

**PARÂMETROS DE CRESCIMENTO E SINTOMAS DE TOXIDEZ DE CÁDMIO E ZINCO  
EM MUDAS DE CEDRO AUSTRALIANO**

GUILHERME AMARAL DE SOUZA<sup>1</sup>, DANIELA APARECIDA DE ANDRADE<sup>2</sup>, MINA TOMAS VILLAFORT<sup>3</sup>, PAULO ADEMAR AVELAR FERREIRA<sup>4</sup>, THIAGO HENRIQUE PEREIRA REIS<sup>5</sup>, JANICE GUEDES DE CARVALHO<sup>6</sup>

**RESUMO**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação sob o delineamento experimental de blocos casualizados com seis tratamentos, representados por: solução de Clark completa (Controle); razão Zn/Cd de 10/1 µM; razão 50/5 µM; razão 100/10 µM; razão 200/20 µM e razão 300/30 µM, com seis repetições. O ensaio foi conduzido em solução nutritiva por 50 dias em exposição aos tratamentos. Foram caracterizados os sintomas de fitotoxidez dos elementos e medidas a altura das plantas e diâmetro de caule. As razões de Zn/Cd resultaram em alterações morfológicas traduzidas em sintomas de fitotoxidez desses metais. Pode-se constatar que sob relações mais altas dos metais há um decréscimo no incremento da altura das plantas de cedro. A Razão 300/30 µM foi a que mais limitou o diâmetro do caule de mudas de cedro australiano.

**Palavras-chave:** Fitorremediação, Metal Pesado, *Toona ciliata*, Nutrição Mineral de Plantas, Solução Nutritiva.

**INTRODUÇÃO**

Para manter o desenvolvimento das tecnologias geradas pelas atividades industriais, diminuindo os efeitos causados ao meio ambiente, são desenvolvidas estratégias para remediar tais áreas degradadas a partir de tratamentos químicos, físicos e biológicos, buscando uma futura recuperação desses locais. Dentre essas técnicas, atualmente uma grande ênfase tem sido dada na fitorremediação por essa ser uma tecnologia versátil com várias aplicações potenciais (Memon & Schroder, 2009).

No Brasil, os estudos silviculturais têm se voltado, quase que exclusivamente, para as espécies de rápido crescimento, como por exemplo, as do gênero *Eucalyptus* e *Pinus*. Uma espécie que se mostra promissora é o cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*). Ele pertence à família Meliaceae, originária das regiões tropicais da Austrália, e se adaptou muito bem ao país, onde encontrou excelentes condições para o seu desenvolvimento, principalmente no sul da Bahia e na Região Sudeste (Pinheiro et al., 2003). Essa espécie apresenta rápido crescimento, chegando a atingir oito metros de altura e 15 centímetros de diâmetro com três anos de idade (Pinheiro et al., 1994), proporcionando assim, um bom retorno financeiro em curto espaço de tempo, quando comparado aos cedros nativos e a outras essências florestais, inclusive o mogno (*Swietenia macrophylla* King).

A identificação de espécies arbóreas pouco sensíveis a variadas condições de estresses químicos, principalmente tolerantes a altas concentrações de metais pesados, é muito importante para o processo de fitorremediação de áreas degradadas uma vez que normalmente possuem um longo ciclo reprodutivo, permitindo o recobrimento da área por maior período de tempo. Plantas, quando submetidas à ambientes contaminados por metais pesados, apresentam uma série de distúrbios fisiológicos e nutricionais (Mengel & Kirkby, 1982; Kabata-Pendias & Pendias, 1984; Bergmann, 1992; Marschner, 1995; Soares, 1999; Paiva, 2000). Entre os distúrbios nutricionais tem-se a interferência desses metais sobre a absorção, a translocação e as funções dos nutrientes.

---

<sup>1</sup> Doutorando em Ciência do Solo, DCS/ UFLA, amaralufila@gmail.com

<sup>2</sup> Mestranda em Ciência do Solo, DCS/UFLA, danibio08@hotmail.com

<sup>3</sup> Mestranda em Ciência do Solo DCS/UFLA, minavillafort@hotmail.com

<sup>4</sup> Doutorando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, avelarufila@gmail.com

<sup>5</sup> Doutorando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, thiagohpreis@yahoo.com.br

<sup>6</sup> Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo, janicecg@ufla.br

Diante do exposto, o objetivo desse trabalho foi verificar a influência das relações de zinco e cádmio, em solução nutritiva, sobre os parâmetros de crescimento e caracterização de sintomas de toxidez em mudas de cedro australiano.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras – UFLA, Lavras, MG, localizada, geograficamente, nas coordenadas 21°14' de latitude sul, 45°00' de longitude oeste e altitude de 918 m.

