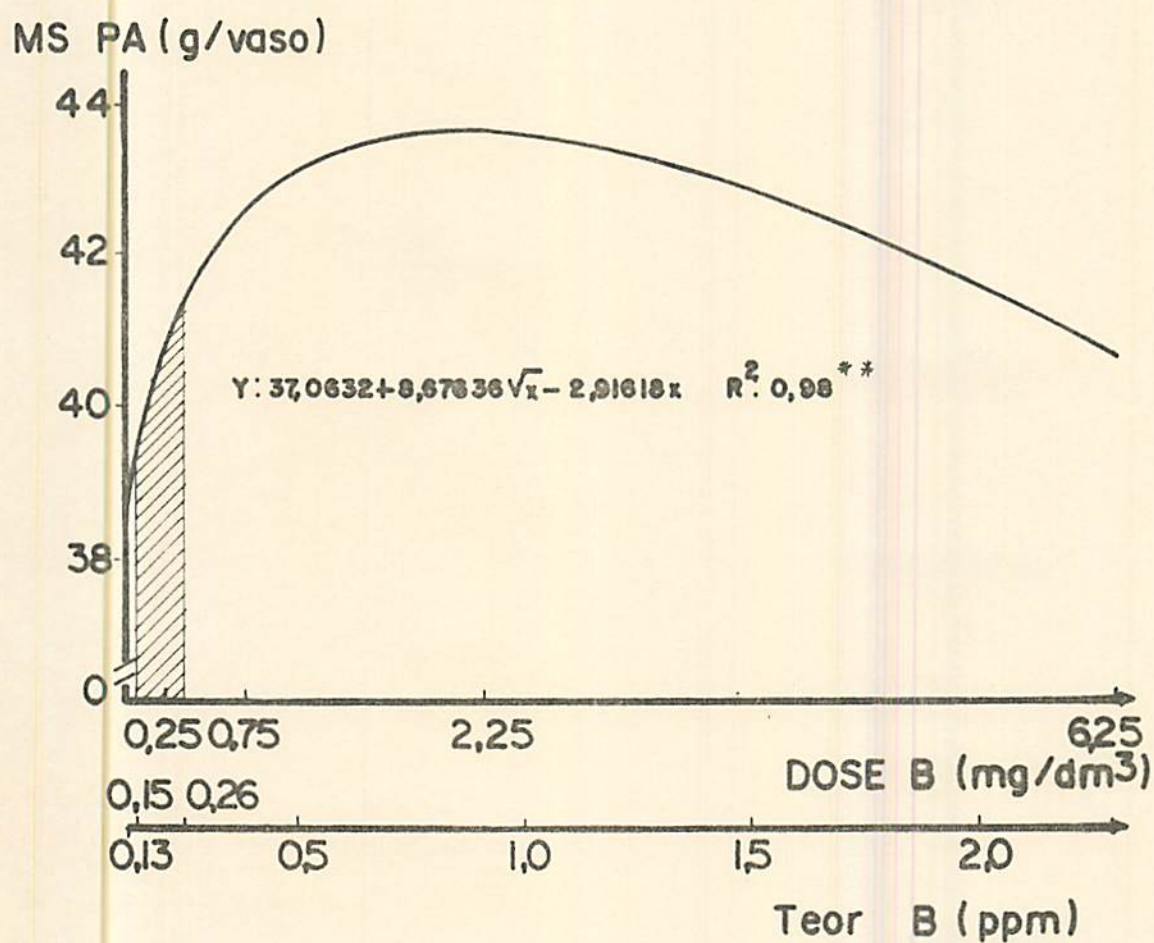


FIGURA 7 - Faixa crítica de boro no solo do LE (90 a 95% da produção máxima).

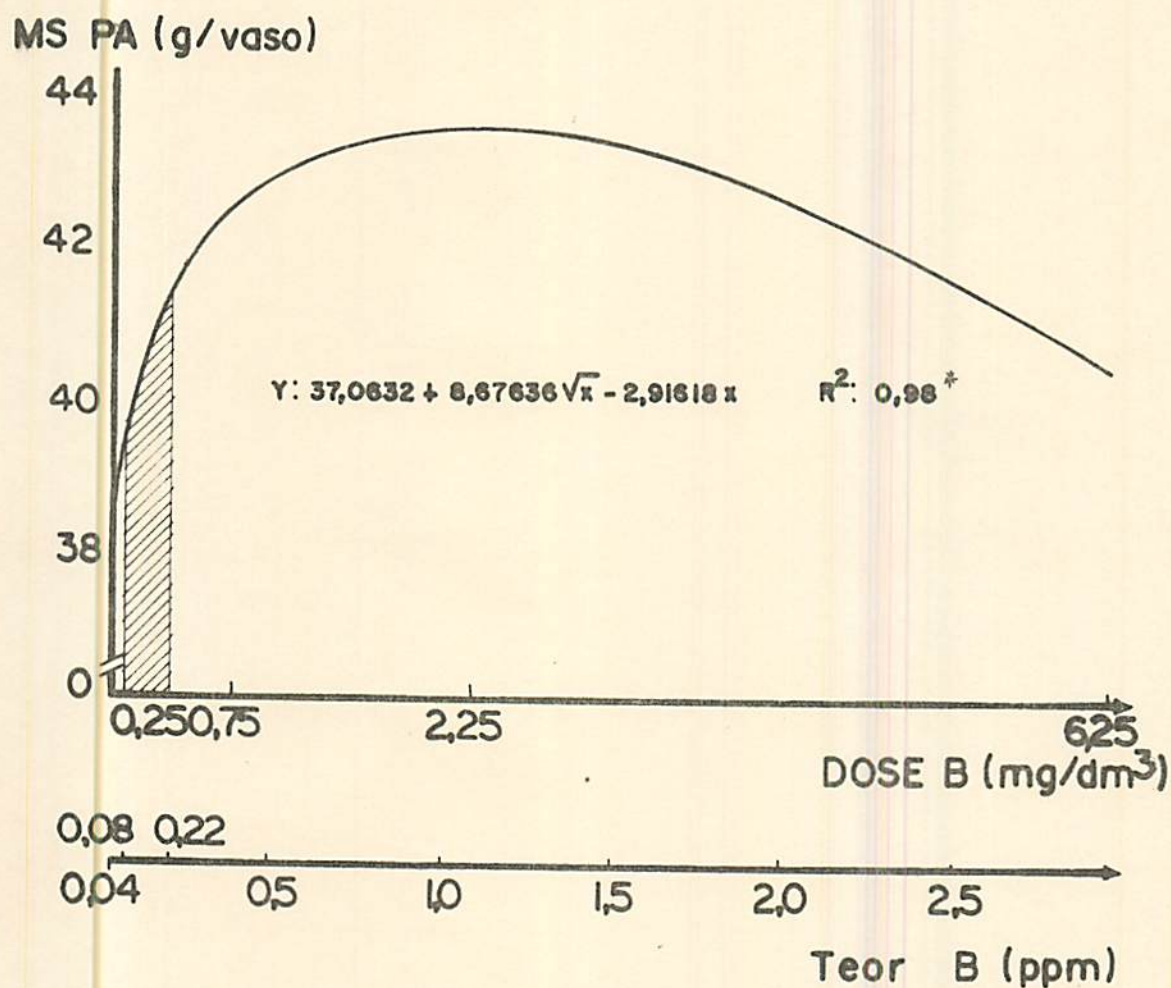


FIGURA 8 - Faixa crítica de boro no solo do LV (90 a 95% da produção máxima).

#### 4.4. Boro na planta

Neste trabalho procurou-se avaliar os teores e acumulação de B em cada parte da planta, ou seja, nas folhas novas, medianas e velhas, nos ramos e raiz, com objetivo de obter informações sobre suas exigências em cada parte da planta, bem como sua mobilidade, pelo fato deste nutriente ser considerado imóvel ou móvel somente a uma extensão limitada no floema (Raven e Dugger, citados por MENGEL & KIRKBY, 1982).

##### 4.4.1. Teor, acumulação e níveis críticos de B na planta

A influência dos tratamentos no teor e acumulação em B na matéria seca das folhas, ramo e raiz, está demonstrada nas análises de variância nos Apêndices 3 e 4. Nota-se que as doses de B e a umidade, influenciaram significativamente ( $P < 0,01$ ), tanto o seu teor quanto a sua acumulação, em todas as partes da planta, exceto o teor na raiz e no caule, onde não foi encontrado o efeito da umidade. Verifica-se, ainda, um efeito significativo do solo no teor de boro das folhas novas e velhas enquanto que a acumulação só não sofreu influência do solo nas raízes das plantas de *E. citriodora*.

Através do Apêndice 3, verifica-se um efeito interativo entre solo x umidade para os teores nas folhas novas e nos ramos, demonstrando, tal como para a produção de matéria seca, que as plantas no LV são mais sensíveis às variações da umidade que as do LE quanto aos teores de boro nestas partes. O efeito interativo entre dose x solo x umidade foi observado nos teores de todas as partes avaliadas da planta, mostrando que as doses de B afetaram significativamente ( $P < 0,01$ ) estes parâmetros, em cada solo quando submetido a diferentes tensões. Para o acúmulo em boro esta interação tripla só ocorreu nas folhas medianas, enquanto que nas folhas novas, velhas e na raiz, o acúmulo foi influenciada pela interação dose x solo e na raiz pela dose x umidade.

Nas Figuras 9 e 10, estão ilustrados os efeitos das doses de boro sobre seus teores e acumulação nas folhas, ramos e raízes das plantas, cultivados em dois Latossolos sob diferentes tensões, cujas equações de regressão ajustadas, para os teores (Quadro 5), seguem um modelo linear crescente, exceto para o teor nos ramos, que no caso do LV a  $-0,33$  atm, se ajustou a um modelo quadrático. Para acumulação em B, não houve uma única tendência, pois foram encontrados modelos lineares, raiz quadrático e quadrático (Quadro 6).

