

See discussions, stats, and author profiles for this publication at: <https://www.researchgate.net/publication/329358506>

# Eficiência da adubação boratada no desenvolvimento de mudas de eucalipto

Article · November 2018

DOI: 10.22491/rca.2018.2862

CITATIONS

0

READS

39

6 authors, including:



**Renan Tavanti**

São Paulo State University

28 PUBLICATIONS 15 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Maria Julia Betiolo Troleis**

São Paulo State University

5 PUBLICATIONS 1 CITATION

[SEE PROFILE](#)



**Karla Nascimento Sena**

São Paulo State University

10 PUBLICATIONS 2 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)



**Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho**

São Paulo State University

139 PUBLICATIONS 569 CITATIONS

[SEE PROFILE](#)

Some of the authors of this publication are also working on these related projects:



INOCULAÇÃO COM *Azospirillum brasilense* ASSOCIADA À UTILIZAÇÃO DE SILÍCIO E DOSES DE NITROGÊNIO NA CULTURA DO MILHO E TRIGO [View project](#)



Physico-chemical quality and CO<sub>2</sub> emission of a Latosol in three contrasting pasture management systems in the Cerrado of Mato Grosso do Sul [View project](#)



## NOTA TÉCNICA

# Eficiência da adubação boratada no desenvolvimento de mudas de eucalipto

## *Efficiency of borated fertilization in the development of eucalyptus seedlings*

Renan Francisco Rimoldi Tavanti<sup>1\*</sup>  
Jaqueline Bonfim de Carvalho<sup>1</sup>  
Maria Julia Betiolo Troleis<sup>1</sup>  
João Leonardo Miranda Bellote<sup>1</sup>  
Karla Nascimento Sena<sup>1</sup>  
Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP), Ilha Solteira, SP, Brasil.

\*Autor Correspondente:

E-mail: [renan.tavanti91@gmail.com](mailto:renan.tavanti91@gmail.com)

### PALAVRAS-CHAVE

*Eucalyptus urograndis*  
*Ascophyllum nodosum*  
Nutrição mineral de plantas  
Adubação foliar  
Micronutrientes

### KEYWORDS

*Eucalyptus urograndis*  
*Ascophyllum nodosum*  
Plant nutrition  
Foliar fertilization  
Micronutrients

**Resumo:** Dada a importância econômica do eucalipto (*Eucalyptus urograndis*) para o Brasil e a influência do boro para esta cultura, objetivou-se avaliar o efeito de doses e formas de aplicação de ácido bórico sobre o desenvolvimento inicial de mudas de eucalipto recém-transplantadas. O experimento foi realizado em casa de vegetação, em recipientes plásticos com capacidade de 10 L de solo. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC) em esquema fatorial  $2 \times 5$  com quatro repetições, sendo duas formas de aplicação (via foliar com ácido bórico contendo extrato da alga *Ascophyllum nodosum* e via solo com ácido bórico) e cinco doses de boro (0; 0,39; 0,77; 1,54 e 3,08 mg L<sup>-1</sup>). 45 dias após o transplante, foram realizadas avaliações biométricas e amostragem de raízes, caules e folhas para determinação de B. Observou-se que o teor de boro nas folhas e no caule do eucalipto aumentou linearmente até a maior dose de B, sem sintoma de fitotoxidez. A aplicação de B via solo na dose de 1,54 mg L<sup>-1</sup> é mais eficiente que a aplicação via foliar por propiciar maior teor foliar do nutriente. Contudo, a adubação via foliar de B + extrato de algas proporcionou teores foliares de B dentro das faixas de suficiência nutricional para o eucalipto e não diferiu da adubação via solo nas demais doses. As doses e formas de aplicação de B não diferiram em relação à altura, diâmetro do coleto e massa seca das mudas de eucalipto.

**Abstract:** Given the economic importance of eucalyptus (*Eucalyptus urograndis*) to Brazil and the influence of boron on this crop, the objective of this study was to evaluate the effect of doses and forms of boric acid application on the initial development of newly transplanted eucalyptus seedlings. The experiment was carried out in greenhouse, in plastic containers with a capacity of 10 L of soil. The experimental design was completely randomized (DIC) in a  $2 \times 5$  factorial scheme with four replications, the two forms of application (via boric acid leaf containing extract of the seaweed *Ascophyllum nodosum* and via soil with boric acid) and five doses of boron (0, 0.39, 0.77, 1.54 and 3.08 mg L<sup>-1</sup>). At 45 days after transplanting, biometric evaluations and root, stem and leaf sampling were performed to determine B. It was observed that the boron content in the leaves and stem of the eucalyptus increased linearly until the highest dose of B, without symptom of phytotoxicity. The application of B via soil at the dose of 1.54 mg L<sup>-1</sup> is more efficient than the foliar application because it provides a higher leaf content of the nutrient. However, foliar fertilization of B + algae extract provided foliar B contents within nutrient sufficiency ranges for eucalyptus, and did not differ from fertilization via soil at other doses. The doses and forms of application of B do not differ in relation to the height, collection diameter and dry mass of the eucalyptus seedlings.