As mudas de cedro australiano (*Toona ciliata* M. Roem var. *australis*) foram obtidas com aproximadamente 60 dias junto ao Viveiro Belo Vista<sup>®</sup> em substrato comercial Plantmax<sup>®</sup>.

As mesmas foram transferidas para uma bandeja plástica, com capacidade de 24 litros, contendo solução de Clark (1975) para adaptação (1/5, 2/5, 3/5 e 4/5 da força iônica) por 15 dias em cada concentração até serem individualizadas nos tratamentos com solução a 5/5 da força iônica e mantidas sob aeração constante.

As soluções estoque foram preparadas com reagentes P.A. contendo: 7,26 mM N-NO<sub>3</sub><sup>-</sup>; 0,90 mM N-NH<sub>4</sub><sup>+</sup>; 0,07 mM P; 1,80 mM K; 2,60 mM Ca; 0,60 mM Mg; 0,50 mM S; 7,0 μM Mn; 2 μM Zn; 0,5 μM Cu; 19 μM B; 0,60 μM Mo; e 38 μM Fe complexado com Na<sub>2</sub>-EDTA. Para os tratamentos que receberam os metais Zn e Cd foram utilizados como fonte os sais ZnSO<sub>4</sub> e CdSO<sub>4</sub>.

Após o período de adaptação, as plantas foram individualizadas em recipientes plásticos, com capacidade de três litros e mantidas sob aeração constante. As soluções nutritivas foram renovadas quinzenalmente e o volume dos vasos completado sempre que necessário com água deionizada. Como suporte para as plantas foi utilizado placas de isopor de 15 centímetros de diâmetro e dois centímetros de espessura.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados com seis tratamentos (Tabela 1) e seis repetições. As plantas foram mantidas por um período de 50 dias em exposição aos metais.

**Tabela 1.** Tratamento e relações Zn/Cd em mudas de cedro australiano cultivado em solução nutritiva.

1 - Solução de Clark Completa - Controle	4 - Razão 100 μM Zn / 10 μM Cd
2 - Razão 10 μM Zn / 1 μM Cd	5 - Razão 200 μM Zn / 20 μM Cd
3 - Razão 50 μM Zn / 5 μM Cd	6 - Razão 300 μM Zn / 30 μM Cd

Durante o período experimental foram caracterizados os sintomas de toxidez provocados pelos tratamentos. Além disso, as plantas foram avaliadas quinzenalmente quanto à altura e o diâmetro do colo, sendo esse último determinado dois centímetros acima do isopor.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e regressão por meio do uso do programa estatístico Sisvar (Ferreira, 2003).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

### **Fitotoxidez de zinco e cádmio**

Todas as plantas de cedro australiano submetidas aos tratamentos apresentaram alterações morfológicas.

Sob a relação Zn/Cd de 10/1 foi observado uma curvatura das folhas das plantas para cima. Essas também apresentavam o limbo foliar com serrilhado mais evidente que os demais tratamentos. Nas folhas mais velhas foram observados início de pontos avermelhados ao longo das nervuras. Sintomas semelhantes foram encontrados por Soares et al. (2005) em plantas de eucalipto e por Paiva (2000) em mudas de cedro sob as doses de 88 e 132 μM de Cd. Sintomas de fitotoxidez observados em plantas de *Eucalyptus maculata* e *E. urophylla* foram relatados após uma semana de exposição das plantas ao Cd (Soares et al., 2005).

Nas plantas sob a relação Zn/Cd de 50/5 foram verificados os primeiros sintomas após 30 dias. Estes foram caracterizados por uma coloração menos intensa das folhas, menos serrilhadas e mais

lanceoladas quando comparadas às plantas do tratamento controle. Nas folhas e nos caules observou-se a presença de pontos avermelhados.