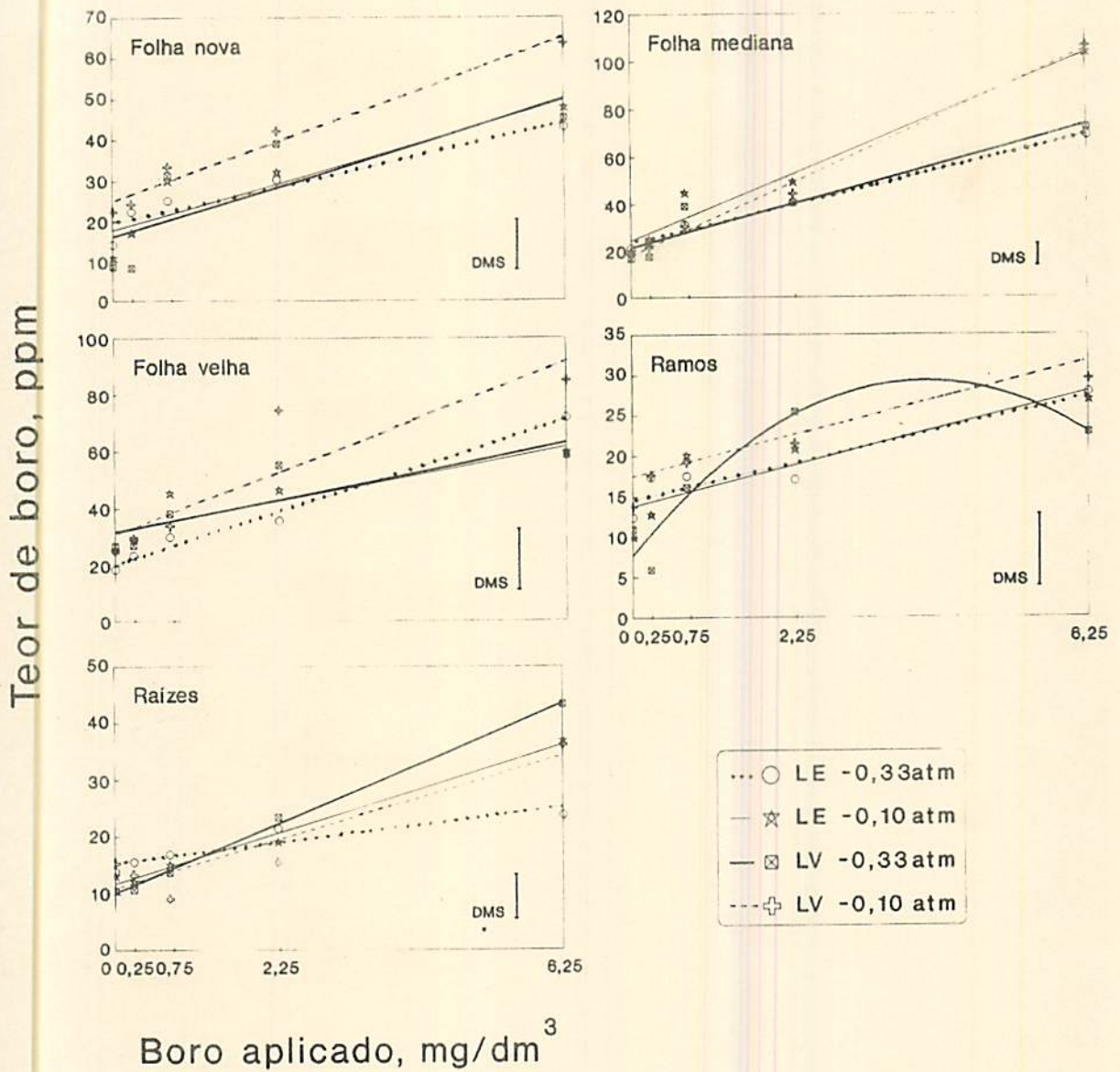


FIGURA 9 - Efeito das doses de B no teor do micronutriente na matéria seca das folhas nova, mediana, velha, dos ramos e das raízes de *E. citriodora*, cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidades (-0,33 e -0,10 atm). DMS (Tukey 5%).

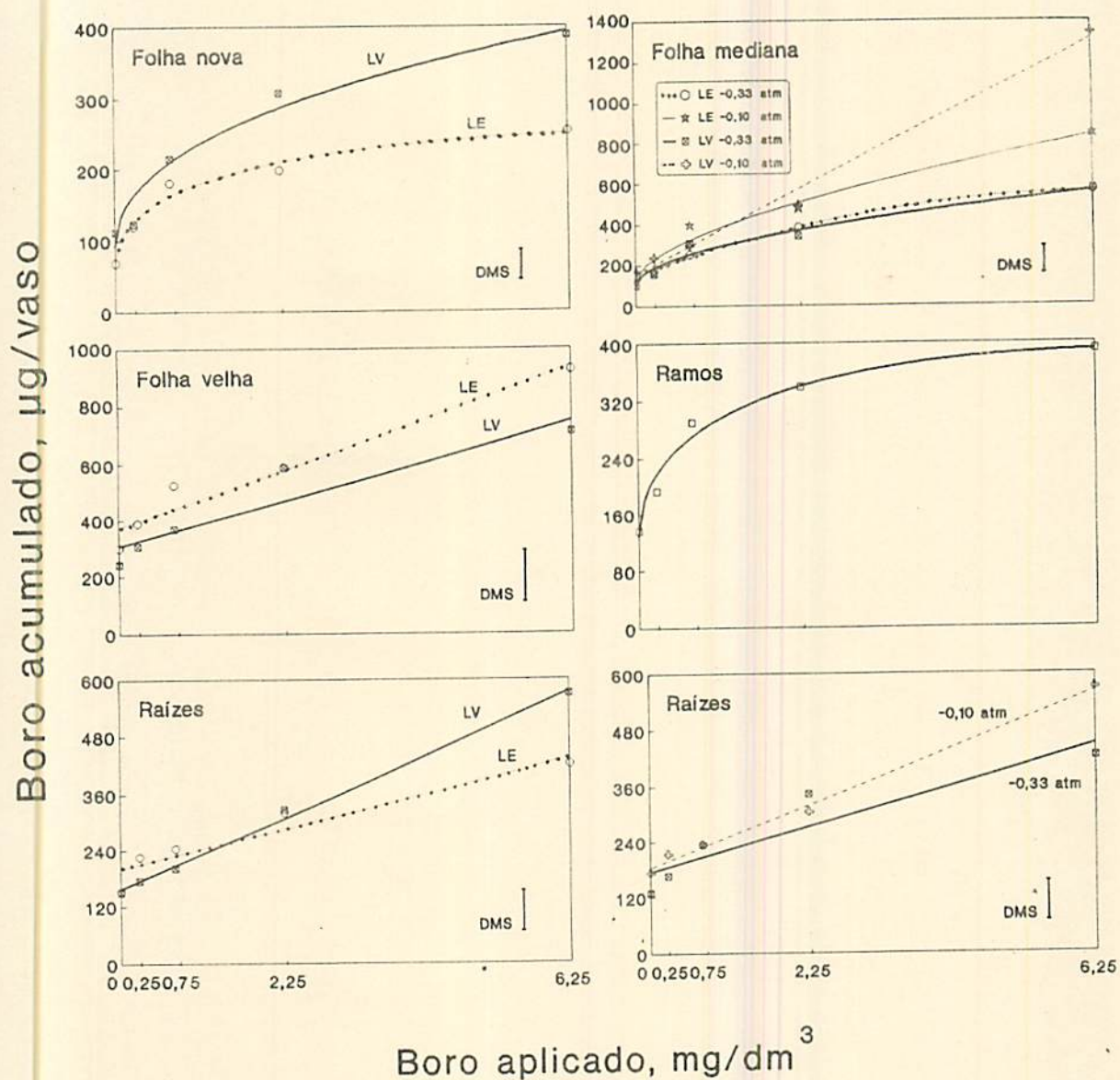


FIGURA 10 - Efeito das doses de B no acúmulo em boro pela matéria seca das folhas nova, mediana, velha, dos ramos e das raízes de *E. citriodora*, cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidades (-0,33 e -0,10 atm). DMS (Tukey 5%).

QUADRO 5 - Equações para os teores de boro em planta de *E. citriodora* ( $y = \text{ppm}$ ), em função das doses de boro aplicadas ( $x = \text{mg B/dm}^3$  de solo) em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade ( $-0,33$  e  $-0,10$  atm).

Parte da planta	Solo	Umidade (tensão)	Equações	R <sup>2</sup>
		- atm -		
Folha nova	LE	- 0,33	$y = 19,5125 + 3,93655x$	0,90**
		- 0,10	$y = 17,8026 + 5,10704x$	0,85**
	LV	- 0,33	$y = 16,1392 + 5,42989x$	0,66**
		- 0,10	$y = 25,011 + 6,38264x$	0,96**
Folha mediana	LE	- 0,33	$y = 22,9821 + 7,44101x$	0,98**
		- 0,10	$y = 24,3972 + 12,6783x$	0,96**
	LV	- 0,33	$y = 21,1960 + 8,38633x$	0,90**
		- 0,10	$y = 17,6520 + 13,9895x$	0,98**
Folha velha	LE	- 0,33	$y = 20,4714 + 8,09294x$	0,98**
		- 0,10	$y = 32,1407 + 4,69331x$	0,77**
	LV	- 0,33	$y = 31,6083 + 5,00511x$	0,74**
		- 0,10	$y = 30,9382 + 9,742x$	0,81**
Ramo	LE	- 0,33	$y = 14,5617 + 2,042x$	0,62**
		- 0,10	$y = 13,8007 + 2,26649x$	0,63**
	LV	- 0,33	$y = 7,7903 + 10,674x - 1,32368x^2$	0,60**
		- 0,10	$y = 17,4823 + 2,27985x$	0,28*
Raiz	LE	- 0,33	$y = 15,3681 + 1,5786x$	0,40**
		- 0,10	$y = 11,7945 + 3,88684x$	0,93**
	LV	- 0,33	$y = 10,1931 + 5,32229x$	0,96**
		- 0,10	$y = 11,0421 + 3,70628x$	0,68**

\*\* - Significativo a 1% (teste F).

QUADRO 6 - Equações para acumulação de boro pela planta de *E. citriodora* ( $y = \mu\text{g B/planta}$ ), em função das doses de boro aplicadas ( $x = \text{mg B/dm}^3$  de solo), em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

Parte da planta	Solo	Umidade (tensão)	Equações	R <sup>2</sup> 1/
		- atm -		
Folha nova	LE	(-0,33 e -0,10)	$y = 69,3646 + 125,049\sqrt{x} - 21,2180x$ 2/	0,75**
	LV	(-0,33 e -0,10)	$y = 92,2087 + 143,426\sqrt{x} - 9,23477x$ 2/	0,61**
Folha mediana	LE	- 0,33	$y = 151,673 + 125,388x - 9,67729x^2$	0,99*
		- 0,10	$y = 111,189 + 222,571\sqrt{x} + 26,4773x$	0,88*
	LV	- 0,33	$y = 100,207 + 174,134\sqrt{x} + 3,68924x$	0,93**
		- 0,10	$y = 154,812 + 185,072x$	0,98**
Folha velha	LE	(-0,33 e -0,10)	$y = 371,73 + 91,19137x$ 2/	0,57**
	LV	(-0,33 e -0,10)	$y = 306,078 + 70,959x$ 2/	0,67**
Ramo	(geral)		$y = 128,222 + 196,25\sqrt{x} - 36,675x$ 4/	0,43**
Raiz	LE	(-0,33 e -0,10)	$y = 200,261 + 37,5847x$ 2/	0,40**
	LV	(-0,33 e -0,10)	$y = 156,454 + 66,8724x$ 2/	0,83**
		- 0,33	$y = 174,113 + 43,8305x$ 3/	0,74**
	(LE e LV)	- 0,10	$y = 182,602 + 60,6266x$ 3/	0,51**
Parte aérea		- 0,33	$y = 587,538 + 537,267\sqrt{x} + 80,7055x$ 3/	0,74*
		- 0,10	$y = 679,953 + 504,280\sqrt{x} + 98,4173x$ 3/	0,75*

1/ \*, \*\* - significativo ao nível de 5% e 1%, respectivamente (Teste F).

2/ - Equação B acumulado x dose, independente de umidade

3/ - Equação B acumulado x dose, independente de solo

4/ - Equação B acumulado x dose, independente de solo e umidade

Através da Figura 9, nota-se que o teor de B nas folhas novas das plantas, aumentou com a aplicação de doses crescentes de B, porém, com diferentes respostas quando cultivadas em solos submetidos à diferentes tensões. As plantas desenvolvidas no LV a -0,10 atm,

apresentaram os maiores teores de B, mas esta diferença foi mais acentuada a partir da dose 3,0 mg B/dm<sup>3</sup> de solo.

A acumulação de um determinado nutriente é dependente tanto do seu teor quanto da quantidade de matéria seca produzida. A acumulação de B nas folhas novas foi maior no LV (Figura 10 e Quadro 6), influenciado por ambos - teor e matéria seca, independente da umidade. Embora a interação dose e umidade não tenha sido significativa (Apêndice 4), este efeito foi devido a este solo, quando submetido à -0,10 atm, ter promovido maiores teores de produções de matéria seca pelas folhas novas (Apêndices 5 e 6).