Recebido: 20 abr. 2018

Aceito: 26 set. 2018

## 1 Introdução

O setor florestal tem se destacado no cenário econômico brasileiro, principalmente pelo cultivo de eucalipto (*Eucalyptus urograndis*), teca (*Tectona grandis*) e seringueira (*Hevea brasiliensis* L.). O eucalipto, especificamente, pode ser empregado na indústria de celulose e papel, moveleira para combustível, biomassa/bioenergia, mourões e postes, entre outros (Brooker & Kleining, 2006; Souza & Lorenzi, 2008). De acordo com o relatório da Indústria Brasileira de Árvores – IBÁ (2017), a área de árvores plantadas para fins industriais no Brasil totalizou 7,84 milhões de hectares em 2016, sendo que os plantios de eucalipto ocupam 5,7 milhões de hectares da área de árvores plantadas no país, o que representa 72,7% do total.

A maioria das plantações é manejada em ciclos de cultivo, variando de 6 a 8 anos; contudo, estabelecidas em regiões de elevada deficiência hídrica, solos marginais e arenosos, com baixos teores de nutrientes e elevada saturação por alumínio, que inviabilizam o cultivo de outras culturas mais exigentes. Neste sentido, existe a necessidade de aumentar a eficiência dos recursos naturais, com práticas conservacionistas, melhoramento genético de plantas, alocação adequada dos genótipos, práticas silviculturais, manejo da adubação e correção da fertilidade dos solos (Schumacher & Vieira, 2016).

No que tange às deficiências nutricionais do eucalipto, quando o solo não é adubado adequadamente com boro (B), sintomas são constatados nas folhas e ramos jovens. Esse sintoma é conhecido por “seca dos ponteiros” e se manifesta principalmente nos períodos de seca, com déficit hídrico acentuado, sendo facilmente constatado em plantações comerciais (Tirloni et al., 2011), pela diminuição da mineralização da matéria orgânica, que é a principal fonte de B no solo.

Sabe-se também que o B tem baixa mobilidade no floema das plantas e que seu fornecimento via solo é a alternativa mais adequada e consistente com a marcha de absorção deste micronutriente nas plantas. Todavia, pressupõe-se que o suprimento de boro via foliar pode ser uma alternativa interessante para correções de problemas ou insuficiência nutricional nos primeiros anos de cultivo ou em mudas de eucalipto (Celestrino et al., 2015). Estudos recentes têm relatado que a utilização do extrato de algas derivado de *Ascophyllum nodosum*, em conjunto com os fertilizantes, pode aumentar a eficiência de absorção dos nutrientes pelas plantas (Göni et al., 2018).

O extrato de algas é considerado um bioestimulante, uma classe emergente de produtos de manejo de culturas que visam à modulação do estresse biótico e abiótico para

aumentar a produtividade das culturas. Os efeitos benéficos dos extratos de algas marinhas sobre as plantas vêm sendo revisados (Craigie, 2011; Sangha et al., 2014). Pesquisadores incluem nos relatos a promoção do crescimento de plantas, interação na relação raiz-microrganismo e resistência a estresses, incluindo a tolerância à seca. Com isso, pressupõe-se que a eficiência da adubação boratada foliar no eucalipto pode ser aumentada utilizando-se em conjunto o extrato de algas como bioestimulante de plantas, principalmente em um solo deficiente em B. Desta forma, a resposta do eucalipto recém-transplantado a doses de B aplicadas via foliar com extrato de alga pode ser mais rápida, considerando a alta exigência em B e o rápido crescimento inicial do eucalipto.

Com base no exposto, objetivou-se analisar o efeito de duas formas de aplicação (via solo ou foliar) e cinco doses de B no desenvolvimento inicial e teor e acúmulo deste micronutriente nos órgãos de mudas de eucalipto recém-transplantadas.

## 2 Material e Métodos

A pesquisa foi conduzida em casa de vegetação localizada no município de Ilha Solteira, São Paulo, nas dependências da Universidade Estadual Paulista Júlio Mesquita Filho (UNESP), nas coordenadas geográficas 20°25'06" de latitude sul e 51°20'29" de longitude oeste, a aproximadamente 376 m de altitude. O clima da região é do tipo Aw, segundo a classificação Köppen, definido como tropical úmido com estação chuvosa no verão e estação seca no inverno, com temperatura média anual de aproximadamente 25 °C, precipitação anual de 1.330 mm e umidade relativa média de 66%.

Utilizou-se vasos com capacidade de 10 L e um solo classificado segundo Embrapa (2013) como Latossolo Vermelho Distrófico típico arenoso (7,2% de argila), coletado na profundidade de 0-0,20 m. Antes da implantação do experimento, retirou-se uma amostra de solo para fins de análise dos atributos químicos (Tabela 1), onde se constatou deficiência de B, conforme critérios do Boletim Técnico 100 (Raij et al., 1997).

Com base nesta análise, efetuou-se a aplicação de calcário dolomítico (PRNT – 98%) na dose de 1,7 Mg ha<sup>-1</sup> para fins de correção da acidez do solo, seguindo padrões do Boletim Técnico 100 do Instituto Agrônomo (Raij et al., 1997), pelo método de elevação dos teores de Ca e Mg. Após 30 dias, realizou-se o transplantio manual das mudas de eucalipto, sendo uma planta por vaso. Utilizou-se o híbrido *Eucalyptus urograndis* (clone I-144), cruzamento do *Eucalyptus grandis* com *Eucalyptus urophylla*.

