

Nutrição e Adubação com Boro em *Eucalyptus*

Ronaldo Luiz Vaz de Arruda Silveira¹, Valter Casarin²,
Teluira de Andrade e Paula¹, Ronaldo Ivan Silveira¹

1 INTRODUÇÃO

O Brasil ocupa posição de destaque na exploração e produção de produtos florestais a partir de florestas de eucalipto e pinos. O setor florestal mantém atualmente cerca de 4,8 milhões de hectares de florestas plantadas, sendo 62% dessa área ocupada por espécies de eucalipto. A cultura do eucalipto ocupa uma área de aproximadamente 3 milhões de hectares, sendo que 51% e 19% dessa área se encontram nos estados de Minas Gerais e São Paulo, respectivamente (Fonte: www.sbs.org.br).

O eucalipto, por apresentar rápido crescimento, elevada produtividade, ampla diversidade de espécies, grande capacidade de adaptação e pelo seu uso destinado à diferentes finalidades, tem sido amplamente utilizado em plantações florestais. A grande maioria dos plantios é para fins industriais, como madeira para serraria, postes, aglomerados e, principalmente para produção de celulose e carvão. O Brasil tem atualmente 1.252.387 ha de áreas reflorestadas com eucalipto destinados ao setor de papel e celulose, destacando os plantios nos estados de São Paulo 27%, Bahia 26%, Minas Gerais 13% e Espírito Santo 10% (Fonte: www.bracelpa.org.br) **Figura 1.**

As exportações brasileiras de produtos florestais manufaturados

em 2005 atingiram valores da ordem de 6,5 bilhões de US\$, sendo o setor de papel e celulose responsável por 52,9% desse montante. (florestar estatístico, 2006) Entretanto, a maioria dos povoamentos florestais encontra-se em solos pobres, muito intemperizados e lixiviados, onde os nutrientes ocorrem em níveis limitantes para o desenvolvimento das plantas. A aplicação de fertilizantes é necessária para corrigir as deficiências nutricionais desses solos, permitindo dessa forma a obtenção de maiores produtividades. No entanto, muitas vezes a fertilização é feita somente nos primeiros meses de crescimento da floresta, sendo insuficiente para atender a demanda nutricional, ficando a produtividade ao longo dos anos comprometida.

No Brasil, o boro é o micronutriente que apresenta níveis mais limitantes nos solos florestais. A ocorrência da deficiência de boro se intensifica à medida que os reflorestamentos avançam para áreas de cerrado, onde o regime de chuvas é caracterizado por período prolongado de déficit hídrico. Nesses sítios, durante a estiagem, a mineralização da matéria orgânica, principal fonte de boro nos solos tropicais, é menor, em razão da baixa atividade dos microrganismos, além de ocorrer uma menor absorção desse micronutriente, a qual é realizada preferencialmente por fluxo de massa (MALAVOLTA & KLIEMANN, 1985).

¹ RRAgroflorestal S/C Ltda. Rua Alfredo Guedes, 1949, sala 1008/1009, CEP 13416-901, Piracicaba, São Paulo. Tel: (19) - 3422-1913. Email: ronaldo@rragroflorestal.com.br e addubare@rragroflorestal.com.br

² Produquímica Indústria e Comércio Ltda. Av. Paulista, 1754, 3º andar, CEP 01310-920, São Paulo. Tel: (11) 3016-9600. Email: casarin@produquimica.com.br

2 BORO NO SOLO

A turmalina é o principal mineral do solo que contém boro, respondendo por quase 95% do conteúdo total do elemento em solos de regiões úmidas, porém é muito resistente ao intemperismo (MALAVOLTA, 1980; DANTAS, 1991). No solo, o boro ocorre como ácido bórico ou borato e pode ser adsorvido fortemente a frações orgânicas, e inorgânicas (BARROS & NOVAIS, 1996). A matéria orgânica é considerada a principal fonte de boro em solos tropicais, uma vez que o boro assimilado pela planta, é quase que totalmente originado da sua mineralização, sendo o restante produto da intemperização dos minerais do solo (MALAVOLTA, 1980; GUPTA *et al.*, 1985; GUPTA, 1993). Portanto, existe uma relação direta entre o teor de matéria orgânica no solo e a dose de boro a ser aplicada.

O fato do boro disponível no solo encontrar-se principalmente associado à matéria orgânica, implica em maiores concentrações do elemento nos horizontes superficiais, indicando que o teor de boro diminui com o aumento da profundidade (VANDERLEI *et al.*, 1988). Portanto, há uma correlação positiva entre o teor de boro disponível e a quantidade de matéria orgânica do solo (MALAVOLTA, 1980; VANDERLEI *et al.*, 1988). Na maioria dos solos brasileiros os teores de boro totais e disponíveis variam de 30

a 60 e 0,06 a 0,5 mg dm⁻³, respectivamente (MALAVOLTA, 1980). A **Tabela 1** mostra os teores totais e disponíveis de boro nos principais grupos de solos do Estado de São Paulo. É possível observar grande variação no teor de boro solúvel entre os diferentes tipos de solo.

Os baixos teores de boro solúvel no solo, aliado a condições de déficit hídrico prolongado, são fatores que predispõe as espécies de *Eucalyptus* à deficiência de boro.

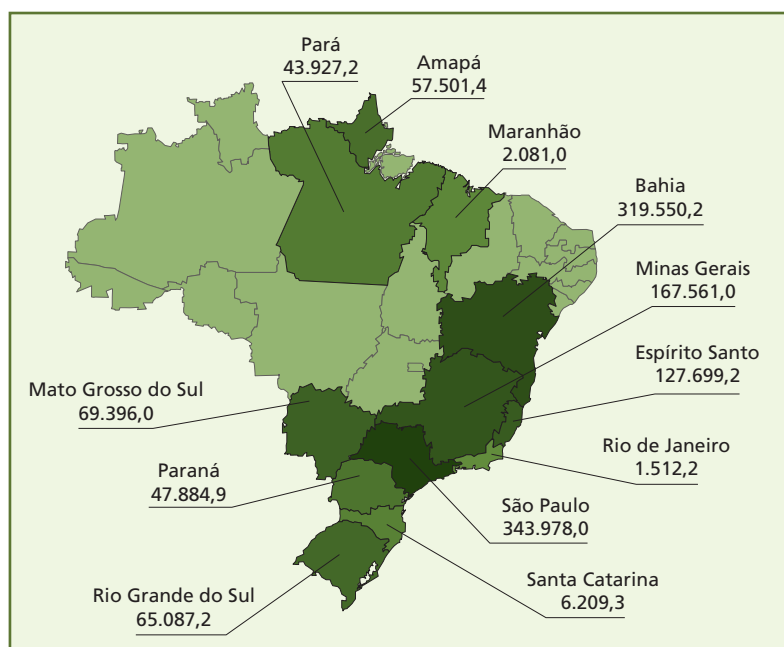


FIGURA 1. Área acumulada com reflorestamento de eucalipto pelo setor de papel e celulose nos estados brasileiros.

TABELA 1. Teores totais e disponíveis de boro nos diferentes tipos de solos.

Solo	Teores de B (mg kg ⁻¹)			
	Profundidade amostrada (cm)	B total	B solúvel ¹	Relação total/solúvel
Latossolo Vermelho	0 - 30	40,5	0,10	405
Neossolo Quartzarênico distrófico Amoderado	0 - 30	43,8	0,08	548
Latossolo Vermelho distrófico Amoderado textura argilosa ou muito argilosa	0 - 25	31,3	0,16	195
Latossolo Vermelho distroférrico textura argilosa ou muito argilosa	0 - 8	37,5	0,12	312
	8 - 23	37,5	0,09	417
Latossolo Vermelho distrófico Amoderado textura média	0 - 23	43,8	0,06	730
Argissolo Vermelho	0 - 30	54,0	0,32	169
Argissolo Vermelho	0 - 21	49,5	0,29	171

Fonte: MALAVOLTA (1980).

2.1 Fatores que afetam a disponibilidade do elemento no solo

Os fatores que afetam a disponibilidade de boro no solo são: pH, textura, umidade, temperatura, matéria orgânica, quantidade e tipos de argila.

- pH - É um dos principais fatores que afetam a disponibilidade de boro nos solos. O aumento do pH do solo diminui o teor de boro na solução, devido a maior adsorção deste nutriente à superfície dos colóides, à medida que cresce a alcalinidade do meio (FERREIRA, 1998). A adsorção é máxima quando o pH atinge valores próximos a 9 (GOLDBERG, 1997). Em solos do Paraná, PAVAN & CORREA (1988) verificaram que a máxima capacidade de adsorção de B pelos solos foi pouco sensível em pH inferior a 6,5 e aumentou marcadamente na faixa de pH entre 6,5 a 8,0. Do ponto de vista prático, estes resultados sugerem que a calagem realizada em solos ácidos para elevar o pH a valores de 6,0 a 6,5 pode proporcionar deficiências de boro, principalmente em solos com teores iniciais próximos a faixa deficiente. Entretanto, o boro fixado pela elevação do pH pode tornar-se novamente disponível pela reacidificação dos solos (PAVAN & CORREA, 1988).

- Matéria orgânica - É a principal fonte de boro disponível nos solos tropicais, embora o nutriente presente na matéria orgânica não esteja prontamente disponível para as plantas, ele vai sendo liberado através do processo de mineralização. Em condições de déficit hídrico, ocorre inter-

rupção da mineralização afetando a disponibilidade de boro às plantas.

- Textura - Em geral, o teor de boro disponível diminui dos solos argilosos para os mais arenosos. Estudos têm demonstrado que a capacidade de retenção de boro é proporcional ao teor de argila dos solos (FERREIRA, 1998).

- Fração argila - Os diferentes tipos de minerais da fração argila dos solos exercem papel fundamental no controle do teor de boro disponível. A adsorção de B se deve principalmente aos óxidos de ferro e alumínio, uma vez que esses óxidos influenciam mais que qualquer outro tipo de argila silicatada. A adsorção de boro pelos óxidos de ferro e alumínio depende basicamente do pH, com máxima adsorção próximo do pH 7 para os óxidos de alumínio, e de pH 8 a 9 para os óxidos de ferro (FERREIRA, 1998).

- Umidade do solo - períodos prolongados de seca reduzem o teor de boro disponível do solo. A deficiência de água faz com que a mineralização da matéria orgânica seja diminuída devido a menor atividade dos microorganismos, ficando a liberação do boro nela contida reduzida a quase zero. Além disso, a absorção de boro pelas plantas ocorre por fluxo de massa, sendo a presença de água primordial no processo.

- Temperatura - altas temperaturas no solo podem aumentar a fixação de boro, segundo GOLDBERG (1993).

3 FUNÇÕES DO BORO NA PLANTA

O boro é provavelmente absorvido pelas plantas como ácido bórico não dissociado (H_3BO_3), porém ainda há controvérsias se a absorção é passiva ou ativa (MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O boro não satisfaz o critério direto da essencialidade, sendo que não se encontrou

nenhum composto vital no qual ele participe e nem se identificou qualquer reação crucial do metabolismo que é interrompida na sua ausência (MALAVOLTA, 1980). Ainda se conhece muito pouco sobre a função exata do boro no metabolismo das plantas (MATOH *et al.*, 1992). Afirma-se

que suas funções estão relacionadas ao transporte de açúcares das folhas para os demais órgãos da planta, formação da parede celular, divisão celular (formação de gemas apicais, axilares e radiculares), síntese de lignina e celulose, balanço hormonal (tecidos carentes acumulam ácido indol acético), síntese de ácidos nucléicos e proteínas, metabolismo dos fenóis e absorção radicular (POLLARD *et al.*, 1977; GUPTA, 1979; MALAVOLTA *et al.*, 1997).

O papel do boro no transporte de açúcares das folhas para os órgãos, pode ser explicado de duas maneiras: a) pela formação de um complexo carboidrato - boro, responsável por um produto de maior solubilidade nas membranas; b) pela desorganização da estrutura e do funcionamento dos vasos condutores, que é comum na carência de boro. Esse papel é facilmente notado em condições de deficiência severa, onde ocorre um engrossamento das folhas em razão do acúmulo de carboidratos (PRICE *et al.*, 1972; HEWITT & SMITH, 1975; JACKSON & CHAPMAN, 1975; POLLARD *et al.*, 1977; MALAVOLTA, 1980). Em condições de deficiência de boro, a divisão celular não se completa e as paredes longitudinais das células têm sua formação comprometida, resultando em uma expansão irregular e incompleta dos tecidos foliares (DELL & HUNG, 1997). A degeneração dos tecidos meristemáticos, é facilmente notada nos pontos de crescimento, como morte das gemas apicais, raízes, felogênio e câmbio vascular. Isso mostra que é necessário um suprimento contínuo de boro para a manutenção da atividade meristemática (HEWITT & SMITH, 1975; COHEN & LEPPER, 1977; GUPTA, 1979; MALAVOLTA, 1980).

A deficiência de boro afeta a atividade do felogênio, dificultando a formação da periderme de cicatrização, um dos mecanismos responsáveis pela defesa das plantas lenhosas à infecção e injúria (MULLICK, 1977). Relacionado a isso, SILVEIRA *et al.* (1998a) e SILVEIRA *et al.* (1996) verificaram que plantas de *Eucalyptus citriodora* deficientes em boro foram mais

suscetíveis aos fungos *Botryosphaeria ribis* (Figura 2) e *Lasiodiplodia theobromae*. REAL (2000) também verificou resultados semelhantes em solos do Uruguai, onde plantios de eucalipto carentes em boro foram mais suscetíveis ao cancro ocasionado por *Botryosphaeria dothidea*.



