

**TEORES FOLIARES DE MACRONUTRIENTES EM MUDAS DE CEDRO-AUSTRALIANO
EM FUNÇÃO DA APLICAÇÃO DE BORO E ZINCO**

DAVI LOPES DO CARMO¹, MAYKOM FERREIRA INOCÊNCIO²; BRENO VIANA
NASCIMENTO SILVA³; JULIANA DE SOUZA DIAS⁴; ANTONIO EDUARDO FURTINI NETO⁵;
JANICE GUEDES DE CARVALHO⁶

RESUMO

O objetivo do estudo foi avaliar a influência das doses de boro e zinco nos teores foliares de macronutrientes em mudas de cedro-australiano. As plantas do experimento foram cultivadas O experimento foi em solução nutritiva de Hoagland e Arnon, em vasos com capacidade de 3 L, no Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras, MG. em um delineamento experimental inteiramente ao acaso, no esquema fatorial 3x4, com três doses de boro (0,0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹) e quatro doses de zinco (0,0, 0,025, 0,05 e 0,1 mg L⁻¹) com três repetições, totalizando 36 unidades experimentais, sendo que cada uma era composta por uma planta. No final do experimento, aos 90 dias após a adição dos tratamentos as mudas foram colhidas e separadas em raiz, caule e folha. No entanto, para esse estudo apenas considerou-se a folha, que foram lavadas, secas e trituradas em moinho tipo Willey e submetidas às análises químicas para a determinação de macronutrientes. As doses de 0,5 e 0,05 mg L⁻¹ de boro e zinco, respectivamente apresentam-se como aquelas que proporcionam os maiores teores foliares de macronutrientes em mudas de cedro-australiano. Em condições de deficiência e toxidez de boro há o aumento nos teores de fósforo e cálcio. Na dose de 1,5 mg L⁻¹ de boro ocorre um aumento nos teores de magnésio nas folhas de cedro-australiano.

Palavras-chave: *Toona ciliata var. australis*. Nutrição mineral. Espécie florestal.

INTRODUÇÃO

Diversas espécies vegetais têm sido utilizadas em projetos de recomposição, sistemas agroflorestais, produção de madeira, no entanto, o cedro-australiano (*Toona ciliata var. australis*) é uma espécie que tem despertado interesse de produtores por causa do seu rápido crescimento, potencial produtivo e alto valor comercial. A implantação da cultura é economicamente viável e confere um investimento rentável ao produtor (PINHEIRO et al., 2003).

O cedro-australiano é uma espécie exótica, proveniente de várias regiões da Austrália e no Brasil encontrou condições favoráveis ao seu desenvolvimento. Esta espécie apresenta uma ampla utilização, desde a construção de mobílias de luxo, embarcações, produção de compensados, laminados, ornamentos de interior, marcenaria, até instrumentos musicais. 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.

Os micronutrientes que mais tem limitado a produção agrícola em solos brasileiros são o boro e o zinco, devido ao fato de que os solos brasileiros, sobretudo os de cerrados, geralmente são altamente intemperizados e pobres em matéria orgânica (MALAVOLTA, 1980).

A importância do boro está associada à formação da parede celular, ou seja, na síntese de pectina, a celulose e a lignina (MARSCHNER, 1995; MORAES et al., 2002). O boro também atua no metabolismo de carboidratos, no transporte dos açúcares através das membranas e na formação do complexo açúcar-borato (TAIZ & ZEIGER, 2004). A deficiência de boro 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

¹ Mestrando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, davigoldan@yahoo.com.br

² Doutorando em Ciência do Solo, DCS/UFLA, maykomagronomia@yahoo.com.br

³ Tecnólogo em Gestão Ambiental, brecordi@gmail.com

⁴ Mestranda em Zootecnia, DZO/UFLA, juju_zoo@hotmail.com

⁵ Professor do Departamento de Ciência do Solo, DCS/UFLA, afurtini@ufla.br

⁶ Professora Titular do Departamento de Ciência do Solo, DCS/UFLA, janicegc@ufla.br

de gema apical, fendilhamento da casca e tronco, com exsudação de goma e necrose dos tecidos (FAQUIN, 2005). O zinco atua na ativação de enzimas, na síntese protéica e uma das suas principais funções está ligada a divisão celular, pois o zinco participa da síntese do aminoácido triptofano que é precursor do ácido indolilacético, que é um hormônio de crescimento (auxina) (TAIZ & ZEIGER, 2004; FAQUIN, 2005).