**Tabela 1.** Caracterização química inicial do solo utilizado no experimento. Ilha Solteira - SP, 2017.

pH	MO	P	K	Ca	Mg	SB	Al	H+Al	CTC	V	m	B	Cu	Fe	Mn	Zn
	g kg <sup>-1</sup>	mg dm <sup>-3</sup>				mmolc dm <sup>-3</sup>				%				mg dm <sup>-3</sup>		
4,5	13	2	1,3	4,0	2,0	7,3	2,0	18,0	25,3	28,0	22,0	0,08	0,8	31	7,9	1,0

MO: matéria orgânica; SB: soma de bases; CTC: capacidade de troca catiônica; V: saturação por bases; m: saturação por alumínio. P, K, Ca e Mg extraídos pelo método da resina trocadora de íons; Cu, Fe, Mn e Zn pelo método de solução quelante DTPA (ácido dietilenotriaminopentaacético) e B pelo método da água quente.

O experimento foi conduzido num delineamento inteiramente casualizado em esquema fatorial  $2 \times 5$ , sendo, duas formas de aplicação (via foliar e via solo) e cinco doses de B (0, 0,39, 0,77, 1,54 e 3,08  $\text{mg L}^{-1}$ ), com quatro repetições. As doses de B propostas foram idealizadas com base nos estudos de Ramos et al. (2009), que avaliaram dois tipos de solo, um Latossolo Vermelho-Escuro com teor de B de 0,14  $\text{mg dm}^{-3}$  e um Latossolo Vermelho-Amarelo com 0,10  $\text{mg dm}^{-3}$  de B, sendo ambos os teores acima do constatado no solo da presente pesquisa.

Nos tratamentos via solo utilizou-se a fonte  $\text{H}_3\text{BO}_3$  (ácido bórico) com 17,4% de B e, nos tratamentos via foliar, utilizou-se Geo Potence Boro®, um produto também à base de  $\text{H}_3\text{BO}_3$  com 13,4% de B contendo extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*), parcelado em duas aplicações de 0; 0,195; 0,385; 0,77 e 1,54  $\text{mg L}^{-1}$ . A primeira aplicação dos tratamentos via foliar, juntamente com os tratamentos via solo, foram realizados após 10 dias do transplantio da mudas. A segunda aplicação foliar foi realizada 15 dias após a primeira aplicação.

Avaliaram-se as seguintes características agrônômicas – com auxílio de fita métrica e paquímetro: altura de planta e diâmetro do coleto a 5 centímetros do nível do solo aos 0 e 30 dias após o transplantio e massa seca de raízes, caule e folhas aos 45 dias após transplantio, após secagem em estufa de ventilação forçada (65 °C) até massa constante. A massa seca de raízes, caule e folhas foram moídas em moinho do tipo Wiley e encaminhada para determinação do teor de B nestes órgãos, conforme metodologia proposta por Malavolta et al. (1997). Com isso, calculou-se o acúmulo de B, obtido pelo produto da massa seca de raízes, caule e folhas pelos seus respectivos teores de B destes órgãos.

Por meio do software R (R Development Core Team, 2015), os dados foram submetidos ao teste de normalidade de Shapiro & Wilk (1965) a 0,05 de probabilidade ( $p < 0,05$ ), e, caso constatadas presenças de outliers, foram removidos aqueles com valores 2,5 vezes maiores que o intervalo interquartil, respeitando-se o limite de 10% do total de observações de cada tratamento.

Posteriormente, os dados normais foram submetidos à análise de variância pelo teste F ( $p < 0,05$ ) e, quando significativos, realizou-se análise de regressão polinomial para doses de B, adotando-se como critérios de seleção os modelos com maior coeficiente de determinação ( $R^2$ ), menor soma de quadrados dos resíduos e a significância dos parâmetros da equação ( $p < 0,05$ ). As médias das variáveis em função do fator formas de aplicação foram analisadas pelo teste de Tukey a 0,05 de probabilidade ( $p < 0,05$ ).

Também se realizou a análise de correlação de Pearson ( $p < 0,05$ ), a fim de verificar as variáveis que se correlacionaram diretamente entre si frente aos tratamentos propostos.

### 3 Resultados e Discussão

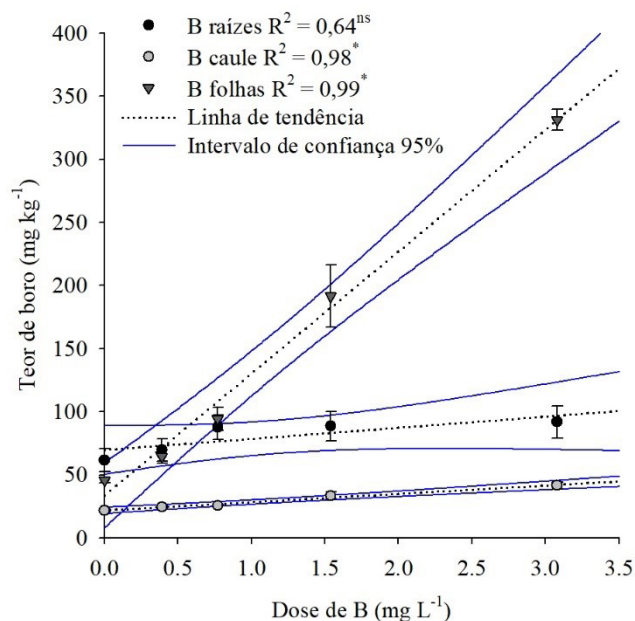
Observou-se que as doses de B influenciaram positivamente nos teores desse micronutriente no caule e folhas do eucalipto. Quanto aos teores de B das folhas, notou-se que houve uma interação entre doses de boro e formas de aplicação, tendo influência direta na absorção e/ou eficiência de acúmulo de boro nos tecidos do eucalipto.