No presente trabalho, os teores médios de B na matéria seca das folhas novas, variaram de 8 a 64 ppm em função dos tratamentos utilizados (Apêndice 6). Teores de 12 a 152 ppm de B foram observados por ROCHA FILHO et alii (1979a) em folhas novas de *E. grandis* quando se aplicou até 2,0 ppm do micronutriente em solução nutritiva. Já ROCHA FILHO et alii (1979b) utilizando a mesma espécie, mas em um LV, fase arenosa, verificaram teores de 79 a 454 ppm de B, em folhas superiores, com aplicação de 0; 2,0 e 4,0 ppm de boro, não sendo, no entanto, mencionado neste trabalho, o teor de B no solo quando em fertilidade natural. Recentemente, teores de 31 a 44 ppm de B foram obtidos por CHRISTO & SANTOS (1990), na parte aérea de plantas de *E. citriodora*, com 90 dias de idade, desenvolvidas em um PV, fase arenosa com teor de 0,01 ppm de boro.

A produção máxima de matéria seca da parte aérea, foi

alcançada, quando a concentração interna do boro nas folhas novas, estava em torno de 39 ppm, para o LV a  $-0,10$  atm e próximo a 28 ppm para os demais tratamentos, concentrações estas obtidas pela substituição da dose correspondente à máxima produção de matéria seca da parte aérea na equação teor de boro na folha nova em função das doses (Quadro 5). Estes teores estão abaixo do encontrado por ROCHA FILHO et alii (1979a), em plantas de *E. grandis* com 120 dias, como a "concentração ótima" de boro em folhas jovens (68,5 ppm), isto é, a concentração que promoveu a maior produção de matéria seca, e pouco abaixo da ótima estimada para *E. citriodora* em CHRISTO & SANTOS, 1990 (42 ppm) num PV fase arenosa.

Com a substituição das doses de B que promoveram 90-95% da máxima produção de matéria seca da parte aérea na equação de teor de B na folha nova x dose B (Quadro 5), obteve-se a faixa crítica de B nesta parte da planta de *E. citriodora* (Quadro 7). Nota-se pouca diferença das faixas críticas obtidas para o LE quando se variou a umidade (20-21 ppm sob  $-0,33$  atm e 18-20 ppm a  $-0,10$  atm), reafirmando, assim, o fato das plantas cultivadas neste solo sofrerem pouca influência das variações de umidade, em contraste com o LV, onde esta diferença foi mais acentuada (16-18 ppm e 24-27 ppm, para  $-0,33$  e  $-0,10$  atm, respectivamente). Estes resultados estão de acordo com BATES (1971), onde menciona que a umidade, dentre outros fatores, pode afetar o nível crítico de um nutriente no tecido foliar. A faixa crítica encontrada neste trabalho, está abaixo do nível crítico estabelecido por ROCHA FILHO et alii (1979b) de 61 ppm de B nas folhas jovens de *E. grandis* em

um LV, fase arenosa, as possíveis influências serão discutidas posteriormente.

QUADRO 7 - Faixa crítica foliar de boro (ppm), correspondente a 90-95% da produção máxima de matéria seca, em dois latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm.).

Tratamento	Faixa crítica (90-95%)		
	Nova	Folha Mediana	Velha
		ppm	
LE - 0,33 atm	20-21	23-25	21-24
- 0,10 atm	18-20	25-29	32-34
LV - 0,33 atm	16-18	22-24	32-34
- 0,10 atm	24-27	19-23	32-35

Analisando o teor de B nas folhas medianas de plantas de *E. citriodora* (Figura 9), observa-se, tal como nas folhas novas, a tendência de acréscimo com aplicação de doses crescentes do micronutriente, cujos acréscimos estimados para cada unidade de B aplicada, estão demonstrados através das equações de regressão no Quadro 5. Verifica-se maiores coeficientes lineares para os solos sob -0,10 atm, sugerindo que a magnitude de respostas das plantas à aplicação de B, no seu conteúdo nas folhas medianas, é mais

dependente da umidade do que propriamente do solo, mas estas diferenças foram mais acentuadas a partir da dose  $1,50 \text{ mg B/dm}^3$  de solo.

O acúmulo em B pelas folhas medianas está representado na Figura 10, e as respectivas equações de regressão no Quadro 6. Observa-se que as tendências variaram em função dos tratamentos utilizados. O LV a  $-0,10 \text{ atm}$  promoveu um aumento no acúmulo de B, com aplicação de doses crescentes deste nutriente, enquanto que no LE  $-0,33 \text{ atm}$  este acúmulo ajustou-se a um modelo quadrático e os demais tratamentos a um modelo raiz quadrático. O LV a  $-0,10 \text{ atm}$  proporcionou, de maneira geral, o maior acúmulo do micronutriente, seguido do LE a  $-0,10 \text{ atm}$  e finalmente, de maneira semelhante, os solos submetidos  $-0,33 \text{ atm}$  (Apêndice 7). O maior acúmulo de B na folha mediana de plantas desenvolvidas no LV à  $-0,10 \text{ atm}$  foi reflexo, principalmente da maior produção de matéria seca, já que seus teores promovidos por estes solos foram pouco menores, quando comparados aos das plantas sob LE a  $-0,10 \text{ atm}$  (Apêndice 5 e 7).

Os teores médios de B nas folhas medianas variaram em torno de 16 a 107 ppm (Apêndice 7), em função dos tratamentos estudados. Faixas mais altas e mais amplas de 10 - 239 ppm de B, em folhas maduras, foram obtidas em mudas de *E. grandis* aos 120 dias de idade, com até 2,0 ppm de B em solução nutritiva, por ROCHA FILHO et alii (1979a). Através da equação obtida por CHRISTO & SANTOS (1990) para o teor de B na matéria seca da parte aérea ( $B_{p,A} = 31,4729 + 128,19059B$ ) em função do boro aplicado, estima-se uma faixa de 31 a 44 ppm de boro em plantas de *E. citriodora*, com

135 dias após semeadura, quando se aplicou 0; 0,05 e 0,10 ppm de B em um PV (textura arenosa).

Nas folhas medianas, os teores de boro correspondentes à produção máxima estimada de matéria seca da parte aérea, calculados de maneira semelhante aos da folha nova, foram de aproximadamente 39 ppm, para ambos os solos a -0,33 atm e 52 e 49 ppm respectivamente para o LE e LV a -0,10 atm. Os valores encontrados neste trabalho são inferiores aos de ROCHA FILHO et alii (1979b) onde obtiveram 85,7 ppm, como "concentração ótima" em folhas maduras de *E. grandis* e semelhante ao estimado em CHRISTO & SANTOS (1990) para a parte aérea de *E. citriodora* em um PV, fase arenosa.

As faixas críticas de boro para a folha mediana (Quadro 7) nos solos submetidos a -0,33 atm, praticamente não se diferenciaram (23 a 25 ppm para o LE e 22-24 ppm para o LV), já para os solos a -0,10 atm, observa-se uma maior diferença (25-29 ppm para LE e 19-23 para o LV). Este fato pode ter ocorrido, devido a uma maior produção de matéria seca desta parte da planta no LV a -0,10 atm, ocasionando um efeito de diluição dos teores nesta condição (Apêndices 5 e 7).

Nas Figuras 9 e 10, observa-se que os teores e acumulação em boro nas folhas velhas de plantas de *E. citriodora*, foram crescentes em função das doses de B aplicadas ao solo cujas equações de regressão são apresentadas nos Quadros 5 e 6. Os maiores teores de boro nestas folhas foram promovidos pelo LV a -0,10 atm, enquanto que a maior acumulação foi observada no LE, independente da umidade a que estes solos foram submetidos. No

entanto, as diferenças para teores foram mais acentuadas a partir da dose 4,00 mg B/dm<sup>3</sup> de solo.

Os teores de B encontrados nas folhas velhas das plantas nos tratamentos utilizados neste estudo, tiveram uma ampla variação, de 18 a 85 ppm (Apêndice 8). ROCHA FILHO et alii (1979a), com mudas de *E. grandis* com 120 dias de idade em solução nutritiva, obtiveram uma faixa bem mais ampla (10-239 ppm), quando se aplicou até 2 ppm de B. Com utilização de um LV, fase arenosa, com aplicação de 0, 2 e 4 ppm de B, juntamente com aplicações de Ca e P, ROCHA FILHO et alii (1979b) também obtiveram ampla variação nos teores de B nas folhas inferiores de *E. grandis* (47 a 500 ppm), quando não se aplicou cálcio, mas com uma faixa bem maior do que a encontrada neste trabalho e por ROCHA FILHO et alii (1979a).

Os teores de B correspondentes à produção máxima de matéria seca da parte aérea, calculados de modo similar aos da folha nova, corresponderam aproximadamente a 52 ppm para o LV a -0,10 atm; 42 ppm para o LE a -0,10 atm e o LV a -0,33 atm e 38 ppm para o LE a -0,33 atm. Estes valores são inferiores aos obtidos por ROCHA FILHO et alii, 1979a, (65 ppm de B) para folhas velhas do *E. grandis*.

As faixas críticas de B obtidas para as folhas velhas são apresentadas no Quadro 7, onde observa-se que houve pequena variação entre as faixas obtidas para os tratamentos utilizados (32-35 ppm de B), exceto para o LE a -0,33 atm que apresentou menores valores de nível crítico (21-24 ppm). Não encontrou-se uma explicação convincente para estes menores valores observados,

principalmente, devido os mesmos serem menores que os determinados nas folhas medianas e novas, o que contrariou o esperado dada a imobilidade do B nos tecidos das plantas.

Através das Figuras 9 e 10 e Quadros 5 e 6, nota-se que a resposta à aplicação de boro no teor deste micronutriente nos ramos e raízes teve uma tendência linear, exceto no LV a -0,33 atm onde observou-se uma tendência quadrática para os ramos, mostrando uma redução no teor de boro, a partir da dose 4,03 mg B/cm<sup>3</sup>. Esta tendência é de difícil explicação pois não foi observado efeito de diluição para justificar tal comportamento. Observa-se porém, baixos coeficientes de determinação ( $R^2$ ) nas equações de regressão ajustadas para os ramos (Quadro 5). Pelo Apêndice 9, verifica-se que a única diferença observada nos teores de B nos ramos foi nas plantas desenvolvidas no LV sob diferentes tensões, onde este solo a -0,33 atm foi o que promoveu menor teor de B nos ramos, confirmando a limitação deste tratamento.

A acumulação em B nos ramos em função das doses de boro ajustou-se a uma equação raiz quadrática (Quadro 6 e Figura 10), não sendo observada diferença entre os solos sob diferentes tensões; para as raízes houve ajuste às equações lineares crescentes, mostrando maior acúmulo no LV independente da umidade e para a interação doses x umidade este maior acúmulo ocorreu nos solos submetidos a -0,10 atm, indiferente do solo utilizado.

A faixa de teores médios de boro encontrados nos ramos foi de 5,93 a 29,46 ppm (Apêndice 9). Maiores concentrações foram encontradas em *E. grandis* por ROCHA FILHO et alii, 1979a, (12-51

ppm) para níveis até 2 ppm de B em solução nutritiva. E a faixa dos teores médios do nutriente encontrada na raiz foi de 9,10 a 43,12 ppm (Apêndice 10). Não foram encontrados na literatura trabalhos referindo-se ao teor de B nesta parte da planta.

Verifica-se pelo Apêndice 10, que quanto aos teores do micronutriente na raiz, não houve diferença significativa entre os tratamentos quando pequenas doses de B foram aplicadas. As diferenças observadas só foram constatadas a maiores doses, conforme também pode ser observado pela Figura 9 cujas equações de regressão estão apresentadas no Quadro 5.

