

## EFEITOS ISOLADOS E COMBINADOS DA SALINIDADE DO SOLO E ENCHARCAMENTO NA EFICIÊNCIA DE CARBOXILAÇÃO EM MUDAS DE COQUEIRO ‘ANÃO VERDE’

Wiliana Júlia Ferreira de Medeiros<sup>1</sup>, Bruno Gabriel Monteiro da Costa Bezerra<sup>2</sup>, Claudivan Feitosa de Lacerda<sup>3</sup>, Emanuel Dias Freitas<sup>4</sup>, Tiago Machado de Oliveira<sup>5</sup>,  
Jonata Sampaio de Matos Marinho<sup>6</sup>

**RESUMO:** Em áreas com solos afetados por sais, as plantas podem estar submetidas a mais de um fator estressante, se destacando o encharcamento do solo, particularmente em áreas com problemas de drenagem. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da salinidade e do encharcamento do solo, isolados e combinados, sobre a eficiência de carboxilação de plantas jovens de coqueiro ‘Anão verde’. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, sob delineamento de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com cinco repetições. As parcelas foram constituídas por cinco ciclos de encharcamento (0, 1, 2, 3 e 4), cada ciclo com duração de quatro dias, aos 30, 60, 90 e 120 dias do período experimental, sendo as subparcelas constituídas por cinco níveis de salinidade do solo (1,70, 11,07, 16,44, 22,14 e 25,20 dS m<sup>-1</sup>). As avaliações das taxas fotossintéticas ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) e da concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) para obtenção da eficiência de carboxilação ( $A/C_i$ ) foram realizadas antes e após cada ciclo de encharcamento, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT). A resposta das plantas ao encharcamento dependeu do nível de salinidade do solo, causando pouco ou nenhum dano adicional em níveis elevados de salinidade. A eficiência de carboxilação foi reduzida principalmente pela salinidade do solo, sendo um pouco mais intensa quando os estresses foram combinados. Essas respostas, no entanto, estão ligadas a causas estomáticas e não estomáticas, devido a aumentos mais significativos na concentração interna de  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), com o incremento da CE do solo.

**PALAVRAS-CHAVE:** *Cocos nucifera* L, estresse salino, excesso de água

<sup>1</sup> Engenheira Agrônoma, Doutoranda em Ciência do Solo, Laboratório de Relações Solo-Água-Planta, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará, e-mail: juliamedeirosagro@gmail.com

<sup>2</sup> Estudante de Graduação em Agronomia, Laboratório de Relações Solo-Água-Planta, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.

<sup>3</sup> Professor Doutor, Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará.

<sup>4</sup> Engenheiro Agrônomo, Professor IFCE e Doutorando em Engenharia Agrícola, IFCE, Crateús, Ceará.

<sup>5</sup> Engenheiro Agrônomo, Departamento de Ciências do Solo, Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, Ceará

<sup>6</sup> Estudante de Graduação em Engenharia Agrícola e Ambiental, FATENE, Caucaia, Ceará.

**ISOLATED AND COMBINED EFFECTS OF SOIL SALINITY AND  
WATERLOGGING IN THE CARBOXYLATION EFFICIENCY IN SEEDLINGS  
'GREEN DWARF' COCONUT**

**ABSTRACT:** In areas with salt-affected soils, plants may be subjected to more than one stressor, especially soil drenching, particularly in areas with drainage problems. The objective of this work was to evaluate the effects of isolated and combined soil salinity and waterlogging on the carboxylation efficiency of seedlings green dwarf coconut. The experiment was conducted in a greenhouse under a randomized block design in split plots with five replications. The plots consisted of five soaking cycles (0, 1, 2, 3 and 4), each cycle lasting four days at 30, 60, 90 and 120 days of the experimental period, and the subplots constituted by five levels of soil salinity (1.70, 11.07, 16.44, 22.14 and 25.20 dS m<sup>-1</sup>). The photosynthetic rates ( $A$ ,  $\mu\text{mol CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ) and internal  $\text{CO}_2$  concentration ( $C_i$ ,  $\mu\text{mol mol}^{-1}$ ) were evaluated to obtain the carboxylation efficiency ( $A/C_i$ ) before and after each waterlogging cycles at 30, 60, 90 and 120 days after transplantation (DAT). Plant response to waterlogging depended on soil salinity level, causing little or no additional damage at high salinity levels. Carboxylation efficiency was reduced mainly by soil salinity, being a little more intense when stresses were combined. These responses, however, are linked to stomatal and non-stomatal causes, due to more significant increases in the internal concentration of  $\text{CO}_2$  ( $C_i$ ), with the increase of soil EC.

