

RESPOSTAS BIOQUÍMICAS DE PLANTAS JOVENS DE *COPERNICIA PRUNIFERA* E *CRYPTOSTEGIA MADAGASCARIENSIS* SUBMETIDAS A ESTRESSE POR ALAGAMENTO

Wiliana Júlia Ferreira de Medeiros¹, Claudivan Feitosa de Lacerda², Bruno Gabriel Monteiro da Costa Bezerra³, Juvenaldo Florentino Canjá⁴, Wembley Albertanio Rodrigues Camara⁵, George Portela Teixeira⁶

RESUMO: Nas últimas décadas, os carnaubais da região Nordeste vêm sendo seriamente ameaçados pelos fatores bióticos e abióticos. Nesse estudo, realizado em casa de vegetação, buscou-se avaliar o estabelecimento de plantas jovens de *Copernicia prunifera* e *Cryptostegia madagascariensis*, expostas a períodos de excesso hídrico no solo. O experimento foi conduzido sob delineamento estatístico de blocos casualizados, no arranjo de parcelas subdivididas com cinco repetições. Os tratamentos nas parcelas foram formados por cinco períodos de estresse por alagamento (0; 8; 12; 16 e 20 dias) e as subparcelas pelas duas espécies. As plantas foram colhidas aos 40 dias, embrulhadas em papel alumínio e acondicionadas em isopor contendo nitrogênio líquido. Em seguida, as amostras foram armazenadas em freezer (-20°C) e posteriormente submetidas ao processo de liofilização. O material liofilizado da *C. prunifera* e da *C. madagascariensis* foram macerados com auxílio do nitrogênio líquido e os extratos foram preparados para a determinação dos solutos orgânicos (prolina, N-aminossolúveis e carboidratos). O estresse por alagamento promove aumento nos teores de prolina e N-aminossolúveis, tanto na espécie nativa como na invasora. Plantas jovens de *C. prunifera* e *C. madagascariensis* apresentaram tolerância ao alagamento, sobrevivendo a períodos de até 20 dias de estresse e com boa capacidade de recuperação após a drenagem do excesso hídrico.

PALAVRAS-CHAVE: Caatinga, Plantações de carnaúba, Alagamento

¹ Doutora em Ciência do Solo, UFC, juliamedeirosagro@gmail.com

² Doutor em Fisiologia Vegetal, UFC, cfeitosa@ufc.br

³ Graduando em Agronomia, UFC, brunog768@gmail.com

⁴ Mestre em Engenharia Agrícola, UFC, batchijuve@gmail.com

⁵ Graduando em Agronomia, UFC, wembleyrodriques@alu.ufc.br

⁶ Graduando em Agronomia, UFC, george.p.teixeira@gmail.com

BIOCHEMICAL RESPONSES OF YOUNG PLANTS OF *COPERNICIA PRUNIFERA* AND *CRYPTOSTEGIA MADAGASCARIENSIS* SUBMITTED TO STRESS BY WATERLOGGING

ABSTRACT: In recent decades, carnauba stands in the Northeast region have been seriously threatened by biotic and abiotic factors. This study, carried out in a greenhouse, aimed to evaluate the establishment of young plants of *Copernicia prunifera* and *Cryptostegia madagascariensis*, exposed to periods of excess water in the soil. The experiment was carried out under a statistical design of randomized blocks, in a split-plot arrangement with five replications. The treatments in the plots were formed by five periods of stress by flooding (0, 8, 12, 16 and 20 days) and the subplots by the two species. The plants were harvested after 40 days, wrapped in aluminum foil and placed in Styrofoam containing liquid nitrogen. Then, the samples were stored in a freezer (-20°C) and later submitted to the lyophilization process. The lyophilized material from *C. prunifera* and *C. madagascariensis* were macerated with the aid of liquid nitrogen and the extracts were prepared for the determination of organic solutes (proline, N-aminosolubles and carbohydrates). Waterlogging stress promotes an increase in proline and N-aminosoluble levels, both in native and invasive species. Young plants of *C. prunifera* and *C. madagascariensis* showed tolerance to waterlogging, surviving periods of up to 20 days of stress and with good recovery capacity after draining excess water.

