



Excesso de B e Ca afetam o metabolismo e pigmentos em plantas de Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*)⁽¹⁾.

Hélio José Medeiros Santos⁽²⁾; Analú Mara Ferreira dos Santos⁽²⁾; Vanessa Ferreira Alves⁽³⁾; Daihany Moraes Callegari⁽²⁾; Paula Francyneth Nascimento Silva⁽³⁾ e Elaine Maria Silva Guedes Lobato⁽⁴⁾

⁽¹⁾ Trabalho executado com apoio financeiro da Fundação Amazônia Paraense - FAPESPA

⁽²⁾ Estudantes de Engenharia Agrônoma; Universidade Federal rural da Amazônia; Paragominas, Pará; Email: joshlio@yahoo.com.br; ⁽³⁾ Estudantes de Engenharia Florestal; Universidade Federal Rural da Amazônia; ⁽⁴⁾ Professora adjunta I da Universidade Federal Rural da Amazônia.

RESUMO: Os estudos sobre excesso de B e Ca em essências ainda são muito escassos, principalmente quanto ao efeito no metabolismo das plantas. Assim, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de B e Ca nos pigmentos fotossintético e metabolismo de plantas jovens de *Schizolobium parahyba*. O experimento foi conduzido em condições controladas e os tratamentos consistiram na aplicação combinada de Ca (0,5 e 50 mmol L⁻¹), e B (25 e 250 µmol L⁻¹), aplicados em conjunto via solução nutritiva. A solução nutritiva foi aplicada 15º dias após a germinação, com 50% da solução completa, para a adaptação das plântulas, ao 30º dia aplicou-se a solução completa e os tratamentos, permanecendo por mais 30 dias até a colheita das plantas. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições, totalizando vinte unidades experimentais. As variáveis analisadas foram, clorofilas, carotenoides, peróxido de hidrogênio e glutatona nas folhas e raízes. Houve destruição das clorofilas, pelo excesso de B e Ca, bem como aumento na produção de compostos oxidativos nas folhas e raízes, porém esta planta em resposta aumentou os níveis de glutatona nas folhas e raiz.

Termos de indexação: toxicidade, micronutriente e essências florestais.

INTRODUÇÃO

O Paricá (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum* (Huber ex Ducke)) Barneby, espécie amazônica de grande potencial econômico, tem conquistado cada vez mais destaque entre as espécies reflorestadas no Brasil (ALMEIDA et al., 2013).

O cálcio (Ca), o Boro (B) apresentam baixa mobilidade dentro do floema, portanto, de difícil redistribuição das folhas mais maduras para os pontos de maior exigência como os tecidos meristemáticos (MALAVOLTA, 2006), estes são elementos fundamentais para o crescimento adequado das essências florestais.

Para Malavolta (2006) a falta ou excesso de boro (B), inibem o crescimento, pois este está relacionado a diversos processos do vegetal, tais como estrutura e funcionamento da membrana, formação da parede celular, síntese e transporte de carboidratos e proteínas, fotossíntese, fixação do N₂, resistência a doenças, crescimento e reprodução.

Além do micronutriente B, o Ca também é importante para o crescimento da espécie, pois trata-se de um componente estrutural da parede da celular e então vital na formação de novas células, sua falta restringe o crescimento das raízes assim como dos ramos, folhas e outras partes (Troeh & Thompson, 2007). O acúmulo de B resulta na formação de espécies reativas de oxigênio, através do tripleto CHL, que pode induzir lesões oxidativas. Estas lesões oxidativas podem aumentar a degradação da Chl ou a inibição da sua biossíntese (Papadakis et al., 2004).

Plantas deficientes em B têm sido registradas quando ocorre aumento no suprimento de Ca, sendo relatadas modificações nas características físicas e químicas da parede celular (Manfredini, 2008).

Diante disso, são escassas na literatura, respostas metabólicas da interação entre Ca e B em plantas jovens de *Schizolobium parahyba* e os mecanismos de defesa envolvidos. Portanto, objetivou-se com esta pesquisa avaliar o efeito de B e Ca nos pigmentos fotossintético e metabolismo de plantas jovens de *Schizolobium parahyba*.

MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi realizado em condições controladas de ambiente, na Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Campus de Paragominas. A temperatura média foi de 27°C e a umidade relativa, durante o experimento, variou de 60 a 90%, com fotoperíodo de 12 horas de luz. As sementes utilizadas no experimento foram da espécie (*Schizolobium parahyba* var. *amazonicum*), conhecida como Paricá.

