

CRESCIMENTO DE CEDRO-AUSTRALIANO SOB DOSES DE BORO E ZINCO EM SOLUÇÃO NUTRITIVA

Davi Lopes do Carmo¹, Breno Viana Nascimento Silva², Juliana de Souza Dias³,
Janice Guedes de Carvalho⁴ e Paulo Jorge de Pinho⁵

1. Mestrando em Ciência do Solo do Dep. de Ciência do Solo Universidade Federal de Lavras (davigoldan@yahoo.com.br)
2. Graduando em Ciências Biológicas da Universidade Federal de Lavras
3. Mestranda em Zootecnia da Universidade Federal de Lavras
4. Professora Titular do Dep. de Ciência do Solo Universidade Federal de Lavras
5. Pós-doutorando, bolsista FAPEMIG, do Dep. de Ciência do Solo Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, Brasil.

RESUMO

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, com objetivo de avaliar a resposta do cedro-australiano a diferentes doses de boro e zinco, em solução nutritiva. O delineamento experimental foi em blocos casualizados em um esquema fatorial 3 x 4 envolvendo três doses de boro (0,0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹), quatro doses de zinco (0,0, 0,025, 0,05 e 0,1 mg L⁻¹) e três repetições. No momento da colheita foram obtidos os dados de diâmetro do caule, altura das plantas, número de ramos. As plantas foram colhidas, separadas em folha, caule e raiz e secas em estufa de circulação forçada de ar para a obtenção da matéria seca. Após a obtenção dos valores de matéria seca das partes das plantas foi determinado a relação de matéria seca de raiz/parte aérea e índice de qualidade de Dickson. Todos os parâmetros de crescimento e de qualidade das mudas de cedro-australiano foram afetados pelos tratamentos. No período avaliado, o nutriente que mais afeta a altura, diâmetro de caule e a produção de matéria seca é o B. Foram observados sintomas visuais típicos da carência de B, mas não foram observados os sintomas visuais típicos da toxidez de B e Zn.

PALAVRAS-CHAVE: Nutrição mineral, *Toona ciliata var. australis*, interação B x Zn.

AUSTRALIAN CEDAR GROWTH UNDER BORON AND ZINC DOSIS IN NUTRITIVE SOLUTION

ABSTRACT

The experiment was conducted at greenhouse in the Department of Soil Science, Federal University of Lavras, to evaluate the response of cedar Australian to different doses of boron and zinc in nutrient solution. The experiment was following randomized blocks in a factorial design 3 x 4 involving three doses of boron (0.0, 0.5 and 1.5 mg L⁻¹), four doses of zinc (0.0, 0.025, 0.05 and 0.1 mg L⁻¹) and 3 replicates. At harvest data were obtained of stem diameter, plant height, number of branches. The plants were harvested, separated into leaf, stem and root and dried to obtain dry matter. After obtaining the dry matter was determined the ratio of dry matter root / shoot and Dickson quality index. All parameters of quality and growth of seedlings

cedar-Australian were affected by treatments. Over the study period, the nutrient that most affects the height, stem diameter and dry matter production is B. Were observed typical visual symptoms of B deficiency but not were observed typical visual symptoms of B toxicity and Zn.

KEYWORDS: Mineral nutrition, *Toona ciliata var. australis*, B x Zn interaction.

INTRODUÇÃO

Diversas espécies vegetais têm sido utilizadas em projetos de recomposição, sistemas agroflorestais, produção de madeira, entre outros. No entanto, o cedro-australiano (*Toona ciliata var. australis*) é uma espécie que tem despertado interesse de produtores devido ao seu rápido crescimento, potencial produtivo e alto valor comercial. De acordo com a Embrapa-Florestas o plantio do cedro-australiano é recomendável para a região Sul e Sudeste do Brasil e tem um incremento médio anual de $20 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1} \text{ ano}^{-1}$. Segundo PINHEIRO et al. (2003) a implantação da cultura é economicamente viável e confere um investimento rentável ao produtor. O cedro-australiano é uma espécie exótica, proveniente de várias regiões da Austrália. No Brasil ele encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Esta espécie apresenta uma ampla utilização, como por exemplo, na construção de mobílias de luxo, embarcações, produção de compensados, laminados, ornamentos de interior, marcenaria, instrumentos musicais, dentre outros. Relata-se também a extração de taninos e de substâncias de uso na produção de inseticidas, essências para a indústria de perfumaria, cosméticos e medicamentos (WAC, 2009).