De modo geral, o LV foi o solo que promoveu maior teor e acumulação em boro, principalmente quando submetido a -0,10 atm, exceto para o acúmulo em folhas velhas, onde o LE se mostrou superior aos demais, devido à maior produção de matéria seca proporcionado por este solo, compensando, inclusive, o menor teor de B promovido neste tratamento; e para o acúmulo nos ramos, onde não houve interação solo x umidade na resposta pela planta à aplicação do micronutriente.. No entanto, as diferenças encontradas, para o teor de B só foram mais acentuadas a partir da dose 1,40 mg B/dm<sup>3</sup>. Isto nos indica que as diferenças na disponibilidade de B a pequenas doses do nutriente não refletiram em diferenças significativas, nem nos teores de B e nem na produção de matéria seca da parte aérea. ROCHA FILHO et alii (1979a) observaram em solução nutritiva, que as concentrações de boro até 0,50 ppm não refletiram em diferenças significativas na concentração deste nutriente na parte aérea de *E. grandis*.

Em todas as partes avaliadas na parte aérea da planta, o aumento do teor de boro nos tecidos em função de doses crescentes deste nutriente, não correspondeu a aumentos na produção de matéria seca da parte aérea, a partir da dose 2,21 mg/dm<sup>3</sup> (relativa à produção máxima), indicando portanto, um provável consumo de B além das necessidades da planta, tal como observado por VANDERLEI (1984) em girassol, onde, possivelmente ocorreu um consumo de luxo. Como também não foram observados, nem nas maiores doses, sintomas típicos de toxidez que pudessem afetar este parâmetro. Possivelmente as doses utilizadas não foram suficientemente altas para que a toxidez se manifestasse ou o *E. citriodora* tolerou bem os teores observados, visto que nas maiores doses de B aplicado, estes atingiram valores de 3 a 4 vezes maiores que os níveis críticos determinados (Quadro 9 e Apêndices 6, 7 e 8). Este fato está de acordo com MALAVOLTA (1978) e NOVELINO et alii (1982) que relatam ser o *E. citriodora* mais tolerante à toxicidade de B.

Além de poucos, os trabalhos sobre teor e acumulação de boro nas diversas partes do eucalipto e até mesmo de outras culturas, foram desenvolvidos em condições bem distintas a deste experimento, ficando as comparações limitadas. No entanto, dentro destes limites e mantendo as devidas proporções, pode-se observar uma inferioridade nos teores de B nas diversas partes das plantas de *E. citriodora*, utilizado neste experimento, quando comparado ao *E. grandis* e até mesmo ao *E. citriodora*, utilizado por CHRISTO & SANTOS (1990). Estas diferenças obtidas podem ser decorrentes, dentre outros fatores, tanto da espécie utilizada como da

procedência da semente, que conforme BALLONI (1979) exerce um importante papel nas respostas à aplicação de B, além da idade da planta e parte vegetal analisadas e diferenças nos substratos utilizados, mesmo que as comparações tenham sido feitas com base no boro disponível às plantas.

Neste trabalho verificou-se que, de maneira geral, houve um incremento no teor de boro com a idade do tecido foliar, as folhas mais velhas apresentaram maiores teores que as medianas seguida das folhas novas, estando de acordo com Raven e Dugger, citados por MENGEL & KIRKBY (1982), onde mencionaram que devido a imobilidade do B, seu conteúdo é maior nos órgãos mais velhos. Neste estudo esta superioridade foi mais definida quando se comparou as folhas medianas com as novas. Os teores de B nos ramos e na raiz, de modo geral, foram inferiores aos obtidos na parte foliar, mas entre si estas partes não tiveram uma tendência definida.

#### 4.4.2. Relação cálcio e boro

A análise de variância (Apêndice 3) mostra que houve efeito significativo de solos e doses de B, na relação Ca/B da folha mediana de plantas de *E. citriodora*, sendo observado também efeitos interativos nesta parte da planta, entre solo x umidade e solo x umidade x dose. Os desdobramentos da interação tripla demonstraram que as doses de B afetaram de maneira significativa

( $P < 0,01$ ) a relação Ca/B da parte aérea tanto no LE quanto no LV nas duas umidades (-0,33 e -0,10 atm).

A Figura 11, mostra o efeito das doses de B nas relações Ca/B dos tratamentos utilizados, cujas equações de regressão (Quadro 8) demonstram a tendência de raiz quadrática decrescente, isto é, houve um decréscimo acentuado na relação Ca/B e posterior estabilização nas doses mais elevadas.

O efeito antagônico do Ca com relação ao boro é relatado por diversos autores (WOLF, 1940; JONES & SCARSETH, 1944; REEVE & SHIVE, 1944; ECK & CAMPEBLL, 1962; TANAKA, 1967; FOX, 1968; GUPTA, 1972; GUPTA & MacLEOD, 1970 e GUPTA, 1979). Por outro lado, CARVALHO et alii (1978), não evidenciaram efeitos de interação de B e Ca sobre o desenvolvimento do eucalipto e BOWEN (1981) relatou existir um efeito sinérgico entre o Ca e B, na absorção pela cana-de-açúcar.

Através do Apêndice 11, observa-se, como esperado, que quando não se aplicou B ao solo (dose 0) a planta atingiu os maiores valores da relação Ca/B. Neste quadro, notamos ainda que os maiores valores de Ca/B, foram promovidos pelo LE a -0,10 atm e os menores pelo LV a -0,10 atm, mas, no entanto, não houve diferenças significativas entre os tratamentos quando se aplicou a maior dose do micronutriente (6,25 mg/dm<sup>3</sup>).

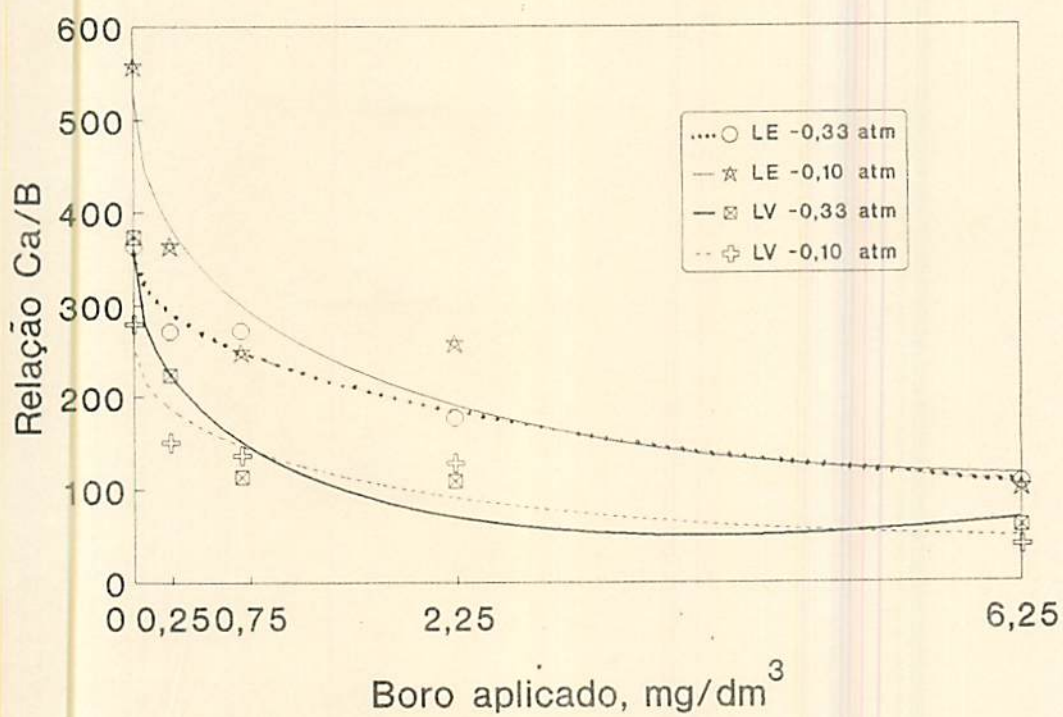


FIGURA 11 - Efeito das doses de B na relação Ca/B das folhas medianas do *E. citriodora*, cultivado em dois Latossolos (LE e LV) sob dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

QUADRO 8 - Equações de regressão para a relação Ca/B (Y) nas folhas medianas de *E. citriflora*, em função das doses de B aplicadas ( $x = \text{mg/dm}^2$  de solo), cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

Treatamento	Equação	R <sup>2</sup> //
LE - 0,33 atm	$y = 358,177 - 138,52/x + 14,9915x$	0,95**
- 0,10 atm	$y = 528,72 - 315,169/x + 60,0637x$	0,75**
LV - 0,33 atm	$y = 360,718 - 307,784/x + 76,2881x$	0,88**
- 0,10 atm	$y = 255,676 - 148,654/x + 26,2951x$	0,76**

\*\* - significativo a 1% (Teste F).

Os maiores valores da relação Ca/B encontrado no LE a - 0,10 atm, decorreu da maior concentração de Ca nos tecidos das plantas desenvolvidas neste solo, associado à semelhança nos teores de B das folhas medianas de plantas desenvolvidas em solos sob a mesma tensão. JONES & SCARSETH (1944) relataram que as plantas têm um comportamento diferenciado quanto à absorção de Ca e B, dependendo da disponibilidade no solo e que as plantas terão um desenvolvimento normal se existir equilíbrio na absorção desses elementos.

Substituindo-se a dose de B correspondente à produção máxima nas equações do Quadro 8, determinaram-se as relações Ca/B na folha mediana de 185 e 193 para o LE e 74 e 93 para o LV,

submetidos a  $-0,33$  e  $-0,10$  atm, respectivamente; da mesma maneira, as relações de 358 e 528 para o LE e 361 e 256 para o LV, correspondente a dose 0 (zero) de boro, foram relacionadas ao aparecimento de sintomas de deficiência de B. Considerou-se a dose 0 (zero), no caso acima, visto os sintomas de deficiência terem sido observados apenas nesta dose. Para toxidez, como só houve suspeita de sintomas no LV a  $-0,10$  atm, a relação Ca/B associada, foi de 48, correspondente a dose de  $6,25 \text{ mg/dm}^3$ .

As relações de Ca/B do LE a  $-0,10$  atm, correspondente à produção máxima e deficiência de B (193 e 528 respectivamente), se assemelham às encontradas por GUPTA (1972) para cevada, onde relaciona a máxima produção de grãos em 180 de Ca/B no tecido foliar e de 540 e 45 relacionadas à deficiência e toxidez de B, respectivamente. VANDERLEI (1984) obteve valores de 352 para LV, 406 ao LR e 446 ao PV associados aos sintomas deficiência de B em plantas de girassol, mas não chegaram no entanto, a afetar o desenvolvimento das plantas.

Neste estudo, observou-se ainda que no tratamento LV a  $-0,33$  atm a correlação entre matéria seca da parte aérea e Ca/B foi significativa embora o coeficiente obtido tenha sido baixo ( $R = -0,54$ ), enquanto nos demais tratamentos não foi obtida nenhuma correlação entre estes parâmetros.

#### 4.4.3. Sintomas de deficiência e toxidez de boro

Os sintomas da deficiência de B em plantas de *E. citriodora*, manifestaram-se de maneira definida somente na dose zero do micronutriente, mas a sua intensidade, bem como a época de surgimento, variou entre os solos utilizados, influenciado pelos níveis de umidade os quais foram submetidos.

O primeiro solo a manifestar os sintomas de deficiência foi o LV a  $-0,33$  atm, seguido pelo LE  $-0,33$  atm, do LE a  $-0,10$  atm e finalmente o LV a  $-0,10$  atm, correspondendo, respectivamente, a 50, 70, 100 e 110 dias após a semeadura, sendo que a evolução dos sintomas foi mais acentuada no LV a  $-0,33$  atm.

