EFEITO BIOQUÍMICO DA CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO EM PLANTAS DE KHAYA IVORENSIS A. CHEV.

Thays Correa Costa [1]

Liliane Corrêa Machado [2]

Rafael Costa Paiva [3]

Jéssica Taynara da Silva Martins [4]

Ana Ecídia de Araújo Brito [5]

Cândido Ferreira de Oliveira Neto [6]

Resumo:

As espécies vegetais enfrentam uma variedade de estresses bióticos e abióticos que são os principais limitantes à produção das culturas. O presente estudo objetivou avaliar as alterações na permeabilidade da membrana e em compostos nitrogenados promovidos pela ação tóxica do cádmio (Cd) em plantas jovens de mogno africano (Khaya ivorensis A. Chev.). O experimento foi conduzido em casa de vegetação da Universidade Federal Rural da Amazônia (UFRA), Belém-PA. Foram utilizadas mudas jovens de mogno africano provenientes de um viveiro comercial com idade de aproximadamente 90 dias, as mudas foram aclimatadas e conduzidas através de solução nutritiva. As concentrações de cádmio foram aplicadas sob a forma de cloreto de cádmio monohidratado (CdCl2.H2O), sendo utilizado o delineamento inteiramente casualizado (DIC), sendo cinco concentrações de CdCl2.H2O (0 ; 10; 20; 30 e 40 mg L-1) e sete repetições para cada tratamento. Para análise de efeito comparativo, os dados foram submetidos à análise de variância, seguida da análise de regressão pelo programa Sisvar 5.4, no qual os valores médios foram comparados pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade. Analisando-se a maior dosagem de CdCl2.H2O no presente estudo, verificou-se que o acúmulo de cádmio em folhas e raízes foram equivalentes à 228,5% e 743,75%, respectivamente, promovendo também um maior vazamento de eletrólitos nas plantas de mogno africano, representado em 61,3% na folhas e 91,9% nas raízes. Para a concentração de nitrato verificou-se que os maiores teores ocorreram nas folhas com aumento de 33%, reduzindo-se nas raízes em 20%, o amônio por outro lado, apresentou teores reduzidos nos tecidos foliares, enquanto que nos radiculares houve um incremento de 2,03%. O efeito do cádmio em plantas de mogno africano, promovendo acúmulos em seus tecidos, afetando a integridade da membrana, bem como a atividade dos compostos nitrogenados presentes na biossíntese da espécie.

Palavras-chave: Metal pesado, Compostos nitrogenados, Meliaceae

Modalidade de Participação: Pós-Graduação

EFEITO BIOQUÍMICO DA CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO EM PLANTAS DE KHAYA IVORENSIS A. CHEV.

[1] Aluno de pós-graduação. thayscosta.agro@gmail.com. Autor principal

[2] Mestranda em agronomia . lilimachado.agro@gmail.com. Co-autor

[3] Engenheiro Agrônomo. rafacospai@gmail.com. Co-autor

[4] Mestranda em Agronomia. jessicamartins1609@gmail.com. Co-autor

[5] Mestre em Ciências Florestais. ecidiabrito@yahoo.com.br. Co-autor

[6] Docente. candidooliveiraneto@gmail.com. Orientador

EFEITO BIOQUIMICO DA CONCENTRAÇÃO DE CÁDMIO EM PLANTAS DE *Khaya ivorensis* A. Chev.

1 INTRODUÇÃO

A espécie *Khaya ivorensis* A. Chev é uma das espécies madeireiras mais procuradas pelos reflorestadores, considerada de densidade moderada com alto valor econômico, apresenta facilidade na produção de mudas e crescimento inicial moderado, sob condições favoráveis pode apresentar incrementos de até 40 m^3 ha^{-1} ano^{-1} e o valor do metro cúbico de madeira serrada pode ultrapassar US$ 2.000,00 (TEIXEIRA, 2011). No estado do Pará, a espécie é bastante visada por proprietários rurais e empresas reflorestadoras devido à qualidade de sua madeira (TREMACOLD et al. 2013).

Dentre os elementos minerais o nitrogênio (N) é o elemento mineral de maior exigência pelas plantas, atuando como componente constituinte da vitalidade da célula vegetal, sendo que sua deficiência rapidamente inibe o crescimento vegetal (TAIZ; ZEIGER, 2013). Os metais estão entre os contaminantes ambientais mais comuns por serem não degradáveis, esses metais podem ser originários de processos litogênicos e antropogênicas (NEVES et al., 2016).