Tratamentos e amostragens

Os tratamentos consistiram na aplicação



combinada de Cálcio (0,5 e 50 mmol L⁻¹), e Boro (25 e 250 µmol L⁻¹), aplicados em conjunto, descritos a seguir: B+Ca suficiente (Controle); B suficiente+Ca alto (BS+CaA); B alto+Ca suficiente (BA+CaS) e B+Ca alto (BA+CaA). A solução nutritiva foi preparada com base na solução completa de Hoagland & Arnon (1950), modificada para atender os tratamentos aplicados. A mesma foi, composta por KNO₃ 2,3 mol L⁻¹, CaNO₃ 1,1 mol L⁻¹, NH₄H₂PO₄ 0,6 mol L⁻¹, MgSO₄ 1,7 mol L⁻¹, KCl 0,3 mol L⁻¹, KH₂PO₄ 1,2 mol L⁻¹, Micronutrientes -1,1 mol L⁻¹, H₃BO₃ 1,2 mol L⁻¹, Fe+EDTA 2,6 mol L⁻¹. O B e Ca foram fornecidos com H₃BO₃ e CaCl₂ respectivamente.

A solução nutritiva foi aplicada 15^o dias após a germinação, com 50% da solução completa, para a adaptação das plântulas, ao 30^o dia aplicou-se a solução completa e os tratamentos, permanecendo por mais 30 dias até a colheita das plantas. O delineamento foi inteiramente casualizado com quatro tratamentos e cinco repetições.

A determinação das clorofilas, a, b, total e carotenoides, foi utilizado o método descrito por Lichtenthaler (1987). A determinação de peróxido de hidrogênio (H₂O₂) e Glutathione (GSH) foram utilizados tecidos das folhas e raízes como descrito por Wu et al (2006).

Análise estatística

Os dados foram submetidos à análises de variância (ANOVA) e as diferenças significativas entre as médias foram determinadas utilizando o teste Skott-Knott. Os desvios padrão foram calculados para cada tratamento e as análises estatísticas foram realizadas utilizando o software SAS.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os valores de Chl a apresentaram redução em relação ao tratamento controle de 19,36%; 36,36% e 42,56%, para BS+CaA; BA+ CaS e BA+ CaA respectivamente (**Figura 1A**). O mesmo comportamento foi observado para os valores de Chl b, diminuições de 15,49%; 27,48% e 32,77% nos mesmo tratamento citados acima (**Figura 1 B**).

Esta diminuição foi devido ao excesso de boro e cálcio, principalmente. Segundo Seth & Aery (2014) a degradação da clorofila é um processo regulado e catalisado por três enzimas, clorofilase, clorofila oxidase e peroxidase. Em condições de níveis elevados de boro ocorre o aumento dos compostos fenólicos pela ação da peroxidase, o que resulta na degradação da clorofila. Resultado semelhante aos de Raquel Trevizam (2005), analisando interação Ca/B em calos de *Eucalyptus urophylla*.

A Chl total, seguiu a mesma tendência, ou seja, todos os pigmentos fotossintéticos foram diminuição

32,18% com B e Ca alto. Respectivamente, em relação ao controle (**Figura 1 C**). Houve diminuição na concentração total de Chl decorrente das alterações simultâneas dos valores de Chl a e Chl b. Fávoro et al. (2010) também observaram reduções Chl total em plantas de *Corymbia citriodora* expostas ao toxicidade B. Em resposta a destruição das clorofilas, houve aumento nas concentrações de CAR, sendo 147 % com maior nível de B e Ca (**Figura 1 D**).

O aumento na concentração de CAR decorrente possivelmente pela toxidez de boro sugere que estes pigmentos contribuem no mecanismo de proteção das clorofilas em plantas. Segundo Valladares et al. (2003), aumentos nos teores de carotenoides nas plantas, geralmente estão relacionados com o aumento da tolerância ao estresse oxidativo. Esses pigmentos atuam na proteção do aparato fotossintético em condições estressantes, tal como a toxidez por boro (Cazzonelli 2011). Resultados semelhantes foram obtidos por Singh et al, (2011) analisando os impactos negativos de boro e cálcio de plantas *Daucus carota*.