KEYWORDS: Caatinga, Carnauba forest, Waterlogging

INTRODUÇÃO

As espécies nativas podem desempenhar papel fundamental para o enfrentamento das consequências decorrentes das mudanças climáticas. Por serem produto de um longo processo de seleção natural, essas espécies podem apresentar genes de resistência às alterações climáticas, como elevações de temperatura, secas e inundações (ESSL et al., 2020). Grande parte das espécies nativas do Brasil apresentam diferentes estratégias adaptativas, que potencializam sua utilização nos diversos setores produtivos, bem como na recuperação de áreas degradadas (MEDEIROS et al., 2018).

Dentre os recursos florestais da região Nordeste, a carnaubeira possui grande representatividade, gerando complemento na renda de inúmeros trabalhadores rurais no período de estiagem. Além disso, possui importante papel no equilíbrio ecológico do habitat a que pertencem, podendo ser indicada a fazer parte de programas de recuperação de áreas degradadas

ou sujeitas à degradação (COSTA et al., 2015). A *C. prunifera* constitui uma fonte de renda para a região e precisa ser adequadamente preservada, estudada e utilizada. Com isso, há necessidade de conhecimento sobre os requerimentos quanto ao manejo e a adaptabilidade dessa espécie nativa a ambientes distintos, sobretudo, às características edafoclimáticas, estresses bióticos e abióticos, que ainda são escassas.

Nas últimas décadas, os carnaubais da região Nordeste vêm sendo seriamente ameaçados pelos fatores bióticos e abióticos, dentre eles destacam-se: as plantas invasoras e o excesso de água no solo, com alagamento permanente. A maioria dos carnaubais está localizado nos vales dos rios, que muitas vezes formam extensas áreas inundadas, sobretudo, no período chuvoso, podendo permanecer nessas condições por alguns meses do ano (MORO et al., 2015). A ocorrência periódica da inundação nos carnaubais dos vales dos rios indica que, essa espécie pode apresentar adaptações para suportar a diminuição do oxigênio no solo (ARRUDA & CALBO, 2004).

Apenas determinadas espécies predominam em solos que são encharcados ou alagados com frequência e, para muitos vegetais, a inundação é tida como uma condição adversa, que pode conduzir à morte dentro de poucos dias de exposição. A maioria das plantas cultivadas de interesse econômico perece mais rapidamente, em uma situação de inundação, do que de deficiência hídrica no solo (LARCHER, 2006). Entretanto, mesmo quando cultivadas em solo alagados, algumas espécies arbóreas perenes são fotossinteticamente ativas e podem continuar crescendo e produzindo folhas, flores e frutos durante a incidência do alagamento (GARCÍA & MENDOZA, 2014), a exemplo da *C. prunifera*.

O excesso de água favorece a infestação de *C. madagascariensis* sobre populações de palmeiras adultas de *C. prunifera*, a despeito dessa última ser também tolerante às condições de anoxia ou hipoxia. Essa vantagem adaptativa da invasora, associada ao seu rápido crescimento, pode limitar a renovação de carnaubais, considerando-se que os impactos podem ser ainda mais evidentes no processo de estabelecimento das plantas. Porém, pouco se sabe sobre as respostas biométricas, fisiológicas, bioquímicas e nutricionais da *C. prunifera* e sua invasora *C. madagascariensis* expostas ao excesso de água no solo em sua fase inicial. As condições de estresse prolongado por excesso hídrico podem dificultar a aquisição de recursos do solo e interferir no desenvolvimento inicial das espécies. Diante desse contexto, o objetivo deste estudo foi avaliar variáveis bioquímicas como prolina, N-aminossolúveis e carboidratos em plantas jovens de *C. prunifera* e *C. madagascariensis*, expostas a períodos de excesso hídrico no solo.