O fornecimento adequado de nutrientes é de fundamental importância para o ótimo desenvolvimento e crescimento da cultura para a obtenção de altas produtividades. A demanda por nutrientes pela planta depende da sua taxa de crescimento e da eficiência com que ela converte os nutrientes absorvidos em biomassa. Para um mesmo material genético, numa determinada região, há uma relação relativamente estreita entre a taxa de crescimento e o acúmulo de nutrientes na biomassa (BARROS et al., 2000). Em condições tropicais, as deficiências de boro e zinco são as mais frequentes e há escassez de conhecimento sobre doses, modos eficientes de aplicação e critérios seguros para o diagnóstico da necessidade de adubação com esses nutrientes em cedro-australiano. Os micronutrientes que mais tem limitado a produção agrícola em solos Brasileiros são o boro e o zinco (MALAVOLTA, 1980), devido ao fato de que os solos Brasileiros, sobretudo os de cerrados, geralmente são altamente intemperizados e pobres em matéria orgânica.

A importância do boro está associada à formação da parede celular, mais especificamente na síntese dos seus componentes, como a pectina, a celulose e a lignina (MARSCHNER, 1995; MORAES et al., 2002). Desempenha também, importante papel na migração e metabolismo de carboidratos, facilitando o transporte dos açúcares através das membranas, na forma do complexo açúcar borato (MALAVOLTA, 1980; MALAVOLTA et al., 1997). OLIVEIRA et al. (1982) observaram que a deficiência deste elemento afeta o crescimento radicular, a área foliar e o peso seco total, além de atrasar a atividade fotossintética. Os sintomas dessa deficiência são: folhas novas cloróticas, encarquilhadas e coriáceas que se tornam quebradiças, morte de gema apical, fendilhamento da casca e tronco, com exsudação de goma e necrose dos tecidos (TOKESHI et al., 1976; MALAVOLTA et al., 1978; CARVALHO et al., 1980).

Apesar de o Zn ser um micronutriente essencial, este elemento pode afetar o crescimento e metabolismo normal de espécies vegetais, quando presente em níveis tóxicos no ambiente (MARSCHNER, 1995). Grande parte dos sintomas de deficiência de zinco está associada a distúrbios no metabolismo das auxinas, principalmente do ácido indolacético (AIA), fitormônio responsável pelo crescimento das plantas.

OBJETIVOS

O objetivo desse trabalho foi avaliar o crescimento e qualidade de mudas de cedro-australiano submetido a diferentes doses de boro e zinco e suas interações, em solução nutritiva.

METODOLOGIA

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA, em Lavras-MG, situada geograficamente nas coordenadas de 21°14 de latitude Sul e 45°00 de longitude Oeste, à altitude de 910 m, em Outubro de 2009 a Janeiro de 2010.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial 3 X 4 representado por doze tratamentos. Os tratamentos consistiram de três doses de boro (0,0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹), quatro doses de zinco (0,0, 0,025, 0,05 e 0,1 mg L⁻¹) e três repetições. As doses de B e Zn 0,5 e 0,05 mg L⁻¹, respectivamente, são referentes aos teores desses nutrientes na solução de HOAGLAND & ARNON (1950) (Tabela 1).

TABELA 1. Descrição dos tratamentos em função das doses de B e Zn

Tratamentos	Teor de boro	Teor de zinco
1	0,0 mg L ⁻¹	0,0 mg L ⁻¹
2	0,0 mg L ⁻¹	0,025 mg L ⁻¹
3	0,0 mg L ⁻¹	0,05 mg L ⁻¹
4	0,0 mg L ⁻¹	0,1 mg L ⁻¹
5	0,5 mg L ⁻¹	0,0 mg L ⁻¹
6	0,5 mg L ⁻¹	0,025 mg L ⁻¹
7	0,5 mg L ⁻¹	0,05 mg L ⁻¹
8	0,5 mg L ⁻¹	0,1 mg L ⁻¹
9	1,5 mg L ⁻¹	0,0 mg L ⁻¹
10	1,5 mg L ⁻¹	0,025 mg L ⁻¹
11	1,5 mg L ⁻¹	0,05 mg L ⁻¹
12	1,5 mg L ⁻¹	0,1 mg L ⁻¹

As mudas com 30 dias foram levadas para a casa de vegetação para aclimação. Após um mês, foram retiradas dos tubetes e as raízes lavadas com água deionizada para eliminar os resíduos de substrato.