FIGURA 2. Lesão causada por *Botryosphaeria ribis* em *Eucalyptus citriodora*, caracterizada pela formação de calo e gomose.

A madeira de árvores, crescendo em solos com baixos níveis de boro, pode apresentar pouca lignificação, fazendo com que os ramos não suportem o peso das folhas (DELL & MALAJCZUK, 1994). Relacionado a isso, LEWIS (1980) sugere que o boro, junto com a auxina, exerce papel fundamental na síntese da lignina e na diferenciação do xilema. Entretanto, são raras as pesquisas sobre os papéis do boro na diferenciação e maturação dos tecidos vasculares. Os resultados encontrados na literatura são bastante conflitantes. Essa escassez de informações dificulta a conclusão do papel do boro no processo de diferenciação dos tecidos vasculares, sendo necessário estudos adicionais dos eventos que ocorrem no processo de formação do xilema e do floema (DELL & HUANG, 1997).

Outro papel atribuído ao boro é a forma-

ção de parede celular (HEWITT & SMITH, 1975; MALAVOLTA, 1980), sendo que o ácido bórico pode servir como unidade de ligação entre polissacarídeos da parede celular. Na sua falta, ocorrem modificações morfológicas nas plantas, tais como pare-

de celular muito fina e pouco lignificada, diminuindo assim a rigidez dos tecidos (HEWITT & SMITH, 1975; LEWIS, 1980; DUGGER, 1983; MARSCHNER, 1986; MALAVOLTA *et al.*, 1997).

4 SINTOMAS DE DEFICIÊNCIA

O boro, de modo geral, é transportado somente no xilema, sendo praticamente imóvel no floema (MALAVOLTA *et al.*, 1997). Essa mobilidade restrita do elemento quanto a redistribuição, faz com que os sintomas de deficiência apareçam nos órgãos mais novos e nas regiões de crescimento (MALAVOLTA, 1980; COUTINHO *et al.*, 1995; BROWN & SHELP, 1997; MALAVOLTA *et al.*, 1997).

Os primeiros sintomas de deficiência de boro em eucalipto foram verificados por VAIL *et al.* (1957) e SAVORY (1962). Esses autores relataram que o principal sintoma é a seca de ponteiro (“dieback”), sendo que as manifestações ocorrem, principalmente, durante as estações secas. Portanto, a deficiência de boro tem sido encontrada em plantações florestais desde a década de 50, e os sintomas em eucalipto caracterizam-se por folhas novas cloróticas, pequenas e mal formadas,

com aspecto de “falta de pedaços”; encarquilhadas e coriáceas; presença de nervuras extremamente salientes com posterior necrose, dando aspecto de “costelamento”; morte da gema apical e seca de ponteiro seguida de brotações das gemas axilares, com posterior bifurcação do tronco; caules e ramos retorcidos devido à falta de lignina; rachaduras da casca com exudação de goma e necrose dos tecidos; morte descendente dos ramos e achatamento do caule devido à morte do câmbio (TOKESHI *et al.*, 1976; ROCHA FILHO *et al.*, 1978; DELL & MALAJACZUK, 1994; DELL *et al.*, 1995; SILVEIRA *et al.*, 1996). Anatomicamente o caule na carência de boro apresenta baixo número ou ausência de elementos de vasos, aumento do número de fibras, deformações nas estruturas e configuração dos vasos, sendo que os raios medulares distribuem-se em fileiras duplas. As células dos raios

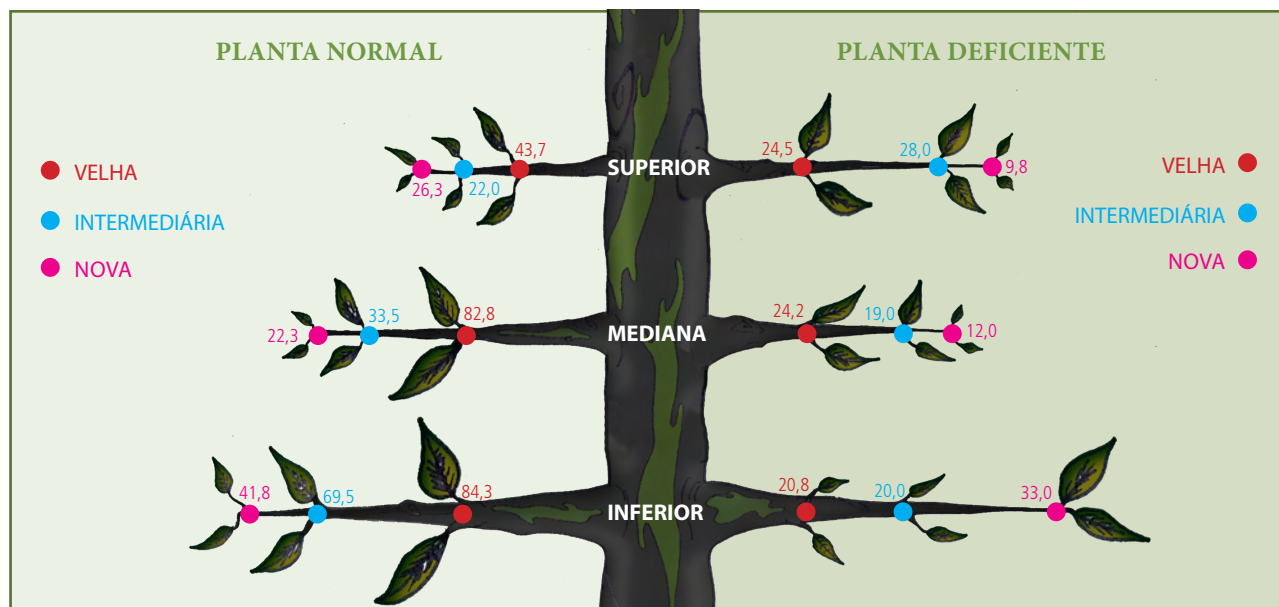


FIGURA 3. Teor de boro (mg kg⁻¹) em função da idade da folha e da sua posição na copa, sob condição adequada e deficiente. Fonte: SILVEIRA *et al.* (2002b).

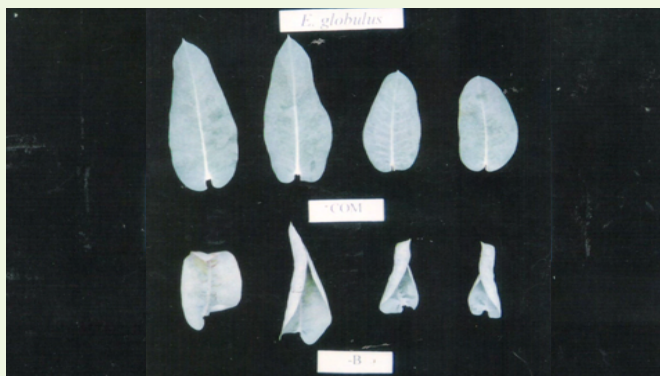
A**B****C****D****E****F**

FIGURA 4. A. Nervuras salientes dando aspecto de “costela” em folha de *Eucalyptus grandis*; B. Avermelhamento e necrose das folhas novas de *Eucalyptus grandis*; C. Avermelhamento das folhas novas de *Eucalyptus grandis*; D. Sintomas foliares em *Eucalyptus* sp. - limbo foliar reduzido, folhas retorcidas e morte da gema apical; E. Folhas normais e deficientes em *Eucalyptus globulus*; F. Perda de dominância apical, folhas novas com necrose das margens em *E. urophylla* x *E. grandis*.



FIGURA 5. A. Progressão da clorose marginal conforme posição das folhas no ramo; B. Clorose das folhas novas e nervura saliente com aspecto de “costelamento”; C. Gomose em *Eucalyptus citriodora*; D. Quebra de ponteiro em clone de *Eucalyptus*; E. Perda de dominância apical e superbrotação em *Eucalyptus grandis*; F. Bifurcação do tronco em *Eucalyptus urophylla*; G. Lenho normal (T4C6) e deficiente em boro (T1C6) de clone híbrido de *Eucalyptus*.

A**B****C****D****E****F**

FIGURA 6. A. Clorose das folhas e presença de nervuras salientes dando o aspecto de “costela” em clone de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla*. B. Folhas encarquilhadas em *Eucalyptus globulus*. C. Quebra do ponteiro em árvore de *E. urophylla*. D. Morte da gema apical e brotações das gemas axilares em *Eucalyptus grandis*. E. Clorose e aspecto de “costelamento” em folhas de *Eucalyptus grandis*. F. Seca de ponteiro em *Eucalyptus grandis*.

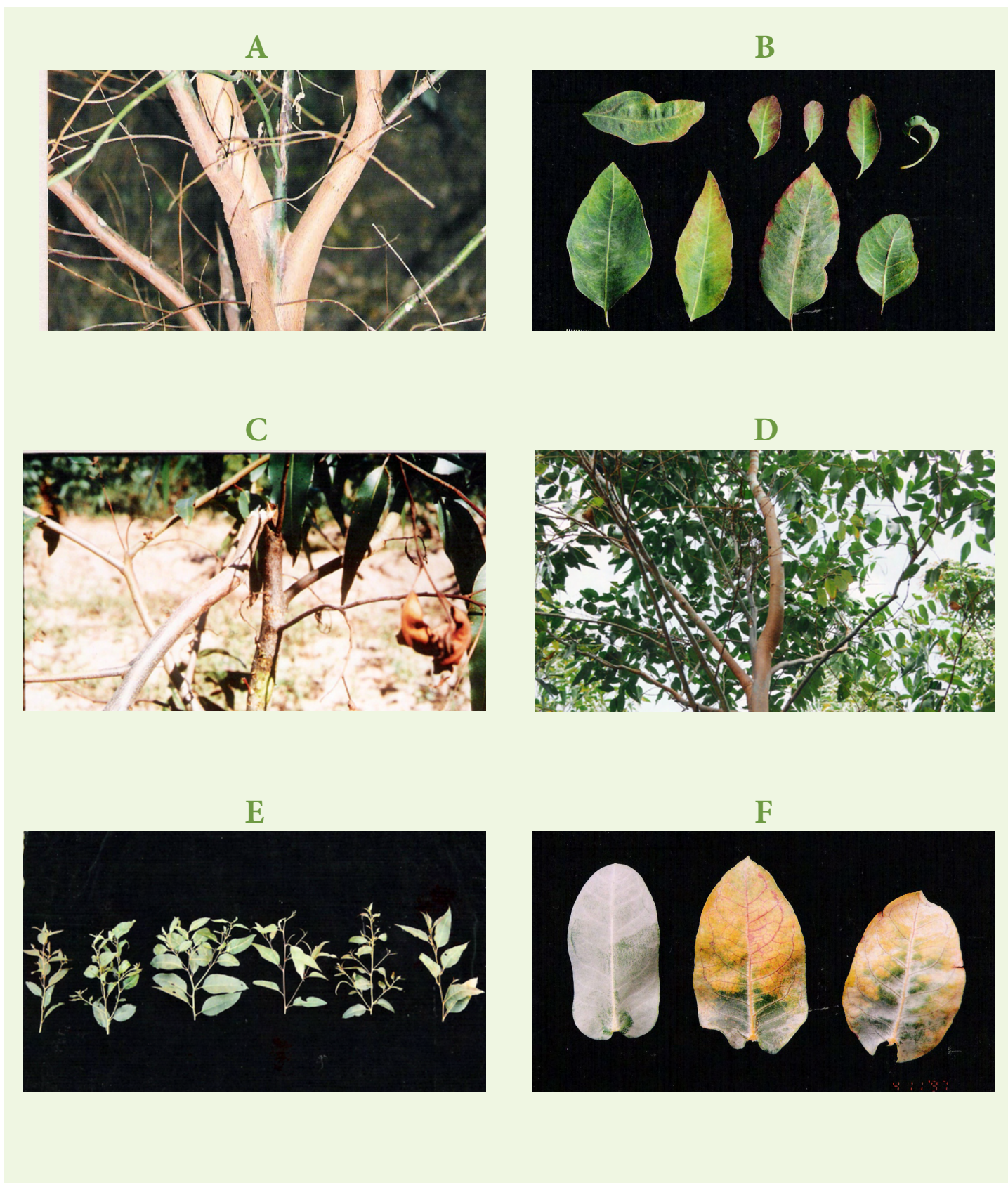


FIGURA 7. A. Seca de ponteiro e bifurcação do tronco em *Eucalyptus grandis*. B. Clorose e avermelhamento marginal, encarquilhamento das folhas novas. C. Quebra de ponteiro em *Eucalyptus citriodora*. D. Seca de ponteiro e bifurcação do tronco em *Eucalyptus urophylla*. E. Sintomas foliares em diferentes clones de *Eucalyptus*. F. Folha normal e deficiente com clorose marginal em *Eucalyptus globulus*.

medulares encontram-se hipertrofiadas e as meristemáticas do câmbio disformes ou necrosadas, sendo o mesmo observado no floema (CARVALHO *et al.*, 1980).

No campo a deficiência severa leva a mortalidade das árvores, enquanto que a deficiência leve pode proporcionar apenas danos nos galhos e troncos (necrose dos tecidos e gomose) e baixa qualidade da madeira. Entretanto deve-se ressaltar que a exigência de boro e os danos causados pela carência diferem entre espécies e genótipos (STONE, 1990).

Na **Figura 3** é possível observar o gradiente de concentração de boro em função do grau de redistribuição do elemento em plantas conduzidas em condição nutricional adequada. O teor variou em função do tipo de folha e da posição desta na copa. A menor concentração de boro foi observada nas folhas novas da parte mediana e superior da copa. Verificou-se um aumento significativo do teor nas folhas mais velhas posicionadas na parte inferior da copa. Em condição de deficiência, observou-se que a concentração de boro nas folhas novas da parte mediana e superior da copa foi inferior a encontrada

no mesmo tipo de folha na parte inferior. Isso mostra que os sintomas de deficiência de boro se manifestaram nas folhas novas tanto da parte superior como mediana da copa da árvore.