MATERIAL E MÉTODOS

Localização e estrutura física do experimento

O estudo foi conduzido em ambiente protegido, do tipo casa de vegetação, na área experimental da Estação Agrometeorológica, pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola, no Campus Universitário do Pici, da Universidade Federal do Ceará, no município de Fortaleza - Ceará, nas coordenadas geográficas: 03°45' de latitude Sul; 38°33' de longitude oeste e aproximadamente 19 m de altitude.

Definição dos tratamentos

O experimento foi conduzido sob delineamento estatístico de blocos casualizados, no arranjo de parcelas subdivididas com cinco repetições, sendo cinco tratamentos nas parcelas e dois tratamentos nas subparcelas, totalizando 50 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi composta por dois vasos, com uma planta por vaso.

Os tratamentos nas parcelas foram formados por cinco períodos de estresse por alagamento (0; 8; 12; 16 e 20 dias). Os tratamentos nas subparcelas foram constituídos por duas espécies (*C. prunifera* e *C. madagascariensis*) simulando a ocorrência delas em campo. Após cada período de alagamento, foi realizada a drenagem do excesso de água dos vasos, (mantendo o solo na capacidade de campo), conforme descrito na tabela 1.

Tabela 1. Identificação e descrição dos tratamentos alocados nas parcelas do experimento.

Identificação	Descrição dos tratamentos alocados nas parcelas
A0	Sem alagamento durante o período de duração do experimento – 40 dias (solo mantido na capacidade de campo).
A1	Ciclo de alagamento com duração de 8 dias, com drenagem do excesso de água e retomada da irrigação normal durante o restante do período experimental.
A2	Ciclo de alagamento com duração de 12 dias, com drenagem do excesso de água e retomada da irrigação durante o restante do período experimental.
A3	Ciclo de alagamento com duração de 16 dias, com drenagem do excesso de água e retomada da irrigação durante o restante do período experimental.
A4	Ciclo de alagamento com duração de 20 dias, com drenagem do excesso de água ao final do experimento.

Instalação do experimento

O solo utilizado como substrato para o cultivo das plantas jovens de *C. prunifera* e *C. madagascariensis* foi proveniente da área experimental localizada no município de Caucaia, Ceará, Brasil: distrito de Catuana, Fazenda Várzea dos buracos (03°41.625'S; 38°53.028W). Essa área apresenta populações de carnaúbas adultas infestadas pela *C. madagascariensis*, conforme descrição no capítulo 1. Para tanto, foram coletadas aproximadamente cinco toneladas de solo, nas profundidades de 0-20 e 20-40 cm.

Foram utilizados vasos com capacidade volumétrica de 20 litros, com um orifício na extremidade inferior e colocado um dreno, objetivando promover a drenagem dos eventuais

excessos de água ao final do período por alagamento. Os vasos foram preenchidos com solo, de tal forma que após a deposição de uma camada de solo, as mudas foram postas nos vasos e preenchidos com outra camada de solo, até que as raízes ficassem completamente cobertas.

Produção das mudas e transplântio

As mudas de *C. prunifera* e *C. madagascariensis* foram produzidas a partir de sementes coletadas em populações das referidas espécies, na Fazenda Raposa (3°50'44,62"S; 38°38'18,31"W) pertencente à UFC, localizada no município de Maracanaú, Ceará, Brasil. As mudas foram produzidas em sacos de polietileno, com dimensões de 14 x 28 cm. O substrato utilizado foi composto por arisco + húmus de minhoca, na proporção 3:1.

O transplântio das mudas de *C. prunifera* foi realizado aos cinco meses de idade e das mudas de *C. madagascariensis* com dois meses de idade, justificando a diferença de idade das plantas, pelo fato do crescimento da *C. prunifera* ser relativamente lento, comparado à *C. madagascariensis*.

Manejo de irrigação

Após o transplântio das mudas, o experimento foi irrigado em dias alternados, mantendo o solo na capacidade de campo, a fim de garantir o estabelecimento inicial das plantas, até o início dos tratamentos, aos 30 dias após o transplântio – DAT. Nesse período, o manejo de irrigação foi realizado de maneira a manter o solo na capacidade de campo, e a quantidade de água aplicada com o intuito de promover a livre drenagem pelo furo, localizado na parte inferior dos vasos. A água utilizada para a irrigação foi proveniente de um poço freático, pertencente à Estação Agrometeorológica da Universidade Federal do Ceará, que apresentava condutividade elétrica de 1,0 dS m⁻¹.