**KEYWORDS:** *Cocos nucifera* L, salt stress, excess water

## INTRODUÇÃO

Atualmente, um dos principais problemas no setor agrícola, sobretudo, em regiões semiáridas, vem sendo o processo de salinização dos solos (Medeiros et al., 2018). Os solos salinos e salinos sódicos, em sua maioria, estão predispostos ao excesso de água, associado às limitadas condições de drenagem, observadas em parte das áreas irrigadas (SINGH, 2015).

Nos solos mais argilosos, o problema da salinidade vem acompanhado de ciclos de encharcamento do solo, no período de chuvas ou no caso de irrigação excessiva. Dessa forma, extensas áreas tornam-se susceptíveis ao encharcamento, no período chuvoso, sobretudo, pela ausência de sistemas de drenagem subsuperficiais (VELMURUGAN et al., 2016). Em

condições de campo, as plantas são rotineiramente expostas à combinação de diferentes fatores estressantes (MUNNS e TESTER, 2008).

Em regiões semiáridas, as culturas tem sido seriamente ameaçadas pelos fatores abióticos (NGUYEN et al., 2016), destacando-se a salinidade do solo e o encharcamento, que muitas vezes atuam de maneira combinada. Nesse sentido, a utilização de espécies tolerantes a estresses múltiplos tem sido uma estratégia para promover a reabilitação de solos degradados pelo excesso de sais (PENELLA et al., 2016). Entre as espécies cultivadas, o coqueiro (*Cocos nucifera* L.) foi sugerido por apresentar potencial de crescimento e estabelecimento em áreas afetadas por sais, se mostrando tolerante a níveis relativamente altos de salinidade da água de irrigação (MARINHO et al., 2005).

As características de rusticidade apresentadas pelo coqueiro frente aos estresses salinidade do solo e encharcamento, pode conceder à cultura um possível potencial para o seu uso em programas de revegetação de áreas afetadas por sais. Nesse contexto, objetivou-se, com a presente pesquisa, avaliar os efeitos isolados e combinados da salinidade e do encharcamento do solo, sobre a eficiência de carboxilação em plantas jovens de coqueiro ‘Anão Verde’.

## **MATERIAL E MÉTODOS**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no município de Fortaleza, Ceará, Brasil, na área experimental da Estação Agrometeorológica, do Departamento de Engenharia Agrícola, no *Campus* do Pici, Universidade Federal do Ceará.

O experimento foi implantado sob delineamento estatístico de blocos casualizados, em parcelas subdivididas, com cinco repetições, sendo cinco tratamentos distribuídos nas parcelas e cinco tratamentos nas subparcelas, totalizando cento e vinte e cinco unidades experimentais, no qual, cada unidade experimental foi composta por uma planta por vaso.