No que se refere às doses de boro propostas, observou-se um padrão acumulativo desse micronutriente nas folhas e no caule

do eucalipto, apresentando ajuste à função linear crescente na qual a maior dose, 3,08  $\text{mg L}^{-1}$ , proporcionou os maiores teores de B, 331,22 e 41,50  $\text{mg kg}^{-1}$ , respectivamente (Figura 1). A mobilidade desse micronutriente via xilema na planta ocorre diretamente para os órgãos da parte aérea. De acordo com Leite et al. (2010), existe um gradiente de concentração de B nas folhas de eucalipto, dependendo da idade e posição na planta. Os autores demonstraram que a mobilidade do B é condicional no eucalipto, sendo a região apical onde ocorre o maior acúmulo, seguido das regiões basais, ramos, caule e raízes, isto com suprimento adequado do nutriente.

Não houve diferença entre os tratamentos, doses e formas de aplicação quanto aos teores de B nas raízes do eucalipto. De acordo com Mattiello et al. (2009), o principal mecanismo de contato íon-raiz para o transporte de B é o fluxo de massa e, neste caso, o déficit hídrico pode alterar o balanço dos mecanismos de transporte desse nutriente no sistema solo-planta. Sendo assim, em caso de excessos ou condições hídricas normais, como houve no presente estudo, o eucalipto pode transcolar normalmente esse micronutriente via xilema para as demais partes da planta, assim como acontece com os demais nutrientes,  $\text{K}^+$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{N-NO}_3^-$ ,  $\text{N-NH}_4^+$ ,  $\text{S-SO}_4^{2-}$ .

Pelos teores foliares de B obtidos, também foi possível constatar que a aplicação via solo foi mais eficiente que a aplicação via foliar (Figura 2). Quando o ácido bórico foi aplicado via solo, este proporcionou teores de 157,02  $\text{mg kg}^{-1}$ , enquanto que na aplicação via foliar foi de 133,87  $\text{mg kg}^{-1}$ . Isso correspondeu a um aumento de 14,74% na concentração de B nos tecidos foliares. Silva et al. (2015) também obtiveram esta diferença na adubação de B via solo e via foliar; contudo, a aplicação foi realizada 45 dias após o transplantio, obtendo-se resultados de aproximadamente 90  $\text{mg kg}^{-1}$  de B nas folhas quando adubado via solo, em comparação a 40  $\text{mg kg}^{-1}$  quando adubado via foliar.



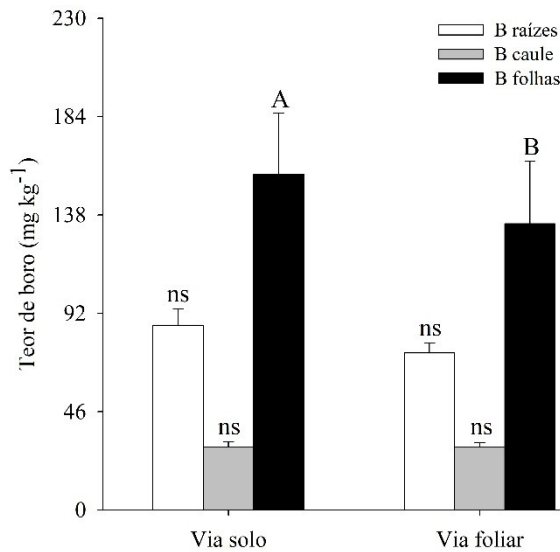
$$B \text{ caule} = 21.8344 + 6.5735 \text{ Dose}$$

$$B \text{ folhas} = 33.7369 + 96.6321 \text{ Dose}$$

**Figura 1.** Teor de B nas folhas, caule e raízes em função das doses de B.

**Figure 1.** B content in leaves, stems and roots as a function of B doses.





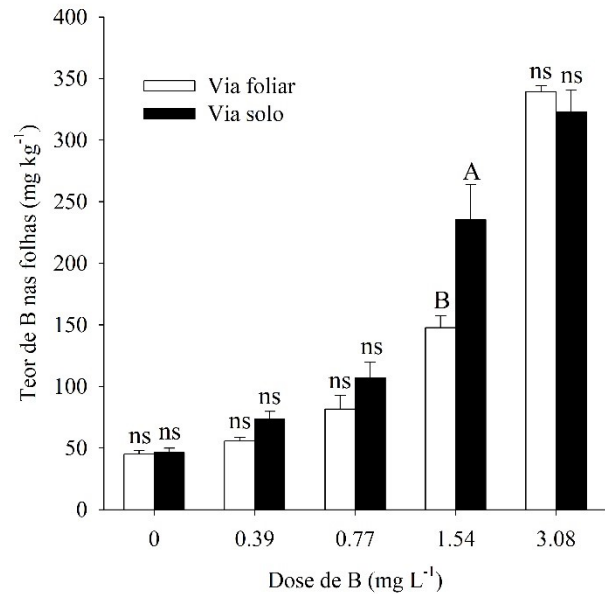
**Figura 2.** Teor de B nas folhas, caule e raízes em função das formas de aplicação de B.