Dentro desse contexto, o conhecimento da exigência nutricional e da concentração dos nutrientes na planta é fundamental para se estabelecer parâmetros sobre a nutrição mineral do cedro-australiano. As doses de boro e zinco foram estabelecidas com a finalidade de abranger a faixa da deficiência até a toxidez desses micronutrientes.

O objetivo desse trabalho foi avaliar os teores de macronutrientes nas folhas e no caule de mudas de cedro-australiano submetidas a doses de boro e zinco em solução nutritiva de Hoagland e Arnon.

MATERIAL E MÉTODOS

Descrição do experimento

O experimento foi realizado em casa-de-vegetação do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras, Lavras - MG, situada geograficamente nas coordenadas de 21°14 de latitude Sul e 45°00 de longitude Oeste, à altitude de 910 m. O experimento foi em um delineamento inteiramente casualizado, em vasos com capacidade de 3 L, em um esquema fatorial 3x4, com três doses de boro (0,0; 0,5 e 1,5 mg L⁻¹) e quatro doses de zinco (0,0, 0,025, 0,05 e 0,1 mg L⁻¹), três repetições, totalizando 36 unidades experimentais, composta de uma planta cada uma. As fontes (P.A.) utilizadas para o fornecimento de boro e zinco foram o ácido bórico (17% de B) e sulfato de zinco (23% de Zn), respectivamente.

As mudas com idade de 30 dias foram obtidas no Viveiro Bela Vista, do município de Campo Belo, MG, onde foram inicialmente aclimatadas em casa-de-vegetação durante 30 dias. Após um mês, foram retiradas dos tubetes e as raízes foram lavadas com água destilada para eliminar os resíduos do substrato. As mudas de cedro-australiano foram colocadas em uma solução nutritiva completa de Hoagland & Arnon (1950) a 10% da força iônica durante 15 dias. Após esse período as mudas foram transferidas para as parcelas experimentais com capacidade de 3 L, permanecendo durante uma semana na solução nutritiva a 25% da força iônica e depois a força iônica passou para 50%, com renovação a cada 15 dias.

Análise química de macronutrientes

Aos 90 dias após a adição dos tratamentos foram colhidas as mudas de cedro-australiano, as quais foram separadas em raiz, caule e folhas, onde para esse estudo foi considerado apenas as folhas. O material foi lavado em água corrente e destilada, seco em estufa de circulação forçada de ar a 65°C durante três dias e triturados em moinho tipo Willey. O material triturado foi submetido à digestão nitroperclórica para a determinação de fósforo, potássio, cálcio, magnésio e enxofre e digestão sulfúrica para a determinação de nitrogênio.

Análise estatística

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo programa estatístico SISVAR (FERREIRA, 2000) e quando significativo foi ajustado a regressão para cada macronutriente pelo SigmaPlot 11.0.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Para a aplicação de zinco e boro houve diferenças significativas para os teores de macronutrientes nas folhas de mudas de cedro-australiano (Figura 1).