O alagamento do solo foi estabelecido de forma a manter uma lâmina de água de aproximadamente 3 cm acima da superfície do solo, sendo repostas as perdas por evaporação quando necessário. Passados os ciclos de exposição ao alagamento, os vasos foram drenados e o excesso de água coletado em um recipiente, que posteriormente foi repostas nos vasos, com o intuito de não haver perdas dos nutrientes presentes. Nesse período, as plantas foram mantidas sob condições ideais de suprimento hídrico, com o intuito de evidenciar a provável recuperação das plantas após o período de estresse por alagamento.

Solutos orgânicos

Folhas de plantas de *C. prunifera* e *C. madagascariensis* foram coletadas no final do período experimental, sendo embrulhadas em papel alumínio, devidamente identificadas e imediatamente acondicionadas em isopor contendo nitrogênio líquido. Em seguida, as amostras foram armazenadas em freezer (-20°C) e posteriormente submetidas ao processo de liofilização.

O material liofilizado da *C. prunifera* e da *C. madagascariensis* foram macerados com auxílio do nitrogênio líquido.

Os extratos para a determinação dos solutos orgânicos foram obtidos de acordo com Cataldo et al. (1975). Os carboidratos solúveis foram determinados de acordo com Dubois et al. (1956), os teores de N-aminossolúveis pelo método de Yemm & Cocking (1955) e os teores de prolina foram determinados segundo o método proposto por Bates et al. (1973). As leituras foram realizadas em espectrofotômetro modelo UV – 1650PC, Shimadzu®.

Análise estatística

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade Shapiro-Wilk, como pré-requisito para a análise de variância pelo teste F. As espécies foram comparadas pelo teste de Tukey ao nível de até 5% de probabilidade e os efeitos quantitativos dos períodos de estresse por alagamento foram testados por regressão, com o auxílio do software estatístico SISVAR® v.5.5 (FERREIRA, 2010).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores de prolina e N-aminossolúveis foram influenciados significativamente pela interação espécies x estresse por alagamento e os carboidratos apenas pelo efeito isolado das espécies.

O conteúdo de prolina e N-aminossolúveis aumentaram à medida que aumentou o período de estresse por alagamento nas duas espécies (Figuras 1a, b). Para a *C. prunifera* foram constatados incrementos em prolina e N-aminossolúveis de 0.08 e 0.55 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MS dia}^{-1}$, e para a *C. madagascariensis* de 0.06 e 0.49 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MS dia}^{-1}$, respectivamente. Em termos relativos, para a prolina foram constatados aumento de cerca de 33 e 31% para a *C. prunifera* e *C. madagascariensis*, respectivamente. A *C. prunifera* apresentou um aumento substancial nos teores de N-aminossolúveis, com 166%, enquanto a *C. madagascariensis* apresentou aumento de 44%, quando as plantas foram submetidas a 20 dias de estresse por alagamento.

Para os carboidratos foram denotados teores mais expressivos na *C. prunifera*, cerca de 32%, com valores médios de 1809 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$, comparado a *C. madagascariensis* que apresentou menores valores médios, de 1235 $\mu\text{mol g}^{-1} \text{MS}$ (Figura 1c).