**Figure 2.** B content in leaves, stems and roots as a function of B application forms.

O desdobramento dos fatores doses  $\times$  formas de aplicação comprovam a maior eficiência da adubação boratada via solo, na qual a dose de 1,54 mg L<sup>-1</sup> proporcionou incrementos de B nas folhas de até 235,30 mg kg<sup>-1</sup>, enquanto que, na adubação via foliar, de até 147,70 mg kg<sup>-1</sup> (Figura 3). Apesar desta diferença considerável, observa-se que a partir da dose 0,39 mg L<sup>-1</sup>, a adubação via foliar proporcionou teores de B nas folhas dentro das faixas de suficiência nutricional para o eucalipto, entre 41,8 e 84,3 mg kg<sup>-1</sup> (Silveira et al., 2002). Estudos realizados por Silva et al. (2015), constataram que a adubação via foliar não obteve o sucesso desejado, proporcionando teores foliares de B abaixo do esperado, devido principalmente à presença de poliálcool na fonte de B utilizada. Nesta pesquisa, pressupõe-se que este resultado se deu pela utilização do extrato de algas (*Ascophyllum nodosum*) na formulação do adubo utilizado, a qual pode ter aumentado a eficiência da adubação boratada via foliar atuando como agente quelatizante desse micronutriente. Neste caso, o transporte do elemento para dentro das células pode também ocorrer via canais de sacarose ou aminoácidos de forma ativa com gasto de energia (Ibrahim et al., 2017).

Os parâmetros biométricos relacionados à altura de plantas e diâmetro do coleto não apresentaram diferenças significativas frente aos tratamentos doses e formas de aplicação de B. Como o experimento foi avaliado em um curto período de tempo, pressupõe-se que não houve tempo hábil para a planta demonstrar uma resposta mais expressiva à adubação boratada. Fato também observado por Silva et al. (2015), que constataram similaridade no crescimento inicial de dois clones comerciais de eucalipto (H13 e I144 – *Eucalyptus urophylla*  $\times$  *E. grandis*) com aplicação foliar de B (via ácido bórico e AJIFOL® SM Boro) sob estresse hídrico em casa de vegetação, em que relacionam esta não diferença no crescimento devido ao efeito residual da aplicação de B que é empregado durante a formação das mudas no viveiro, sendo então suficiente para manter o crescimento das plantas

durante a condução do experimento. Resultados semelhantes foram constatados por Celestrino et al. (2015), avaliando doses e formas de aplicação de B na cultura do eucalipto em condições de campo em solo deficiente em B. Estes não encontraram diferença significativa para a altura de plantas até 24 meses após o plantio.



**Figura 3.** Teor de B nas folhas em função do desdobramento da interação doses  $\times$  formas de aplicação de B.

**Figure 3.** B content in leaves as a function of the unfolding of the interaction doses  $\times$  B application forms.

Assim como os parâmetros biométricos, a massa seca de raízes, caules e folhas das mudas de eucalipto também não foram influenciados pelos tratamentos propostos. Os valores médios destas variáveis foram 27,64; 5,04; 8,54 e 41,22 g, respectivamente, e podem representar a condição geral do experimento. Outra possível explicação de não ter ocorrido a deficiência de B e limitação do acúmulo de matéria seca de mudas de eucalipto neste solo deficiente em B, é que a calagem realizada pode ter aumentado a disponibilidade de B no solo, proveniente da maior mineralização da matéria orgânica com o aumento do pH para próximo da neutralidade.

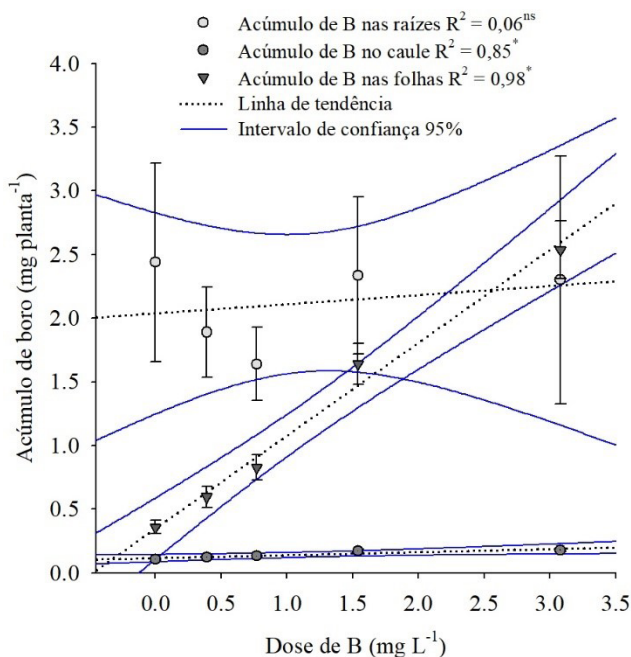
Bouchardet (2002), analisando o teor de B em clones de *Eucalyptus grandis*, constatou que a dose de 0,5 kg ha<sup>-1</sup> proporcionou aumento de até 48% na altura de planta aos 12 meses de idade e 27% aos 24 meses de idade. Barretto et al. (2007), avaliando a eficiência do uso de B em clones de eucalipto em vasos após 240 dias do transplantio, constataram crescimento e produção de biomassa da parte aérea, com ganhos entre 35 a 54% e 21% a 64%, respectivamente.