Igualmente ao que ocorre na parte aérea do eucalipto, os sintomas de deficiência de boro manifestam-se também nas raízes. ROCHA FILHO *et al.* (1978) observaram que na ausência de boro ocorreu atrofiamento do sistema radicular. COUTINHO *et al.* (1995) citam que a consequência mais imediata deste atrofiamento é a diminuição do volume de solo explorado pelas raízes que se traduz numa menor absorção de água e nutrientes. A sintomatologia descrita por MALAVOLTA *et al.* (1997) caracteriza-se por raízes escuras com pontas grossas e posteriormente necróticas e ramificadas. Para DELL & HUANG (1997), os efeitos da deficiência de boro no crescimento das raízes é de extremo interesse, uma vez que, o desenvolvimento anormal das raízes diminuiria a habilidade das plantas na absorção e no transporte de outros nutrientes.

As **Figuras 4 a 7** mostram os sintomas de deficiência de boro em eucalipto.

5 SINTOMAS DE TOXICIDADE

O limite entre a concentração adequada e o nível tóxico de boro para as plantas é muito estreito (MALAVOLTA, 1980; GOLDBERG, 1997; GONÇALVES & VALERI, 2001). A tolerância relativa das plantas à toxidez do elemento parece depender diretamente da velocidade do transporte das raízes para a parte aérea. Os sintomas de excesso nas folhas concentram-se nas regiões de maior transpiração, onde ocorre uma concentração do boro (MALAVOLTA, 1980).

A fitotoxicidade de boro tem sido comumente encontrada logo após o plantio ou nos estádios iniciais do desenvolvimento do *Eucalyptus*. Visualmente os sintomas caracterizam-se por clorose seguida de avermelhamento e necrose das margens

das folhas. As principais causas são aplicação localizada de boro no plantio, na forma solúvel, como boratos de sódio ou ácido bórico, ou então, o uso de altas doses do micronutriente aplicadas juntamente com o nitrogênio e o potássio na primeira adubação de cobertura, entre 45 e 90 dias após o plantio. Os sintomas são mais severos na adubação de cobertura, quando a localização dos adubos boratados juntamente com NPK ocorre em duas covetas laterais, distante a 20 cm da muda (SILVEIRA & HIGASHI, 2002).

COUTINHO *et al.*, (1995) relataram que a aplicação de elevadas doses de boro, em solos muito arenosos, pode resultar no aparecimento, a curto prazo, de sintomas de fitotoxicidade. Os autores observaram

efeito depressivo na altura de *E. globulus* em Portugal, com a aplicação de 4,4 e 8,8 kg de boro ha⁻¹.

O efeito depressivo da fitotoxicidade de boro sobre a altura de *E. camaldulensis* também foi verificado por MORAIS

(1999). O teor de 55 mg kg⁻¹ de B no solo, provocou redução na altura da ordem de 24,6% em relação ao teor de 11 mg kg⁻¹ de B (**Figura 8**).

A **Figura 9** mostra os sintomas de fitotoxicidade de boro em eucalipto.

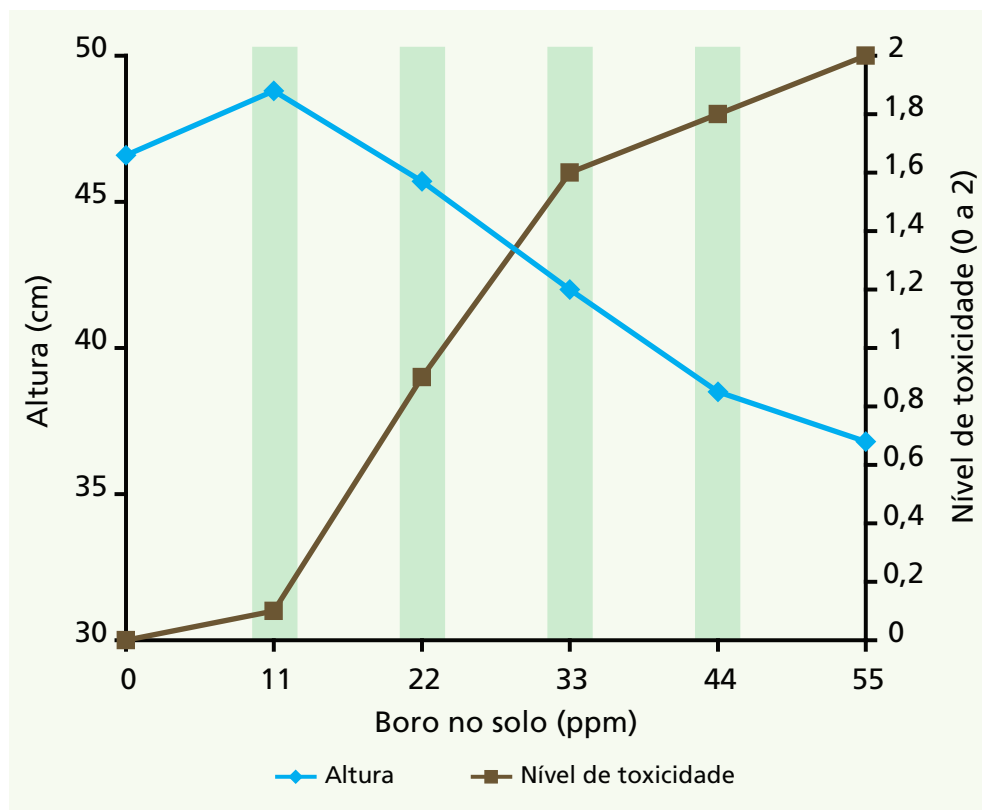


FIGURA 8. Crescimento de mudas de *E. camaldulensis*, em função do teor de boro no solo.

Fonte: MORAIS (1999).



FIGURA 9. Necrose das margens das folhas devido a fitotoxicidade de boro em clone híbrido de *Eucalyptus* (A) e em mudas de clones de *Eucalyptus* (B).

6 PRODUÇÃO DE MATÉRIA SECA TOTAL, CONTEÚDO E EFICIÊNCIA DE UTILIZAÇÃO DE BORO EM *EUCALYPTUS*

Os trabalhos disponíveis na literatura se referem basicamente ao conteúdo dos macronutrientes nas diferentes partes das plantas de várias espécies de *Eucalyptus*. São poucos os trabalhos sobre o conteúdo de micronutrientes em *Eucalyptus*, no Brasil (Tabela 2). Um desses trabalhos foi desenvolvido por BELLOTE (1979), o qual verificou que para *E. grandis*, aos 7 anos de idade, o manganês foi o micronutriente mais extraído e

exportado, seguido pelo Fe, B, Cu e Zn. As quantidades percentuais de boro presentes nas folhas, ramos e no caule (lenho + casca) foi de 7%, 5% e 88%, respectivamente. Já Gonçalves *et al.* (1997) citado por GONÇALVES & VALERI (2001), constataram que a extração de boro pela madeira de um povoamento de *E. grandis*, aos 9 anos de idade, corresponde a 81% do total. A Figura 10A mostra a exportação de boro

TABELA 2. Produtividade de florestas e conteúdo de micronutrientes.

Espécie	Idade (anos)	Local	Ref*	Produtividade		Parte da planta	B	Cu	Fe	Mn	Zn
				MST t ha ⁻¹	Volume m ³ ha						
kg ha ⁻¹											
<i>E. grandis</i>	7,0	Mogi Guaçu SP	1	249	-	Folhas	0,10 (7)**	0,02 (2)	0,82 (15)	1,8 (9)	0,06 (13)
						Ramos	0,07 (5)	0,06 (7)	0,68 (12)	1,9 (10)	0,03 (6)
						Casca+Madeira	1,27 (88)	0,82 (91)	4,1 (73)	15,3 (81)	0,37 (81)
						Total	1,44	0,90	5,60	19,00	0,46
<i>E. grandis</i>	9,0	Itatinga SP	2	-	360	Folhas	0,04 (2)	0,009 (1)	0,55 (1,5)	0,92 (6)	0,036 (2)
						Ramos	0,06 (4)	0,009 (1)	0,55 (1,5)	1,80 (11)	0,036 (2)
						Casca	0,22 (13)	0,081 (10)	0,55 (1,5)	4,12 (25)	0,126 (8)
						Madeira	1,38 (81)	0,70 (88)	36,8 (95)	9,39 (58)	1,44 (88)
						Total	1,70	0,80	38,50	16,20	1,64

* 1. BELLOTE, 1979; 2. Adaptado de Gonçalves *et al.* (1997), citado por GONÇALVES & VALERI (2001). **Valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

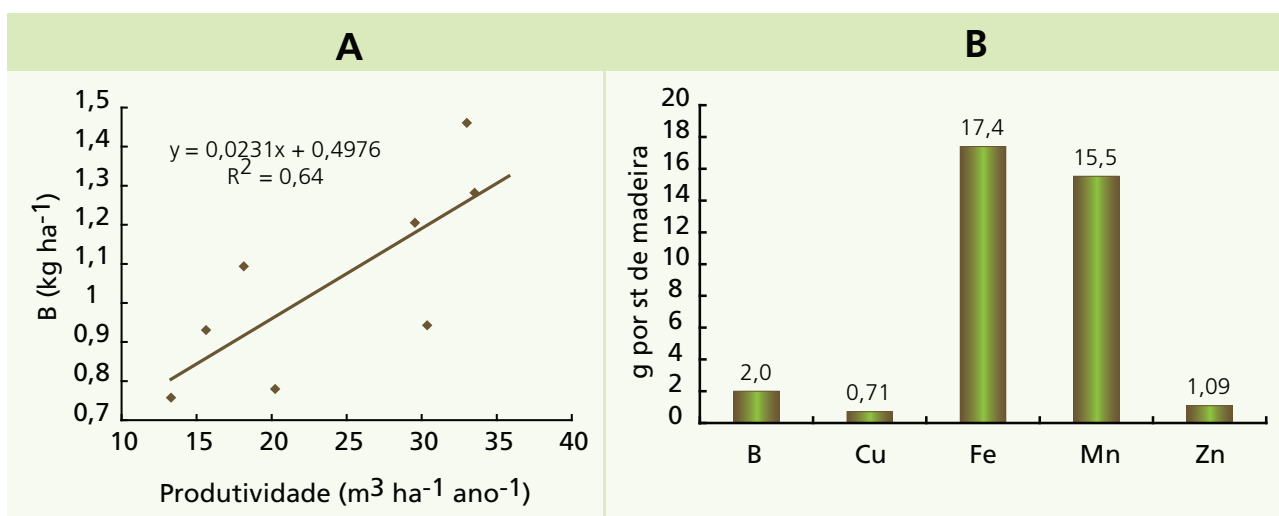


FIGURA 10. A: Quantidade de boro na madeira de *E. saligna* aos 7 anos de idade em função da produtividade, na região de Capão Bonito/SP. B: Quantidade média de micronutrientes contida em um estere (st) de madeira de *E. saligna* cultivado na região de Capão Bonito/SP (Fonte: MOREIRA *et al.*, 1999).

através da exploração da madeira em função da produtividade de florestas de *E. saligna*, localizadas na região de Capão Bonito/SP. Nota-se uma relação linear entre a quantidade exportada de B pela madeira e a produtividade da floresta. Considerando uma produtividade média de 35 m³ ha⁻¹ ano⁻¹, a quantidade alocada de boro foi de 1,3 kg ha⁻¹. Igualmente ao resultado encontrado por BELLOTE (1979), o boro foi também o terceiro micronutriente mais acumulado na madeira. Na **Figura 10B** são apresentadas as concentrações médias dos micronutrientes contidas na madeira de *E. saligna*.

A eficiência de utilização de nutrientes é o quociente entre a matéria seca e o conteúdo de determinado nutriente na planta. Este índice é resultado da adaptação das espécies a ambientes distintos. BARROS *et al.* (1985) verificaram que não existe necessariamente uma relação direta entre a produção de biomassa e a eficiência de utilização dos nutrientes. Cada material genético tem habilidade diferenciada pelo uso de um ou outro nutriente absorvido. Além disso, considerando a vasta diversidade ambiental encontrada na região de origem do *Eucalyptus*

(BARROS *et al.*, 1990), ocorre grande diferenciação quanto a eficiência de absorção e utilização dos nutrientes pelos materiais genéticos.

SILVEIRA *et al.* (2002b) encontraram diferença entre clones de *Eucalyptus* quanto a eficiência de uso de boro para produção de matéria seca total e de caule (**Tabela 3**). Os resultados mostram que os clones A e C, foram os menos eficientes na utilização do elemento em condições de baixo suprimento de boro, sugerindo assim que a utilização desses clones, em solos sujeitos à deficiência de boro, seria restrita. Quando considera-se a produção de matéria seca total, observa-se que o clone D foi o mais eficiente. No entanto, para produção de caule, o clone com maior eficiência foi o clone E. Nota-se que o aumento do fornecimento de boro diminuiu a eficiência nutricional de todos os clones analisados, sendo que nessa condição, o clone D apresentou menor eficiência quando comparado aos demais.

O clone D não apresentou resposta à adição de boro, enquanto que os demais clones, em maior ou menor grau apresentaram respostas positivas (**Tabela 3**).

TABELA 3. Teor, conteúdo de boro, produção de matéria seca das partes da planta e eficiência nutricional dos clones de *Eucalyptus* em função das doses de boro na solução nutritiva.