As mudas foram transferidas para uma bandeja plástica contendo 36 L de solução referente a HOAGLAND & ARNON (1950) completa, com aeração constante, nas concentrações de 10% da sua força iônica, as quais ficaram um período de 15 dias, sob aeração constante. Após esse período as mudas foram

separadas em blocos e iniciaram-se os tratamentos. Na primeira semana após o início do experimento foi elevada a força iônica da solução nutritiva à 25% por um período de 15 dias. Após esse período elevou-se novamente a força iônica da solução à 50%. A partir daí manteve-se a concentração da solução em 50% da força iônica com renovação a cada 15 dias.

Utilizou-se vaso de plástico com capacidade para três litros para a individualização das plantas. As plantas foram colocadas em placas de isopor de dois cm de espessura e 25 cm de largura por 25 cm de comprimento. Os vasos foram pintados com tinta alumínio na face externa para evitar o crescimento de algas e aquecimento das soluções. As soluções foram trocadas quinzenalmente durante o período experimental e foram mantidas com aeração constante.

No preparo de todas as soluções estoques dos nutrientes empregaram-se reagentes para análise. As soluções nutritivas foram preparadas utilizando-se água deionizada e, durante o intervalo de renovação das soluções, o volume dos vasos foi completado, sempre que necessário, utilizando-se água deionizada.

Parâmetros analisados

Foi analisado o efeito de diferentes doses de B e Zn e suas interações no diâmetro dos caules (DC), altura das plantas (H), número de ramos (NR), matéria seca das folhas (MSF), matéria seca dos caules (MSC), matéria seca das raízes (MSR), relação entre matéria seca da parte aérea e matéria seca de raízes (PA/R), relação entre a altura e o diâmetro do caule (RAD) e o índice de qualidade de Dickson (IQD).

O diâmetro foi medido na base do caule e medido em milímetros (mm) com paquímetro, altura da planta foi determinada a partir da base do caule até o final em (cm). As determinações dos pesos de matéria seca foram efetuadas a partir do material seco em estufa, sendo que, ao final do período experimental as plantas foram colhidas, lavadas em água deionizada e subdivididas com corte das raízes, caule e parte aérea, acondicionados em sacos de papel e posto para secar em estufa de circulação de ar a 70 °C até atingir peso constante, conforme descrito por JONES JUNIOR et al. (1991). As plantas subdivididas foram pesadas em balança de precisão (0,001g) e o resultado expresso em gramas por planta ($g \text{ planta}^{-1}$). As relações entre as características medidas foram determinadas pela simples divisão entre elas. O índice de qualidade de Dickson (IQD) foi determinado em função da altura da planta (H), do diâmetro do caule (DC), da matéria seca da parte aérea (MSPA) e da matéria seca das raízes (MSR), por meio da fórmula (DICKSON et al., 1960):

$$IQD = \frac{MST(g)}{H(cm) / DC(mm) + MSPA (g) / MSR (g)}$$

Análises estatísticas

Foram realizadas análises de variância dos dados obtidos e as médias das variáveis entre os cedros comparados pelo teste de Scott-Knott, a 5% de probabilidade, por meio do programa estatístico Sisvar (FERREIRA, 2000).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para os diferentes parâmetros de crescimento, de qualidade e matéria seca das mudas de cedro avaliadas neste trabalho apresentaram respostas distintas entre si. O diâmetro do caule, altura das plantas, número de ramos e a produção de matéria seca da parte aérea, caule e raiz das plantas foram afetadas significativamente pelas doses de boro, zinco e suas interações.

Parâmetros de crescimento e matéria seca

Diâmetro do caule

O diâmetro do caule é considerado por muitos pesquisadores como sendo um dos mais importantes parâmetros para estimar a sobrevivência, logo após o plantio, de mudas de diferentes espécies florestais (GOMES, 2001).