Neste contexto, o cádmio (Cd) é classificado como um elemento não essencial pode atuar nas plantas como um potente inibidor de enzima, causando desta maneira danos celular mesmo em baixas concentrações, podendo possibilitar transferência para a cadeia alimentar, por meio das plantas, ou pela contaminação das águas de superfície e subsuperfície (SOARES et al., 2005). Sendo o Cd um elemento-traço presente em diversas concentrações nos solos e, devido a sua toxicidade, está na lista prioritária de substâncias tóxicas (AGENCY FOR TOXIC SUBSTANCES AND DESEASE REGISTRY - ATSDR, 2011). Considerando a importância do mogno na Amazônia e os impactos que a contaminação por metais pesados podem acarretar para a cultura, este trabalho objetivou avaliar a influência do cádmio no vazamento dos eletrólitos, concentrações de nitrato e amônio em plantas jovens de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.).

2 METODOLOGIA

O experimento foi realizado em casa de vegetação do Laboratório de Fisiologia Vegetal, pertencente ao Instituto de Ciências Agrárias da Universidade Federal Rural da Amazônia-UFRA, Belém, Pará (01º 27’ 21” S, 48º 30' 16” W e altitude média de 10 m) no período de dezembro de 2016 a maio de 2017. O delineamento experimental foi inteiramente casualizado (DIC), com cinco tratamentos e sete repetições, sendo as concentrações de cádmio aplicado na forma de cloreto de cádmio monohidratado ($CdCl_2.H_2O$), [0 mg L-1; 10 mg L^{-1}; 20 mg L^{-1}; 30 mg L^{-1} e 40 mg L^{-1}], totalizando 35 unidades experimentais. Foram utilizadas mudas de mogno africano, apresentando idade de aproximadamente 90 dias, ao 35º dia após a aclimatação, foi realizado o transplantio para vasos de Leoanard com capacidade de 4,6 L adaptados. Os vasos continham solução de Sarruge (1975), sendo utilizado ¼ de força iônica com pH mantido entre 5,8 ± 0,5. Após o 16° dia de aclimatação das mudas de mogno africano em solução nutritiva, deu-se início a aplicação das concentrações de cádmio ($CdCl_2.H_2O$). Sendo esses, renovados a cada sete dias. Aos 60 dias após a exposição das plantas ao metal pesado, foram selecionadas ainda em casa de vegetação material *in vivo* para determinação de vazamento de eletrólitos (VE). Para a determinação das análises bioquímicas e de cádmio o material foi levado à estufa de ventilação de ar forçada a 65 ºC por 48 h. O material seco foi triturado até a obtenção de um pó fino e armazenado para utilização nos ensaios bioquímicos. O VE foi determinado de acordo com Blum e Ebercon (1981), adaptado. Os teores de nitrato foram determinados de acordo com Cataldo et al. (1975). A determinação de amônio foi segundo o método Weatherburn (1967). Para análise de efeito comparativo os

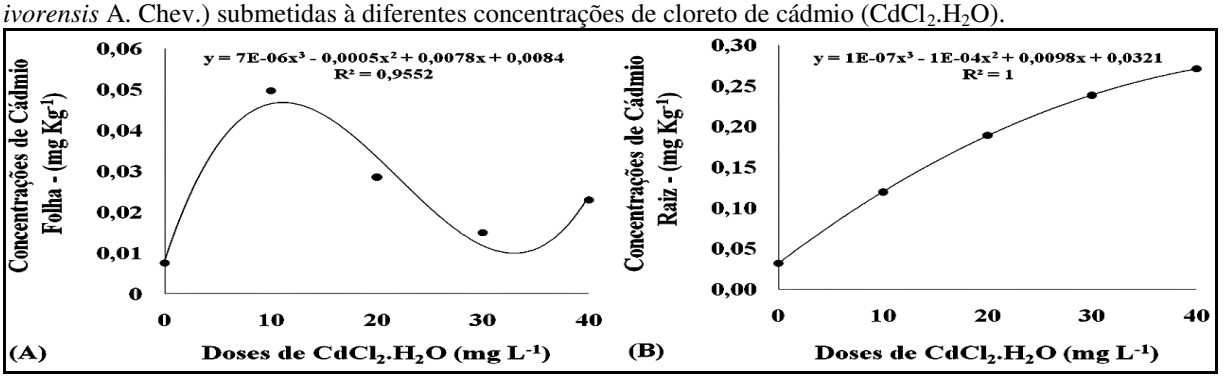
dados obtidos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) seguida da análise de regressão pelo programa SISVAR versão 5.4 e as médias comparadas pelo teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade.