Os sintomas de deficiência iniciaram-se nos ponteiros das plantas, evoluindo para as partes inferiores. As folhas novas, de tamanho reduzido, tornaram-se coreáceas e enrugadas, cujas pontas enrolavam para baixo; com a evolução do sintoma, as mesmas apresentaram uma clorose internerval iniciando nos bordos que caminhava para o centro da folha. Em estágios mais avançados culminaram em necrose e queda das folhas novas e brotos. Nesta fase, as folhas mais velhas, duras e quebradiças, apresentavam um avermelhamento que seguia do ápice para a base e no estágio final do experimento (140 dias após a semeadura), verificou-se a emissão de várias brotações, sendo que algumas nem chegaram a se desenvolver, afetando assim o desenvolvimento da planta. Sintomas semelhantes em eucalipto foram descritos inicialmente por SAVORY (1962) e em seguida por TOKESHI (1976), ROCHA FILHO et alii (1978),

ROCHA FILHO (1979a) e NOVELINO et alii (1982).

O atrofiamento do sistema radicular foi observado apenas no LV a  $-0,33$  atm, onde as raízes tiveram uma interrupção da elongação das raízes, tornando-as grossas e mais curtas, o que concorda com ROCHA FILHO et alii (1978) que também observaram este atrofiamento como sintoma de deficiência de boro.

Os teores foliares médios de B aos 140 dias após a semeadura, associados aos sintomas de deficiência, verificados neste estudo para os solos submetidos aos níveis de umidade estão na faixa de 8-22 ppm, 16-21 ppm e 18-27 ppm para folhas novas, medianas e velhas, respectivamente (Apêndices 6, 7 e 8), correspondentes a dose 0, visto só ter sido observados estes sintomas nesta dose. Estes valores estão abaixo dos obtidos por ROCHA FILHO et alii (1979a) para folhas de *E. grandis* (46 ppm de B) e do estimado por CHRISTO & SANTOS (1990) para *E. citriodora* na parte aérea (34 ppm de B). Espécie diferente, procedência das sementes, solo, umidade, e principalmente idade do tecido avaliado e idade da planta, visto que os sintomas iniciaram bem antes da colheita das plantas, dentre outros, podem ter sido os fatores responsáveis por estes baixos valores.

Os sintomas de toxidez não foram bem identificados neste estudo. Notou-se apenas nas plantas desenvolvidas no LV a  $-0,10$  atm, com aplicação de  $6,25$  mg B/dm<sup>3</sup> de solo, uma emissão de brotações que não se desenvolveram, manifestando-se aos 110 dias após a semeadura, não chegando, portanto, a ser crítica para as plantas durante o experimento. O teor médio de B nas folhas que

desenvolveram estes sintomas foram de 107 ppm (folhas medianas), semelhante ao encontrado por ROCHA FILHO et alii, 1979b (100 ppm), para *E. grandis* aos 90 dias de idade e inferior ao estimado em CHRISTO & SANTOS, 1990 (44 ppm) para *E. citriodora*, também aos 90 dias de idade. Os sintomas descritos pelo primeiro autor não se assemelham aos observados neste experimento e nem com os descritos por Barret et alii, citados por BALLONI (1979). Baseado nestas discordâncias os sintomas observados neste estudo não foram caracterizados como de toxidez de B. Uma possível causa do não aparecimento da toxidez é a maior tolerância do *E. citriodora* à fitotoxicidade de B mencionada por MALAVOLTA (1978) e NOVELINO et alii (1982).

Pelas altas respostas na produção de matéria seca pelo *E. citriodora* a pequenas doses de B, associadas a menores teores deste nutriente na planta, quando comparada com demais espécies, deduz-se que apesar do *E. citriodora* ser classificado como sensível à deficiência de B (SAVORY, 1962 e MALAVOLTA, 1978) esta espécie não é muito exigente quanto a este micronutriente, pois pequenas quantidades do elemento foram suficientes para que as plantas não apresentassem sintomas de deficiência e se desenvolvessem normalmente.

## 5. CONCLUSÕES

Nas condições em que o estudo foi conduzido, os resultados permitem concluir que:

- Tanto o LV quanto o LE, nas suas condições naturais, não supriram as exigências em B do *E. citriodora*.

- A umidade do solo mostrou ser um fator importante no aproveitamento do B do solo pelas plantas, pois sob condições de menor umidade (-0,33 atm) os sintomas de deficiência ocorreram mais precocemente e de maneira mais acentuada, principalmente no solo mais arenoso (LV).

- Grande resposta em crescimento das plantas foi observada nas menores doses de B aplicadas até  $0,75 \text{ mg/dm}^3$  em ambos os solos, sendo que a aplicação de  $0,25 \text{ mg B/dm}^3$  permitiu a correção dos sintomas de deficiência em todos os tratamentos e a produção máxima de matéria seca da parte aérea na época da colheita foi obtida com aplicação de  $2,21 \text{ mg B/dm}^3$  solo, correspondente a 0,90 e 1,06 ppm de B disponível em água quente, respectivamente para o LE e LV.

- Os teores de B na folha mediana que permitiram a produção máxima de matéria seca da parte aérea e raiz variaram

respectivamente entre 39 a 52 ppm de B e 19 a 21 ppm de B.

- A faixa crítica de B disponível em água quente no solo, para 90-95% da produção máxima foi de 0,15 a 0,26 ppm para o LE e 0,08 a 0,22 ppm para o LV.

- A faixa crítica de B na planta para a mesma produção nos tratamentos utilizados foram de 16-27 ppm de B nas folhas novas, 19-29 ppm de B nas folhas medianas e 21-35 ppm de B nas folhas velhas.

## 6. RESUMO

Foi conduzido junto ao Departamento de Ciência do Solo da ESAL, Lavras-MG, um experimento em vasos de 3 dm<sup>3</sup>, sob condições de casa-de-vegetação, com objetivo de avaliar em LE de textura argilosa (Curvelo/MG) e LV de textura média (Itumirim/MG), o efeito de doses de boro no crescimento do *Eucalyptus citriodora*, sob dois níveis de umidade, correspondentes à -0,33 e -0,10 atm e determinar o nível crítico do micronutriente no solo e na planta.

Para tal, foi utilizado um delineamento experimental inteiramente casualizado, em esquema fatorial 2 x 2 x 5, com quatro repetições, sendo dois solos (LE e LV), dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) e cinco doses de B (0; 0,25; 0,75; 2,25 e 6,25 mg B/dm<sup>3</sup> de solo na forma de H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub>).

Os materiais de solos coletados na camada superficial (0-20 cm) foram analisados química e fisicamente, e receberam individualmente nos vasos uma adubação básica de N, P, K, S, Mg (complementação), e micronutrientes (Cu, Fe, Mn e Zn), além dos tratamentos com doses de B, e permaneceram em incubação por 15 dias em umidade adequada. Em seguida, foram amostrados novamente e analisados para B pelo método da água quente.

As sementes de *E. citriodora* foram plantadas diretamente nos solos, deixando-se através de desbastes apenas uma planta por vaso.

A umidade do solo foi rigorosamente controlada através de duas ou mais pesagens diárias do conjunto vaso-planta, repondo-se o volume evapotranspirado com água desmineralizada. Os tratamentos de umidade só foram aplicados após o desbaste para uma planta por vaso aos 35 dias após a sementeira.

Os resultados mostraram que tanto o LE quanto o LV, nas condições naturais, foram incapazes de suprir as exigências em B do *Eucalyptus citriodora*, pois nestas condições as plantas apresentaram sintomas típicos da deficiência de B, mas a aplicação de  $0,25 \text{ mg B/dm}^3$  de solo permitiu a correção destes sintomas em todos os tratamentos. As doses de B utilizadas afetaram a produção de matéria seca da parte aérea e da raiz, independente do solo e umidade, havendo uma grande resposta em crescimento das plantas nas menores doses, até  $0,75 \text{ mg B/dm}^3$  de solo sendo a dose  $2,21 \text{ mg B/dm}^3$  a que promoveu a produção máxima de matéria seca da parte aérea correspondendo a 0,90 e 1,06 ppm de B disponível pela água quente no LE e LV, respectivamente. A umidade do solo mostrou ser um fator importante no aproveitamento de B do solo pelas plantas pois sob condições de menor umidade ( $-0,33 \text{ atm}$ ), os sintomas de deficiência ocorreram mais precocemente e de maneira mais acentuada, principalmente no solo mais arenoso (LV). Os teores de B nas folhas medianas que permitiram a produção máxima de matéria seca da parte aérea variaram entre 39-52 ppm e da raiz 19-21 ppm de

B e altas relações Ca/B no tecido do *E. citriodora* foram associadas com problemas de deficiência de boro para esta cultura. A faixa crítica no solo de B disponível em água quente, para 90-95% da produção máxima foi de 0,15-0,26 ppm para o LE e 0,08-0,22 ppm para o LV. Na planta, as faixas críticas para a mesma produção nos tratamentos utilizados foram de 16-27 ppm de B nas folhas novas, 19-20 ppm de B nas folhas medianas e 21-35 ppm de B nas folhas velhas.

## 7. SUMMARY

### THE GROWTH OF *Eucalyptus citriodora* CULTIVATED IN TWO LATOSOLS UNDER THE INFLUENCE OF B AND MOISTURE LEVELS

This work was carried out at the Soil Science Department of the Escola Superior de Agricultura de Lavras (ESAL), Lavras - Minas Gerais State, with the objective of evaluating B dosages effect upon the *Eucalyptus citriodora* growth in both a clayey Dark Red Latosol - LEr (Curvelo-MG) and a medium texture Red Yellow Latosol - LVm (Itumirim-MG) at two moisture levels as well as determining the micronutrient critical level in both the soil and the plant. Three dm<sup>3</sup> vases were used.

A completely randomized design in a 2 x 2 x 5 factorial arrangement with four replications as follows: two soils (LEr and LVm), two moisture levels (-0,33 and -0,10 atm) and five B dosages (0.25; 0.75; 2.25; 6.25 mg B/dm<sup>3</sup> of soil under H<sub>3</sub>BO<sub>3</sub> form) was used. Soil materials were collected from the surface layer (0-20 cm), analyzed both chemically and physically, and fertilized separately in the vases by using basic fertilization with N, P, K, S, Mg and micronutrients (Cu, Fe, Mn, and Zn) besides B dosages treatments.

They were incubated at appropriate moisture for fifteen days. Later they were resampled in the vases and analyzed for B content by using the hot water technique. *E. citriodora* was sown in the vases each containing 10 seeds. Each vase-set was weighed daily so that the soil moisture could be controlled. Free of minerals water substituted for all the evapotranspired water volume. Moisture treatments were not used until 35 days after seeding when each vase was cleared in order to leave one plant per vase.

Results have showed that under natural conditions neither LE nor LV was able to supply the *Eucalyptus citriodora* requirements for B as under such conditions plants showed typical B lack symptoms which were, however corrected in all treatments when 0.25 mg/dm<sup>3</sup> of soil were added to each vase. The B dosages used were found to affect the dry matter production in both the aerial part and the root regardless either moisture or soil. A accentuated response in plant growth was noticed when low dosages - up to 0.75 mg/dm<sup>3</sup> of B were used. The maximum dry matter production in the aerial part was noticed at 2.21 mg/dm<sup>3</sup> corresponding to 0.90 and 1.06 ppm of B available in hot water in LE and LV respectively. Soil moisture has showed to be an important factor in the B profit by plants as the lack symptoms occurred earlier and more stressed under low moist conditions (-0,33 atm) especially in sandy soil. B contents in mature leaves which enabled the maximum dry matter production in the aerial part of the leaves ranged from 39-52 ppm. When the maximum dry matter production occurred in the root B content ranged from 19-21 ppm. High relationships between Ca/B in

*E. citriodora* tissue were related to the lack of that nutrient in such a crop. The critical range of available B content in hot water in the soil for 90-95% of maximum production was 0.15-0.26 for LE and 0.08-0.22 ppm for LV. In the plant the critical range noticed for the same dry matter production were 16-27 ppm of B in young leaves, 19-20 ppm in mature leaves and 21-35 in old leaves in the treatments.