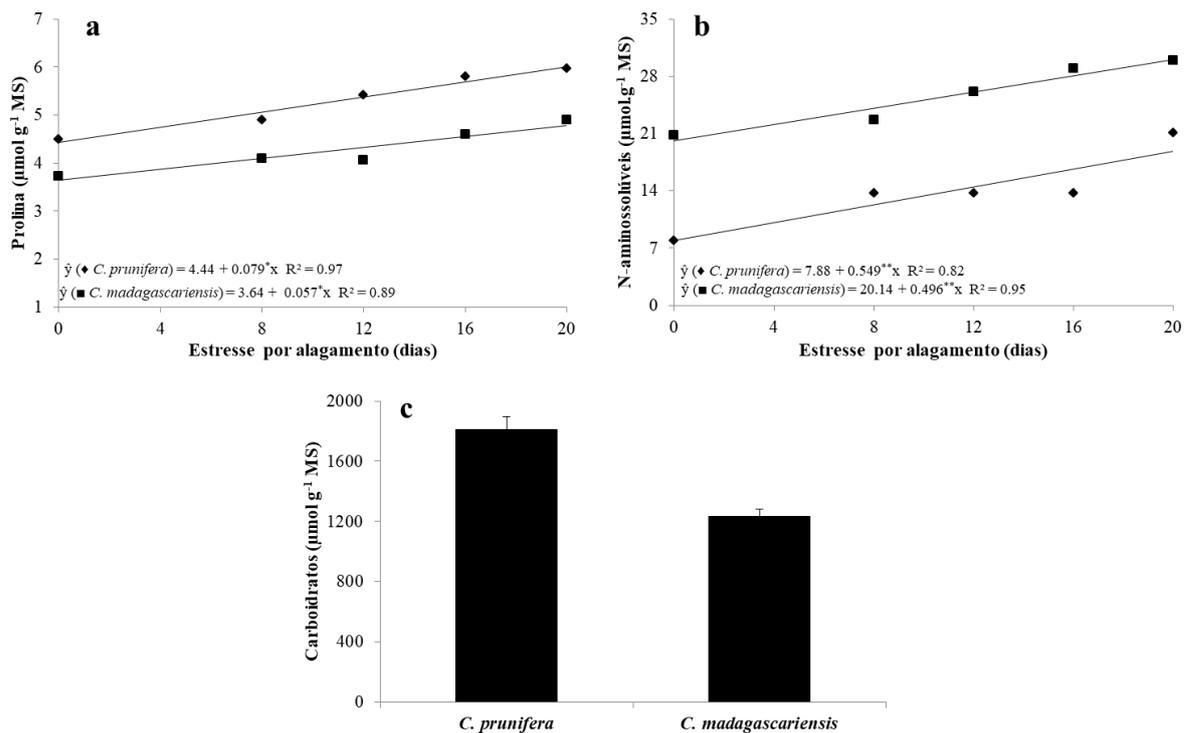


Figura 1. Prolina (a), N-aminossolúveis (b) e carboidratos (c) em folhas de plantas jovens de *C. prunifera* e *C. madagascariensis* em função dos períodos de estresse por alagamento.

Os nossos resultados com as plantas jovens confirmam o estresse sofrido pela palmeira *C. prunifera* e pela sua invasora *C. madagascariensis* submetidas a períodos de alagamento (Figura 1). Plantas jovens de *C. prunifera* são mais sensíveis ao alagamento do que a invasora *C. madagascariensis*, considerando-se as reduções das trocas gasosas (dados não mostrados) e altos teores de prolina.

Contudo, durante os períodos de recuperação as plantas de ambas as espécies se mostraram resilientes, expressando aumentos significativos nas trocas gasosas (dados não mostrados), retornando à condição inicial, para quase todos os períodos de estresse.

Maiores acúmulos de prolina e N-amino nas folhas estão diretamente relacionadas ao estresse por alagamento (WANG et al., 2015). As respostas das plantas ao excesso de água geralmente diferem entre espécies (LI et al., 2018), e os mecanismos ainda permanecem indefinidos (HUANG et al., 2019). Assim, torna-se imprescindível investir em uma política de valorização e reintrodução desse recurso vegetal, a carnaúba, nos diversos sistemas produtivos.

CONCLUSÕES

O estresse por alagamento promove aumento nos teores de prolina e N-aminossolúveis, tanto na espécie nativa como na invasora.