3 RESULTADOS e DISCUSSÃO

Concentração de cádmio

Para os tecidos foliares, as médias dos teores correspondentes às plantas estressadas foram equivalentes a 0,049; 0,028; 0,015 e 0, 023 mg Kg^{-1}, nos tratamentos com 10, 20, 30 e 40 mg L^{-1}, respectivamente (Figura 1A), também é possível perceber que os maiores incrementos do metal ocorreram nas concentrações de 10 e 20 mg L^{-1}, decrescendo nas dosagens de 30 e 40 mg L^{-1}, as quais, mesmo com menor acúmulo se sobressaíram em relação aos tratamentos controles, verificando um aumento significativo ($p<0,05$). Nos tecidos radiculares, as médias para os tratamentos com Cd foram correspondentes à 0,119; 0,189; 0,238 e 0,270 mg Kg^{-1} nas dosagens de 10, 20, 30 e 40 mg L^{-1} de $CdCl_2.H_2O$, respectivamente, observando-se um aumento gradual de acordo com o aumento das dosagens do metal (Figura 1B). As concentrações de cádmio verificadas nas plantas de mogno africano, principalmente aquelas que não receberam doses de cloreto de cádmio durante o tempo de estudo, possivelmente estão relacionadas com formação de mudas, uma vez que estas foram oriundas de um viveiro comercial. A absorção ocorre primeiramente pelas raízes, podendo ser logo em seguida transportado através dos vasos xilemáticos para a parte aérea das plantas (SOUZA et al., 2011). Tal absorção seguida do translocamento pode ser justificada para *Khaya ivorensis* A. Chev., o qual apresentou em suas raízes altas concentrações de Cd, obtendo-se também a acumulação do mesmo nas folhas, inferindo-se portanto, o transporte do metal das raízes para as folhas. Estudos realizados por Soares et al. (2005) também demonstraram maiores teores de Cd na raiz em relação à parte aérea de *Eucalyptus maculata.*

Figura 1 - Concentrações de cádmio na folha (A) e na raiz (B) de plantas jovens de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidas à diferentes concentrações de cloreto de cádmio ($CdCl_2.H_2O$).



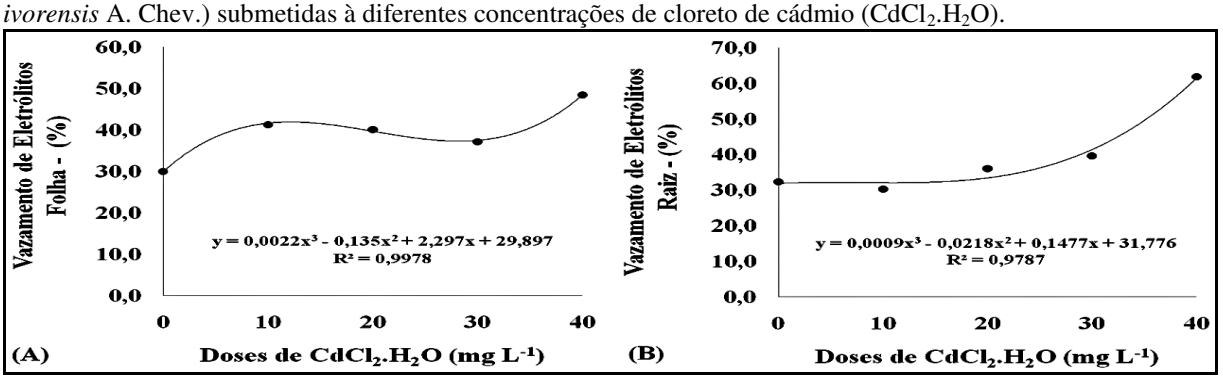
Fonte: do autor, 2017.