## 8. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ALBERT, L.S. Induction and antagonism of boron-like deficiency symptoms of tomato plants by selected nitrogen-bases. *Plant Physiology, Pennsylvania*, 43(15):51-4, 1968.
2. ————. Ribonucleic acid content, boron deficiency symptoms, and elongation of tomato root tips. *Plant Physiology, Pennsylvania*, 40:649-52, 1965.
3. BALLONI, E.A. A utilização de boro em florestas plantadas. Piracicaba, IPEF, 1979. 18p. (Circular, 70).
4. BARROS, N.F. Interpretação de análises químicas de solo para o crescimento de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore, Viçosa*, 6(1):38-44, 1982.
5. BARROS, N.F.; BRAGA, J.M.; BRANDI, R.M. & DEFELIPO, B.V. Produção de eucalipto em solos de cerrado em resposta à aplicação de NPK, B e Zn. *Revista Árvore, Viçosa*, 5(1):90-103, 1981.

6. BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. & NEVES, J.C.L. Níveis críticos de fósforo no solo para eucalipto. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, 12(141):15-9, set. 1986.
7. BARTLETT, R.J. & PICARELLI, C.J. Availability of boron and phosphorus as affected by liming an acid potato soil. *Soil Science*, Baltimore, 116(2):77-83, 1973.
8. BATES, T.E. Factors affecting critical concentration in plants and their evaluation; a review. *Soil Science*, Baltimore, 112(2):116-30, Aug. 1971.
9. BERGER, K.C. & TRUOG, E. Boron deficiencies as revealed by plant and soil tests. *Journal of American Society Agronomy*, Madison, 32(4):297-301, Apr. 1940.
10. BIGGAR, J.W. & FIREMAN, M. Boron adsorption and release by soils. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 24:115-20, 1960.
11. BINGHAM, F.T.; PAGE, A.L.; COLEMAN, N.T. & FLACH, K. Boron adsorption characteristics of selected amorphous soil from Mexico and Hawaii. *Soil Science Society American Proceedings*, Madison, 35(3):546-50, July/Aug. 1971.

12. BLAKE, G.R. Bulk density. In: BLACK, C.A. **Methods of soil analysis: physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling.** Madison, American Society of Agronomy, 1965. Cap.30, pt.1, p.374-90.
13. BLANCHAR, R.W.; REHM, G. & CALDWELL, A.C. Sulfur in plant material digestion with nitric and perchloric acids. **Soil Science Society of America Proceeding**, Madison, 29(1):71-2, Jan./Feb. 1965.
14. BOHNSACK, C.W. & ALBERT, L.S. Early effects of boron deficiency on indolacetic acid oxidase levels of squash root tips. **Plant Physiology**, Pennsylvania, 59:1047-50, 1977.
15. BOWEN, J.E. Micro-element nutrition of sugar-cane. II. Interactions of micro-element accumulation. **Tropical Agriculture**, Saint Augustine, 58(3):215-20, 1981.
16. BRADFORD, G.R. Boron. In: CHAPMAN, H.D., ed. **Diagnostic Criteria for Plants and Soils.** Riverside, University of California, Division of Agricultural Science, 1966. p.33-61.
17. BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do. **Levantamento do teor de boro em alguns solos do Estado de São Paulo.** Piracicaba, ESALQ/ USP, 1965. 135p. (Tese MS).

18. BRASIL SOBRINHO, M. de O.C. do & FREIRE, J.C. O boro em alguns solos do Estado de São Paulo: avaliação por métodos químicos. *Revista da Agricultura*, Piracicaba, 55(1/2):83-105, 1980.
19. BUZETTI, S. Efeito de doses de boro e de zinco, em diferentes condições de acidez de um solo de cerrado na cultura da soja (*Glycine max* L. Merrill). Piracicaba, ESALQ/USP, 1988. 112p. (Tese de Doutorado).
20. CAMARGO, O.A. de. Micronutrientes no solo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO. ENXOFRE E MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA BRASILEIRA, 17, Londrina, 1986. *Anais...* EMBRAPA, CNPSo/IAPAR/SBCS, Londrina, 1988. p.113-20.
21. CARTWRIGHT, B.; TILLER, K.G.; ZARCINAS, B.A.; SPOUNCER, L.R. The chemical assessment of the boron status of soils. *Australian Journal Soil Research*, Melbourne, 21:321-32, 1983.
2. CARVALHO, C.M. Estudos das relações B/K e B/Ca na cultura de *Eucalyptus saligna* Smith (resultados preliminares). In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 3, Manaus, 1978. *Anais...* São Paulo, SBS, 1978. v.2, p.264-6.

23. CARVALHO, M.A. Eficiência de dispersantes na análise textural de materiais de solos com horizontes B latossólico e B textural. Lavras, ESAL, 1985. 79p. (Tese MS).
24. CASAGRANDE, J.C. O boro em alguns solos do município de Piracicaba. Piracicaba, ESALQ/USP, 1978. 122p. (Tese MS).
25. CATANI, R.A.; ALCARDE, J.C. & KROL, F.M. A adsorção de boro pelo solo. Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 28:189-98, 1971.
26. CHRISTO, S.S.M. de & SANTOS, O.S. dos. Efeitos do gesso e do boro na produção de mudas de *Eucalyptus citriodora*, Hook seedlings. Revista do Centro de Ciências Rurais, Santa Maria, 20(1/2):173-84, 1990.
27. CLARKSON, D.T. Adaptações morfológicas e fisiológicas das plantas a ambientes de baixa fertilidade. In: ROLAND, P.C., ed. Reciclagem de nutrientes e agricultura de baixos insumos nos trópicos. Ilhéus, CEPLAC/SBCS, 1985. p.45-75.
28. COOK, R.L. & MILLAR, C.E. Some soil factors affecting boron availability. Soil Science Society of American Proceedings, Madison, 4:297-301, 1939.

29. COX, F.R. & KAMPRATH, E.J. Micronutrient soil tests. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L., ed. *Micronutrients in Agriculture*. Soil Science Society of America, Madison, 1972. p.289-317.
30. DANTAS, J.P. Boro. In: SIMPÓSIO SOBRE MICRONUTRIENTES NA AGRICULTURA, 1., Jaboticabal, 1988. *Anais...* Jaboticabal, POTAFOS/CNPQ, 1991. p.113-130.
31. DAY, P.R. Particle fractionation and particle-size analysis. In: BLACK, C.A., ed. *Methods of soil analysis; physical and mineralogical properties, including statistics of measurement and sampling*. Madison, American Society of Agronomy, 1965. pt.1, Cap.43, p.545-66.
32. ECK, P. & CAMPBELL, F.J. Effect of high calcium application on boron tolerance of carnation, *Dianthus caryophyllus*. *American Society Hort. Science Proceeding*, Maryland, 81: 510-7, 1962.
33. ELLIS, B.G. & KNEZEC, B.D. Adsorption reactions of micronutrients in soil. In: MORTVEDT, J.J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. *Micronutrients in Agriculture*. Madison, Soil Science Society of America, 1972. Cap.4, p.59-78.

- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos. **Manual de Métodos de Análise de Solo**. Rio de Janeiro, 1979. n.p.
35. FAÇANHA, J.G.V.; OLIVA, M.A.; LOPES, N.E. & BARROS, N.F. Relação germinação/crescimento em espécies de eucalipto submetidas a estresse hídrico. *Revista Árvore*, Viçosa, 7(2):177-87, 1983.
36. FERREIRA, F.A. *Patologia Florestal: principais doenças florestais no Brasil*. Viçosa, Editora Folha de Viçosa 1989. 570p.
37. FOX, R.H. The effect of calcium and pH on boron uptake from high concentration of boron by cotton and alfafa. *Soil Science*, Baltimore, 106(6):435-9, 1968.
38. FURTINI NETO, A.E. *Efeito do enxofre no crescimento e assimilação de nitrogênio por diferentes espécies de eucalipto*. Lavras, ESAL, 1988. 95p. (Tese MS).
39. GOLDSCHMIDT, V.M. *Geochemistry*. Oxford, Claredon, 1958. 730p.

40. GOLFARI, L. Zoneamento ecológico do Estado de Minas Gerais para reflorestamento. Belo Horizonte, Centro de Pesquisa Florestal da Região do Cerrado, 1975. 65p. (Série Técnica, 3).
41. GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. *Advances in Agronomy*, New York, 31:273-307, 1979.
42. ————. Interaction effects of boron and lime on barley. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 36(2):322-4, Mar./Apr. 1972.
43. ————. Relationship of total and hot water-soluble boron and fixation of added boron to properties of podzol soil. *Soil Science of American Proceeding*, Madison, 32(1):45-8, 1968.
44. ———— & CUTCLIFFE, J.A. Effect of lime and boron on brown-heart, leaf tissue, calcium/boron ratios, and boron concentration of rutabaga. *Soil Science Society of America Proceedings*, Madison, 36(6):936-39, 1972.
45. ————; MacLEOD, J.D. & STERLING, J.D. Effects of boron and nitrogen on grain yield and boron and nitrogen concentrations of barley and wheat. *Soil Society American Journal*, Madison, 40(5):723-26, 1968.

46. HAAG, H.P. Nutrição mineral de *Eucalyptus*, *Pinus*, *Araucaria* e *Gmelina* no Brasil. Campinas, Fundação Cargill, 1983. 101p.
47. HATCHER, J.T.; BOWER, C.A. & CLARK, M. Adsorption of boron by soils as influenced by hydroxy aluminum and surface area. *Soil Science*, Baltimore, 104(6):422-6, 1967.
48. HILLEL, D. Soil and water. Physical principles and processes. New York, Academic Press, 1971. 288p.
49. HINGSTON, F.J. Reactions between boron and clays. *Australian Journal of Soil Research*, Melbourne, 2(1):83-95, Feb. 1964.
50. HODGSON, J.F. Chemistry of the micronutrient elements in soils. *Advances in Agronomy*, New York, 15:119-59, 1963.
51. HOROWITZ, A. & DANTAS, H. da S. Boro disponível nos solos da zona litoral-Mata de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Rio de Janeiro, 8(7):163-8, 1973.
52. JACKSON, M.L. Análise química de suelos. 2.ed. Barceloná, Omega, 1970. 662p.

53. JOHNSON, D.L. & ALBERT, L.S. Effect of selected nitrogen bases and boron on the ribonucleic acid content, elongation and visible deficiency symptoms in tomato root tips. *Plant Physiology*, Pennsylvania, 42:1307-1309, 1967.
54. JONES, H.E. & SCARSETH, G.D. The calcium-boron balance in plants as related to boron needs. *Soil Science*, Baltimore, 57:15-24, 1944.
55. KNUDSON, D.; CORRÊA, H. & YAHNER, J. Adubação de *Eucalyptus saligna*, S.M. em solos de cerrados de Minas Gerais. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE CERRADOS, 2, Sete Lagoas, 1972. *Anais...* 1972.
56. KUBOTA, J.; BERGER, K.C. & TRUOG, E. Boron movements in soils. *Soil Science Society American Proceeding*, Madison, 13(2):130-4, 1948.
57. LOPES, A.S. & CARVALHO, J.C. Micronutrientes: critério de diagnose para solo e planta, correção de deficiências e excessos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 17, Londrina, 1986. *Anais...* EMBRAPA-CNPSO/IAPAR/SBCS, Londrina, 1988. p.133-78.