Doses de B (mg L ⁻¹)	Teor de boro (mg kg ⁻¹)				Matéria Seca (g)					Conteúdo de boro (mg)					Eficiência nutricional (g mat. seca /mg de B)	
	Folha	Ramo	Casca	Caule	Folha	Ramo	Casca	Caule	Total	Folha	Ramo	Casca	Caule	Total	Total	Caule
Clone A																
0	14	7	8	8	112	72	32	64	280	1,6	0,50	0,26	0,51	2,8	98,7	22,5
0,54	47	8	22	10	138	88	32	126	384	6,5	0,70	0,71	1,26	9,2	41,9	13,7
Clone B																
0	13	6	9	7	130	76	28	91	324	1,7	0,45	0,25	0,64	3,0	107,0	30,0
0,54	44	11	12	9	155	99	34	126	414	6,8	1,09	0,41	1,13	9,4	43,9	13,3
Clone C																
0	15	5	9	5	104	59	34	60	257	1,6	0,29	0,30	0,30	2,5	104,3	24,4
0,54	50	8	14	8	124	79	35	121	360	6,2	0,63	0,49	0,97	8,3	43,3	14,6
Clone D																
0	8	6	6	5	128	82	26	53	290	1,0	0,49	0,16	0,27	1,9	149,3	27,5
0,54	63	7	14	7	99	78	20	55	251	6,2	0,54	0,28	0,38	7,5	33,7	7,3
Clone E																
0	12	4	12	5	95	63	26	69	253	1,1	0,25	0,31	0,35	2,0	123,5	33,9
0,54	54	7	9	8	138	88	34	135	395	7,4	0,62	0,31	1,08	9,4	41,8	14,3
Clone F																
0	12	5	5	8	103	53	39	64	258	1,2	0,26	0,19	0,51	2,2	117,2	28,9
0,54	53	9	15	8	138	80	36	147	401	7,3	0,72	0,54	1,18	9,7	41,2	15,1

Fonte: SILVEIRA *et al.* (2002b).

A **Tabela 4** mostra o conteúdo de boro, a produção de matéria seca total e a eficiência de utilização de boro em mudas de *E. grandis*. As mudas originárias de semente Capão Bonito se mostraram

mais eficientes, apresentando uma conversão de 58,1 mg de MS para cada μg de B absorvida, enquanto que as menos eficientes apresentaram uma conversão de 23,4 mg de MS para cada μg de B.

TABELA 4. Produção de matéria seca total, conteúdo e eficiência de utilização de boro em mudas de *Eucalyptus grandis*.

<i>E. grandis</i>	Idade (dias)	Fonte ¹	B na planta (μg muda ⁻¹)				MST ² g muda ⁻¹	EBT ³ g MST mg ⁻¹ de B
			Folhas	Caule + Ramos	Raízes	Total		
Semente (Progênie 1)	110	A	22,7 (35) ⁴	22,2 (34)	20,0 (31)	64,9	1,963	30,2
Semente (Progênie 2)	110	A	23,5 (45)	14,9 (28)	14,5 (27)	52,9	1,240	23,4
Semente Bofete	97	B	11,0 (42)	7,0 (27)	8,0 (31)	26,0	1,244	47,8
Semente Capão Bonito	79	C	8,5 (51)	5,4 (33)	2,7 (16)	16,6	0,964	58,1

¹ Fonte: A- SILVEIRA (2000); B- SILVEIRA *et al.* (1995b); C- SILVEIRA *et al.* (1998b). ²- matéria seca total; ³- Eficiência de utilização de boro; ⁴- valores entre parênteses são percentuais em relação ao total.

7 DIAGNOSE FOLIAR

SILVEIRA *et al.* (1995a e 1995b), visando avaliar o estado nutricional, realizaram amostragens foliares em talhões de *Eucalyptus grandis* com idades de 1 a 5 anos em 1ª e 2ª rotação, na região de Itatinga-SP. Verificaram que todos os talhões amostrados apresentaram deficiência severa de K, B e Zn, sendo que as concentrações de boro variaram de 6 a 12 mg kg⁻¹ e 9 a 17 mg kg⁻¹ na parte superior e inferior da copa, respectivamente (**Figura 11**).

A **Tabela 5** mostra a interpretação do estado nutricional em relação a boro para diferentes regiões. Nota-se que a frequência das deficiências variou conforme a região amostrada. Comparando os teores obtidos com os propostos como adequados pela literatura, observa-se deficiência generalizada nas regiões de Itatinga e Vale do Paraíba. Nessas duas regiões a deficiência de boro pode ser conseqüência de doses abaixo da exigida, associadas a déficit hídrico durante os meses de abril a setembro. Os solos dessas regiões são predominantemente arenosos álicos, com baixo teor de B, variando de 0,06 a 0,15 mg dm⁻³. Já para a região Sul da Bahia, as carências de B são pouco frequentes quando comparadas com as florestas

localizadas em São Paulo e Minas Gerais. Apesar dos solos Argissolos apresentarem baixo nível de boro ($< 0,2 \text{ mg dm}^{-3}$), as concentrações encontradas nas folhas situam-se dentro da faixa considerada adequada (25 a 40 mg de B kg⁻¹ de MS), na maioria das áreas amostradas. Talvez, a melhor distribuição das chuvas associada às altas temperaturas possibilitem mineralização mais intensa da matéria orgânica, proporcionando maior quantidade de B disponível às plantas.

A **Tabela 6** mostra a concentração de boro nas folhas de clones de *Eucalyptus*, no sul da Bahia, nas diferentes unidades de manejo e suas interpretações. Os autores observaram pequena variação ao comparar as unidades de manejo em relação a frequência das amostras nas faixas de interpretação, principalmente quando estavam sob o mesmo regime climático. A maior frequência de deficiências de boro ocorreu no solo Espodossolo (areia/média/argila), enquanto que no Argissolo amarelo (areia/média), sob clima Af, não se registrou a ocorrência de carência de boro.

A **Figura 12A** mostra o efeito do teor de boro nas folhas sobre o IMA (Incremento Médio Anual) de *E. saligna*, aos 2 anos de

idade, na região sul do Estado de São Paulo. O nível crítico (90% da Produção Relativa) de B nas folhas foi de 28 mg kg⁻¹ e a máxima produtividade foi alcançada quando o *E. saligna* apresentava 41 mg kg⁻¹. Para a mesma região o IMA do *E. saligna* e do *E. grandis* em função do teor de B no solo, na profundidade de 0-10 cm, foi máximo com 0,48 mg dm⁻³ para o *E. saligna* e com 0,62

mg dm⁻³ para o *E. grandis*. O nível crítico, abaixo do qual a produtividade fica comprometida, foi de 0,31 mg dm⁻³ para o *E. saligna* e de 0,37 mg dm⁻³ para o *E. grandis* (Figura 12B).

Na Tabela 7 estão descritos os teores de boro nas folhas maduras de várias espécies de *Eucalyptus* e suas interpretações segundo diversos autores.

TABELA 5. Concentrações foliares de boro em plantios de *Eucalyptus*, em diferentes regiões e suas interpretações.

Região	Fonte	Idade	Faixa de variação		Deficiente	Adequada	Acima da adequada
			Mínima	Máxima			
			mg kg ⁻¹		% da área amostrada		
Bofete e Itatinga/SP	1	12/24 meses	12	110	30	55	15
Itatinga/SP	2	1 a 5 anos	6	17	100	0	0
Luiz Antonio/SP	3	24 meses	16	65	52	45	3
Sul da Bahia	4	12 meses	10	80	11	70	19
Sul do estado de SP	5	18 meses	22	38	20	80	0
Vale do Paraíba/SP	5	18 meses	11	40	77	15	8

Fonte: 1- SILVEIRA et al. (2002a); 2- SILVEIRA et al. (1995b); 3- SILVEIRA et al. (2003); 4- SILVEIRA et al. (2001); 5- SGARBI & SILVEIRA (2001).

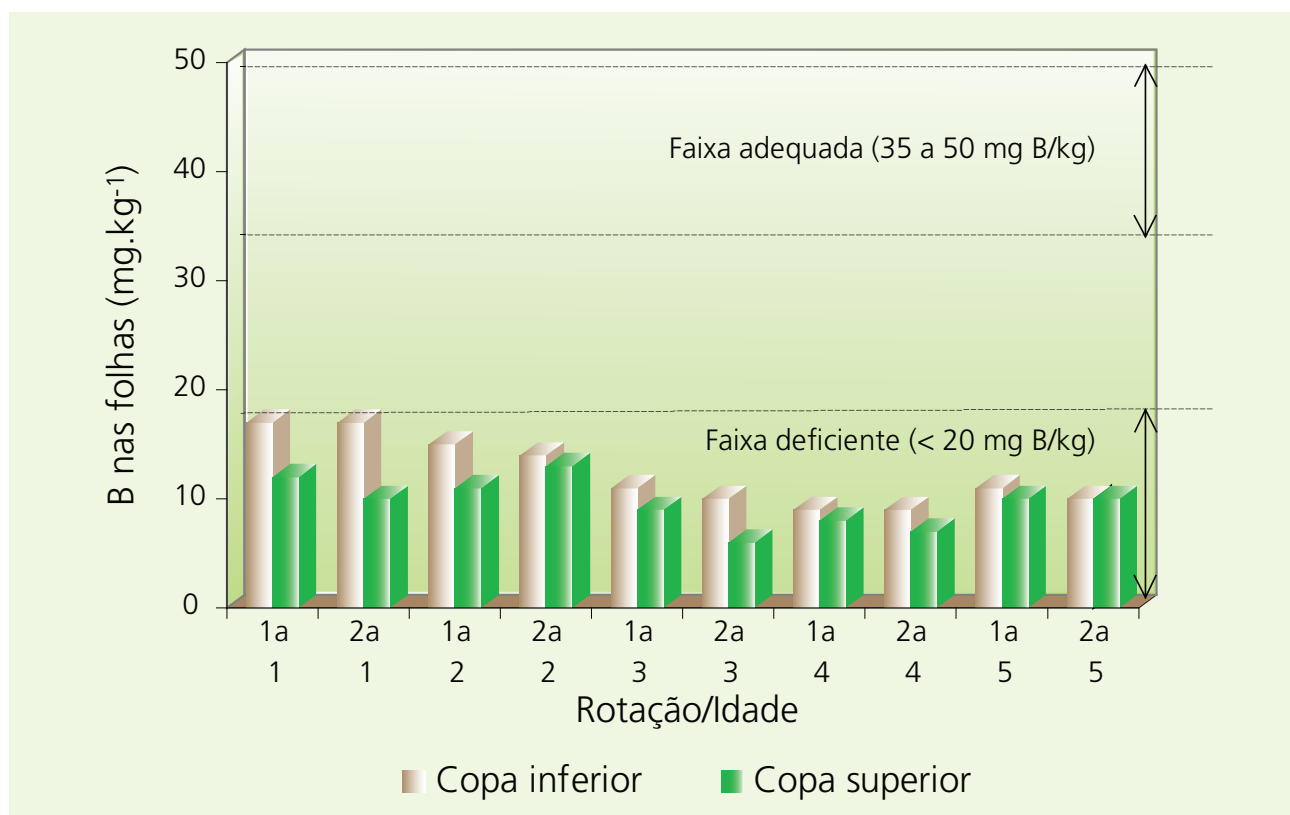


FIGURA 11. Concentração de boro nas folhas da copa superior e inferior de *E. grandis* em função da idade e rotação, na região de Itatinga-SP.

Fonte: SILVEIRA et al. (1995b).

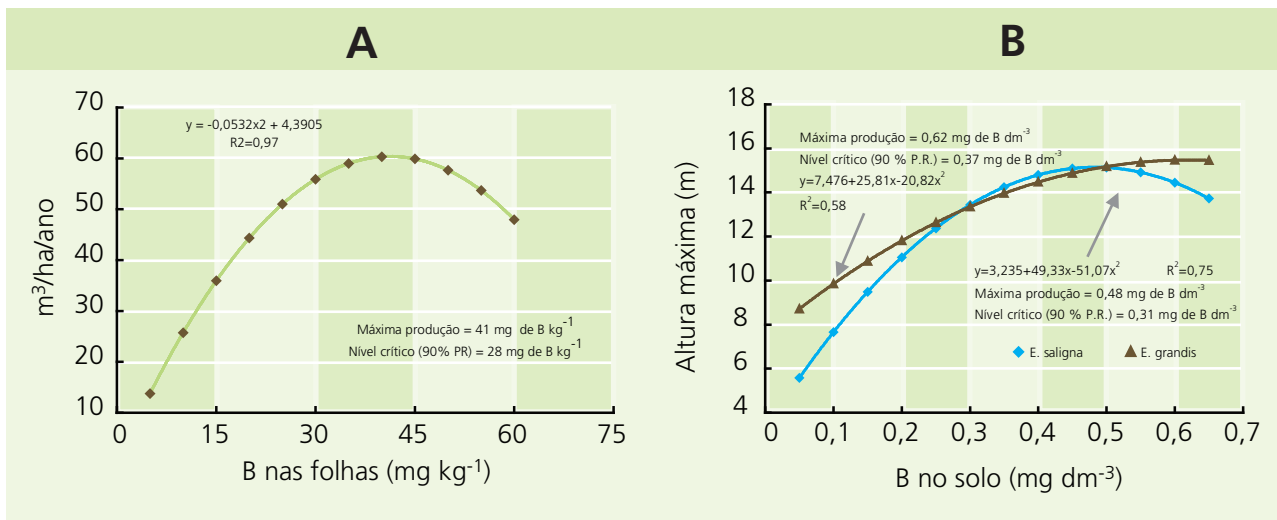


FIGURA 12. A. Relação entre o teor de boro nas folhas e o IMA *E. saligna* aos 2 anos de idade na região sul do Estado de São Paulo. **B.** Relação entre o teor de boro no solo na profundidade de 0-10 cm e o incremento em altura de *E. saligna* e *E. grandis* aos 2 anos de idade na região sul do Estado de São Paulo.