Vazamento de eletrólitos

As médias obtidas para os tecidos foliares foram equivalentes a 29,97; 41,2; 40,1; 37,1 e 48,4%, nos tratamentos 0, 10, 20, 30 e 40 mg L^{-1}, respectivamente, e para os tecidos radiculares os resultados corresponderam à 32,2; 30,2; 36,0; 39,5 e 61,8%, para os tratamentos 0, 10, 20, 30 e 40 mg L^{-1}, respectivamente, do percentual de vazamento de eletrólitos (Figura 2B), apresentou um aumento significativo ($p<0,05$). Tais resultados foram observados através do ajuste do modelo de regressão cúbica. O aumento no percentual de vazamento de eletrólitos está relacionado possivelmente pelo desbalanceamento iônico promovido pela dosagem de $CdCl_2.H_2O$. Este mecanismo é um sinalizador de dano na permeabilidade das membranas celulares, onde o seu aumento está em função do acúmulo de

íons de Cd^{2+}, tornando-se tóxico e passando a competir por sítios de ligação da membrana com o Ca^{2+}, contribuindo para a sua desestabilização e comprometimento nos componentes citoplasmáticos (SOUZA et al., 2011). Outra ação do cádmio se dá pelas moléculas dependentes ou aquelas que apresentam ligações com Zn, devido às similaridades químicas entre seus íons Cd^{2+} e Zn^{2+}, podendo substituir o Zn e interferir em processos dependentes do mesmo (DELITE, 2007).

Figura 2 - Vazamento de eletrólitos na folha (A) e na raiz (B) de plantas jovens de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidas à diferentes concentrações de cloreto de cádmio ($CdCl_2.H_2O$).

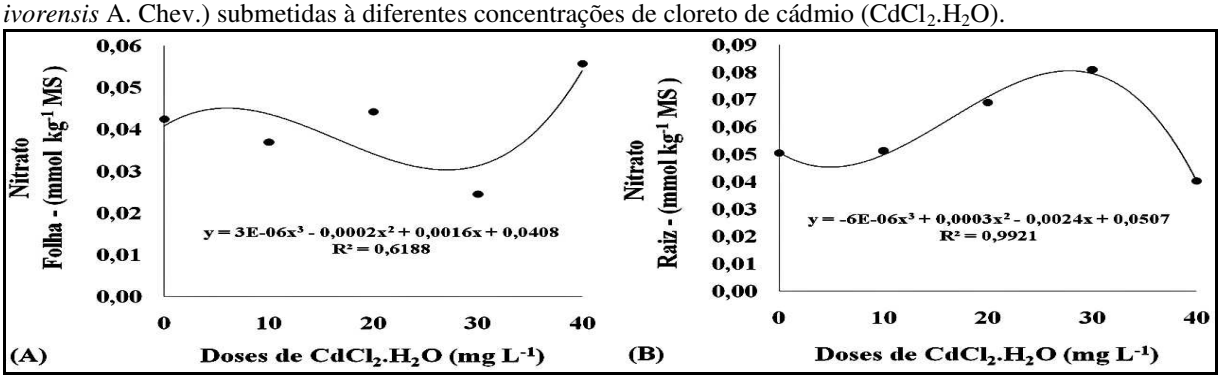


Fonte: do autor, 2017.

Concentração de nitrato

Evidenciou-se que o tecido foliar apresentou decréscimos no teor de nitrato nas dosagens iniciais de Cd, no entanto, para a dosagem de 40 mg L^{-1}o mesmo mostrou-se altamente presente nas folhas, os resultados das médias corresponderam à 0,42; 0,037; 0,044; 0,025 e 0,056 mmol kg^{-1} MS de NO_3^- de acordo com os tratamentos 0, 10, 20, 30 e 40 mg L^{-1} de Cd, respectivamente (Figura 3A), aplicado nas plantas de mogno africano, apresentando um aumento significativo ($p<0,05$). Diferentemente das folhas, o estresse promovido pelo Cd reduziu o teor de NO_3^-, contudo, às médias para os respectivos tratamentos de $CdCl_2.H_2O$ avaliados foram de 0,050; 0,051; 0,069; 0,081 e 0,040 mmol kg^{-1} MS de NO_3^- nos tecidos radiculares de acordo com os tratamentos 0, 10, 20, 30 e 40 mg L^{-1} de Cd, respectivamente. Apresentando redução significativa ($p<0,05$). Os resultados foram observados através do ajuste do modelo de regressão cúbica. O estresse induzido pelo $CdCl_2.H_2O$ afeta a concentração de NO_3^- na planta. Parte do NO_3^- absorvido é assimilado nas raízes, e o restante segue o fluxo transpiratório, sendo translocado nas plantas via xilema até os tecidos aéreos (TAIZ; ZEIGER, 2013). Assim, a redução de NO_3^- pelas raízes de mogno africano ocorre por meio de transportadores específicos que se localizam na superfície celular, onde os íons H^+ são co-transportados junto aos íons de NO_3^- (FORDE, 2002; SOUZA; FERNANDES, 2006).