58. MALAVOLTA, E. Elementos de Nutrição Mineral de Plantas. São Paulo, Agronômica Ceres, 1980. 251p.
59. ———. Micronutrientes na Adubação. São Paulo, Nutri-plant Indústria e Comércio, 1986. 70p.
60. ———; VITTI, G.C. & OLIVEIRA, S.A. de. Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações. Piracicaba, Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1989. 201p.
61. ———; TRANI, P.E.; ATHAYDE, M.F.; BRAGA, N.R.; NOGUEIRA, S.S.S. & MORAES, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de B em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*. Revista da Agricultura, Piracicaba, 53(4):243-7, 1978.
62. MALCOLM, M.; PAGE, A.L. & BINGHAM, F.T. Adsorption interactions of monosilicic and boric acid on hydrous oxides of iron and aluminum. Soil Science Society of America Proceedings, Madison, 36(3):510-4, May/June 1972.
63. MARCONI, A.; FREIRE, O.; ABRAHÃO, I.O. & BRASIL SOBRINHO, M.O.C. do. Boro nos minerais, rochas, solos e plantas. Revista Agricultura, Piracicaba, 55(1/2):33-9, 1980.

64. MARSCHNER, H. Mineral nutrition of higher plants. London, Academic Press, 1986. 674p.
65. MARTENS, D.C. Plant availability of extractable boron, copper and zinc as related to selected soil properties. *Soil Science*, Baltimore, 106(1):23-8, 1968.
66. MENGEL, K. & KIRKBY, E.A. Principles of plant nutrition. Bern International Potash Institute, 1982. 655p.
67. MILJKOVIC, N.S.; MATTHEWS, B.C. & MILLER, M.H. The available boron content of the genetic horizons of some ontaric soils. 1. The relationship between water-soluble - boron and other soil properties. *Canadian Journal Soil Science*, Ottawa, 46(2):133-8, June 1966.
68. MITCHELL, R.L. Trace elements in soils. In: BEAR, F.E., ed. *Chemistry of the soil*. New York, Reinhold, 1965. p.320-68.
69. MOZAFAR, A. Boron effect on mineral nutrients of maize. *Agronomy Journal*, Madison, 81:285-90, 1989.

70. NEVES, J.C.L.; GOMES, J.M. & NOVAIS, R.F. Fertilização mineral de mudas de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. *Relação Solo-Eucalipto*. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, 1990. p.99-126.
71. NORRISH, K. Geochemistry and mineralogy of trace elements. In: NICHOLAS, D.J.O. & EGAN, A.R. *Trace elements in soil-plant-animal-systems*. New York, Academic Press, 1975. p.55-81.
72. NOVAIS, R.F.; BARROS, N.F. & NEVES, J.C. Nutrição mineral de eucalipto. In: BARROS, N.F. & NOVAIS, R.F. *Relação Solo-Eucalipto*. Viçosa, Ed. Folha de Viçosa, 1990. p.25-98.
73. NOVELINO, J.O.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F. de; NOVAIS, R.F. de & MUNIZ, A.S. Efeito de níveis de boro no crescimento de *Eucalyptus* spp. *Revista Árvore*, Viçosa, 6(1):45-51, 1982.
74. OERTLI, J.J. & GRGUREVIC, E. Effect of pH on the absorption of boron by excised roots. *Agronomy Journal*, Madison, 67:278-80, 1975.
75. OKAZAKI, E. & CHAO, T.T. Boron adsorption and desorption by some Hawaiian in soils. *Soil Science*, Baltimore, 105 (4):255-9, 1968.

76. OLSON, R.U. & BERGER, K.C. Boron fixation as influenced by pH, organic matter content, and other factors. *Soil Science Society of American Proceedings*, Madison, 12(5): 216-20, 1946.
77. PARKS, W.L. & WHITE, J.L. Boron retention by clay humus systems saturated with borious cations. *Soil Science Society American Proceeding*, Madison, 16(3):298-300, 1952.
78. PAVAN, M.A. & CORREA, A.E. Reações de equilíbrio solo-boro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, 23(3):261-69, 1988.
79. POLLARD, A.S.; PARR, A.J. & LOUGHMAN, B.C. Boron in relation to membrane function in higher plants. *Journal of Experimental Botany*, Oxford, 28(105t):831-41, 1977.
80. RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A.; CANTARELLA, H.; FERREIRA, M.E.; LOPES, A.S. & BATAGLIA, D.C. *Análise química do solo para fins de fertilidade*. Campinas, Fundação Cargill, 1987. 170p.
81. REEVE, E. & SHIVE, J.W. Potassium-boron and calcium-boron relationships in plant nutrition. *Soil Science*, Baltimore, 57:1-14, 1944.

82. REICHARDT, K. Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4.ed. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 466p.
83. RESENDE, M. Pedologia. Viçosa, UFV, 1982. 100p.
84. RHOADES, J.D.; INGVALSON, R.D. & HATCHER, J.T. Adsorption of boron by ferromagnesian minerals and magnesium hydroxide. Soil Science Society American Proceedings, Madison, 34(6): 938-41, 1970.
85. RIBEIRO, A.C. Adsorção de boro pelo solo. Viçosa, UFV, 1974. 38p.
86. ——— & TUCANANGO SARABIA, W.A. Avaliação de extratores para zinco e boro disponíveis em latossolos do Triângulo Mineiro. Revista Brasileira de Ciência do Solo, Campinas, 8(1):85-9, 1984.
87. RICHARDS, L.A. & FIREMAN, M. Pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. Soil Science, Baltimore, 56:395-404, 1943.
88. ROCHA FILHO, J.V. de C.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. de. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. Anais da ESALQ, Piracicaba, 35:19-34, 1978.

89. ROCHA FILHO, J.V. de C.; HAAG, H.P. & OLIVEIRA, G.D. de.  
Influência do boro no crescimento e na composição química de *Eucalyptus grandis*. Anais da ESALQ, Piracicaba, 36: 139-51, 1979a.
90. —————; SARRUGE, J.R. & HAAG, H.P. Efeitos da aplicação de P, B, Zn e calagem no teor de boro e zinco das folhas de mudas de *Eucalyptus grandis* (Hill, Ex-Maiden) cultivadas em solo de cerrado. Anais da ESALQ, Piracicaba, 36:119-33, 1979b.
91. SAVORY, B.M. Boron deficiencie. *Empire Forestry Review*, London, 41(2):118-26, 1962.
92. SIMS, J.R. & BINGHAM, F.T. Retention of boron by layer silicates, sesquioxides and soil materials. II. Sesquioxides. *Soil Science Society American Proceedings*, Madison, 32(3):364-9, 1968.
93. SIQUEIRA, J.O. & FRANCO, A.A. *Biotechnology do solo: fundamentos e perspectivas*. Brasília, MEC-ESAL-FAEPE-BEAS, 1988. p.236.

94. STONE, E.L. Boron deficiency and excess in forest trees: a review. *Forest Ecology and Management* (1990) 37(1-3):49-75 [En, 95 ref.]. Soil Science Department, University of Florida, Gainesville. In: FORESTRY ABSTRACTS, Australia, 52(11):1109, abst. 7889, Nov. 1991.
95. TANAKA, H. Boron absorption by crop grass as affected by other nutrient of the medium. *Soil Science and Plant Nutrition*, Tokyo, 13(2):41-4, 1967.
96. TISDALE, S.L.; NELSON, W.L. & BEATON, J.D. *Soil Fertility and Fertilizers*. 4<sup>th</sup> ed. New York, MacMillan, 1985. 754p.
97. TOKESHI, H.; GUIMARÃES, R.F. & TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. *Summa Phytopathologica*, Piracicaba, 2:122-6, 1976.
98. VANDERLEI, J.C. Boro em materiais de três solos do município de Lavras, Estado de Minas Gerais. Lavras, ESAL, 1984. 96p. (Tese MS).
99. VETTORI, L. *Métodos de análises do solo*. Rio de Janeiro, Ministério da Agricultura, 1969. 24p. (Boletim Técnico, 7).

100. WOLF, B. Factors influencing availability of boron in soil and its distribution in plants. *Soil Science*, Baltimore, 50:209-20, 1940.

## APÊNDICE

APÊNDICE 1 - Resumo das análises de variância da produção de matéria seca da parte aérea (PA), da raiz, total, raiz/PA e da altura de plantas de *E. citriodora* cultivado em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a níveis de umidade e doses de B.

Causas de variação	GL	Quadrado médio				
		Parte aérea	Raiz	Total	Raiz/PA	Altura
Solo (S)	1	490,50**	16,16ns	307,75**	0,067**	3.361,84**
Umidade (U)	1	561,11**	232,66**	1.562,29**	0,025ns	883,13**
Dose (D)	4	105,99**	81,50**	368,02**	0,018ns	153,47ns
Interação (S x U)	1	453,10**	224,68**	1.338,33**	0,023ns	678,60*
Interação (S x D)	4	8,14ns	16,42ns	9,58ns	0,012ns	189,30ns
Interação (U x D)	4	16,85ns	12,00ns	1,05ns	0,015ns	34,48ns
Interação (S x U x D)	4	7,39ns	23,50ns	4,20ns	0,017ns	193,88ns
Resíduo	60	14,68	13,53	34,10	0,007	102,17
Umidade: LE	1	2,88ns	0,03ns	4,33ns		6,72ns
Umidade: LV	1	1.011,33**	457,31**	2.896,29**		1555,01**
CV (%)		9,37	24,72	10,46	23,53	13,20

\*; \*\*; ns: significativo a 5% e 1% e não significativo, respectivamente (Teste F).

APÊNDICE 2 - Produção de matéria seca da parte aérea, raiz e total de plantas de *E. citriodora*, do Latossolo Vermelho Escuro (Curvelo-MG) e Latossolo Vermelho Amarelo (Itumirim-MG), submetidos aos níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm) e doses de boro (média de 4 repetições).

Doses de boro (mg/dm <sup>3</sup> )	Parte aérea				Raiz				Total			
	LE		LV		LE		LV		LE		LV	
	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10
	- atm -				- atm -				- atm -			
	----- g/planta -----											
0,00	38,44aA	39,92bA	27,61aB	38,73aA	10,79aA	11,72aA	10,13aA	12,45bA	49,20bA	51,64aA	37,74aB	51,18bA
0,25	45,09aA	40,89bAB	34,32aB	45,18aA	13,93aAB	18,90aA	10,32aB	17,66abA	59,02aA	59,79aA	44,64aB	62,83aA
0,75	44,77aA	47,76abA	34,75aB	44,33aA	16,28aAB	14,14aB	13,84aB	23,16aA	61,05aA	61,90aA	48,59aB	67,49aA
2,25	44,36aA	48,65aA	35,22aB	49,23aA	17,69aAB	14,07aB	13,81aB	22,30aA	62,05aA	61,79aA	49,03aB	71,53aA
6,25	42,21aA	44,38aA	33,90aB	44,39aA	13,72aA	14,08aA	12,00aA	17,17abA	55,93aAB	58,26aA	45,90aB	61,56aA
	42,97A	44,32A	33,16B	44,37A	14,48B	14,58B	12,02B	18,55A	57,45B	58,67B	45,18C	62,92A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Tukey 5%).

APÊNDICE 3 - Resumo das análises de variância dos teores de boro em folha nova, mediana, velha, ramo, raiz, e do teor de cálcio e relação Ca/B na folha mediana de *E. citriodora*, cultivado em dois Latossolos (LE e LV) submetidos à níveis de umidade e doses de B.