Os tratamentos 1, 5 e 9, onde não foi fornecido Zn, as maiores médias para o diâmetro do caule foram observados nos tratamentos onde foi fornecido 1,5 mL L⁻¹ de B (Tabela 2). Comportamento semelhante foi observado nos tratamentos 2, 6 e 10, onde foi fornecida uma dose de 0,025 mg L⁻¹ de Zn, onde a maior média foi observada no tratamento que recebeu a maior dose de B. Entretanto, no tratamento 7, onde as doses de Zn e B utilizadas são referentes às quantidades apresentadas na solução de HOAGLAND & ARNON (1950), foram observadas as maiores médias para esta variável.

A altura da parte aérea combinada com o diâmetro do caule constitui um dos mais importantes parâmetros morfológicos para estimar o crescimento das mudas após o plantio definitivo no campo (CARNEIRO, 1995).

TABELA 2. Médias de diâmetro do caule de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	0,87a	0,85b	0,94a
0,025	0,67b	0,78b	1,04a
0,05	0,79a	1,00a	0,85b
0,1	0,88a	0,93a	0,69c

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Altura da planta

A altura da parte aérea fornece uma excelente estimativa da predição do crescimento inicial no campo, sendo tecnicamente aceita como uma boa medida do potencial de desempenho das mudas, apesar de que esse parâmetro pode ser influenciado por várias práticas que são adotadas nos viveiros florestais (MEXAL & LANDS, 1990) é considerada como um dos parâmetros importante na classificação e seleção de mudas (PARVIAINEN, 1981).

A omissão conjunta de B e Zn no tratamento 1 causou uma redução de 56,5% na altura das plantas quando comparadas com as médias das plantas do tratamento 7 (Tabela 3).

TABELA 3. Médias de altura de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	12,83a	27,00a	42,00a
0,025	14,00a	29,33a	22,50c
0,05	13,25a	28,33a	29,75b
0,1	12,25a	24,75a	38,50a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Segundo MENGEL & KIRKBY (1987), a deficiência de B surge primeiramente como um crescimento anormal ou retardado de pontos em crescimento. Devido à sua relativa imobilidade nos tecidos, a sua deficiência tem como uma característica comum os distúrbios do crescimento dos tecidos meristemáticos. MALAVOLTA et al. (1997) mencionam que sob omissão de B, as dificuldades de divisão e diferenciação celulares são a primeira indicação da carência, resultantes da necessidade do nutriente para a síntese das bases nitrogenadas.

As altas doses de B no tempo de avaliação do experimento não foram suficientes para causar danos no crescimento das plantas, mesmo em doses três vezes maiores do que as consideradas adequadas. Ainda, em relação a altura das plantas, as doses da Zn parecem não ter influenciado esse parâmetro durante o período experimental, conforme pode-se verificar na tabela 3. Entretanto, esse resultado discorda com o encontrado por LOCATELLI et al. (2007) na avaliação do crescimento do cedro rosa, que observaram, com relação B e Zn, que o Zn foi o micronutriente que mais limitou o crescimento das plantas.

Número de ramos

O número de ramos nas plantas de tratamentos sob omissão de B (0,0 mg L⁻¹) assim como dos tratamentos onde o B foi fornecido na dose considerada adequada (0,5 mg L⁻¹ de B) não apresentaram diferenças significativas, na mesma dose de B, quando se variou os teores de Zn na solução nutritiva (Tabela 4).

TABELA 4. Médias de número de ramos de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	7,66a	11,33a	9,00b
0,025	8,00a	10,33a	7,66b
0,05	8,33a	11,00a	11,50b
0,1	7,66a	9,66a	15,33a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Matéria seca de folhas

A omissão conjunta de B e Zn no tratamento 1 proporcionou uma redução de 61,9% na produção de matéria seca de folhas (MSF), quando comparado com plantas do tratamento 7 (Tabela 5).