Figura 3 - Concentração de nitrato na folha (A) e na raiz (B) de plantas jovens de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidas à diferentes concentrações de cloreto de cádmio ($CdCl_2.H_2O$).

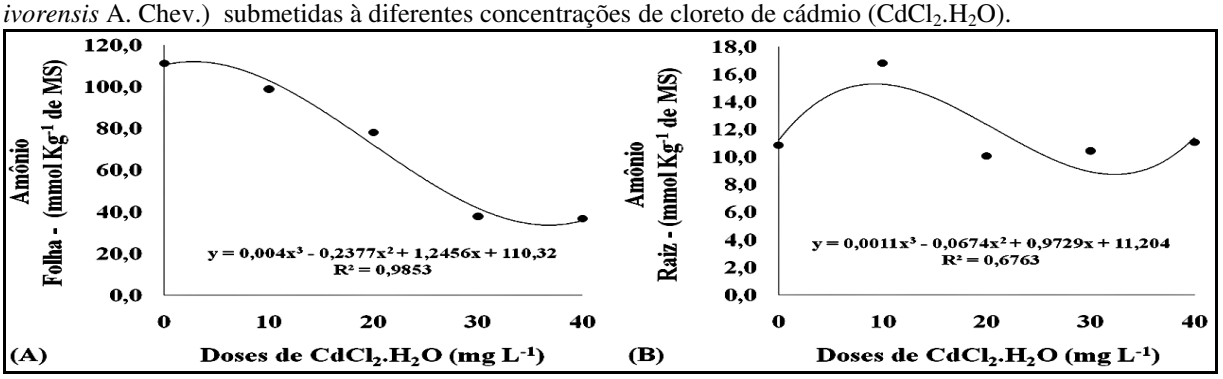


Fonte: do autor, 2017.

Concentração de amônio

Os teores de amônio livres promoveram nas folhas (Figura 4A) consideráveis diminuições em seu teor, apresentando médias equivalentes a 111,3, 99,0, 78,1, 37,7 e 36,6 mmol kg^{-1} MS de NH_4^+ respectivamente aos tratamentos (0, 10, 20, 30 e 40 mg/L^{-1}), apresentando uma redução significativa ($p<0,05$). Nos tecidos radiculares, diferente das folhas, foram observados baixos acúmulos no teor de NH_4^+ (Figura 4B), obtendo-se como resultados médias correspondentes à 10,82; 16,79; 10,05; 10,42 e 11,04 mmol kg^{-1} MS respectivamente aos tratamentos (0; 10; 20; 30 e 40 mg/L^{-1}). Evidenciando assim, um acúmulo pouco expressivo, mas significativo ($p<0,05$), sendo os resultados observados através do ajuste do modelo de regressão cúbica. A redução das concentrações de amônio sob o efeito de Cd no tecido foliar de plantas de mogno africano podem estar associadas ao NO_3^-, o qual por apresentar-se como uma fonte de N é reduzido em sua biossíntese à NH_4^+, no entanto, esse processo ocorreu de forma adversa nas plantas de mogno, evidenciando a preferência da mesma em assimilar a absorção de NO_3^- (SOUZA; FERNANDES, 2006; JIANG et al., 2013). O acúmulo de amônio no tecido radicular pode ser atribuído à sua absorção direta, redução do nitrato, desaminação de compostos nitrogenados, pelo ciclo fotorrespiratório ou pela fixação biológica (MACDUFF; JACKSON, 1991; BRITTO, 2001; LIMA et al., 2015).

Figura 4 - Concentração de amônio na folha (A) e na raiz (B) de plantas jovens de mogno africano (*Khaya ivorensis* A. Chev.) submetidas à diferentes concentrações de cloreto de cádmio ($CdCl_2.H_2O$).



Fonte: do autor, 2017.