Os níveis de cálcio possivelmente não interferiram na redução dos teores de Chl a, Chl b e Chl total, pois Marschener (1995) considera este como não tóxico, mesmo quando em altas concentrações, sendo muito eficiente em processos de desintoxicação a outros elementos presentes em doses elevadas na planta.

Houve diferença significativa para a GSH na folha e raiz, assim como H₂O₂ na folha e raiz. Os níveis de GSH na folha reduziu 24,57% se comparado ao controle (**Figura 2A**). Bem como o GSH na raiz diminuição 55,02% com maior nível de B e Ca (**Figura 2B**).

Observou-se o aumento dos níveis de H₂O₂ na folha de 26,77%, 33,24% e 35,40% em todos tratamentos (**Figura 4C**). O mesmo comportamento foi observado na raiz, sendo constatado incrementos de 30,05%, 31,33% e 40,59% respectivamente, em relação ao controle (**Figura 2D**).

A glutathione (GSH) desempenha um importante papel de defesa contra o estresse oxidativo. Portanto, o aumento de GSH na folha pode esta relacionada ao excesso de boro. Segundo, Foyer & Noctor (2011) a GSH pode ser oxidado para a sua forma dissulfureto, GSSG, que pode acumular-se em altos níveis nas células das plantas podendo ser acionado pelo aumento intracelular da produção de H₂O₂ (NOCTOR et al, 2012).

A diminuição de GSH na raiz pode ter ocorrido por que o boro estimula a biossíntese de GSH, inibindo o crescimento das raízes. Além disso, o papel da GSH está relacionado a sua capacidade de regenerar outro forte antioxidante solúvel em água, o ácido ascórbico (Hermes, 2014), o qual, atua também na desintoxicação de peróxido de hidrogênio.



O acúmulo de peróxido de hidrogênio na planta pode estar atrelado ao excesso de boro na raiz, visto que a raiz absorve o boro, posteriormente, é repassado para demais órgãos da planta (Rodríguez et al, 2010).

CONCLUSÕES

Altos níveis de B e Ca afetam negativamente os pigmentos fotossintéticos, aumentando os níveis de H₂O₂ nas raízes e folhas de *Schizolobium parahyba*.