TABELA 5. Médias de matéria seca de folhas de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	2,82a	6,01b	6,16b
0,025	3,36a	3,21c	8,71a
0,05	2,43a	7,41a	4,68c
0,1	3,35a	3,58c	4,99c

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Nos tratamentos onde foi omitido o B, a variação nos teores de Zn na solução nutritiva não refletiu em diferenças significativas na produção de MSF. Entretanto, sob a dose de 0,5 mg L⁻¹ de B, considerada a dose adequada de B na solução de HOAGLAND & ARNON (1950), as maiores produções de MSF foram no tratamento 7. LOCATELLI et al. (2007) avaliando o crescimento inicial de cedro rosa em altura e diâmetro observaram que o Zn foi o micronutriente que menos limita a produção de matéria seca.

A dose de 1,5 mg L⁻¹ de B proporcionou as maiores produções de MSF quando se forneceu 0,025 mg L⁻¹ de Zn, seguido da dose 0,0 mg L⁻¹ de Zn. Quando foi fornecido 0,05 e 0,1 mg L⁻¹ de Zn na solução nutritiva, as plantas apresentaram redução de 46,3% e 42,7% de MSF em relação a dose de 0,025 mg L⁻¹ de Zn. Estudando a interação B e Zn em cafeeiro Lima Filho (1991) observou que o aumento da produção de matéria seca da planta ocorria com o aumento das doses de Zn apenas quando se elevava o teor de B no solo. Ou seja, a resposta ao Zn dependia de um teor mínimo de B no solo sendo que as melhores respostas ao Zn foram obtidas nos tratamentos com 3 ou 5 ppm de B no solo.

Matéria seca de caule

A matéria seca de caule (MSC) de plantas sem fornecimento de B na solução nutritiva não apresentou diferenças significativas com o a variação das doses de Zn o mesmo não ocorrendo quando se forneceu 0,5 mg L⁻¹ de B na solução nutritiva (Tabela 6).

TABELA 6. Médias de matéria seca de caule de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	1,21a	2,02a	2,33b
0,025	1,55a	1,68a	4,90a
0,05	1,50a	3,12a	2,38b
0,1	1,30a	2,14a	1,44b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Quando foi fornecido 1,5 mg L⁻¹ de B em solução nutritiva, o tratamento 10 apresentou as maiores médias de MSC. Tanto a omissão de B na solução nutritiva quanto o fornecimento de 0,05 e 0,1 mg L⁻¹ de Zn.

Matéria seca de raízes

O peso de matéria seca das raízes tem sido reconhecido por diferentes autores como sendo um dos mais importantes e melhores parâmetros para se estimar a sobrevivência e o crescimento inicial das mudas no campo (GOMES, 2001).

A produção de matéria seca de raízes (MSR) apresentou comportamento similar a produção de MSC.

Plantas onde não foi fornecido B na solução nutritiva não apresentaram diferenças significativas nas médias de produção de MSR quando se variou os teores de Zn. O mesmo ocorreu quando foi fornecido 0,5 mg L⁻¹ de Zn (Tabela 7). O crescimento celular é resultante dos processos de divisão celular e alongação, e, segundo Shelp (1993), o boro é necessário para que ocorra ambos os processos e sua carência inibe o crescimento radicular. GRASSI FILHO (1995) trabalhando com três doses de B (0,5, 1,5 e 4,5 mg kg⁻¹) aplicadas em cova de plantio de mudas de limoeiro siciliano, observou diminuição no peso seco e no comprimento radicular na menor dose de B testada.

TABELA 7. Médias de matéria seca de raízes de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	1,29a	2,59a	3,48b
0,025	1,00a	2,95a	4,33a
0,05	1,06a	2,57a	3,40b
0,1	1,38a	3,31a	3,13b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Entretanto, percebe-se na tabela 7 que, em valores absolutos, a produção de MSR das plantas onde não foi fornecido B a produção foi menor. Assim como ocorreu para a produção de MSC, a produção de MSR nos tratamentos onde foi fornecido 1,5 mg L⁻¹ de B, as maiores médias de MSR foram observadas em plantas do tratamento 10, onde foi fornecido 0,025 mg L⁻¹ de Zn. Entretanto, QUAGGIO & PIZA Junior (2001), em trabalho de revisão, mencionam que a deficiência de B causa mau funcionamento do tecido do cambio vascular, responsável pela multiplicação das células dos vasos condutores, provocando colapso imediato do floema e, em casos extremos, do xilema. Com isso, há a redução do crescimento das raízes, que não recebem quantidades suficientes de fotossintatos. Apesar de não ter havido surgimento de sintomas de deficiência nutricional de B nas raízes de plantas de cedro-australiano sem fornecimento de B em solução nutritiva, a diminuição da produção de MSR pode ser o início da manifestação da deficiência de B.