TABELA 6. Concentração de boro nas folhas de *Eucalyptus*, aos 12 meses de idade, nas diferentes unidades de manejo da região sul da Bahia e suas interpretações.

Unidade de Manejo	Textura	Observações	Faixa de variação		Deficiente	Adequada	Acima adequada
			Min.	Máx.			
Clima Afmg kg ⁻¹							
Argissolo Amarelo	Areia/média/Argila ou areia/argila	Mosqueado a 80100 cm Relevo mais ondulado	16	87	18	41	41
Argissolo Amarelo	Areia/média/argila	Mosqueado a 60 100 cm Bem drenado	18	128	6	58	36
Espodossolo	Areia ou areia/média/argila	Presença de horizonte Bth (húmico)	15	52	21	50	29
Argissolo Amarelo	Areia/média	Relevo Plano	35	59	0	52	48
Espodossolo		Lençol freático a 45 cm Hidromorfismo Cota inferior a 20 cm	24	48	7	64	29
Argissolo Amarelo	Areia/média/argila	Mosqueado a 60 cm Relevo plano Bh incipiente Drenagem moderada	24	75	2	46	52
Clima Aw							
Argissolo Amarelo	Areia/média/argila	Sem mosqueado Textura mais argilosa	24	89	8	46	46
Argissolo Amarelo	Areia/média/argila	Sem mosqueado	22	54	7	69	24
Argissolo Amarelo	Areia/média	Relevo plano	15	67	1	57	42

Fonte: 1- SILVEIRA et al. (2001)

TABELA 7. Interpretação dos teores foliares de boro em espécies de *Eucalyptus*.

Espécies	Estágio	Deficiente	Marginal	Adequada	Alta	Tóxica	Autor
		mg kg ⁻¹					
<i>E.camaldulensis</i>	Juvenil	-	-	20-120	-	-	Boardman et al. (1997)
<i>E. citriodora</i>	Juvenil	7-14		30-240	-	-	Silveira et al. (1996)
<i>E. dunni</i>	Adulto	-	-	16-40	-	-	Boardman et al. (1997)
<i>E. globulus</i>	Juvenil	<10	-	12-50	-	>100	Boardman et al. (1997)
<i>E. globulus</i>	Adulto	<10	-	30-267	-	-	Boardman et al. (1997)
<i>E. globulus</i>	Adulto	4-10	-	12-23	-	-	Dell et al. (1995)
<i>E. grandis</i>	Juvenil	<8	-	15-30	54-82	>100	Boardman et al. (1997)
<i>E. grandis</i>	Adulto	<12	-	15-100	100-180	-	Boardman et al. (1997)
<i>E. grandis</i>	Juvenil	8-10	-	15-27	-	-	Dell et al. (1995)
<i>E. grandis</i>	Adulto	5-8	-	15-27	-	-	Dell et al. (1995)
<i>E. grandis</i>	Adulto	<15	-	15-32	>47		Hebert (1996)
<i>E. pilularis</i>		-	-	15-30	-	-	Boardman et al. (1997)
<i>E. saligna</i>	Adulto	-	-	25-45	-	-	Boardman et al.(1997)
<i>E. saligna</i>	Adulto	6-20	21-30	30-45	>45	-	Silveira et al. (1998)
<i>E. urophylla</i>	Adulto	7-15	-	16-52	-	-	Dell et al. (1995)
<i>E. urophylla</i>	Juvenil	8	-	12-27	-	-	Dell et al. (1995)
<i>Eucalyptus spp.</i>	-	15-20	-	40-50	-	-	Malavolta (1987)

8 RESPOSTAS À APLICAÇÃO DE BORO

A necessidade do uso de adubos contendo boro em essências florestais partiu de observações feitas por SAVORY (1962) na Rhodesia, onde havia intensa seca de ponteiro em diferentes espécies de *Pinus* e eucalipto. Inicialmente pensava-se que o problema era efeito direto da falta de água, entretanto após estudos experimentais concluiu-se que a ocorrência de seca de ponteiro era devido a falta de boro (BALLONI, 1977). SGARBI *et al.* (2000a e b) encontraram relações positivas do boro com a produtividade do *Eucalyptus*, mostrando ser este nutriente um dos mais limitantes para o crescimento do *Eucalyptus* sp., na grande parte dos plantios do Estado de São Paulo.

Vários estudos têm demonstrado que a aplicação de boro reduz a ocorrência de seca de ponteiro em espécies de *Eucalyptus*. TOKESHI *et al.* (1976) estudaram a influência da aplicação de boro em um povoamento de *Eucalyptus citriodora* com sintomas generalizados de deficiência de boro. As doses utilizadas foram: 0; 6,0; 12,0 e 18,0 g de B/planta⁻¹. Os resultados mostraram um efeito benéfico da aplicação, reduzindo o número de plantas com sintomas de deficiência de 67,5 % na dose 0 g/planta a 2,45 % e 2,85 % nas doses de 12 e 18 g/planta, respectivamente (**Figura 13A**). Resultados semelhantes foram obtidos por COOLING & JONES (1970) quando estudaram a aplicação de tetraborato de sódio e fertilizante NPK em *Eucalyptus grandis* em Zâmbia. Nas parcelas que receberam boro, houve maior desenvolvimento das plantas, redução de morte dos ponteiros e indução de florescimento. Os autores concluíram que a dose de 8 g planta⁻¹ de B na forma de tetraborato de sódio foram suficientes para suprir as exigências nutricionais do *Eucalyptus grandis* em relação ao boro (**Figura 13B**).

Em conformidade com os resultados encontrados por TOKESHI *et al.* (1976) e COOLING & JONES (1970), SILVEIRA (1999a e b) também observou redução

da incidência de seca de ponteiro com a aplicação de doses crescentes de boro em diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus*, em solo arenoso e argiloso, respectivamente. O estudo foi realizado na região de Três Marias/MG, caracterizada por período de déficit hídrico durante os meses de maio a setembro. O clone FGA-35 foi menos suscetível à seca de ponteiro quando comparado ao clone FCB-463 e à semente APS-1, independente da dose de

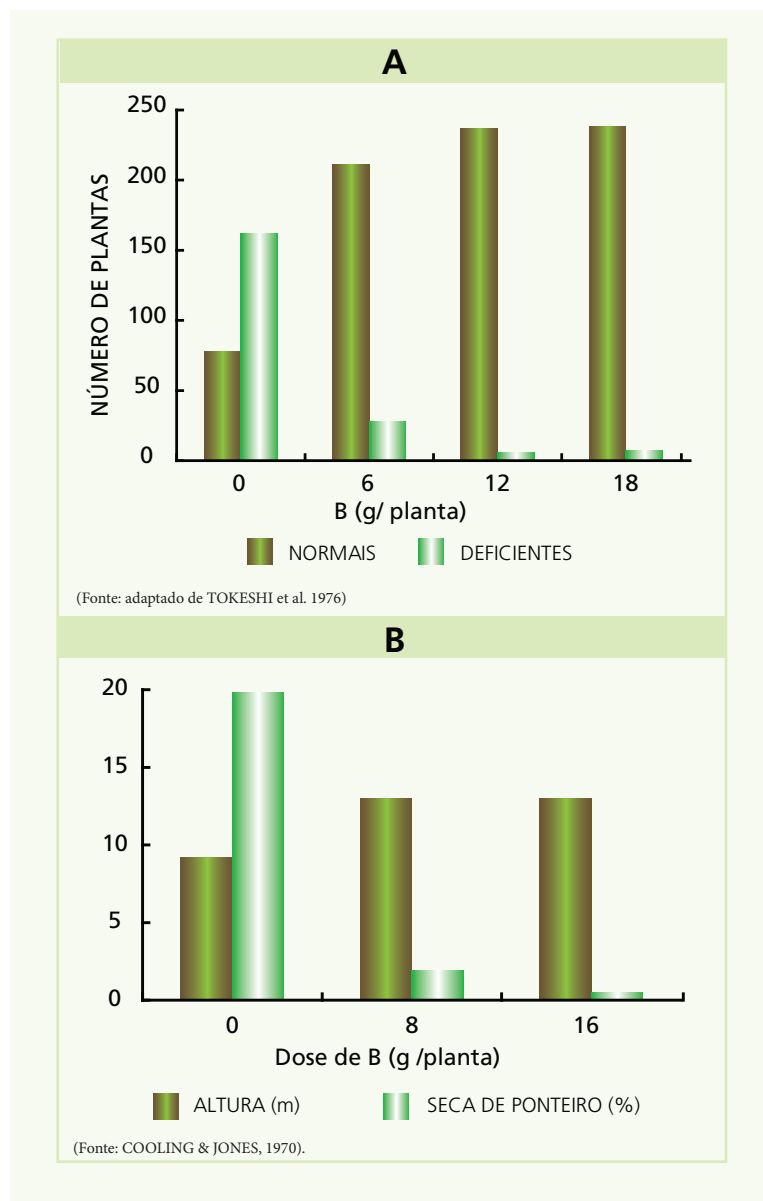


FIGURA 13. A. Efeito da aplicação de boro na correção dos sintomas de deficiência, aos 9 meses de idade, em *E. citriodora*. **B.** Efeito da aplicação de boro sobre a altura e seca de ponteiro de *E. grandis*, aos 4 anos de idade, na Zâmbia.

Fonte: TOKESHI *et al.* (1976) e COOLINE & JONES *et al.* (1970).

boro utilizada. A dose de 1,5 g de B/planta⁻¹, aplicada aos 3 meses após o plantio, reduziu a seca de ponteiro a valores menores que 5% em todos os materiais genéticos aos 9 meses de idade (**Figura 14A e B**).

Estudando a influência do boro no crescimento e na composição química das plantas, MALAVOLTA *et al.* (1978) cultivaram mudas de *Eucalyptus citriodora*, *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva contendo níveis crescentes de boro (0; 0,01; 0,5 e 10 mg L⁻¹ de B). Os sintomas de carência de boro evidenciaram-se primeiramente em *Eucalyptus citriodora*, seguindo-se em *Eucalyptus grandis* e finalmente em *Eucalyptus urophylla*. Em relação à toxidez de B, a sensibilidade das espécies foi inversa da deficiência, porém afetou pouco o crescimento das plantas até a idade de 4 meses. Observaram ainda, que os sintomas de fitotoxicidade ocorreram quando as plantas apresentavam concentrações foliares de 361 mg kg⁻¹ de B no material seco.

Resultados semelhantes foram obtidos por NOVELINO *et al.* (1982) ao estudarem a exigência de boro em quatro espécies de *Eucalyptus* (*E. camaldulensis*, *E. citriodora*, *E. grandis* e *E. paniculata*) em condições de solução nutritiva com diferentes níveis de boro (0; 0,02; 0,1; 0,5; 2,5 mg L⁻¹). Os autores observaram respostas diferenciadas em relação às espécies (**Figura 15**). A produção máxima de matéria seca de *E. camaldulensis* ocorreu na dose de 0,02 mg L⁻¹ de B. Já para *E. grandis* e *E. citriodora*, quando eles foram cultivados em 0,1 mg L⁻¹ de B e para *E. paniculata*, em torno de 0,5 mg L⁻¹ de B. O *E. grandis* foi a espécie que apresentou a faixa mais estreita entre a produção máxima e a fitotoxicidade, ocorrendo perdas de produção para as doses acima de 0,1 mg L⁻¹ de B. As outras espécies mostraram-se tolerante aos níveis mais elevados desse micronutriente, havendo pequenas reduções no crescimento entre a dose ótima e o nível mais elevado (2,5 mg L⁻¹ de B). MORAIS (1999) classificou diferentes

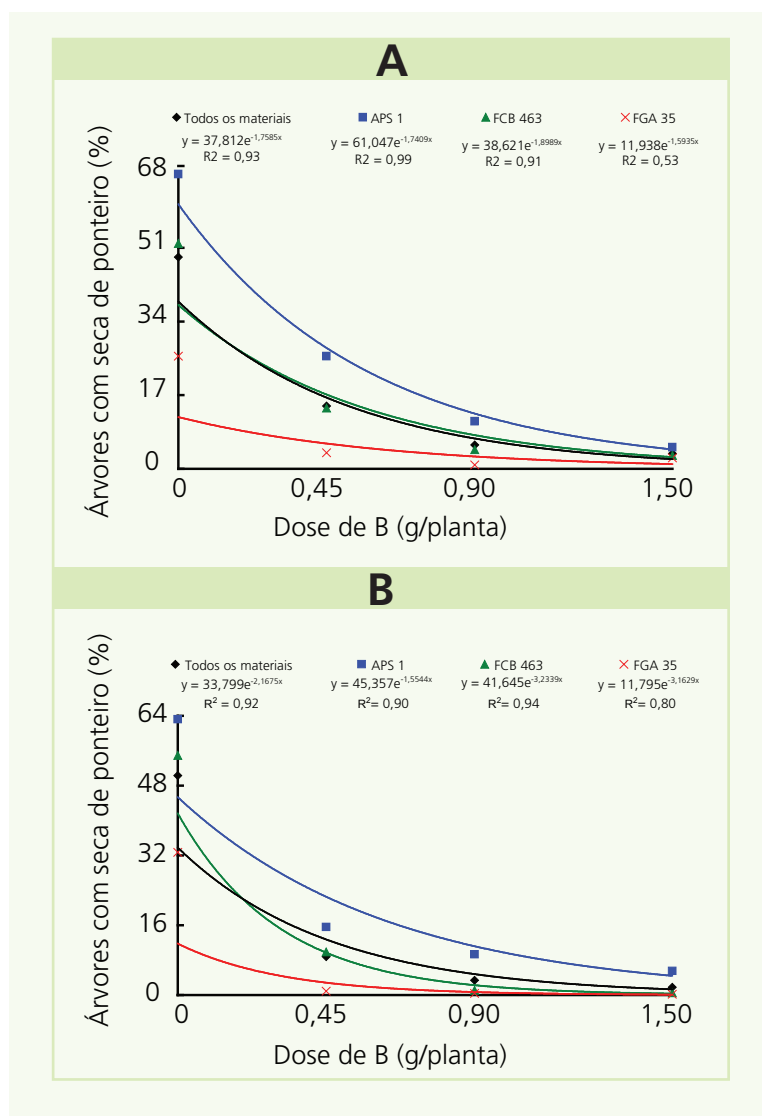


FIGURA 14. Seca de ponteiro em diferentes materiais genéticos de *Eucalyptus* com 9 meses de idade em função das doses crescentes de boro. **A.** Latossolo vermelho amarelo (20% argila). **B.** Latossolo vermelho escuro (45% argila).