Plantas jovens de *C. prunifera* e *C. madagascariensis* apresentaram tolerância ao alagamento, sobrevivendo a períodos de até 20 dias de estresse e com boa capacidade de recuperação após a drenagem do excesso hídrico.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao INCTSal, ao CNPq, à CAPES e a ADECE pelo suporte financeiro e pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- ARRUDA, G. M. T.; CALBO, M. E. R. Efeitos da inundação no crescimento, trocas gasosas e porosidade radicular da carnaúba (*Copernicia prunifera* (Mill.) H. E. Moore). **Acta Botânica Brasileira**, v. 18, n. 2, p. 219-224, 2004.
- BATES, L. S.; WALDREN, R. P.; TEARE, I. D. Rapid determination of free proline for water-stress studies. **Plant and Soil**, v. 39, p. 205-207, 1973.
- CATALDO, D. A.; MAROON, M.; SCHRADER, L. E.; YOUNGS, V. L. Rapid colorimetric determination of nitrate in plant tissue by nitration of salicylic acid. **Communication in Soil Science and Plant Analysis**, v. 6, p. 71-80, 1975.
- COSTA, M. S.; FERREIRA, K. E. B.; BOTOSSO, P. C.; CALLADO, C. H. Growth analysis of five Leguminosae native tree species from a seasonal semideciduous lowland forest in Brazil. **Dendrochronologia**, n. 36, p. 23-32, 2015.
- DUBOIS, M.; GILLES, K. A.; HAMILTON, J. K.; REBERS, P. A.; SMITH, F. Colorimetric method for determination of sugars and related substances. **Analytical Chemistry**, v. 28, p. 350-356, 1956.
- ESSL, F.; LENZNER, B.; BACHER, S.; BAILEY, S.; CAPINHA, C.; DAEHLER, C.; ROURA-PASCUAL, N. Drivers of future alien species impacts: An expert-based assessment. **Global Change Biology**, v. 26, n. 9, p. 4880-4893, 2020.
- FERREIRA, D. F. **SISVAR®: Sistema de análise de variância para dados balanceados**, versão 5.5. Lavras: DEX/UFLA, 2010.
- GARCÍA, I.; MENDONZA, R. Lotus tenuis seedlings subjected to drought or waterlogging in a saline sodic soil. **Environmental and Experimental Botany**, v. 98, p. 47-55, 2014.

HUANG, D.; WANG, D.; REN, Y. Using leaf nutrient stoichiometry as an indicator of flood tolerance and eutrophication in the riparian zone of the Lijang River. **Ecological Indicators**, v. 98, p. 821-829, 2019.

LARCHER, W. **Ecofisiologia vegetal**. São Carlos: RIMA Artes e Textos, 532p., 2006.

LI, F.; HU, J.; XIE, Y.; YANG, G.; HU, C.; CHEN, X.; DENG, Z. Foliar stoichiometry of carbon, nitrogen, and phosphorus in wetland sedge *Carex brevicuspis* along a small-scale elevation gradient. **Ecological Indicators**, v. 92, p. 322-329, 2018.

MEDEIROS, W. J. F.; OLIVEIRA, F. Í. F.; LACERDA, C. F.; SOUSA, C. H. C.; CAVALCANTE, L. F.; SILVA, A. R. A.; FERREIRA, J. F. S. Isolated and combined effects of soil salinity and waterlogging in seedlings of ‘Green Dwarf’coconut. **Semina: Ciências Agrárias**, v. 39, n. 4, p. 1459-1468, 2018.

MORO, M. F.; MACEDO, M. B.; MOURA-FÉ, M. M.; CASTRO, A. S. F.; COSTA, R. C. Vegetação, unidades fitoecológicas e diversidade paisagística do estado do Ceará. **Rodriguésia**, v. 66, p. 717-743, 2015.

WANG, R.; KANG, Y.; WAN, S. Effects of different drip irrigation regimes on saline-sodic soil nutrients and cotton yield in an arid region of Northwest China. **Agricultural Water Management**, v. 153, p. 1-8, 2015.

YEMM, E. W.; COCKING, E. C. The determination of amino acids with ninhydrin. **Analyst**, v. 80, p. 209-213, 1955.