

INFLUÊNCIA DO BORO NO CRESCIMENTO E NA COMPOSIÇÃO
QUÍMICA DE *Eucalyptus grandis**

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

RESUMO

Com a finalidade de se obter o quadro sintomatológico da carência e toxicidade de boro em *Eucalyptus grandis*, assim como, constatar possíveis interações com outros nutrientes e determinar o "nível crítico" das plantas que foram cultivadas em solução nutritiva com níveis crescentes de boro (0; 0,125; 0,250; 0,500; 1,000; 2,000 e 4,000 ppm de B). Uma vez evidenciadas as anomalias as plantas foram analisadas para N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Sintomas de carência são de fácil reconhecimento, os de toxicidade são difíceis. Não ocorrem interações de ordem prática com os demais nutrientes. Os sintomas de carência

* Entregue para publicação em 22.8.1979.

** Departamento de Solos, Universidade da Paraíba, Areia, João Pessoa, PB.

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

manifestam-se nas folhas novas apresentando concentração de 46 ppm de boro. Os sintomas de excesso estão associados a concentração superior a 100 ppm e ocorrem nas folhas jovens e maduras. A "concentração crítica" de boro nas folhas jovens é em torno de 61 ppm.

INTRODUÇÃO

O boro é um micronutriente essencial ao desenvolvimento dos vegetais. A sua falta ou excesso no solo tem acarretado problemas em florestas implantadas. SAVORY (1962) foi o primeiro a descrever sintomas de deficiência para espécies de *Eucalyptus*, na Rodésia. Segundo o autor, pode ocorrer a seca do ponteiro, geralmente após o primeiro ano de plantio e classifica a espécie *E. saligna* menos sensível e as espécies *E. citriodora* e *E. grandis* como sensíveis a carência de boro.

HANS (1972), estudando o efeito de diferentes níveis de boro, combinados com adubação de N P K, sobre a qualidade da madeira de *E. grandis* e observou que a adubação NPK + B aumenta o diâmetro do tronco e a densidade.

ROKESHI *et alii* (1976) observaram sintomas de deficiência de boro em *Eucalyptus citriodora* e verificaram uma sensível recuperação quando aplicavam boro ao solo na razão de 12 a 18 g por planta. HAAG *et alii* (1976) coletaram folhas recém maduras de copa das espécies *E. grandis*, *E. microcorys*, *E. resinifera*, *E. robusta* e *E. saligna* de sete anos de idade, localizadas em solo latossolo na região de Mogi Guaçu e Areia Branca, SP. Foram constatadas diferenças significativas entre os locais entre os nutrientes com exceção de Mg, B, Cu, Fe e Zn. Os teores de boro oscilaram entre 19 ppm, para *E. microcorys*, até 28 ppm para *E. robusta*. HAAG *et alii* (1977) observaram uma sintomatologia atípica em *E. citriodora* implantado em um regossol no município de Santa Maria da Serra, SP e, pela análise das folhas, concluíram

tratar-se de uma desnutrição geral e especialmente em S, Ca e P. Os teores de boro variam de 18 ppm nas folhas novas para 16 ppm nas folhas maduras.

ROCHA FILHO *et alii* (1978) cultivaram *E. urophylla* em soluções nutritivas carentes de macronutrientes, boro e de ferro com a finalidade de obter o quadro sintomatológico das carências e a composição química das folhas. Na omissão de boro a concentração reduziu-se de 30,5 ppm para 8,2 ppm. Observaram, ainda, os autores uma redução drástica do sistema radicular em plantas carentes de boro. MALAVOLTA *et alii* (1978) cultivaram plântulas de *E. citriodora*, *E. grandis* e *E. urophylla* em solução nutritiva contendo níveis crescentes de boro (0, 0,01, 0,5, 10 ppm). Os sintomas de carência evidenciaram-se primeiramente em *E. citriodora*, seguindo-se em *E. grandis* e finalmente em *E. urophylla*. Quanto à toxicidade de boro, a sensibilidade das três espécies foi em ordem inversa. Os teores de boro nas folhas variam de 27 ppm em *E. citriodora* até 361 ppm em *E. urophylla* e *E. grandis*. BALLONI (s/data), apresenta uma revisão bibliográfica sobre "Deficiência de Boro em povoamentos florestais implantados", concluindo que nas áreas de cerrado, onde ocorre um deficit hidrico acentuado, é onde a deficiência de boro apresenta-se com mais frequência em *Eucalyptus*. O autor apresenta através da revisão bibliográfica e de observações de campo como sendo o *E. saligna* a espécie menos sensível a deficiência e as espécies *citriodora* e *grandis* altamente sensíveis.