REFERÊNCIAS

- ALMEIDA, D. H. de; SCALIANTE, R. de M.; MACEDO, L. B. de; MACÊDO, A. N.; DIAS, A. A.; CHRISTOFORO, A. L.; JUNIOR, C. C. Caracterização completa da madeira da espécie amazônica Paricá (*Schizolobium amazonicum* herb) em peças de dimensões estruturais. **Revista Árvore**, Viçosa-MG, v.37, n.6, p.1175-1181, 2013.
- CAZZONELLI CI Carotenoids in nature: insights from plants and beyond. *Funct Plant Biol* 38:833–847. <http://dx.doi.org/10.1071/FP11192>. 2011.
- FÁVARO, E. A, VITORINO, A. C. T, DANIEL, O, NOVELINO, J. O (2011) Boron and magnesium on *Corymbia citriodora* production and chlorophyll content. *Floresta* 41:39-46.
- FOYER, C. H. AND NOCTOR, G.; Ascorbate and glutathione: the heart of the redox hub. **Plant Physiology** Vol. 155, No. 1, pp. 2-18. 2011.
- HERMES, S. V; **Regulação transcricional da síntese de glutatona em folhas de milho e de flavonoides em frutos de pimenta**. Universidade federal de santa Catarina. Florianópolis- SC.2014
- HOAGLAND, D. R.; ARNON, D. I.: The water culture method of growing plants without soil. California, Agriculture Experiment Station.1950, p. 34.
- LICHTENTHALER, H.K. Chlorophylls and carotenoids: pigments of photosynthetic biomembranes. In: Colowick SP, Kaplan (ed) *Methods in Enzimology*, v.148. Academic Press, San Diego. p.350-382. 1987
- MALAVOLTA, E. Manual de nutrição mineral de plantas. São Paulo: Agronômica Ceres, 2006. 638 p
- MANFREDINI, D. **Cálcio e boro para soja – perene: características anatômicas e agronômicas e concentração de nutrientes**. Dissertação de
- mestrado, Universidade de São Paulo: Escola superior de agricultura Luís de Queiroz, Piracicaba, 2008.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2. Ed. London: Academic Press 1995. 889p.
- NOCTOR, G., MHAMDI, A., CHAOUCH, S., HAN, Y., NEUKERMANS, J., MARQUEZ-GARCIA, B., QUEVAL, G., FOYER, C.H. Glutathione in plants: an integrated overview. **Plant, Cell and Environment**, v.35, p.454-484, 2012.
- PAPADAKIS, I, E. DIMASSI KN, BOSABALIDIS AM, THERIOS IN, PATAKAS A, GIANNAKOULA AM (2004). Boron toxicity in 'Clementine' mandarin plants grafted on two rootstocks. *Plant Sci* 166:539-547. doi:10.1016/j.plantsci.2003.10.027.
- RODRÍGUEZ, H, B.M.; FONTES, G. A.; REXACH.J.; CRSTÓBAL,C.J. J.; MALDONADO,M. J.; GOCHICOA, N, T.T.; Role of boron in vascular Plants Response Mechanisms to Boron Stresses. **Plant Stress**, v. 69-72, p.02,2010.
- SETH K, AERY NC. Effect of boron on the contents of chlorophyll, carotenoid, phenol and soluble leaf protein in mung bean, *Vigna radiata* (L.) Wilczek. *Proc Natl Acad Sci India Sect B Biol Sci* 84:713-719. doi: 10.1007/s40011-013-0293-4. 2014.
- SINGH, D, P.; LIU, L, H. OISETH, S, K. BELOY, J., LUNDIN, L. GIDLEY, M, J. et al,. (2011), influence of boron on carrot cell wall structure and its resistance to fracture. *Journal of agricultural and food chemistry*, p 81-91.
- TREVIZAM, RAQUEL. Análises Histológicas e Bioquímicas em calos de *Eucalyptus urophylla* S.T. Blake Cultivados in vitro sob interação nutricional de boro e cálcio. Piracicaba, 2005. 167p.
- TROEH, Frederick R.; THOMPSON, Louis M. **Solos e fertilidade do solo**. Andrei, 2007.
- VALLADARES, F.; HERNÁNDEZ, L.G.; DOBARRO, I.; GARCÍA-PÉREZ, C.; SANZ, R.; PUGNAIRE, F. I.; (2003). The ratio of leaf to total photosynthetic area influences shade survival and plastic response to light of green-stemmed leguminous shrub seedlings. *Annals of Botany* 91: 577 - 584.
- WU, Q.S.; XIA, R.X.; ZOU, Y.N. (2006). Reactive oxygen metabolism in mycorrhizal and non-mycorrhizal citrus (*Poncirus trifoliata*) seedlings subjected to water stress. *J. Plant Physiol.* DOI: 10.1016 / j.jpiph.2005.0