O acúmulo de B nas plantas foi positivamente influenciado pelas doses, com aumento linear até a maior dose testada – 3,08 mg L<sup>-1</sup> (Figura 4). Isto correspondeu a um incremento de até 85,88% na quantidade acumulada de B nas folhas e 40,22% no caule das plantas em relação à dose zero de B. Pressupõe-se que estas médias foram diretamente influenciadas pela aplicação de B via foliar, na qual proporcionou maior acúmulo desse micronutriente nas folhas e caule do eucalipto. Estes resultados podem ser justificados por José et al. (2009), que, estudando a

mobilidade do B em mudas de eucalipto, constataram teor de B relativamente alto (acima de 40 mg kg<sup>-1</sup>) no tecido radicular das mudas. Os autores relataram que esse nutriente é absorvido principalmente no estágio de crescimento inicial, sendo dificilmente redistribuído em curto período de tempo. Segundo Matoh et al. (1992), o B desempenha um papel estrutural nos tecidos vegetais, estando diretamente associado às paredes celulares.

Assim como observado para os teores foliares de B, o seu acúmulo nas folhas também apresentou interação significativa entre os fatores doses e formas de aplicação (Figura 5). A dose de 1,54 mg L<sup>-1</sup>, aplicada via solo, proporcionou maior acúmulo de B nas folhas (1,91 mg planta<sup>-1</sup>), enquanto na adubação via foliar foi 1,33 mg de B planta<sup>-1</sup>. Nas demais doses testadas, não houve diferença significativa quanto à adubação via solo ou via foliar, indicando que a prática de fornecimento de ácido bórico como fonte de B, associado ao extrato de algas marinhas, pode ser uma estratégia viável para a nutrição de plantas de eucalipto nos estádios iniciais de desenvolvimento.

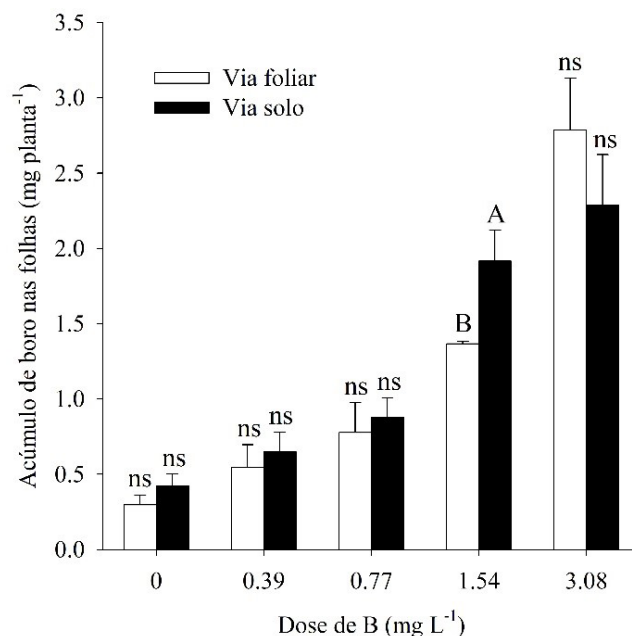
Chouliaras et al. (2009), utilizando extrato de algas em conjunto com a adubação nitrogenada e boratada em árvores de oliveira na região de Neapoli Lakonias, Grécia, também constataram resultados interessantes nas árvores tratadas com N + B + extrato de algas; porém, em termos de produtividade (aumento de 51%), teor de óleo (aumento de 33%) e precocidade de maturidade (cor e firmeza). Uma possível explicação, relatada por Calvo et al. (2014), é que o extrato de alga (*Ascophyllum nodosum*), como bioestimulante aplicado às plantas, se destaca por conter compostos protetores que atuam como antioxidantes e reguladores de genes responsivos ao estresse endógeno.



$$\begin{aligned} \text{Acúmulo de B no caule} &= 0.1155 + 0.0238 \text{ Dose} \\ \text{Acúmulo de B nas folhas} &= 0.3490 + 0.7296 \text{ Dose} \end{aligned}$$

**Figura 4.** Acúmulo de B nas folhas, caules e raízes em função das doses de B.

**Figure 4.** Accumulation of B in leaves, stems and roots as a function of B doses.



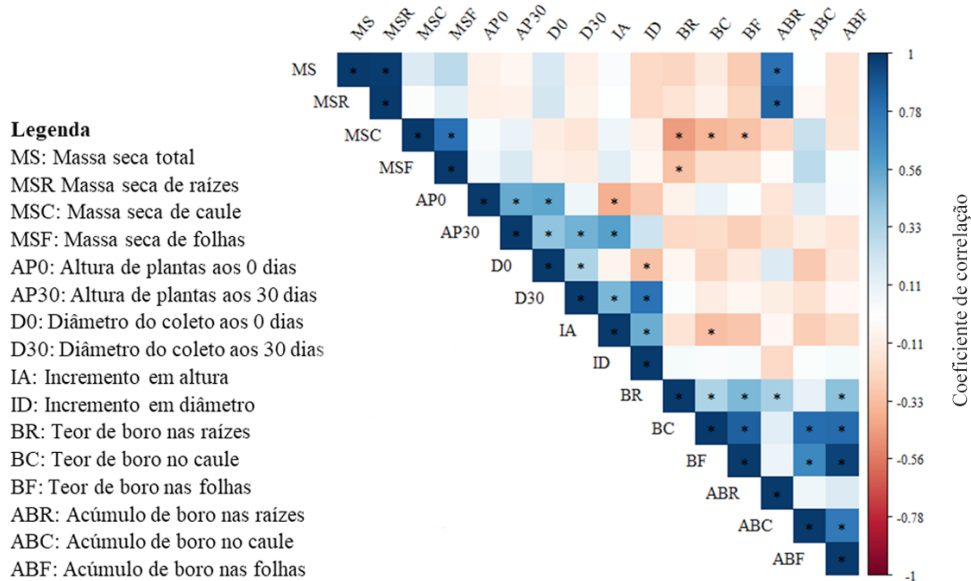
**Figura 5.** Acúmulo de B nas folhas em função do desdobramento da interação doses × formas de aplicação de B.