As plantas de cedro australiano submetidas às relações de Zn/Cd de 100/10 apresentaram alterações morfológicas visíveis após 15 dias. As primeiras foram verificadas nas raízes, onde se observou um escurecimento e engrossamento destas, quando comparadas às plantas do tratamento completo. Ao longo do período experimental, ocorreu um aumento da intensidade dos sintomas descritos e as plantas apresentaram coloração menos intensa quando comparadas ao tratamento completo.

As folhas mais novas apresentaram um estreitamento do limbo foliar e aspecto coriáceo, além de apresentarem nas nervuras um aspecto de “costelas”, provavelmente provocado pela toxidez de Zn. Foi observado também, um fundo clorótico com reticulado fino, sintoma típico da deficiência induzida de Fe. Esse efeito também foi relatado por Paiva (2000) em mudas de *Cedrella fissilis* as quais apresentaram uma desfolha intensa. As folhas velhas apresentaram pontuações vermelhas intensas, posteriormente voltaram-se para baixo conferindo às plantas um aspecto de murcha. Resultados semelhantes foram encontrados em *E. urophylla*, onde verificou-se o aparecimento de pontuações arroxeadas próximas às nervuras das folhas basais e à curvatura vertical destas. Neste estudo, raízes escurecidas e pouco desenvolvidas foram os sintomas observados nas espécies *E. urophylla* e *maculata*, mesmo na dose mais baixa de Zn em solução (400 mM) (Soares et al., 2001).

Assim como aconteceu para relação 100/10, plantas de cedro australiano submetidas à relação de Zn/Cd de 200/20 apresentaram sintomas de toxidez após 15 dias. As primeiras manifestações foram nas raízes das plantas que se apresentaram mais grossas e escurecidas quando comparadas às plantas do tratamento completo. Com o passar do tempo de aplicação dos tratamentos essa diferença se mostrou mais visível. Após 30 dias, foram observados pontos vermelhos nas nervuras das folhas mais velhas e dos pecíolos fazendo-se com que as plantas tivessem essas folhas voltadas para baixo, com aparência de murchas. As folhas mais novas apresentaram-se deformadas, com aspecto coriáceo e com nervuras saltadas o que conferiu um aspecto de “costelas” mais evidentes, provavelmente provocado pela toxidez de Zn. Tal qual para a relação 100/10, foi observado nessas folhas também um fundo clorótico com reticulado fino, sintoma típico da deficiência induzida de Fe. Esses resultados são diferentes dos encontrados por Paiva (2000) que após 30 dias em plantas de cedro (*Cedrella fissilis* Vell.) encontrou murchamento e alto grau de desfolha das plantas.

Plantas de cedro australiano submetidas à relação de 300/30 apresentaram sintomas após 15 dias de aplicação dos tratamentos. Nas raízes foram verificados um escurecimento e engrossamento quando comparadas às plantas do tratamento completo. Com o avanço do tempo, a intensidade dos sintomas aumentou. Na parte aérea desse tratamento foram observados sintomas após 15 dias, sendo idênticos aqueles descritos para relação 200/20, porém com maior intensidade.

## **Efeito nos parâmetros de crescimento**

### **Altura das plantas**

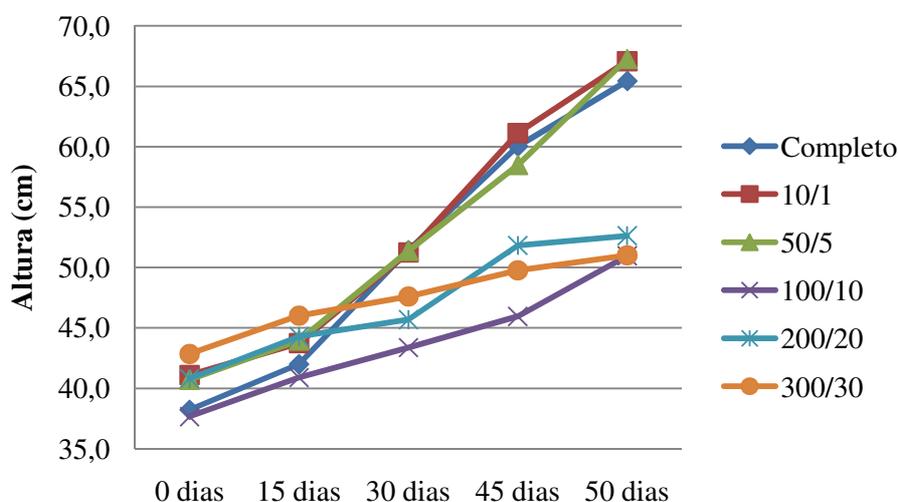
O efeito dos tratamentos na altura e diâmetro das mudas de cedro australiano pode ser verificado na Tabela 2 e nas Figuras 1 e 2, respectivamente.

**XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**27 de setembro a 01 de outubro de 2010**

**Tabela 2.** Altura e diâmetro de mudas de Cedro australiano sob razões de Zn/Cd cultivado em solução nutritiva, após 50 dias.

Tratamento	Altura (cm)	Diâmetro (mm)
Completo	65,43 a	15,62 a
Razão 10/1	67,08 a	16,06 a
Razão 50/5	67,27 a	17,02 a
Razão 100/10	50,97 b	15,34 a
Razão 200/20	52,63 b	14,89 a
Razão 300/30	51,02 b	12,49 b
CV (%)	11,77	10,30

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



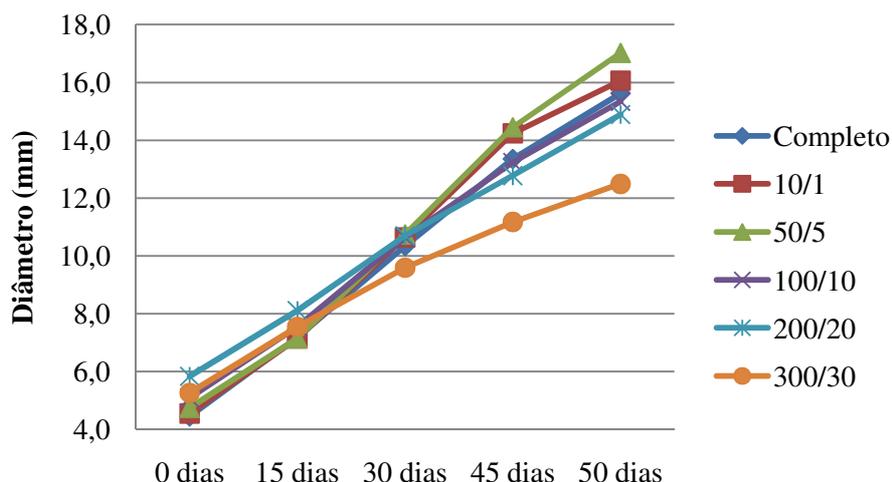
**Figura 1.** Altura de plantas de cedro australiano cultivado em solução nutritiva sob razões de Zn/Cd.

Por meio da tabela 2 verifica-se que os tratamentos Razão 50/5, Razão 10/1 e completo não apresentaram diferenças significativas e foram os que apresentaram as maiores alturas ao final da fase experimental, época que, quando as alturas obtidas nos tratamentos Razões 50/5 e 10/1 foram respectivamente, 2,81 e 2,52% superiores às obtidas pelo tratamento completo.

Os menores incrementos em altura foram verificados nos tratamentos sob maiores razões de Zn/Cd, ou seja, Razão 200/20, 300/30 e 100/10 que foram estatisticamente iguais e, respectivamente, 15,56, 22,02 e 22,10% inferiores ao tratamento completo. Esse resultado se encontra na faixa dos encontrados por Correa et al. (2005) para mudas de mamoeiro cultivado em substrato contendo 6 mg Zn dm<sup>-3</sup>, onde os autores encontraram uma redução de 10% na altura de plantas. Por outro lado, esses resultados divergem dos encontrados por Salviano et al. (2005) em plantas de fumo, onde as plantas cultivadas na presença de 1,6 mg de Cd L<sup>-1</sup> apresentaram uma redução de 66,67% em relação ao tratamento completo.

### Diâmetro do colo das plantas

Através da Tabela 2 e da Figura 2 observa-se o efeito dos tratamentos no incremento do diâmetro do colo das mudas de cedro australiano.