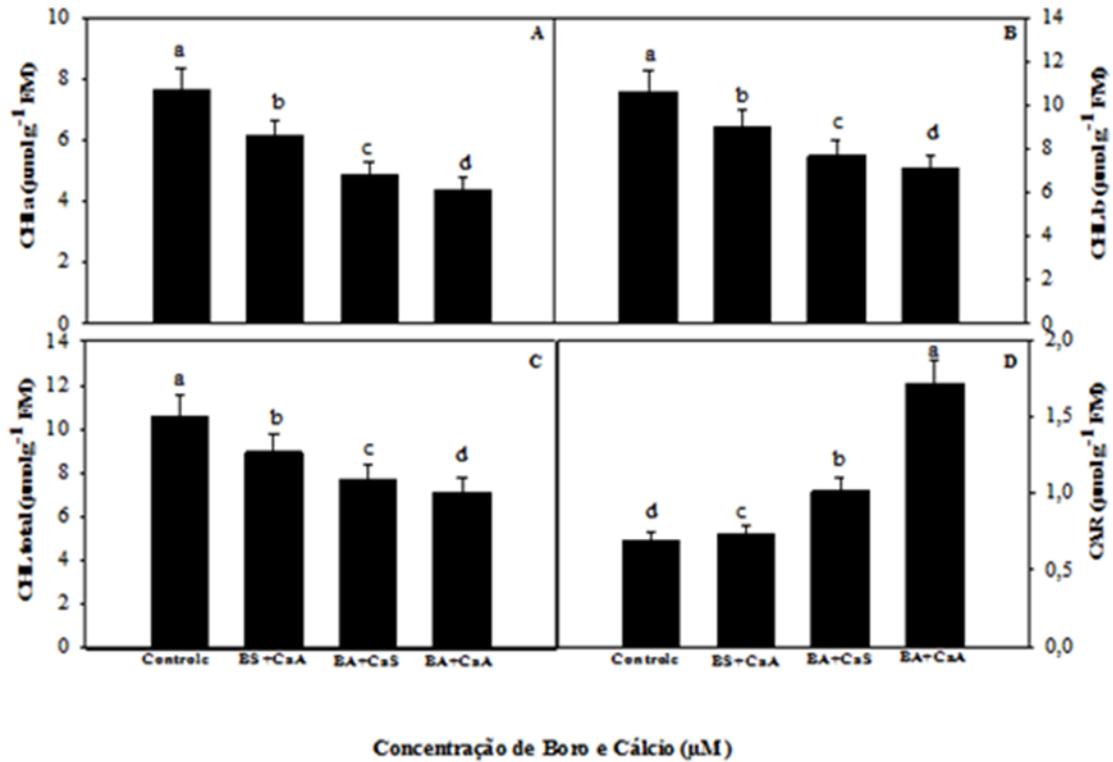


Figura 1: Conteúdo de clorofila a, b e total (A, B e C) e carotenoides (D), em plantas de *Schizolobium parahyba* submetida a níveis de boro e cálcio.

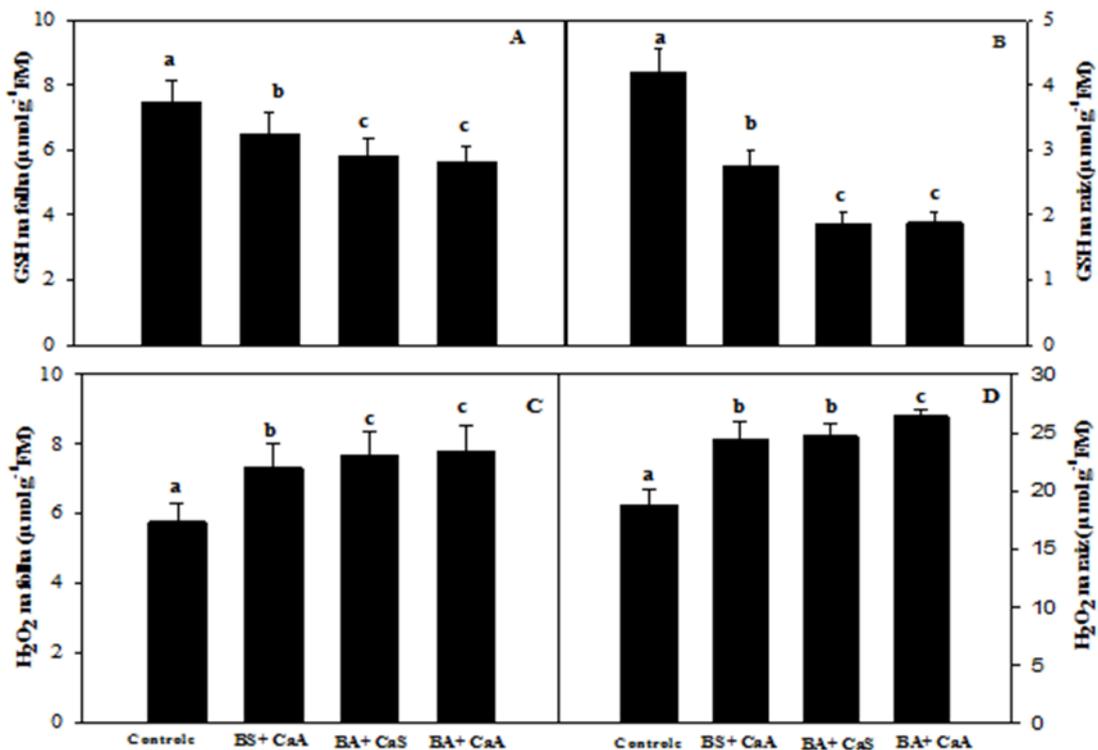


Figura 2: Conteúdo de Glutathione na folha (A); Glutathione na raiz (B); Peróxido de hidrogênio na folha (C); Peróxido de hidrogênio na raiz (D), em plantas de *Schizolobium parahyba* submetida a níveis de boro e cálcio.