Entretanto, sintomas visuais de deficiências nutricionais foram observados nas plantas. As folhas novas, de tamanho reduzido, tornaram-se coreáceas e enrugadas, cujas pontas enrolavam para baixo, com a evolução dos sintomas, e elas apresentaram uma clorose internerval, semelhante às descritas por SILVEIRA et al. (2004). Os sintomas visuais típicos de toxidez de B e Zn, por sua vez, não foram bem identificados neste trabalho, pois, embora tenha ocorrido redução na produção de matéria seca nas diversas partes das plantas não foram observadas alterações morfológicas traduzidas em sintomas nas diversas partes das plantas.

Parâmetros de qualidade

A qualidade foi avaliada mediante a quantificação dos seguintes parâmetros: relação da matéria seca da parte aérea/ raízes (PA/R), relação da altura com diâmetro do caule (RAD) e o índice de qualidade de Dickson (IQD) em função dos tratamentos.

Relação parte aérea/raízes (PA/R)

Foi relatada a importância dessa relação para *Pinus taeda*, *P. elliotti*, *P. echinata* e *P. palustris*, sendo os seus valores determinados entre 1,0 e 3,0 (WAKELEY, 1954, citado por GOMES, 2001). BRISSETTE (1984) cita que é estabelecido como sendo 2,0 a melhor relação entre o peso de matéria seca da parte aérea e o respectivo peso de matéria seca de raiz.

Nos tratamentos onde foi omitido o B as maiores médias de relação parte aérea/ raiz (PA/R) foram observadas no tratamento onde foi fornecido 0,025 mg L⁻¹ de Zn. Nas demais doses de Zn não foram observadas diferenças significativas entre os tratamentos. Em relação aos tratamentos onde foi fornecido 0,5 mg L⁻¹ de B, as maiores médias de PA/R foram observadas no tratamento 7 (Tabela 8). Ressalta-se que nesse tratamento foi fornecido as quantidades de B e Zn da solução nutritiva de HOAGLAND & ARNON (1950) e, assim, infere-se que estas sejam as quantidades tidas como em equilíbrio.

TABELA 8. Médias de relação parte aérea/raiz de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	3,12b	3,22a	2,65a
0,025	4,93a	1,67b	3,11a
0,05	3,70b	4,11a	2,05a
0,1	3,40b	1,73b	2,08a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

A relação parte aérea/raiz é uma correlação de desenvolvimento, expressando o fato de que o crescimento radicular pode afetar o da parte aérea e vice-versa (CORREIA & NOGUEIRA, 2004). A deficiência ou toxidez de nutrientes podem alterar a morfologia radicular em detrimento às respostas da plantas à estresses ambientais. Alterações na morfologia radicular em resposta a variações da disponibilidade de P têm sido apresentadas como uma estratégia das plantas para promover uma maior aquisição de P no ambiente radicular, sendo as mais notáveis

alterações o crescimento radicular mais rápido, raízes maiores e mais finas e uma baixa relação parte aérea/raiz (ZOBEL et al., 2006).

Relação altura/diâmetro do caule (RAD)

O resultado da divisão da altura da parte aérea de uma muda pelo respectivo diâmetro do caule mostra um equilíbrio de crescimento, relacionando esses dois importantes parâmetros morfológicos num só índice (CARNEIRO, 1995).

Nos tratamentos onde foi omitido o B não houve diferenças significativas na relação altura/diâmetro do caule (RAD) com a variação das doses de Zn. O mesmo comportamento foi observado em plantas dos tratamentos onde foi fornecido 0,5 mg L⁻¹ de B na solução nutritiva (Tabela 9).

A RAD de plantas do tratamento onde foram omitidos o B e Zn apresentaram uma redução de 48,4% em relação à RAD de plantas do tratamento onde foram fornecidos 0,5 mg L⁻¹ de B e 0,05 mg L⁻¹ de Zn. Um menor valor de RAD reflete um menor valor de altura das plantas ou em um maior valor de diâmetro de caule.