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

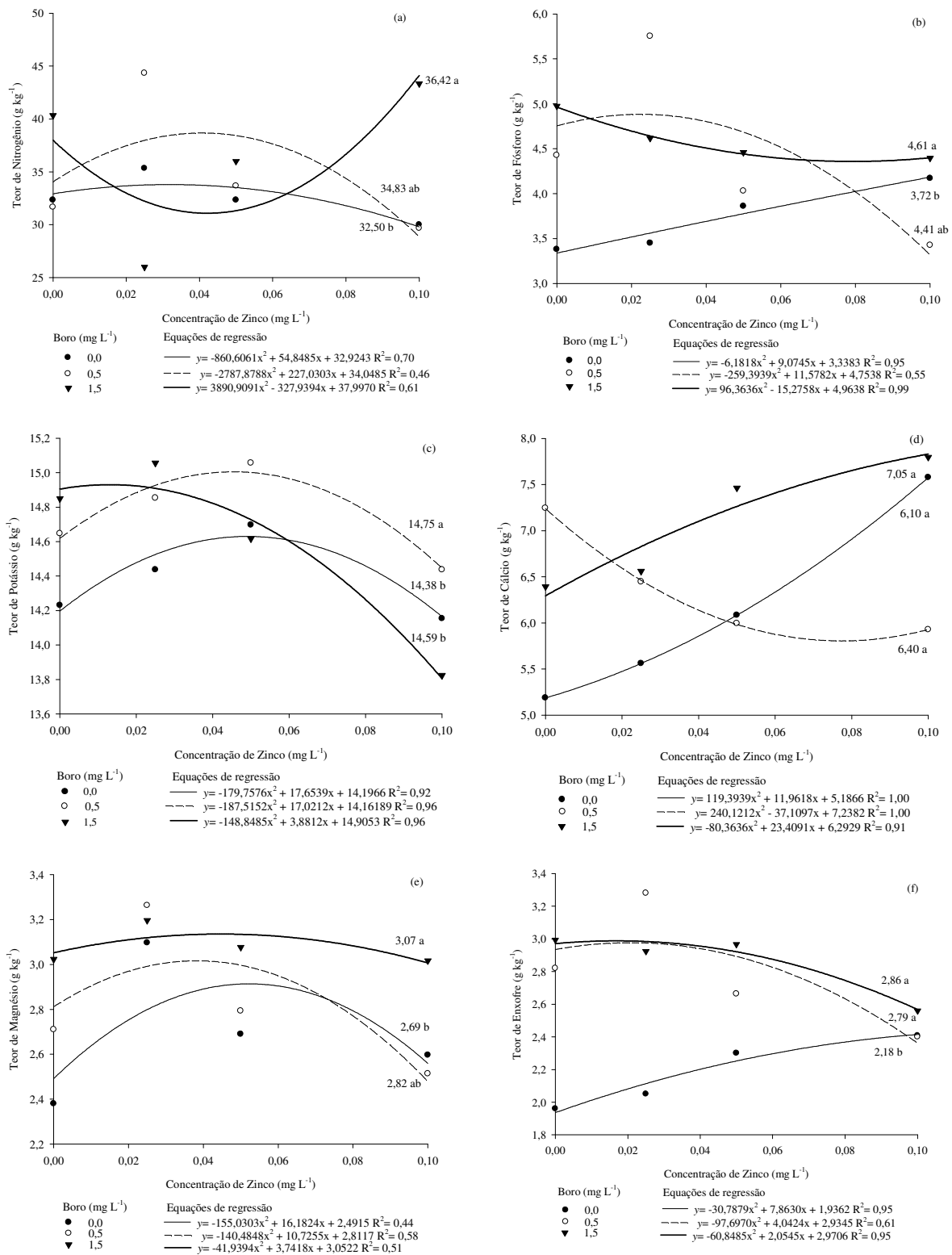


Figura 1. Análises de regressão e teste de média (letras iguais não diferem significativamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey) para os teores de nitrogênio (a), fósforo (b), potássio (c), cálcio (d), magnésio (e) e enxofre (f) nas folhas de mudas de cedro-australiano (*Toona ciliata* var. *australis*) submetidos a aplicação de boro e zinco em solução nutritiva (Lavras, MG).

Nitrogênio

Para os teores de nitrogênio nas folhas de cedro-australiano (Figura 1a) houve resposta quadrática para as doses de 0 e 0,5 mg L⁻¹ de boro, sendo que a concentração de zinco para se obter o maior teor de nitrogênio ficou em torno de 0,04 mg L⁻¹. Para a dose de 1,5 mg L⁻¹ de boro, inicialmente a concentração de nitrogênio diminuiu até a concentração de 0,04 mg L⁻¹ de zinco e elevou-se a partir desse valor. Isso indica que o aumento de zinco em solução nutritiva favorece a maior concentração de nitrogênio nas folhas, uma vez que o zinco atua na síntese proteica e composição e ativação de enzimas. Nesse caso vale ressaltar que em condições de deficiência (0,0 mg L⁻¹) e condições adequadas (0,05 mg L⁻¹) a redução dos teores de nitrogênio nas folhas. No caso da dose de 1,5 mg L⁻¹ de boro, há de certa forma a interação entre os nutrientes, sendo que os menores teores de nitrogênio foram obtidos pela concentração média de zinco. Dessa forma, o aumento dos teores de nitrogênio na folha é dependente da relação entre o boro e o zinco (MARSCHNER, 1995; TAIZ & ZEIGER, 2004), sendo favorecido por altas doses de boro (MORAES et al., 2002) associado a baixas concentrações de zinco. No entanto, após a dose considerada adequada, houve o aumento dos teores de nitrogênio, mas nesse caso pode haver a influência de outro nutriente, já que houve aumento nas concentrações na folha e que de certa forma reduziu a absorção de zinco (FAQUIN, 2005).