Tabela 1 - Produção de matéria seca (g) da parte aérea da planta em diferentes níveis de boro

Boro na solução nutritiva (ppm)	Produção de matéria seca na parte aérea (g/planta)
0	7,58
0,125	11,42
0,25	12,48
0,5	10,63
1,0	8,00
2,0	7,80
4,0	6,47

D.M.S. 5% (Tukey) = 2,61

Tabela 2 - Concentração de nutrientes nas folhas novas, em função dos níveis de boro no substrato

Nutrientes	Níveis de Boro na solução nutritiva (ppm)							D.M.S. (Tukey) 5%
	0	0,125	0,250	0,5	1,0	2,0	4,0	
	%							
N	2,79	2,92	3,42	3,39	3,33	3,46	3,39	0,49
P	0,20	0,23	0,25	0,23	0,23	0,27	0,20	0,06
K	1,50	1,68	2,02	1,78	1,58	1,71	1,47	0,47
Ca	0,49	0,77	0,67	0,56	0,61	0,59	0,72	0,20
Mg	0,29	0,37	0,42	0,35	0,37	0,41	0,39	0,08
	ppm							
B	12	46	55	69	104	152	314	31,60
Fe	218	188	171	160	190	189	123	78,00
Cu	16	15	16	14	14	15	15	5,90
Mn	85	103	103	103	90	97	67	47,13
Zn	27	32	31	16	28	32	33	8,18

Tabela 3 - Concentração de nutrientes nas folhas maduras em função dos níveis de boro no substrato

Nutrientes	Níveis de Boro na solução nutritiva (ppm)							D.M.S. (Tukey) 5%
	0	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	
	%							
N	2,56	2,88	3,50	3,08	2,85	3,26	3,17	0,73
P	0,21	0,19	0,23	0,23	0,20	0,22	0,19	0,03
K	1,63	1,82	2,06	1,59	1,67	1,85	1,62	0,53
Ca	0,53	0,68	0,63	0,68	0,58	0,78	0,63	0,26
Mg	0,29	0,37	0,43	0,37	0,34	0,39	0,39	0,09
	ppm							
B	10	55	65	73	124	239	374	37,74
Cu	16	12	13	12	12	12	16	5,56
Fe	209	170	185	152	162	153	124	66,02
Mn	102	113	93	116	103	116	82	73,22
Zn	31	28	28	25	25	25	38	9,69

Tabela 4 - Concentração de nutrientes no "caule + ramos" em função dos níveis de boro no substrato

Nutrientes	Níveis de Boro na solução nutritiva (ppm)							D.M.S. (Tukey) 5%
	0	0,125	0,25	0,5	1,0	2,0	4,0	
	%							
N	1,30	0,90	1,19	1,08	1,05	1,51	0,86	0,71
P	0,24	0,15	0,16	0,18	0,14	0,16	0,12	0,09
K	1,27	1,30	1,29	1,13	1,20	1,36	1,11	0,37
Ca	0,93	0,85	0,79	0,93	0,63	1,01	0,81	0,57
Mg	0,17	0,14	0,14	0,17	0,15	0,18	0,13	0,12
	ppm							
B	12	29	34	36	41	51	52	9,54
Cu	14	9	8	8	8	9	10	5,07
Fe	86	57	39	39	39	29	30	38,29
Mn	33	18	11	31	14	15	7	25,38
Zn	13	11	8	11	10	14	11	5,91

MATERIAL E MÉTODOS

Mudas de *Eucalyptus grandis*, com trinta dias de idade foram transplantadas para vasos impermeabilizados contendo 8,0 kg de sílica moída. As plantas foram regadas duas vezes ao dia, através de percolação, com solução de HOAGLAND & ARNON (1950), com omissão ou presença de níveis crescentes de boro, na forma de ácido bórico (0; 0,125; 0,250; 0,500; 1,0; 2,0 e 4,0 ppm de B). O experimento foi conduzido até o aparecimento de sintomas de desnutrição e de toxicidade. O delineamento experimental foi o inteiramente casualizado com 16 repetições por tratamento. Aos 90 dias após o início dos tratamentos as plantas foram coletadas separando-se a parte aérea em folhas novas, folhas maduras e "caule + ramos". O material foi tratado e analisado para N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn e Zn de acordo com as instruções contidas em SARRUGE & HAAG (1974).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Sintomas de deficiência e toxicidade