**Figura 2.** Diâmetro do colo de plantas de cedro australiano cultivado em solução nutritiva sob razões de Zn/Cd.

Para mudas de cedro australiano, observa-se que os menores diâmetros de colo foram encontrados no tratamento onde a Razão Zn/Cd foi de 300/30 (tabela 2). Este tratamento foi 20,04% inferior ao tratamento completo, no qual, juntamente com os demais tratamentos foram encontradas as maiores médias de diâmetro de colo. Resultados semelhantes foram encontrados por Trigueiro & Guerrini (2003) em mudas de eucalipto cultivado em substrato de biossólido contendo 0,25 mg kg<sup>-1</sup> de Cd (base seca).

## CONCLUSÃO

As razões de Zn/Cd resultaram em alterações morfológicas traduzidas em sintomas de fitotoxidez desses metais.

Sob relações mais altas dos metais ocorreu um decréscimo no incremento da altura das plantas de cedro.

A Razão 300/30 é a que mais limita o diâmetro do caule das mudas de cedro australiano.

## REFERÊNCIAL BIBLIOGRÁFICO

BERGMANN, W. **Nutritional disorders of plants**: developments, visual and analytical diagnoses. New York: Gustav Fisher Verlag Jena, 1992. 741p.

CLARK, R. B. Characterization of phosphatase of intact maize roots. **Journal of Agriculture and food Chemistry**, v.23, n3, p. 458-460, 1975.

CORRÊA, M. C. M.; NATALE, W.; PRADO, R. M.; OLIVEIRA, I. V.M.; ALMEIDA, E. V.; Adubação com zinco na formação de mudas de mamoeiro. **Caatinga**, Mossoró, v. 18, n. 4, p. 245-250, out/dez. 2005.

FERREIRA, D.F. **SISVAR software: versão 4.6**. Lavras: DEX/UFLA, 2003. Software.

KABATA-PENDIAS, A.; PENDIAS, H. **Trace elements in soils and plants**. Boca Raton: CRC Press, 1984. 315p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2.ed. London: Academic Press, 1995. 889p.

**XIX CONGRESSO DE PÓS-GRADUAÇÃO DA UFLA**  
**27 de setembro a 01 de outubro de 2010**

---

MEMON, A. R. & SCHODER P. Implications of metal accumulation mechanisms to phytoremediation. **Environment Science Polluted**. Dec. 2009, p. 162-175.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. 3.ed. Woeblanfen: Internationl Potash Institute, 1982. 655p.

PAIVA, H. N. **Toxidez de Cd, Ni, Pb e Zn em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* Vell.) e ipê-roxo (*Tabebuia impetiginosa* (Mart.) Standl.)**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 2000. 283p. Tese (doutorado em Fitotecnia) – Universidade Federal de Lavras, 2000.

PINHEIRO, A. L.; LANI, L. L.; COUTO, L. (2003) **Cultura do Cedro Australiano para Produção de Madeira Serrada**. Viçosa – UFV, 42p.

PINHEIRO, A. L.; RAMALHO, R. S.; BARREIROS, H. S. Árvores exóticas em Viçosa. II. *Toona ciliata* M. Roem. var. *australis* (F. V. M.) C. DC. (MELIACEAE). **Revista Ceres**. Viçosa, v.41, n. 234, p. 103-112, 1994.

SALVIANO, A. M.; FONTES, R. L. F.; FERREIRA, J. M. NOGUEIRA, C. P. A. Doses de cádmio no crescimento e na quantidade de clorofila em duas cultivares de fumo cultivadas em solução nutritiva. **Revista Caatinga**, Mossoró-RN, v.18, n.1, p.6-12, jan./mar. 2005.

SOARES, C.R.F.S.; GRAZZIOTTI, P. H.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J. G.; MOREIRA, F. M. S. Toxidez de zinco no crescimento e nutrição de *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em solução nutritiva. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.36, p.339-348, 2001.

SOARES, C. R. F. S.; SIQUEIRA, J. O.; CARVALHO, J.G.; MOREIRA, F. M. S. Fitotoxidez de cádmio para *Eucalyptus muculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.29, n.2, p.175-183, 2005.

SOARES, C. R. F.S. **Toxidez de zinco, cobre, cádmio e chumbo para o eucalipto em solução nutritiva**. Lavras: Universidade Federal de Lavras, 1999. 132p. Dissertação (Mestrado em Solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Lavras, 1999.

TRIGUEIRO, R. M.; GUERRINI, I. A. Uso de biosólido como substrato para produção de mudas de eucalipto. **Scientia Forestalis**, n. 64, p. 150-162, dez. 2003.