Na média entre as doses de boro, a maior dose foi a que proporcionou os maiores teores de nitrogênio, possivelmente pelo maior suprimento do micronutriente à planta e que estimulou a absorção de nitrogênio (TAIZ & ZEIGER, 2004). Na ausência da aplicação de boro, constatou-se a redução dos teores de nitrogênio nas folhas, devido a um desequilíbrio nutricional que a planta apresentou pelo não suprimento do micronutriente (SOARES et al., 2001) e como esse está ligada a algumas funções vitais da planta, pode ter desencadeado a redução de atividades reguladas a absorção de nitrogênio.

Fósforo

Com a não aplicação de boro, houve aumento nos teores de fósforo em função da aplicação de zinco em solução nutritiva (Figura 1b). Isso difere da literatura, que aponta a interação não competitiva entre o fósforo e o zinco. Mas vale ressaltar que nesse caso a planta está submetida a um estresse nutricional pela omissão de boro na solução nutritiva. No entanto, com a adição da dose normal de boro à solução nutritiva de Hoagland e Arnon, houve redução acentuada dos teores de fósforo, principalmente a partir da dose normalmente utilizada nessa solução nutritiva que é de 0,5 mg L⁻¹. Por outro lado, a maior dose aplicada de boro também apresentou redução dos teores de fósforo, porém de maneira menos acentuada do que a dose de 0,5 mg L⁻¹ de boro. Soares et al. (2001) trabalhando com *Eucalyptus maculata* e *Eucalyptus urophylla* em função da aplicação de zinco, observou aumento nas concentrações de fósforo e consequentemente no conteúdo nas folhas.

Apenas comparando as médias das doses de boro, apesar do aumento considerado dos teores de fósforo com a aplicação de zinco, a maior dose de boro favoreceu a maior média dos teores do macronutriente. Isso pode indicar que altas doses de boro, independente dos teores de zinco, auxilia na maior concentração de fósforo em folhas de cedro-australiano. Dessa forma a interação entre nutrientes é um fator de grande importância para o crescimento e desenvolvimento de qualquer espécie (MALAVOLTA, 1980).

No entanto, com doses acima do considerado adequado pode favorecer um maior teor de fósforo nas folhas, que pode ou não refletir o aumento produtivo, uma vez que o fósforo atua no fornecimento de energia, através da adenosinatrifosfato (ATP) (MARSCHNER, 1995).

Potássio

Independente das doses de boro houve resposta quadrática para os teores de potássio nas folhas de cedro-australiano (Figura 1c). Isso pode indicar que em baixas e altas concentrações de zinco em solução nutritiva reduz a absorção de potássio, sendo que no primeiro caso se deve ao fato de que a concentração de zinco está abaixo do ideal e no segundo caso, é que o excesso de zinco reduz a absorção do potássio, por causa do processo de inibição competitiva, ou seja, os dois nutrientes competem pelo mesmo sítio de absorção. De acordo com o trabalho realizado por Paiva et al. (2003) testando doses crescentes de zinco em mudas de cedro, o teor de K na matéria seca de caule e folha apresentou aumento com as doses de zinco. Os maiores teores obtidos de potássio nas folhas de cedro-

australiano foi quando aplicado 0,5 mg L⁻¹ de boro, que provavelmente conferiu um equilíbrio nutricional e favoreceu o desenvolvimento adequado das mudas.

Cálcio

Como observado na Figura 1d, houve diferença quanto a aplicação de boro. Em condições de deficiência e toxidez de boro, com doses de 0,0 e 1,5 mg L⁻¹ de boro, respectivamente, apontou-se o aumento dos teores de cálcio com o aumento das concentrações de zinco. Isso permite estabelecer que condições não equilibradas de boro interferem nos teores de cálcio nas folhas de cedro-australiano e com isso pode refletir em aumento ou redução de outros nutrientes. Paiva et al. (2003) observaram que o aumento das doses de zinco houve redução dos teores de cálcio nas folhas de cedro-brasileiro.