**Figure 5.** Accumulation of B in leaves as a function of the unfolding of the interaction doses × B application forms.

A partir da análise de correlação de Pearson, observaram-se coeficientes negativos fracamente dependentes, entre 0,40\* e 0,20\* para as variáveis AP0 e IA, D0 e ID, MSC e BR, MSC e BC, MSC e BF e MSF e BR (Figura 6). Estes resultados indicam que a altura de plantas e o diâmetro de coleto no dia do transplantio influenciaram diretamente no incremento destes parâmetros, ou seja, mudas que apresentavam porte relativamente inferior obtiveram maior desenvolvimento no decorrer do estudo. Isto pode ser justificado pelas plantas de eucalipto que ao final do experimento apresentam mesmo porte, o que indica emparelhamento do crescimento primário, aproximadamente 45 dias após o transplantio. Nesta fase também se inicia o crescimento secundário das plantas.

A massa seca do caule foi inversamente correlacionada aos teores de B nas raízes, caule e folhas, indicando que, quanto maior ou mais desenvolvida esta estrutura, menor será a concentração do elemento nas demais partes da planta. Este fato pode ser justificado pela relação da massa seca de caule com o número de ramos e raízes nas plantas, ou seja, quanto mais desenvolvido o caule maior o número de folhas e mais raízes secundárias na planta, na qual pode diluir a concentração do elemento nestas estruturas. Como discutido anteriormente, a redistribuição do B nas plantas é baixa e, quando ocorre, é realizada pelo xilema, que está diretamente relacionada à massa seca do caule.

As demais correlações significativas foram positivas e variaram entre 0,20\* e 0,99\*, indicando que, quanto maior é a massa seca total das plantas, maior é o acúmulo de B nas raízes, e, quanto maior é o acúmulo de B nas raízes, caule e folhas, maior é a concentração deste nutriente nos respectivos órgãos vegetais (Figura 6), independentemente da forma de aplicação.



**Figura 6.** Análise de correlação de Pearson entre as variáveis analisadas para o eucalipto submetido a doses e formas de aplicação de B; \* significativo a 0,05 de probabilidade.

**Figure 6.** Pearson correlation coefficient analysis between the analyzed variables for eucalyptus submitted to B doses and B application forms; \* significant at 0.05 probability.

## 4 Conclusões

A adubação boratada via solo apresenta maior eficiência em relação à adubação via foliar, devido ao maior acúmulo e teor de B nas folhas e caule de mudas de eucalipto.

Independentemente da forma de aplicação de B, o aumento das doses desse micronutriente não influenciou na altura da planta, diâmetro do coleto e massa seca das mudas de eucalipto nas primeiras semanas pós-plantio.

Aplicações pontuais de B via foliar em conjunto ao extrato de algas em mudas de eucalipto pode ser uma alternativa viável para suplementação e/ou correções de deficiências nas primeiras semanas de cultivo.

## Referências

BARRETTO, V. C. M.; VALERI, S. V.; SILVEIRA, R. L. V.; TAKAHASHI, E. N. Eficiência de uso de boro no crescimento de clones de eucalipto em vasos. *Scientia Forestalis*, v. 1, n. 6, p. 21-33, 2007.

BOUCHARDET, J. A. *Crescimento, características físicas e anatômicas da madeira juvenil de dois clones de Eucalyptus grandis Hill ex Maiden em resposta à aplicação de boro*. Dissertação (Mestrado em Recursos Florestais) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Universidade de São Paulo, Piracicaba. 2002.

BROOKER, M. I. H.; KLEINING, D. A. *Field guide to Eucalyptus*. 3. ed. v. 3. Melbourne: Blooming Books, 2006.

CALVO, P.; NELSON, L.; KLOPPER, J. W. Agricultural uses of plant biostimulants. *Plant and Soil*, v. 383, n. 1/2, p. 3-41, 2014.

CELESTRINO, T. S.; BUZZETTI, S.; TEIXEIRA FILHO, M. C. M.; GAZOLA, R. N.; DINALLI, R. P.; SILVA, P. H. M.; CARVALHO, A. C.; SARTE, G. D. Fontes e modos de aplicação de boro na cultura do eucalipto. *Semina: Ciências Agrárias*, v. 36, n. 6, p. 3579-3594, 2015.

CHOULIARAS, V.; TASIOULA, M.; CHATZISSAVVIDIS, C.; THERIOS, I.; TSABOLATIDOU, E. The effects of a seaweed extract in addition to nitrogen and boron fertilization on productivity, fruit maturation, leaf nutritional status and oil quality of the olive (*Olea europaea* L.) cultivar Koroneiki. *Journal of the Science of Food and Agriculture*, v. 89, n. 6, p. 984-988, 2009.

CRAIGIE, J.S. Seaweed extract stimuli in plant science and agriculture. *Journal of Applied Phycology*, v. 23, n. 3, p. 371-393, 2011.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. *Sistema brasileiro de classificação de solos*. 3. ed. Brasília: EMBRAPA, 2013.

GOÑI, O.; QUILLE, P.; O'CONNELL, S. *Ascophyllum nodosum* extract biostimulants and their role in enhancing tolerance to drought stress in tomato plants. *Plant Physiology and Biochemistry*, v. 126, n. 5, p. 63-73, 2018.