TABELA 9. Médias de relação altura/diâmetro do caule de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	14,58 ^a	31,59a	44,99b
0,025	20,96 ^a	37,18a	21,62d
0,05	16,89 ^a	28,25a	35,10c
0,1	14,00a	27,15a	56,66a

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

Índice de qualidade de Dickson (IQD)

Dentro de cada dose de B, isoladamente, não foram apresentadas diferenças significativas quando se alterou as doses de Zn (Tabela 10).

TABELA 10. Médias do Índice de qualidade de Dickson de mudas de cedro-australiano sob diferentes doses de B e Zn, em solução nutritiva, na colheita.

Doses de Zn (mg L ⁻¹)	Doses de B (mg L ⁻¹)		
	0,0	0,5	1,5
0,0	0,30 ^a	0,30a	0,26b
0,025	0,23 ^a	0,20a	0,77b
0,05	0,24 ^a	0,41a	0,28b
0,1	0,35 ^a	0,32a	0,17b

Médias seguidas de mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste Skott-Knott a 5%.

GOMES (2001) afirmou que o IQD é uma fórmula balanceada, em que se incluem as relações dos parâmetros morfológicos como matéria seca total, matéria seca de parte aérea, matéria seca de raiz, altura das plantas e diâmetro do caule,

tendo esse índice de qualidade sido desenvolvido por DICKSON et al. (1960), trabalhando com mudas de *Picea glauca* e *Pinus monficola*. O IQD foi influenciado positivamente pelos tratamentos com as maiores doses de B e Zn, salientando-se, então, o quanto a interação desses elementos pode ser benéfico ao desenvolvimento das mudas de cedro, o que irá, sem dúvida, refletir sobre sua produtividade.

CONCLUSÕES

Todos os parâmetros de crescimento e de qualidade das mudas de cedro-australiano foram afetados pelos tratamentos.

No período avaliado, o nutriente que mais afeta a altura, diâmetro de caule e a produção de matéria seca é o B.

Foram observados sintomas visuais típicos da carência de B sem terem sido observados os sintomas visuais típicos da toxidez de B e Zn.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BARROS, N.F.; NEVES, J.C.; NOVAIS, R.F. Recomendações de fertilizantes minerais em plantios de eucalipto. In: GONÇALVES, J.L.M; BENEDETTI, V. **Nutrição e fertilização florestal**. Piracicaba: IPEF, p. 269-286, 2000.

BRISSETTE, J.C. Summary of discussions about seedling quality. In: SOUTHERN NURSERY CONFERENCES, 1984, Alexandria. **Proceedings...** New Orleans: USDA. Forest Service. Southern Forest Experiment Station, 1984. p. 127-128.

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. 1980. (mimeografado)

CARNEIRO, J.G.A. **Produção e controle de qualidade de mudas florestais**. Curitiba: UFPR/FUPEF, 1995. 451 p.

CORREIA, K.G.; NOGUEIRA, R.J.M.C. Avaliação do crescimento do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) submetido a déficit hídrico. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v.4, n.2, 2004.

DICKSON, A.; LEAF, A.L.; HOSNER, J.F. Quality appraisal of white spruce and white pine seedling stock in nurseries. **Forestry Chronicle**, v. 36, p. 10-13, 1960.

FERREIRA, D.F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) par Windows 4.0. In: REUNIÃO ANUAL DA REGIÃO BRASILEIRA DA SOCIEDADE INTERNACIONAL DE BIOMETRIA, 45., 2000, São Carlos. **Anais...** São Carlos: UFSCAr, 2000. p. 255-258.

GOMES, J.M. **Parâmetros morfológicos na avaliação da qualidade de mudas de *Eucalyptus grandis*, produzidas em diferentes tamanhos de tubete e de**

dosagens de N-P-K. 2001. 126f. Tese (Doutorado em Ciência Florestal). Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 2001.

GRASSI FILHO, H. **Adições de cálcio e boro influenciando características fenológicas e composição foliar do limoeiro Siciliano enxertado sobre dois portas enxertos.** 1995. 77f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba, 1995.

HOAGLAND, D.R.; ARNON, D.I. **The water culture method of growing plants without soil.** Berkeley: University of California/College of Agriculture/Agricultural Experiment Station, 1950. 32 p. (Circular, 347).