Fonte: SILVEIRA (1999a e b).

espécies quanto à sensibilidade à seca de ponteiro. O autor observou grande variação entre as espécies de eucalipto, a mais sensível é o *E. citriodora* e a menos sensível é o *E. pellita* (**Figura 16**).

Para GONÇALVES & VALERI (2001) esses resultados indicam que as espécies menos sensíveis à variação da concentração de boro na solução têm menor capacidade de absorção e/ou de translocação do nutriente, sendo por isso menos suscetíveis à fitotoxicidade do nutriente em questão. Esses dados evidenciam também que o nível crítico de boro na planta varia amplamente em função das espécies e

procedências.

STAPE (1992), estudou a fertilização de *Eucalyptus grandis* em uma areia quartzosa de baixa fertilidade (94 % areia), numa região caracterizada por intenso déficit hídrico em São Simão-SP. O autor observou ganhos de volume de madeira de 118 e 81 % e a ausência da seca de ponteiro através da aplicação de NPK mais micronutrientes na forma de óxidos silicatados (FTE BR9), quando comparado com a testemunha e a adubação tradicional do *Eucalyptus*, com aplicação somente de NPK.

CANNON (1981) observou ganhos em produtividade volumétrica de *Eucalyptus grandis* aos 4 anos de idade, através da adubação NPK + B quando comparada à NPK sem boro. Verificou ainda a ocorrência de seca de ponteiro nas parcelas onde não houve a aplicação de boro. Resultados semelhantes foram obtidos por BARROS *et al.* (1992) no cerrado de Minas Gerais, onde *Eucalyptus citriodora* e *Eucalyptus camaldulensis* foram mais sensíveis à deficiência de boro, em sítios afetados por déficit hídrico. Nesse caso, a aplicação de 1 a 1,5 g planta⁻¹ de B reduziu a ocorrência de seca de ponteiro e promoveu ganhos em volume de até 32 % em relação à aplicação de NPK com omissão de boro.

COUTINHO *et al.* (1995) instalaram vários experimentos em diferentes regiões de Portugal, para avaliar o efeito de doses de boro (0, 3, 6 e 12 g planta⁻¹) sobre o crescimento de *Eucalyptus globulus* e constataram que a melhor resposta ocorreu com a aplicação de 3 g planta⁻¹, não havendo diferenças significativas entre essa dose e a de 6 e 12 g planta⁻¹. Os autores determinaram ainda que o nível crítico de boro nas folhas foi de 20 mg kg⁻¹ de B no material seco. FERREIRA (1992) estudou o efeito de doses de boro (0; 0,25; 0,75; 2,25 e 6,25 mg dm⁻³) em dois solos com texturas diferentes, submetidos a dois níveis de umidade (-0,33 e -0,10 atm), sobre o crescimento de *Eucalyptus citriodora*. Os resultados mostraram que no Latossolo Vermelho

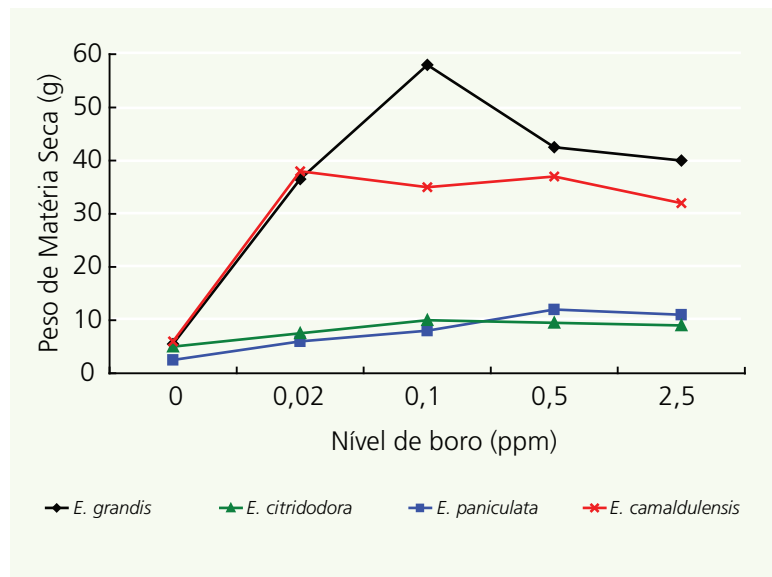
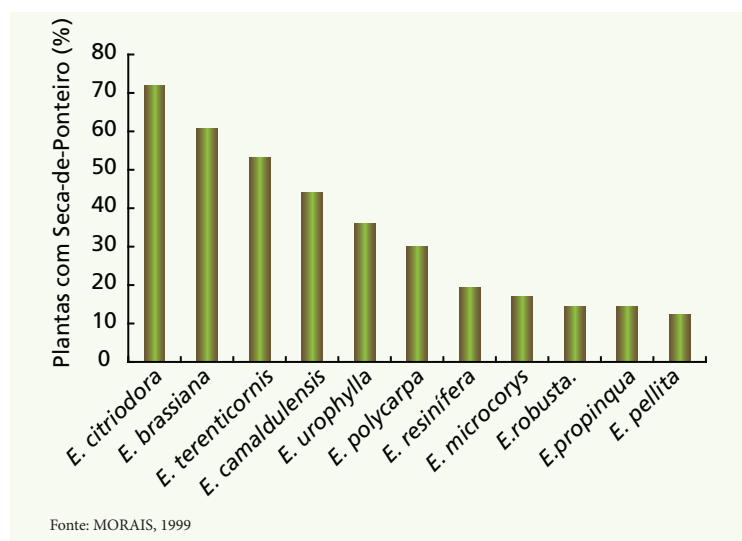


FIGURA15. Produção de matéria seca de quatro espécies de eucalipto em função dos níveis de boro na solução nutritiva.

Fonte: NOVELINO *et al.*, (1982).

-Amarelo **A-moderado** textura argilosa, a produção de matéria seca e a altura das plantas não sofreram influência da umidade, no entanto, no Latossolo Vermelho Amarelo-, textura média, submetido a -0,33 atm, observou-se redução de ambos os parâmetros. Independente do solo e da umidade, as doses de boro promoveram um aumento na produção de matéria seca da parte aérea de forma quadrática, até 2,21 mg dm⁻³ de solo. A faixa crítica esti-



Fonte: MORAIS, 1999

FIGURA16. Sensibilidade média de espécies de eucalipto à seca de ponteiro aos 8 meses de idade em cinco sítios do Noroeste/Norte de Minas Gerais.

Fonte: MORAIS (1999).

mada de B disponível, para 90 a 95 % da produção máxima, foi de 0,15 a 0,26 mg dm⁻³ para o Latossolo Vermelho- A-moderado, textura argilosa e 0,08 a 0,22 mg dm⁻³ para o Latossolo Vermelho Amarelo- A-moderado, textura média. Na planta, a faixa crítica para a mesma produção foi de 16-27 mg kg⁻¹ de B nas folhas novas, 19-29 mg kg⁻¹ nas folhas medianas e 21-35 mg kg⁻¹ nas folhas velhas.

FONSECA *et al.* (1990) avaliaram o efeito da aplicação de boro e zinco sobre a produtividade do *Eucalyptus camaldulensis* em Latossolo Vermelho Amarelo, textura média, na região de Brasilândia-MG. Foram utilizadas três doses de bórax combinadas com três doses de sulfato de zinco nas dosagens de 0; 10 e 20 g cova. Aos 30 meses de idade, os autores verificaram um ganho de volume de 25 e 32 % em relação à testemunha, mediante à aplicação de 10 e 20 g planta⁻¹ de bórax (1 e 2 g planta⁻¹ de B). A aplicação de zinco teve um efeito depressivo no crescimento do *Eucalyptus camaldulensis*, sendo que na presença de boro esse efeito foi reduzido em maior ou menor proporção.

MORAIS (1999) observou grande variação no teor foliar de boro aos 9 meses de idade em diferentes espécies e procedências de eucalipto em função da dose aplicada aos 3 meses após o plantio, em Latossolo Vermelho, textura média (Figura 17A). O *E. citriodora*, o *E. cloeziana* e o *E. camaldulensis* proc. João Pinheiro apresentaram pequenos aumentos no teor foliar a partir da dose de 1,1 g planta⁻¹. As maiores respostas no teor de boro com o aumento da dose aplicada foram observados para o *E. urophylla* e o *E. camaldulensis* proc. Port Hedland. O mesmo autor estudando o comportamento de duas espécies de eucalipto em dois sítios no noroeste de Minas Gerais, verificou que os maiores ganhos de produtividade com adição de boro foram obtidos para *E. camaldulensis* em Latossolo Vermelho, textura média. Nesse sítio, a produção econômica para o *E. camaldulensis* foi obtida com a aplicação de 5,2 kg

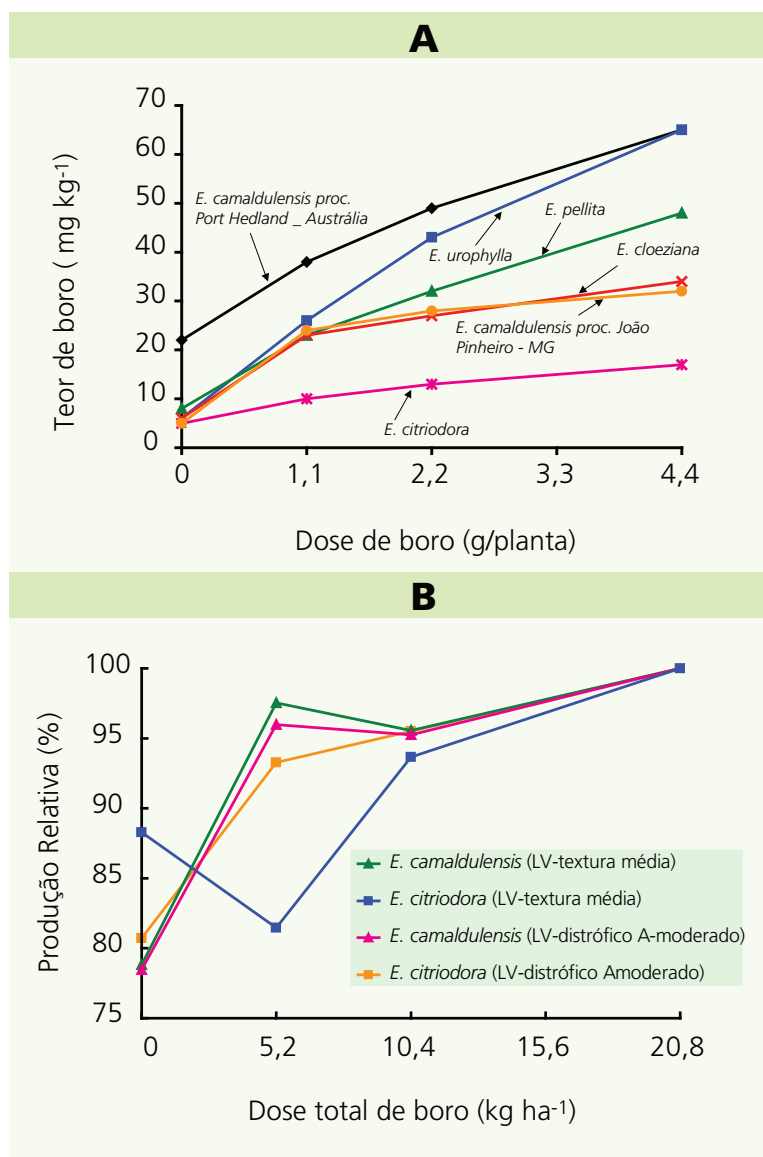


FIGURA 17. A: Teor foliar de boro de diferentes espécies e procedências de eucalipto aos 9 meses de idade, em função da dose de boro. **B:** Resposta de espécies de eucalipto à aplicação de boro em dois sítios no noroeste de Minas Gerais.

Fonte: MORAIS (1999).

B ha⁻¹ (Figura 17B).