INDÚSTRIA BRASILEIRA DE ÁRVORES - IBÁ. *Relatório IBÁ – 2017. Indicadores de desempenho do setor nacional de árvores plantadas referentes ao ano de 2016*. Disponível em: <[http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA\\_RelatorioAnual2017.pdf](http://iba.org/images/shared/Biblioteca/IBA_RelatorioAnual2017.pdf)>. Acesso em: 8 jul. 2018.

IBRAHIM, M.; SALMAN, M.; KAMAL, S.; REHMAN, S.; RAZZAQ, A.; AKASH, S.H. *Algae-Based Biologically Active Compounds*. In: *Algae Based Polymers, Blends, and Composites*. Amsterdam: Elsevier, 2017. p. 155-271.

JOSÉ, S. J. F. B.; SILVA, I. R.; BARROS, N. F.; NOVAIS, R. F.; SILVA, E. F.; SMYTH, T. J.; LEITE, F. P.; NUNES, F. N.; GEBRIM, F. O. Mobilidade do boro em clones de eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 6, p. 1733-1744, 2009.

LEITE, S. M. M.; MARINO, C. L.; BONINE, C. A. V. Respostas de clones de *Eucalyptus grandis* e *E. grandis* x *E. urophylla* à supressão de boro. *Scientia Forestalis*, v. 38, n. 85, p. 19-25, 2010.

- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. *Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações*. 2. ed. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1997.
- MATOH, T.; ISHIGAKI, K.; MIZUTANI, M.; MATSUNAGA, T. & TAKABE, K. Nutrição de boro de células de BY-2 de tabaco cultivado. I. Requisito para e localização intracelular de boro e seleção de células que toleram baixos níveis de boro. *Plant Cell Physiology*, v. 33, p. 1135-1141, 1992.
- MATTIELLO, E. M.; RUIZ, H. A.; SILVA, I. R., BARROS, N. F.; NEVES, J. C. L., BEHLING, M. Transporte de boro no solo e sua absorção por eucalipto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 33, n. 5, p. 1281-1290, 2009.
- RAIJ, B. Van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed.) *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. Boletim Técnico 100. 2. ed. Campinas: IAC, 1997.
- RAMOS, S. J.; FAQUIN, V.; ALVES FERREIRA, R. M.; LOPES ARAÚJO, J.; CARVALHO, J. G. Crescimento e teores de boro em plantas de eucalipto (*Eucalyptus citriodora*) cultivadas em dois Latossolos sob influência de doses de boro e disponibilidade de água. *Revista Árvore*, v. 33, n. 1, p. 57-65, 2009.
- R DEVELOPMENT CORE TEAM. A language and environment for statistical computing. *R Foundation for Statistical Computing*, Vienna, Austria. ISBN 3-900051-07-0, 2015. Disponível em: <<http://www.R-project.org/>>. Acesso em: 1 jun. 2018.
- SANGHA, J. S., KELLOWAY, S., CRITCHLEY, A. T. AND PRITHIVIRAJ, B. Seaweeds (macroalgae) and their extracts as contributors of plant productivity and quality: the current status of our understanding. *Advances in Botanical Research*, v. 71, n. 3, p. 189-219, 2014.
- SCHUMACHER, M. V.; VIEIRA, M. *Silvicultura do eucalipto no Brasil*. Santa Maria: Editora da UFSM, 2016.
- SHAPIRO, S. S., WILK, M. B. An analysis of variance test for normality (complete samples). *Biometrika*, v. 52, n. 3/4, p. 591-611, 1965.
- SILVA, P. H. M.; CAMPOE, O. C.; VIEIRA, I. G.; PAULA, R. C. Aplicação foliar de boro em eucalipto sob estresse hídrico. *Scientia Forestalis*, v. 43, n. 106, p. 395-405, 2015.
- 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. São Paulo: Votorantim, 2002.
- SOUZA, V. C., LORENZI, H. *Botânica Sistemática: Guia ilustrado para identificação das famílias de angiospermas da ora brasileira, baseado em APG II*. Nova Odessa: Instituto Plantarum, 2008.
- TIRLONI, C.; DANIEL, O.; VITORINO, A. C. T.; NOVELINO, J. O.; CARDUCCI, C. E.; HEID, D. M. Crescimento de *Corymbia citriodora* sob aplicação de boro nas épocas secas e chuvosas no Mato Grosso do Sul, Brasil. *Silva Lusitana*, Lisboa, v. 19, n. 2, p. 197-206, 2011.

---

**Contribuição dos autores:** Renan Francisco Rimoldi Tavanti contribuiu com a idealização, condução do experimento, análise estatística e escrita científica; Jaqueline Bonfim de Carvalho contribuiu com a condução do experimento, revisão bibliográfica e escrita científica; Maria Julia Betiolo Troleis contribuiu com a condução do experimento e avaliações; Karla Nascimento Sena contribuiu com a condução do experimento, avaliações e escrita científica; João Leonardo Miranda Bellote contribuiu com o fornecimento de materiais para montagem do experimento e avaliações; Marcelo Carvalho Minhoto Teixeira Filho foi o idealizador do experimento, coordenador da pesquisa, contribuiu com a escrita, revisão ortográfica e gramatical do trabalho.

**Fontes de financiamento:** Não houve fonte de financiamento.

**Conflito de Interesse:** Os autores declaram não haver conflito de interesse.