4 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O estresse causado pelo cádmio influenciou em um maior extravasamento de componentes citoplasmáticos pela membrana celular. Os processos bioquímicos das plantas de *Khaya ivorensis* A. Chev. foram afetados negativamente a partir do estresse causado pelo cádmio, principalmente na concentração de 40 mg L^{-1}.

REFERÊNCIAS

BLUM, A.; EBERCON, A. Cell membrane stability as a measure of drought and heat tolerance in wheat. **Crop Science**, v.21, p.43-47, 1981.

BRITTO, D. T., SIDDIQI M. Y.; GLASS, A. D.; KRONZUCKER H. J. Futile transmembrane NH_4^+ cycling: a cellular hypothesis to explain ammonium toxicity in plants. **Proceedings of the National Academy of Sciences**, v. 98, p. 4255-4258, 2001.

CATALDO, D. A.; HAROON, S. L. E.; YOUGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Commum Soil Science and Plant Analyse**, v.6, p.71 - 80, 1975.

DELITE, F. S., **Resposta antioxidadtiva de aguapé sob estresse por cádmio**. Tese de Doutorado em ecologia aplicada apresentado à Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba/SP. 2007.

FORDE, B.G. Local and long‐range signaling pathways regulating plant responses to nitrate. **Annual Review of Plant Biology**, v.53, p.203‐224, 2002.

JIANG, HE-PING; GAO, BING-BING; LI, WEN-HUI; ZHU, M; ZHENG, CHUN-FANG; ZHENG, QING-SONG; WNAG, CHANGHAI. Physiological and Biochemical Responses of Ulva prolifera and Ulva linza to Cadmium Stress. **The Scientific World Journal**, v. 2013 p. 1 - 11, 2013.

LIMA, E. G. S., OLIVEIRA, T. B., CONCEIÇÃO, S.S., ATAÍDE, W. L. S., MALTAROLO, B. M., NOGUEIRA, G. A. S., OLIVEIRA NETO, C. F., COSTA, R. C. L. OKUMURA, R. S. Iochemical and ph ysiological responses of andiroba (*Carapa guianensis* Aubl.) seedlings subjected to water deficit. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9,p. 517-522, 2015.

MACDUFF, J. H.; JACKSON, S. B. Growth and preferences for ammonium or nitrate uptake by barley in relation to root temperature. **Journal of Experimental Botany**, v. 32, p. 521-530, 1991.

NEVES, P. A. P. F. G.; PAULA, M. T.; AMARANTE, C. B.; CARNEIRO, B. S.; FAIAL, K. C. F.; MENDES, L. C. S.; BOTERO, W. G.; SERRÃO, C. R. G.; DANTAS FILHO, H. A., Determinação de metais em espécies florestais da amazônia. **Revista Virtual de Química.** v. 8, p. 87-97, 2016.

SARRUGE, J. R. **Soluções nutritivas.** Summna Phytopathologica. v. 3, P. 231-233, 1975.

SOARES, C. R. F. S. S.; SIQUEIRA, J. S,; CARVALHO, de J. G.; MOREIRA, F. M. S. Fitoxidez de cádmio para *Eucalyptus maculata* e *E. urophylla* em solução nutritiva. **Revista Árvore**, v.29, p.175-183, 2005.

SOUZA, S. R.; FERNANDES, M. S. **Nutrição mineral de Plantas:** nitrogênio. 22.ed. Viçosa: SBCS, 2006. 432 p.

SOUZA, V. L.; HAWKESFORD, M. J.; BARRACLOUGH, P. Morphophysiological responses and programmed cell death induced by cadmium in *Genipa americana* L. (Rubiaceae). **Biometals**, v. 24, p. 59-71, 2011

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia Vegetal**. 5ª.ed. Porto Alegre: Artmed, 2013. 918 p.

TEIXEIRA, V. C. M. **Avaliação da usinagem da madeira de mogno africano.** Monografia apresentada à Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica/RJ, 2011

TREMACOLDI, C. R.; LUNZ, A. M.; COELHO, I. L.; BOARI, A. DE J. Cancro em mogno africano no estado do Pará. Nota Científica - Embrapa Amazônia Oriental, **Brazilian Journal of Forestry Research,** v.33, p.221 - 225, 2013.

WEATHERBURN, M. W. Phenol hipochlorite reaction for determination of ammonia. **Analytical Chemistry**. v. 39, p. 971 - 974, 1967.