As plantas submetidas à omissão de boro manifestaram os sintomas de desnutrição nas folhas jovens, superiores, as quais apresentaram-se enrugadas e pequenas. Num estágio mais avançado as folhas tornaram-se duras e quebradiças, ocorrendo uma brotação lateral à gema apical. A sintomatologia culminara com um escurecimento e necrosamento dos ramos e folhas novas. Esta sintomatologia assemelha-se em muito com a descrita por SAVORY (1962) e ROCHA FILHO *et alii* (1978). Estes últimos autores observaram, ainda, uma drástica inibição no desenvolvimento do sistema radicular. Plantas submetidas aos níveis mais altos de boro (1,0; 2,0 e 4,0 ppm) apresentaram sintomas de toxicidade que se consistiu numa clorose de coloração branca na região entre as nervuras nas folhas em geral e com menor intensidade nas folhas maduras. O excesso de boro não afetou o tamanho das folhas de qualquer idade, mas reduziu sensivelmente o desenvolvimento do sistema radicular.

Crescimento

O crescimento expresso em produção de matéria seca, acha-se na Tabela 1. Percebe-se que houve efeito na ausência e nas doses crescentes de boro na produção de matéria seca. No tratamento em que se omitiu o boro verificou-se um efeito depressivo no crescimento das plantas. O boro não inibiu o crescimento das plantas nas doses de 0,125; 0,250 e 0,500 ppm. Entretanto na concentração de 1,0; 2,0 e 4,0 ppm de boro houve um efeito depressivo no crescimento das plantas de igual intensidade ao tratamento em que se omitiu o boro.

Concentração de nutrientes

As Tabelas 2, 3 e 4 apresentam as concentrações percentuais na matéria seca, de N, P, K, Ca, Mg e em ppm de B, Cu, Fe, Mn e Zn nas folhas novas e maduras e no "caule + ramos". Observa-se, como era de se esperar, que tanto nas folhas em geral como no "caule + ramos" que a concentração de boro é inferior quando não adicionado à solução nutritiva. A concentração de boro na solução nutritiva de 0,125; 0,250 e 0,500 ppm não refletiu em diferenças significativas na concentração deste nutriente na parte aérea das plantas. Os tratamentos tendo concentração mais elevada de boro (1,0; 2,0 e 4,0 ppm de B) refletiram na elevação significativa de boro na parte aérea das plantas, especialmente nas folhas.

Níveis a partir de 100 ppm de boro nas folhas novas e de 124 ppm nas folhas maduras certamente indicam uma toxicidade deste micronutriente.

As concentrações percentuais de fósforo, zinco, cobre e manganês nas diversas partes das plantas não foram afetadas pelos níveis de boro das soluções nutritivas. A concentração percentual em nitrogênio, potássio, cálcio e magnésio no "caule + ramos" igualmente não foi alterada pela ausência e presença de boro no substrato.

A concentração percentual de nitrogênio foi menor nas folhas novas no tratamento onde foi omitido o boro em

confronto com os demais tratamentos. O mesmo fenômeno foi observado nas folhas maduras. A concentração de cálcio somente diferiu entre os tratamentos sem boro e entre os níveis de 0,125 ppm e 4,0 ppm de boro, nas folhas novas. A omissão de boro afetou a concentração de magnésio e de ferro e no nível de 4,0 ppm de boro na concentração de ferro e nos níveis de 0,25 ppm, 2,0 ppm e 4,0 ppm de boro na concentração de magnésio.

Tabela 5 - Concentração de boro (ppm) na parte aérea da planta em função dos níveis de boro no substrato

Boro na solução nutritiva (ppm)	Parte aérea			
	Folhas novas	Folhas velhas	Caule + ramos	Matéria seca (g/planta)
0	12	10	12	7,58
0,125	46	55	29	11,42
0,25	55	65	34	12,48
0,5	69	73	36	10,63
1,0	104	124	41	8,00
2,0	152	239	51	7,80
4,0	314	374	52	6,47
D.M.S. Tukey 5%	31,60	37,74	9,54	2,61

Nível crítico para boro

A Tabela 5 apresenta a concentração de boro e a produção de matéria seca da parte aérea em função dos níveis de boro na solução nutritiva. Observa-se, nitidamente, o efeito da omissão, presença e excesso de boro no crescimento e na sua concentração nas folhas novas, velhas e "caule + ramos". ULRICH & HILLS (1976) estabeleceram o conceito

básico na avaliação do estado nutricional pelas culturas na análise do tecido como sendo a "concentração crítica".