BOUCHARDET (2002) encontrou diferenças entre clones de *Eucalyptus grandis* em resposta à aplicação de boro, na região de Itatinga/SP (Figura 18). O clone A1 apresentou maior ganho de volume em relação ao clone A2 com a aplicação de boro. No clone A1, doses superiores a 0,5 kg B ha⁻¹ não proporcionaram respostas significativas no volume de madeira. No clone A2 houve decréscimo a partir da aplicação de 1 kg B ha⁻¹, sendo que aos 12 meses de idade, a aplicação de 8 kg B ha⁻¹ provocou

uma redução de volume da ordem de 50,4% em relação à ausência de boro. Em ambos os clones, verificou-se que a dose de 1 kg B ha⁻¹ foi suficiente para atender as exigências, até a idade de 24 meses. Essa dose está abaixo da recomendada para solos arenosos com baixo teor de matéria orgânica, como a maioria dos solos localizados na região de Itatinga/SP. No entanto, deve-se considerar que os clones foram selecionados nesse sítio e possivelmente apresentam maior eficiência na absorção e translocação de boro, quando comparados a outros materiais genéticos. O boro talvez seja o nutriente com maior variação quando se compara diferentes materiais genéticos. Isso mostra a importância da recomendação de boro ser específica para condições edafoclimáticas e materiais genéticos.

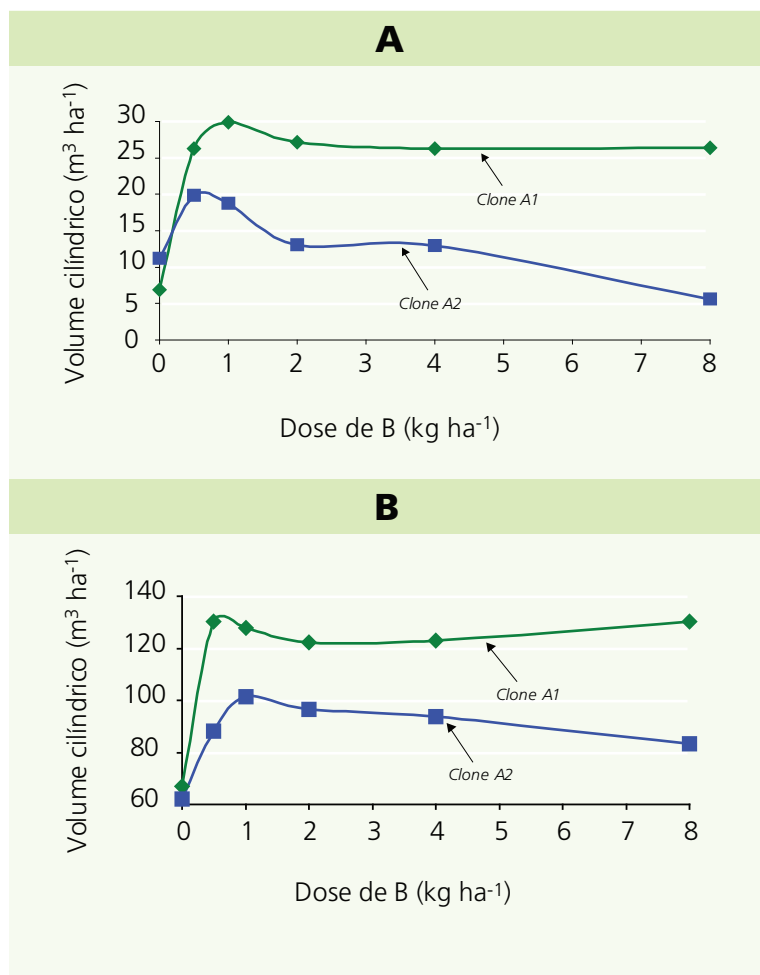


FIGURA 18. Volume cilíndrico de madeira dos clones A1 e A2 em função da aplicação de boro. **A.** Aos 12 meses de idade. **B.** Aos 24 meses de idade.

Fonte: BOUCHARDET (2002).

9 RECOMENDAÇÕES PARA O USO DE BORO

a) Época de aplicação e forma de localização

Não se deve usar fontes altamente solúveis no plantio. Pois, grande parte do fertilizante será perdida por lixiviação e também o uso de altas doses de boro para compensar a perda por lixiviação, pode resultar em fitotoxicidade.

Aplicações de boro no plantio, caso sejam necessárias, só devem ser realizadas com o uso de pequenas doses de fontes de baixa solubilidade como colemanita ou ulexita.

O boro apresenta alta mobilidade no solo como ocorre com o nitrogênio e potássio. Portanto, a maior eficiência da aplicação ocorre quando este é localizado em cober-

tura sobre o solo. Em regiões com melhor distribuição de chuva, a aplicação de boro na fase inicial do crescimento da floresta deve ser feita em cobertura juntamente com nitrogênio e potássio, e parcelada na fase de 2 a 9 meses após plantio. A localização do fertilizante durante essa fase deve ser feita na projeção da copa em coroa ou semi-círculo a 30-60 cm do colo da muda quando a aplicação for manual, ou em filete contínuo, quando for mecanizada.

As aplicações de boro em florestas com idade superior a 12 meses, que apresentem o fechamento das copas, devem também ser realizadas juntamente com nitrogênio e potássio. No entanto, a adubação deve

ser localizada em área total, uma vez que o volume de solo explorado pelas raízes é grande. No caso de sítios de menor crescimento, onde não ocorreu o fechamento das copas, os adubos devem ser localizados em filete contínuo nas entre linhas.

Em regiões com intenso déficit hídrico no período entre maio e agosto, como por exemplo, o Norte e Nordeste de Minas Gerais, as aplicações de boro devem ser realizadas no final do período das chuvas, ou seja, durante o mês de fevereiro. Com isso, haverá chuva suficiente para a absorção do boro e menores perdas por lixiviação deverão ocorrer em relação quando a aplicação é feita nos meses de dezembro e janeiro.

Nessas regiões em condições de elevada produtividade, deve-se fazer monitora-

mento nutricional periódico entre os meses de abril a julho. O objetivo é determinar se os níveis foliares de boro exigem correções. Os últimos resultados têm mostrado que as florestas plantadas no início das chuvas (novembro) atingem 2 m de altura em março e chegam a alcançar 5-6 m em julho, ou seja, crescem a média de 0,5-0,6 m/mês mesmo no período de estiagem. Muitas vezes, o boro aplicado em fevereiro foi absorvido, e como é um nutriente imóvel, não consegue atender a alta demanda devido ao elevado crescimento, fazendo-se necessária a correção foliar. A concentração utilizada visando corrigir a deficiência de boro nessa situação é de 0,3-0,5% de ácido bórico (3 a 5g L⁻¹).

TABELA 8. Principais características das fontes boratadas.

Fonte	Fórmula	Teor aproximado (%)	Solubilidade em H ₂ O	Uso mais adequado
Bórax Decahidratado	Na ₂ B ₄ O ₇ 10 H ₂ O	11	alta	minijardim clonal e viveiro - fertirrigações campo
Solubor	Na ₂ B ₄ O ₇ 5 H ₂ O + Na ₂ B ₁₀ O ₁₆ 10 H ₂ O	17-20	alta	minijardim clonal e viveiro - fertirrigações pulverizações foliares para a correção de deficiência
Bórax Pentahidratado	Na ₂ B ₄ O ₇ 5 H ₂ O	14-15	alta	minijardim clonal e viveiro - fertirrigações campo
Ácido Bórico	H ₃ BO ₃	17	alta	minijardim clonal e viveiro - fertirrigações pulverizações foliares para a correção de deficiência
Ulexita	NaCaB ₅ O ₉ 8 H ₂ O	8-15	média/baixa	floresta
Colemanita	Ca ₂ B ₆ O ₁₁ 5 H ₂ O	10	média/baixa	floresta
Oxi-sulfato BR8*	complexo óxido silicatado com vários micronutrientes	2	média/baixa	floresta
Oxi-sulfato BR12*	complexo óxido silicatado com vários micronutrientes	1,8	média/baixa	floresta

* fontes de micronutriente contendo Zn, Cu, Fe, Mn e Mo, além do boro.

b) Frequência de aplicação

Em solos arenosos, a capacidade de retenção de boro é menor, interferindo na manutenção do suprimento adequado do elemento na solução do solo. Portanto, nesses solos é necessário um maior parcelamento das doses quando do uso de fontes mais solúveis. Uma outra opção seria o uso de fontes de baixa solubilidade, como os boratos de cálcio, os quais apresentam liberação mais gradual reduzindo o risco de toxicidade.

c) Fontes

Para plantios, as fontes de disponibilidade mais lenta apresentariam maior eficiência, por apresentarem um fornecimento mais prolongado. Na **Tabela 8**, encontra-se um resumo das fontes de boro, indicando o uso mais adequado.

d) Dose

A **Tabela 9** trata-se de uma primeira aproximação de recomendação de boro para *Eucalyptus* nas regiões com melhor distribuição

de chuva. A dose é recomendada com base no teor do micronutriente no solo. A dose de boro nesses sítios deve ser parcelada em 3 aplicações. Para solos arenosos com períodos prováveis de déficit hídrico o parcelamento da adubação boratada deve ser realizado em três épocas distintas. Isso proporcionaria um suprimento mais contínuo desse micronutriente no estágio de maior ocorrência de seca de ponteiro, entre 1 e 2 anos de idade.

Para garantir um suprimento contínuo de boro a médio e longo prazo, é interessante a mistura de fontes solúveis (tetraborato de sódio) correspondendo a 30% da dose total, com fontes de solubilização mais lenta como as fontes silicatadas (“fritas”), ulexita e colemanita, na proporção de 70% (GONÇALVES & VALERI, 2001). Dessa forma, se assegura o fornecimento mais contínuo com menores riscos de fitotoxicidade, principalmente nos seis primeiros meses de crescimento.

TABELA 9. Interpretação dos níveis de boro no solo e recomendação da adubação boratada para regiões com melhor distribuição de chuva.

		Dose total de boro (kg ha ⁻¹)	Parcelamento		
Boro no solo	Interpretação		1 ^a Cobertura 60-90 dias	2 ^a Cobertura 6-9 meses	3 ^a Cobertura 12-24 meses
(mg dm ⁻³)					
< 0,25	Baixo	3,0	0,5	1,0	1,5
0,25 - 0,40	Médio	2,0	0,5	0,5	1,0
> 0,40	Alto	0,5	0,5	-	-

Fonte: SILVEIRA & HIGASHI (2002).

TABELA 10. Recomendação do uso de boro para regiões com intenso déficit hídrico.

Época do plantio	Porte da planta m	1º fevereiro	2º fevereiro	Total
		----- kg de B ha ⁻¹ -----		
Jan - Fev	0,5 - 1,0	0,5 - 1,0	4,5	5,0 - 5,5
Mar - Out	≥ 2,0	3,0 - 3,5	4,5	7,5 - 8,0
Nov - Dez	1,0 - 2,0	2,0 - 2,5	4,5	6,5

Na **Tabela 10** encontra-se a recomendação do uso de boro para regiões com intenso déficit hídrico. Nesses sítios, recomenda-se a adição de 0,2% de B na fórmula de plantio (NPK 06 -

30 - 06 ou superfosfato simples) além das aplicações isoladas no final do período chuvoso, fevereiro ou março. A dose de boro nessa condição deve levar em conta o porte da planta.

10 REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE CELULOSE E PAPEL. Distribuição geográfica da produção em toneladas. **Relatório Estatístico BRACELPA 2000**. São Paulo, 2000. p.204-205.
- BALLONI, E.A. Deficiência de boro em povoamentos florestais implantados. **Boletim Informativo IPEF**, v.5, n.14, p.49-65, 1977.
- BARROS, N.F.; CARMO, D.N.; CALAIS, D.; VIEIRA, F.S. Biomassa, absorção e eficiência de utilização de nutrientes por clones de eucalipto na região norte do Espírito Santo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 20., Belém, 1985. Programas e resumos. Belém: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo. 1985. p.109.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. Eucalypt nutrition and fertilizer regimes in Brazil. In: ATTIWILL, P.M.; ADAMS, M.A. (Eds.). **Nutrition of Eucalyptus**. Collingwood, CSIRO, 1996. p.335-355.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L. Fertilização e correção do solo para o plantio de eucalipto. In: BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F. (Eds.). **Relação Solo-Eucalipto**. Viçosa, Editora Folha de Viçosa, 1990. p.127-86.
- BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; NEVES, J.C.L.; LEAL, P.G.L. Fertilizing eucalypt plantations on the Brazilian savannah soils. **South African Forest Journal**, n.160, p.7-12, 1992.
- BELLOTTE, A. F. Concentração, acumulação e exportação de nutrientes em *Eucalyptus grandis* (Hill ex Maiden) em função da idade. Piracicaba, 1979. 129 p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BOARDMAN, R.; CROMER, R.N.; LAMBERT, M.J.; WEBB, M.J. Forest plantations. In: REUTER, D.J.; ROBINSON, J.B. **Plant Analysis na Interpretation Manual**. Collingwood, CSIRO, 1997. p.505-566.
- BOUCHARDET, J.A. Crescimento, características físicas e anatômicas de madeira juvenil de dois clones de *Eucalyptus grandis* Hill ex Maiden em resposta à aplicação de boro. Piracicaba, 2002. 69p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BRASIL SOBRINHO, M.O.C. Levantamento do teor de boro em alguns solos de São Paulo. Piracicaba, 1965. 135p. Tese (Livre Docência) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo.
- BROWN, P.H.; SHELP, B.J. Boron mobility in plants. **Plant and Soil**, v.193, n.1/2, p.85-101, 1997.
- CANNON, P.G. Fourth results of forest fertilization with NPK, calfos and bórax on an Andept soil. **Research Report Investigacion Forestal**, v.68, p.10, 1981.