JONES JUNIOR, J.B.; WOLF, B.; MILLS, H.A. **Plant analysis handbook: A practical sampling, preparation, analysis and interpretation guide.** Athens, Micro Macro Publishing, 1991. 213p.

LOCATELLI, M.; MACÊDO, R.S.; VIEIRA, A.H. Avaliação de altura e diâmetro de mudas de Cedro Rosa (*Cedrela odorata* L.) submetidas a diferentes deficiências nutricionais. **Nota Científica. Revista Brasileira de Biociências**, Porto Alegre, v. 5, p. 645-647, 2007.

LIMA FILHO, O.F. **Calibração de boro e zinco para o cafeeiro (*Coffea arabica* L. cv. Catuaí amarelo).** Piracicaba, 1991. 100p. Dissertação (Mestrado) - Centro de Energia Nuclear na Agricultura/USP.

MEXAL, J.L.; LANDIS, T.D. Target seedling concepts: height and diameter. In: TARGET SEEDLING SYMPOSIUM, MEETING OF THE WESTERN FOREST NURSERY ASSOCIATIONS, GENERAL TECHNICAL REPORT RM-200, 1990, Roseburg. **Proceedings...** Fort. Collins: United States Department of Agriculture, Forest Service, 1990. p. 17-35.

MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ceres, 1980. 251p.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas – princípios e aplicações.** Piracicaba, POTAFOS, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; TRANI, P.E.; ATHAYDE, M.F.; BRAGA, N.R.; NOGUEIRA, S.S.; MORAES, S.A. Nota sobre deficiência e toxidez de boro em espécies cultivadas do gênero *Eucalyptus*. **Revista da agricultura**, v. 53, n. 4, p. 243-246, 1978.

MARSCHNER, H. Mineral nutritional of higher plants. London: Academic, 1995. 889p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition.** 4. ed. Bern: International Potash Institute, 1987. 687 p.

MORAES, L.A.C.; MORAES, V.H.F.; MOREIRA, A. relação entre a flexibilidade do caule de seringueira e a carência de boro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, n.10, p.1431-1436, 2002.

OLIVEIRA, S.A.; BLANCO, S.A.; ENGLEMAN, E.M. Influência do boro nos parâmetros morfológicos e fisiológicos de crescimento do feijoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 17, n. 5, p. 683-688, 1982.

PINHEIRO, A.L.; LANI, L.L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada**. Viçosa – UFV, 2003. 42p.

PARVIAINEN, J.V. Qualidade e avaliação de qualidade de mudas florestais. In: SEMINÁRIO DE SEMENTES E VIVEIROS FLORESTAIS, 1., 1981, Curitiba. **Anais...** Curitiba: FUPEF, 1981. p. 59-90.

QUAGGIO, J.A.; PIZA JUNIOR, C.T. Frutíferas tropicais. In: FERREIRA, M.E.; CRUZ, M.C.P.; RAIJ, B.; ABREU, C.A. (Ed.). **Micronutrientes e elementos tóxicos na agricultura**. Jaboticabal: CNPq/FAPESP/POTAFOS, 2001. p. 459-492.

SILVEIRA, R.L.V.A. et al. Evaluation of the nutritional status of *Eucalypts*: visual and foliar diagnosis and their interpretation. In: GONÇALVES, J.L.M.; BENEDETTI, V. **Forest nutrition and fertilization**. Piracicaba: IPEF, 2004. p.85-111.

SHELP, B.J. Physiology and biochemistry of boron in plants. In: GUPTA, U.C. **Boron and its role in crop production**. Boca Raton: CRC Press, 1993. p.53-85. WORLD AGROFORESTRY CENTRE – AgroForestryTree Database - A Tree Species 468 Reference and Selection Guide in: 469 <http://www.worldagroforestrycentre.org/sea/Products/AFDbases/af/asp/SpeciesInfo.asp?SpID=470&Identity=1649>. Acessado em: 25/02/2009.

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.

ZOBEL, R.W.; ALLOUSH, G.A.; BELESKY, D.P. Differential root morphology to no versus high phosphorus, in three hydroponically growth forage chicory cultivars. **Environmental and Experimental Botany**, Oxford, v. 57, n. 1-2, p. 201-208, Aug. 2006.