A "concentração crítica" é aquela abaixo do nível em que afeta o crescimento, produção e qualidade da cultura. A "concentração ótima" em que há a maior produção ou crescimento. Baseados nestes conceitos construiu-se a Figura 1.

Observa-se que a "concentração ótima" varia conforme o tipo de folhas.

Para as folhas novas é de 68,5 ppm e para as folhas maduras 85,7 ppm. Teores mais elevados do que 100 ppm de boro indicam toxicidade e teores inferiores a 61 ppm indicam a "concentração crítica". Sintomas de deficiência correspondem a uma concentração de boro em torno de 46 ppm.

CONCLUSÕES

- A sintomatologia da carência de boro é típica, de fácil reconhecimento nas folhas jovens.

- A toxicidade de boro manifesta-se nas folhas em geral e de reconhecimento dificultoso.

- A falta, como o excesso (1,0; 2,0; 4,0 ppm) de boro no substrato inibe o crescimento da planta.

- As interações de boro com os demais elementos são desprezíveis sob o ponto de vista prático.

- O nível "crítico ótimo" de boro nas folhas novas é de 68,5 ppm e nas folhas maduras 85,7 ppm.

- A toxicidade de boro manifesta quando a concentração de boro atinge 100 ppm nas folhas novas e 124 ppm nas folhas maduras.

- Níveis de 61 ppm de boro indicam a "concentração crítica".

- Sintomas de carência de boro são observados em torno da concentração de 46 ppm.