- CARVALHO, C.M.; CORSO, G.M.; VEIGA, R.A.A.; COUTINHO, C.J. BAENA, E.S. Aspectos sintomatológicos, morfológicos e anatômicos da deficiência de boro em plantações de *Eucalyptus*. In: SYMPOSIUM AND WORKSHOP ON GENETIC IMPROVEMENT AND PRODUCTIVITY OF FAST GROWING TREE SPECIES. Águas de São Pedro, 8p. (mimeografado), 1980.
- COHEN, M.S.; LEPPER Jr., R. Effect of boron on cell elongation and division in squash roots. **Plant Physiology**, v.59, n.5, p.884-887, 1977.
- COOLING, E.N.; JONES, B.E. The importance of boron and NPK fertilizers to *Eucalyptus* in the southern province, Zâmbia. **East African Agricultural and Forest Journal**, v.36, n. 2, p.103-120, 1970.
- COUTINHO, J.; BENTO, J.; VALE, R. Efeito da aplicação de boro em povoamentos de *Eucalyptus globulus* no norte e no centro de Portugal. **2o Relatório intercalar do projeto de investigação do CEDR**, Universidade de Trás-os-Monte e Alto Douro, Soporcel S.A. e Boráx Consolidated Ltda., 1995, 31p.
- DANTAS, J.P. Boro. In: FERREIRA, M.E.F.; CRUZ, M.C.P.C., (Eds.) **Micronutrientes na agricultura**. Piracicaba, Potafos, 1991. p.113-130.
- DELL, B.; MALAJACZUK, N. Boron deficiency eucalypt in China. **Canadian Journal Forest Research**, v.24, n.12, p.2409-2416, 1994.
- DELL, B.; HUANG, L. Physiological response of plants to low boron. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (Eds.). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht, Kluwer, 1997. p.103-120.
- DELL, B., MALAJCZUK, N., GROVE, T.S. **Nutrient disorders in plantation eucalypts**. Camberra, Australian Centre For International Agricultural Research, 1995. 104p.
- DUGGER, W.M. Boron in plant metabolism. In LÄUCHLI, A.; BIELESKI, R.L., (Eds.) **Inorganic plant nutrition**. Berlim, Springer-Verlag, 1983. p.625-650.
- FERREIRA, G.B. Interferências da matéria orgânica e ferro na dosagem de boro com Azometina-H e comparação de extratores para boro disponível no solo. Viçosa, 1998. 97p. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal de Viçosa.
- FERREIRA, R.M.A. Crescimento de *Eucalyptus citriodora* em dois latossolos sob influência de níveis de boro e umidade. Lavras, 1992. 113p. Dissertação (Mestrado) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- FLORESTAR ESTATÍSTICO. V.9, n. 18, nov. 2006.
- FONSECA, S.; MALUF, J.L.P; OLIVEIRA, A.C. Adubação de *Eucalyptus camaldulensis* com boro e zinco em solos de cerrado na região de Brasilândia-Minas Gerais. In: CONGRESSO FLORESTAL BRASILEIRO, 6., Campos do Jordão, 1990. **Anais**. São

Paulo: SBS; SBEF, 1990. v.3, p.403-406.

GOLDBERG, S. Reactions of boron with soils. In: DELL, B.; BROWN, P.H.; BELL, R.W. (Eds.). **Boron in soils and plants: reviews**. Dordrecht, Kluwer, 1997. p.35-48.

GONÇALVES, J.L.M.; VALERI, S.V. Eucalipto e Pinus. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (Eds) **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal, CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p.393-417.

GUPTA, U.C. Boron nutrition of crops. **Advances in Agronomy**, v.31, p.273-307, 1979.

GUPTA, U.C. Factors affecting boron uptake by plants. In: GUPTA, U.C. (Ed.). Boron and its role in crop production. Boca Raton, Crc Press, 1993. cap. 5, p.87-104.

GUPTA, U.C.; JAME, Y.M.; CAMBELL, C.A.; LEYSHON, A.J.; NICHOLAICHUK, W. Boron toxicity and deficiency: a review. **Canadian Journal of Soil Science**, v.65, p.381-409, 1985.

HERBERT, M.A. Fertilizers and eucalypt plantations in South Africa. In: ATTIWILL, P.M.; ADAMS, M.A. (Eds.) **Nutrition of Eucalyptus**. Collingwood, CSIRO, 1996. p.303-326.

HEWITT, E.J.; SMITH, T.A. **Plant mineral nutrition**. London, The English Universities 1975. 298p.

JACKSON, J.F.; CHAPMAN, S.R. Trace elements in soil-plant-animal systems. In: NICHOLAS, D.J.D.; EGAN, A.R. (Eds). New York, Academic Press. 1975. p. 213-225.

LEWIS, D.H. Boron, lignification and the origin of vascular plants - a unified hypothesis. **New Phytologist**, v.84, p.209-229, 1980.

MALAVOLTA, E. **Elementos de Nutrição Mineral de Plantas**. São Paulo, Editora Agronômica Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E. Essências Florestais: Eucalipto e Pinus. In: MALAVOLTA, E. (Ed.) **Manual de Calagem e Adubação das principais culturas**. São Paulo: Ceres, 1987. p.376-396.

MALAVOLTA, E.; KLIEMANN, H.J. **Desordens nutricionais do cerrado**. Piracicaba, Potafos, 1985. 136p.

MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E.; ATHAYDE, M.F.; BRAGA, N.R.; NOGUEIRA, S.S.S.; MORAIS, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*. **Revista da Agricultura**, v.53, n.4, p.243-6, 1978.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. Funções. In: MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. (Eds.). **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba, Associação Brasileira para a Pesquisa da

Potassa e do Fosfato, 1997. 319p.

MARSCHNER, H. **Mineral Nutrition of Higher Plants**. San Diego, Academic Press, 1986. 674p.

MATOH, T.; ISHIGAKI, K.I.; MIZUTANI, M.; MATSUNAGA, M.; TAKABE, K. Boron nutrition of cultured tobacco BY-2 cells. I. Requirement for intracellular localization of boron and selection of cells that tolerant low levels of boron. **Plant Cell Physiology**, v.33, p.1135-1141, 1992.

MORAIS, E.J. O uso de boro em plantios de eucaliptos na região norte e noroeste de Minas Gerais. In: SIMPÓSIO SOBRE O USO DO BORO EM FLORESTAS DE EUCALIPTO, 2., Piracicaba, 1998. **Anais**. Piracicaba, IPEF, ESALQ, 1999. p.2-46.

MOREIRA, A.; SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; FRANÇA, F.S.; GONÇALVES, A.N. Exportação de micronutrientes através da exploração de madeira de *Eucalyptus*. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27. Planaltina, 1999. **Anais** - compact disc, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1999.

MULLICK, D.B. The non-specific nature of defense in bark and wood during wounding, insect and pathogen attack. In: LOEWEISS, F.A.; RONECKLES, V.C. (Eds.). **Recent advances in phytochemistry**. New York, Plenum Press, 1977. v.11. p.395-441.

NOVELINO, J.O.; NEVES, J.C.L.; BARROS, N.F.; NOVAIS, R.F.; MUNIZ, A.S. Efeito de níveis de boro em solução nutritiva no crescimento de *Eucalyptus spp.* **Revista Árvore**, v.6, n.1, p.45-51, 1982.

PAVAN, M.A.; CORREA, A.E. Reações de equilíbrio solo-boro. **Separata de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.3, p.261-9, 1988.

POLLARD, A.S., PARR, A.J.; LOUGHMAN, B.C. Boron in relation to membrane function in higher plants. **Journal of Experimental Botany**, v.28, n.105, p.831-41, 1977.

PRICE, C.A.; CLARK, H.E.; FUNKHOUSER, E.A. Micronutrients in agriculture. In: MORTVEDT, J.J. GIORDANO, P.M.; LINDSAY, W.L. (Eds.) **Soil Science Society of America Proceedings**, Madison, 1972. p 231-42.

REAL, P. Daños por falta de boro en el Sureste del Uruguay. **Florestal: Revista de la Sociedade de Productores Forestalis**, v.5, n.15, p.25-27, 2000.

ROCHA FILHO, J.V.C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. **Anais da Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz"**, v.35, p.19-34, 1978.

SAVORY, B.M. Boron deficiency in *Eucalyptus* in Norther Rhodesia. **Empire Forest Review**, v.41, n.2, p.118-125, 1962.

SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.V.A. Monitoramento nutricional e da fertilidade do solo em

- plantios de eucalipto nas regiões do Vale do Paraíba e Sul do Estado de São Paulo. Relatório de Pesquisa da Votorantim Celulose e Papel, 43p., 2001.
- SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.A.; HIGASHI, E.N.; GONÇALVES, N.A. Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo em plantios de *Eucalyptus grandis* e *Eucalyptus saligna* na região de Capão Bonito/SP (compact disc). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. **FERTIBIO 2000**: trabalhos. Santa Maria: SBCS; SBM, 2000a.
- SGARBI, F.; SILVEIRA, R.L.A.; HIGASHI, E.N.; NETO, C.B.L. Avaliação do estado nutricional e da fertilidade do solo em plantios de *Eucalyptus grandis* na região de Lençóis Paulista/SP (compact disc). In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 25.; REUNIÃO BRASILEIRA SOBRE MICORRIZAS, 8.; SIMPÓSIO BRASILEIRO DE MICROBIOLOGIA DO SOLO, 6.; REUNIÃO BRASILEIRA DE BIOLOGIA DO SOLO, 3., Santa Maria, 2000. **FERTIBIO 2000**: trabalhos. Santa Maria: SBCS; SBM, 2000b.
- SILVEIRA, R.L.V.A. 4º Relatório de atividades do programa temático de boro em *Eucalyptus*. Piracicaba, IPEF, 9p. 1999a.
- SILVEIRA, R.L.V.A. 5º Relatório de atividades do programa temático de boro em *Eucalyptus*. Piracicaba, IPEF, 9p. 1999b.
- SILVEIRA, R.L.V.A. Efeito do potássio no crescimento, nas concentrações dos nutrientes e nas características da madeira juvenil de progênies de *Eucalyptus grandis* W. Hill ex Maiden cultivadas em solução nutritiva. Piracicaba, 2000.169p. Tese (Doutorado) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz" - Universidade de São Paulo.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N. **Nutrição e adubação de Eucalyptus**. Piracicaba, RR Agroflorestal, 2002. 210p.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; KRUGNER, T.L. Estado nutricional de *Eucalyptus citriodora* Hook cultivado sob diferentes doses de boro e sua relação com a agressividade de *Botryosphaeria ribis*. **Scientia Forestalis**, n.53, p.57-70, jun.1998a.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; POMPERMAYER, P.N. **Nutrição mineral em mudas de Eucalyptus grandis: crescimento, produção de matéria seca, concentração e acúmulo de nutrientes em função da idade**. Relatório de pesquisa da Siderúrgica Barra Mansa & RRagroflorestal. 21p. 1998b.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; ARAÚJO, E.F.; SOUZA, A.J. **Avaliação do estado nutricional de povoamentos de Eucalyptus pelo método do nível crítico e DRIS, na região sul da Bahia**. Relatório de pesquisa da Bahia Sul Celulose, Teixeira de Freitas, 82p. 2001.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; SILVEIRA, R.I.; HIGASHI, E.N. **Monitoramento nutricional nos povoamentos de Eucalyptus na região de Bofete e Itatinga pelos métodos do nível crítico e DRIS**. Relatório de pesquisa da Eucatex, Salto, 30p. 2002a.

- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A. **Monitoramento nutricional do clone C219 na Luís Antonio**. Relatório de Pesquisa da Votorantim Celulose e Papel, Luís Antonio, 13p., 2003.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; SILVEIRA, R.I.; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *E. grandis* da região de Itatinga/SP. I. Macronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. Anais, Sociedade brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1995a. p.896-898.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; GONÇALVES, A.N.; SILVEIRA, R.I.; BRANCO, E.F. Levantamento nutricional de florestas de *E. grandis* da região de Itatinga/SP. II. Micronutrientes. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 25. Anais, Sociedade brasileira de Ciência do Solo, Viçosa, 1995b. p.899-901.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; TAKAHASHI, E.N.; SGARBI, F.; BRANCO, E.F. Sintomas de deficiência de macronutrientes e boro em híbrido de *Eucalyptus grandis* x *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIÊNCIA DO SOLO, 13., **Anais** (compact disc). Águas de Lindóia: Sociedade Americana de Ciência do Solo, 1996.
- SILVEIRA, R.L.V.A.; HIGASHI, E.N.; PAULA, T.A. BOUCHARDET, J.A.; VALLE, C.F.; BONINE, C.A.V. **Exigência nutricional de clones de Eucalyptus em relação a boro**. Relatório de pesquisa da Votorantim Celulose e Papel, Luís Antonio, 26p. 2002b.
- STAPE, J.L. Potencial de crescimento do *Eucalyptus grandis* numa Areia Quartzosa do Estado de São Paulo. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20., Piracicaba, 1992. **Anais**. Piracicaba: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, Piracicaba, 1992. p.172-173.
- STONE, E.L. Boron deficiency and excess in forest trees: a review. **Forest Ecology and Management**, v.37, n.1/3, p.49-75, 1990.
- TOKESHI, F.; GUIMARÃES, R.F.; TOMAZELLO FILHO, M. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em São Paulo. **Summa Phytopathologica**, v.2, n.2, p.122-126, 1976.
- VAIL, J.W.; CALTON, W.E.; STRANG, R.M. Dieback of Wattle: boron deficiency. **Empire African Agriculture Journal**, v.23, n.2, p.100-103, 1957.
- VANDERLEI, J.C.; FAQUIN, V.; GUEDES, G.A.A.; CURI, N. Boro em materiais de três solos do município de Lavras, MG. **Separata de Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.23, n.12, p.1421-9, 1988.



Agroflorestal

Rua Alfredo Guedes, 1949

Salas 1008/1009

13416-901 -

Piracicaba - SP - Brasil

+55 (19) 3422-1913

www.rragroflorestal.com.br