Causas de variação	GL	Quadrado médio						
		F. Nova	F. Mediana	F. Velha	Ramo	Raiz	Ca	Ca/B
Solo (S)	1	413,64**	90,08ns	932,84**	0,0005ns	2,76ns	4,14505**	244536,61**
Umidade (U)	1	626,70**	1705,06**	916,80**	70,4439ns	11,39ns	0,46360**	6975,11ns
Dose (D)	4	3341,64**	12305,68**	5541,82**	578,8131**	1400,03**	0,08786**	220441,07**
Interação S x U	1	516,58**	90,97ns	48,51ns	97,7924*	58,94ns	0,53956**	45936,11**
Interação S x D	4	109,10*	37,54ns	416,63**	34,7411ns	112,62**	0,01735**	4862,05ns
Interação U x D	4	51,13ns	817,94**	94,88ns	11,4675ns	47,28*	0,03595**	3432,17ns
Interação S x U x D	4	108,54*	111,02**	498,94**	77,9560*	113,01**	0,00152ns	17386,30**
Resíduo	60	44,10	24,08	130,17	22,6814	17,13	0,00385	2912,38
Umidade: LE	1	2,66ns			1,11ns		1,00172**	44355,60*
Umidade: LV	1	1140,62**			167,12**		0,00144ns	8555,62ns
Dose: LE							0,06132**	
Dose: LV							0,04389**	
Dose: -0,33 atm							0,02975**	
Dose: -0,10 atm							0,09405**	
Dose: LE: - 0,33 atm	4	459,41**	1490,24**	1776,53**	127,77**	66,88*		39092,12**
Dose: LE: - 0,10 atm	4	833,29**	4457,87**	757,61**	179,41**	408,19**		114077,95**
Dose: LV: - 0,33 atm	4	1195,53**	2074,36**	904,18**	259,72**	758,72**		63139,45**
Dose: LV: - 0,10 atm	4	1122,19**	5255,70**	3113,96**	136,08**	439,14**		29812,07**
CV (%)		22,49	11,76	27,25	26,08	21,92	9,24	24,98

\*; \*\*; ns - significativo a 5%, 1% e não significativo, respectivamente (Teste F).

APÊNDICE 4 - Resumo das análises de variância da acumulação de boro em folhas nova, mediana, velha, ramos, raiz e na parte aérea (PA) de plantas de *E. citrifoliosa* em Latossolos (LE e LV), nas diferentes unidades e doses de boro.

Quadrado médio

Causas da variação

GL

	F. Nova	F. Mediana	F. Velha	Ramo	Raiz	PA
Solo (S)	1	46940**	522040**	36781*	2804ns	164403ns
Unidade (U)	1	109268**	737738**	56162*	32645*	4487346**
Dose (D)	4	140885**	1204566**	1183889**	172503**	298367**
Interação S x U	4	82235**	226543**	145449**	20449ns	167814ns
Interação S x D	4	12026**	54403**	172025**	13550ns	25606**
Interação U x D	4	1432ns	179296**	35140ns	6608ns	21996**
Interação S x U x D	4	1871ns	55844**	70039ns	16276ns	8187ns
Resíduo	60	1674	4974	30862	8440	6985
Unidade: LE	1	959ns	94217**	945581**	10424ns	
Unidade: LV	1	190543**	450927**	58701ns	191187**	
Dose: LE	4	40429**	104188**	84137**		
Dose: LV	4	112482**	314026**	239835**		
Dose: - 0,33 atm	4				120216**	255643**
Dose: - 0,10 atm	4				200145**	6479650**
Dose: LE: - 0,33 atm	4	113068**				
Dose: LE: - 0,10 atm	4	327146**				
Dose: LV: - 0,33 atm	4	130836**				
Dose: LV: - 0,10 atm	4	923060**				
CY (%)		20,88	18,75	33,67	34,13	30,11
						18,68

\*: ns - significativo a 5%, \*\* - significativo a 1% e não significativamente (Teste F).

APÊNDICE 5 - Produção de matéria seca pela folha nova, mediana, velha, ramos e pela raiz do *E. citriodora* em dois Latossolos (LE e LV) submetidos a diferentes umidades (-0,33 e -0,10 atm)

Dose de boro mg/dm <sup>3</sup>	F. Nova		F. Mediana		F. Velha		Ramo		Raiz											
	LE	LV	LE	LV	LE	LV	LE	LV	LE	LV										
	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10										
	(atm)		(atm)		(atm)		(atm)		(atm)											
0,00	5,28	5,87	4,92	8,11	7,34	6,33	6,21	9,13	12,03	14,90	8,68	9,98	13,76	12,82	7,80	11,51	10,79	11,72	10,13	12,45
0,25	6,00	6,13	6,01	8,11	7,14	6,73	9,09	11,12	14,10	14,93	8,64	12,82	17,85	13,10	10,58	13,13	13,93	18,90	10,32	17,65
0,75	6,41	6,60	5,27	7,90	8,09	8,84	7,84	9,71	12,05	15,19	8,49	11,96	18,22	17,13	13,15	14,76	16,18	14,14	13,84	23,16
2,25	6,25	6,38	6,20	8,86	9,40	9,67	8,40	11,09	12,35	15,97	9,04	9,04	16,36	16,63	11,58	15,24	17,64	14,07	13,31	22,30
5,25	5,40	5,68	6,61	7,44	8,09	8,07	7,79	12,56	12,40	16,22	8,71	8,20	16,32	14,41	10,79	16,18	13,72	14,08	12,00	17,17
	5,87	6,13	5,80	8,08	8,01	7,93	7,87	10,72	12,59	15,44	8,65	10,40	16,50	14,82	10,78	15,16	14,45	14,58	11,92	18,55

APÊNDICE 6 - Teor e acumulação de boro em folhas novas de *E. citriodora* em dois Latossolos (LE e LV) sob diferentes umidades (-0,33 e -0,10 atm)

Dose de B aplicado (mg/dm <sup>3</sup> )	Teor (ppm)				Acumulado (µg/planta)			
	LE		LV		LE		LV	
	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10
	- atm -							
0,00	14,06cAB	10,67dA	8,42cB	22,38cA	74,29cB	62,58bB	41,46cB	181,45dA
0,25	22,32bcA	16,98cdAB	8,19cB	24,24cA	133,90bcA	104,20bBC	49,26cC	196,57cdA
0,75	25,21bA	29,98bcA	31,33bA	33,40bcA	161,51abB	197,80aAB	165,23bB	263,83cA
2,25	30,38abA	32,11bA	39,09abA	42,08bA	189,82abB	204,82aB	242,46abB	372,77bA
6,25	42,99aB	47,79aB	45,25aB	63,59aA	232,26aB	271,35aB	299,43aB	473,42aA
Médias	26,99B	27,51B	26,46B	37,14A	158,36B	168,15B	159,57B	297,61A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Tukey 5%).

APÊNDICE 7 - Teor e acumulação de boro em folhas medianas de *E. citriodora* em solos sob diferentes tensões

Dose de B aplicado (mg/dm <sup>3</sup> )	Teor (ppm)				Acumulado (µg/planta)			
	LE		LV		LE		LV	
	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10
	- atm -				- atm -			
0,00	21,14dA	19,60cA	16,41cA	18,53dA	155,14cA	123,97cA	101,92cA	169,19cA
0,25	23,83cdA	24,84cA	17,30cA	21,39cdA	170,11cA	167,08cA	157,34cA	237,96cA
0,75	31,16bcB	44,96bA	39,16bAB	30,33cB	252,26bcB	397,26bA	307,15bAB	294,53cAB
2,25	40,55bA	49,31bA	40,48bA	44,39bA	381,36bAB	476,66bA	339,93bB	446,25bAB
6,25	68,93aB	103,72aA	72,30aB	106,52aA	557,62aC	836,83aB	564,15aC	1338,39aA
Médias	37,12C	48,49A	37,13C	44,23B	303,30C	400,36B	294,10C	497,26A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Tukey 5%).

APÊNDICE 8 - Teor e acumulação em boro em folhas velhas de *E. citriodora* cultivado em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10)

Dose de B aplicada (mg/dm <sup>3</sup> )	Teor (ppm)				Acumulado (µg/planta)			
	LE		LV		LE		LV	
	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10
	- atm -				- atm -			
0,00	18,43bA	25,16bA	26,88bA	25,09bA	221,79bA	374,93bA	233,44bA	250,44bA
0,25	23,56bA	29,59bA	27,08bA	29,15bA	332,27bA	441,74bA	234,00bA	373,58abA
0,75	30,03bA	45,14abA	38,08abA	33,90bA	361,81bAB	685,67abA	323,29bB	405,49abAB
2,25	35,52bB	46,16abB	55,19aAB	74,29aA	438,55bA	737,18bA	498,75abA	671,52aA
6,25	71,73aAB	59,24aB	58,36aB	84,80aA	889,13aA	960,87aA	723,47aA	695,01aA
Média	35,85B	41,06AB	41,12AB	49,45A	448,71B	640,08A	400,59B	479,20B

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Tukey 5%).

APÊNDICE 9 - Teor e acumulação em boro nos ramos de *E. citriodora*, cultivado em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade.

Dose de B aplicada (mg/dm <sup>3</sup> )	Teor (ppm)				Acumulado (µg/planta)			
	LE		LV		LE		LV	
	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10
	- atm -				- atm -			
0,00	12,42bA	10,05cA	10,97bcA	13,75bA	170,89bA	128,84cAB	85,57bB	158,26bA
0,25	17,35bA	12,82bcAB	5,93cB	17,68bA	309,69abA	167,94bcC	62,74bD	232,14bB
0,75	17,55bA	20,06abA	16,11abA	19,21bA	319,76abAB	343,62abA	211,85abC	283,53bB
2,25	17,08bA	20,80abA	25,36aA	21,46abA	279,43abB	345,90aA	293,67aAB	327,05abAB
6,25	27,80aA	26,80aA	22,75aA	29,46aA	453,69aA	386,19aB	245,47abC	476,86aA
Média	18,44AB	18,11AB	16,22B	20,31A	306,69A	276,50A	179,86B	295,53A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Tukey 5%).

APÊNDICE 10 - Teor e acumulação em boro na raiz de *E. citriodora*, cultivado em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade.

Dose de B aplicada (mg/dm <sup>3</sup> )	Teor (ppm)				Acumulado (µg/planta)			
	LE		LV		LE		LV	
	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10	-0,33	-0,10
	- atm -							
0,00	13,81bA	13,05bA	10,57cA	15,34bA	149,00bA	152,95bA	107,07cA	190,98bA
0,25	15,57abA	12,28bA	10,74cA	13,34bA	216,89abA	232,09bA	110,84cA	235,45bcA
0,75	16,82abA	14,99bA	13,76cA	9,10bA	272,15abA	211,96bA	190,44bcA	210,76bcA
2,25	21,28abAB	18,92bAB	23,33bA	15,37bB	375,38aA	266,20bA	310,52bA	342,75bA
6,25	23,61aC	36,65aAB	43,12aA	36,01aAB	323,9aB	516,03aA	517,44aA	618,29aA
Média	18,21A	19,18A	20,30A	17,83A	267,47AB	275,85AB	247,26B	319,65A

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si (Tukey 5%).

APÊNDICE 11 - Relação Ca/B nas folhas medianas de *E. citriodora* cultivado em dois Latossolos (LE e LV), submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm).

Dose mg/dm <sup>3</sup>	Tratamento		LV		Geral
	LE		LV		
	0,33	0,10	0,33	0,10	
	- atm -		- atm -		
0,00	363,50 a B	556,00 a A	373,00 a B	279,25 a C	392,94a
0,25	270,75 ab B	362,75 b A	222,75 b B	149,50 b C	251,44b
0,75	272,50 ab A	247,25 c A	115,00 c B	135,50 bc B	192,56c
2,25	177,00 bc B	257,25 bc A	109,00 c B	128,00 bc B	167,81c
6,25	106,25 c A	99,75 d A	59,00 c A	38,25 c A	75,81d

Médias seguidas da mesma letra minúscula na coluna e maiúscula na linha não diferem entre si (Tukey 5%).