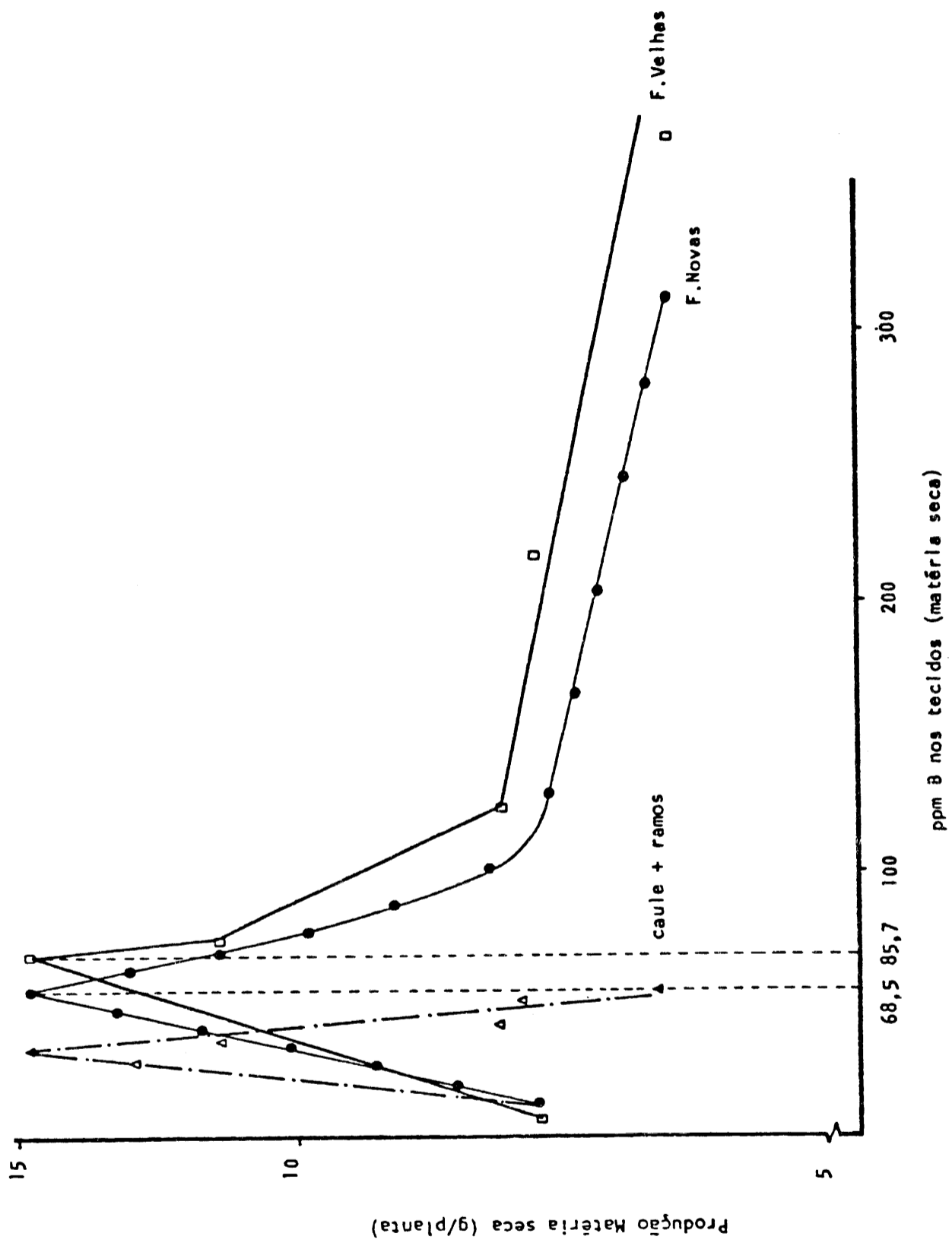


Figura 1. Concentração de boro e produção de matéria seca na parte aérea da planta.

SUMMARY

INFLUENCE OF BORON ON GROWTH AND CHEMICAL COMPOSITION
OF *Eucalyptus grandis*

In order to obtain a clear picture of the deficiency and toxicity symptoms of boron, young *Eucalyptus grandis* plants were grown in nutrient solution in the absence and increasing levels of B (0; 0.125; 0.500; 1.000; 2.000 and 4.000 ppm). Chemical analysis were run for N, P, K, Ca, Mg, B, Cu, Fe, Mn and Zn in order to discover any interference of boron. The symptoms of malnutrition of boron were easily identified. Symptoms of boron toxicity were uncertain.

Practically, no interference of boron on the other nutrients was observed. Malnutrition symptoms were associated with a concentration of 46 ppm of boron in the young leaves.

Toxicity became visible with 100 ppm of boron in the mature leaves. The "critical level" fitted with 61 ppm of boron in the young leaves.

LITERATURA CITADA

- BALLONI, E.A., s/data. Deficiência de boro em povoamentos florestais implantados. Instituto de Pesquisas e Estudos Florestais (IPEF), Piracicaba, SP, 14 p., mimeografados.
- HAAG, H.P.; SARRUGE, J.R.; OLIVEIRA, G.D.de; POGGIANI, F.; FERREIRA, C.A., 1976. Análise foliar em cinco espécies de *Eucalyptus*. IPEF 13:99-116.
- HAAG, H.P.; SIMÕES, J.W.; OLIVEIRA, G.D.de; SARRUGE, J.R.; POGGIANI, F., 1977. Distúrbios nutricionais em *Eucalyptus citriodora*. IPEF 14:59-68.
- HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I., 1950. The water culture method for growing plants without soil. Calif. Agric. Exp. Sta. Circ. 347.

- MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E.; ATHAYDE, M.F.; BRAGA, N.R.; NOGUEIRA, S.S.; MORAES, S.A., 1978. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécie cultivada do gênero *Eucalyptus*. Rev. Agricultura 53(4):242-247.
- ROCHA FILHO, J.V. de C.; HAAG, H.P.; OLIVEIRA, G.D.de, 1978. Deficiência de macronutrientes, boro e ferro em *Eucalyptus urophylla*. An. Esc. Sup. Agric. "Luiz de Queiroz" 35:19-34.
- SARRUGE, J.R.; HAAG, H.P., 1974. Análises químicas em plantas. E.S.A."Luiz de Queiroz", USP, 54 pp.
- SAVORY, B.M., 1962. Boron deficiency in *Eucalyptus* in Northern Rhodesia. Empire For. Review 41:118-126.
- TOKESHI, H.; GUIMARÃES, R.F.; TOMAZELLO Fº, M., 1976. Deficiência de boro em *Eucalyptus* em S.Paulo. Summa Phytopathologica 2:122-126.
- ULRICH, A.; HILLS, F.J., 1967. Principles and practices of plant analysis. Em "Soil testing and analysis", part II. SSSA Special Publ. Series Nº 2, Soil Sci. Soc. of America, Madison, Wis.