Enquanto que na média das doses de boro não apresentou diferença significativa, demonstrando que na utilização de doses acima e abaixo do recomendado possibilitam respostas similares.

Magnésio

Assim como ocorrido na avaliação dos teores de potássio, os teores de magnésio, independente da dose de boro houve resposta quadrática, sendo que o teor máximo do macronutriente foi obtido com a concentração de 0,05 mg L⁻¹ de zinco (Figura 1e). Isso demonstra que a solução de Hoagland e Arnon é uma solução adequada ao desenvolvimento de mudas de cedro-australiano. No entanto, apenas a dose de 0,5 mg L⁻¹ de boro possibilitou o aumento significativo médio dos teores de magnésio nas folhas, ao passo que o aumento das doses de zinco possibilitaram um decréscimo significativo nos teores foliares de magnésio (PAIVA et al., 2003). Com isso pode observar que o boro possui certa interação com o magnésio, auxiliando na sua absorção. No estudo de Soares et al., (2001) avaliando zinco em mudas de eucalipto, observaram que a concentração de magnésio nos tecidos foi influenciada pelo aumento das doses de zinco em solução. Em relação à concentração de magnésio na parte aérea, houve redução de 52% na dose de 1.600 mM de zinco, que permitiu atingir concentração mínima de 2,3 g kg⁻¹.

Enxofre

A Figura 1f indica que em baixas concentrações de boro há o aumento dos teores de enxofre, enquanto que o oposto é observado quando adicionado o boro na solução nutritiva. Na literatura existem poucas informações a respeito dessa interação, mas pode se encontrar que a espécie é altamente exigente em enxofre. Em trabalhos realizados por Paiva et al. 2003 e Soares et al. 2001, observaram que o zinco aplicado em mudas de eucalipto não interferiu nos teores foliares de enxofre.

No entanto, o aumento das concentrações de zinco associado à aplicação de boro, pode ter influenciado a produtividade e com isso a maior produção de biomassa que pode ter levado a diluição do macronutriente no tecido foliar. O resultado pode ser confirmado pelo teste de média que aponta estatisticamente o menor teor de enxofre na ausência de zinco. O aumento da concentração de S nos tecidos deve-se, possivelmente, ao efeito de concentração, uma vez que se observou acentuada redução na produção de matéria seca. Diferentemente de Soares et al. (2001), com a aplicação de zinco no estudo, houve diferença quanto à aplicação de zinco, assim como Paiva et al. (2003) onde observaram resposta quadrática para a aplicação de zinco nos teores foliares de enxofre em mudas de cedro-brasileiro.

CONCLUSÃO

A dose de 0,5 e 0,05 mg L⁻¹ de boro e zinco, respectivamente apresentam-se como aquelas que proporcionam os maiores teores foliares de macronutrientes em mudas de cedro-australiano.

Em condições de deficiência e toxidez de boro há o aumento nos teores de fósforo e cálcio.

Na dose de 1,5 mg L⁻¹ de boro ocorre aumento nos teores de magnésio nas folhas de cedro-australiano.

REFERENCIAL BIBLIOGRÁFICO

FAQUIN, V. **Nutrição Mineral de Plantas**. Lavras, UFLA/FAEPE, 2005. 183p.

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

- FERREIRA, D. F. Análises estatísticas por meio do SISVAR (Sistema para Análise de Variância) para 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.
- 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).
- MALAVOLTA, E. **Elementos de nutrição mineral de plantas.** São Paulo, Ceres, 1980. 251p.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutritional of higher plants.** London: Academic, 1995. 889p.
- 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, out. 2002.
- PAIVA, H. N.; CARVALHO, J. G.; SIQUEIRA, J. O.; CORRÊA, J. B. Teor, conteúdo e índice de translocação de nutrientes em mudas de cedro (*Cedrela fissilis* VELL.) submetidas a doses crescentes de zinco. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 13, n. 1, p. 1-10, jan./mar. 2003.
- PINHEIRO, A.L.; LANI, L.L.; COUTO, L. **Cultura do cedro australiano para produção de madeira serrada.** Viçosa – UFV, 2003. 42p.
- 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**, Brasília,, v. 36, n. 2, p. 339-348, fev. 2001.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal.** Trad: SANTARÉM, E. R. 3 ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 719 p.