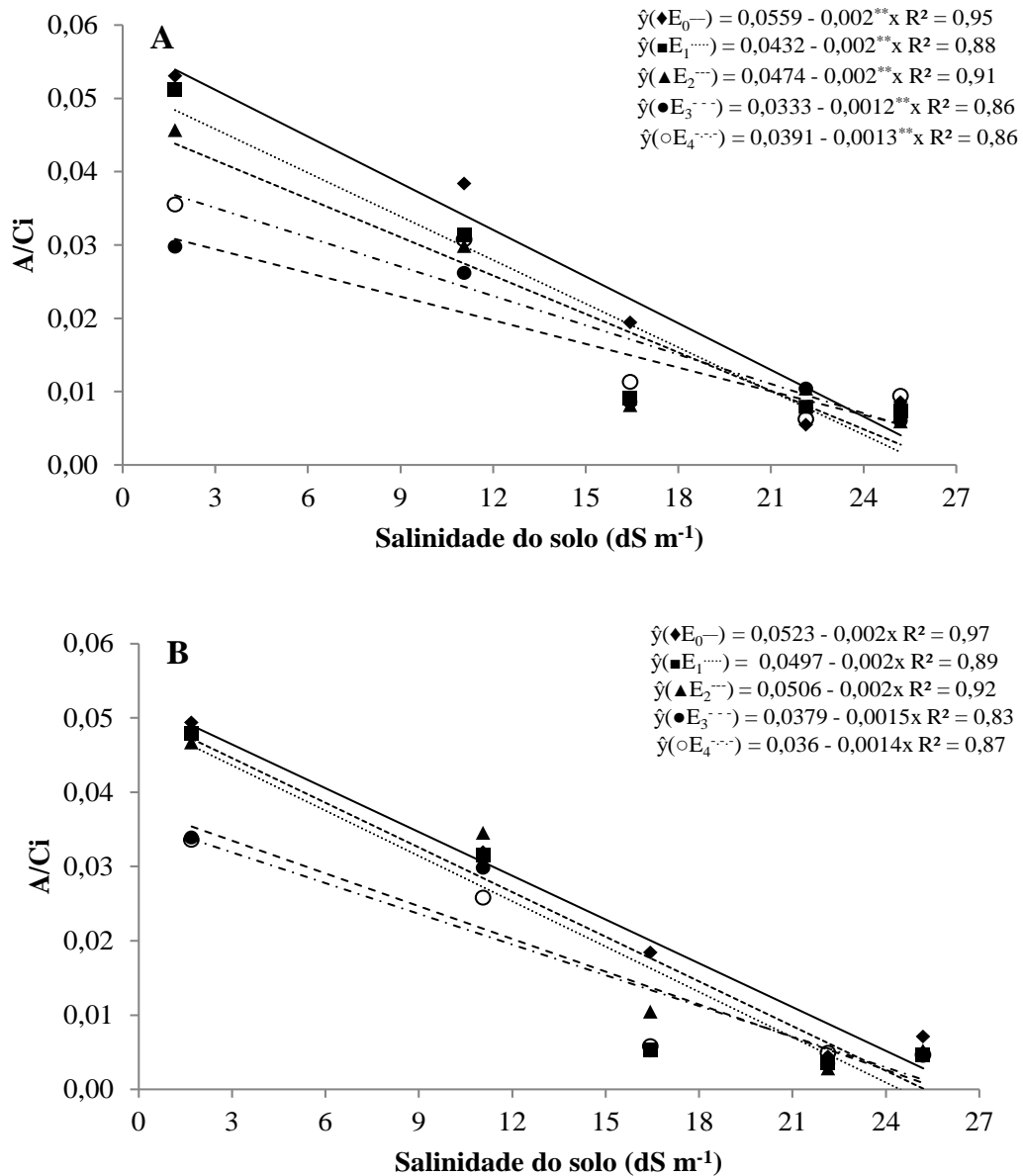
Os tratamentos nas parcelas foram constituídos por ciclos de encharcamentos, aos quais as plantas foram submetidas (0, 1, 2, 3 e 4), aos 30, 60, 90 e 120 dias, com duração de quatro dias cada, ao longo dos 124 dias de duração do experimento, simulando a ocorrência de precipitações. Passados os ciclos de exposição ao encharcamento (4 dias), os vasos foram drenados e o excesso de água coletado em um recipiente, que posteriormente foi reposta nos vasos, com o intuito de não haver perdas dos sais presentes, via lixiviação.

Os tratamentos nas subparcelas foram formados por cinco níveis crescentes de salinidade do solo (S1= 1,70; S2= 11,07; S3= 16,44; S4= 22,14 e S5= 25,20 dS m<sup>-1</sup>), originados a partir das coletas dos solos em diferentes pontos do Perímetro Irrigado Morada Nova, no estado do Ceará, localizado nas coordenadas geográficas 5° 10' S e 38° 22' W, visando simular os diversos estágios de salinização dos solos encontrados na área do Perímetro. Os solos utilizados como substratos para o cultivo das plantas jovens de coqueiro-anão-verde foram classificados como Neossolos Flúvicos (EMBRAPA, 2013).

As avaliações das trocas gasosas foram realizadas utilizando um analisador de gás infravermelho (LI-6400XT, Li-Cor, EUA). As medidas foram realizadas em folhas maduras entre 08:00 e 10:00 horas, sob condições naturais de temperatura e concentração de CO<sub>2</sub>, empregando uma fonte artificial de radiação com uma intensidade de 1600 μmol m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>. As avaliações das taxas fotossintéticas (A, μmol CO<sub>2</sub> m<sup>-2</sup> s<sup>-1</sup>) e da concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>, μmol mol<sup>-1</sup>) para obtenção da eficiência de carboxilação (A/C<sub>i</sub>) foram realizadas antes e após cada ciclo de encharcamento, aos 30, 60, 90 e 120 dias após o transplântio (DAT). Os dados foram submetidos à análise de variância a 5 e 1% de probabilidade, e quando evidenciado efeito significativo, foram submetidos à análise de regressão, com o auxílio dos softwares Microsoft Excel<sup>®</sup> versão 2010 e SISVAR<sup>®</sup> versão 5.5 (FERREIRA, 2010).

## **RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Foram verificadas respostas lineares decrescentes para a eficiência de carboxilação, apresentando declínios com o incremento da salinidade do solo, associado aos ciclos de encharcamento, em relação ao tratamento controle (solo de CE 1,70 dS m<sup>-1</sup> e sem encharcamento). Embora tenha sido verificado o efeito significativo dos ciclos de encharcamento nessa variável, observa-se que as maiores reduções atreladas a esse estresse ocorreram nos menores níveis de salinidade do solo, como mostram as Figuras 1A e B.



**Figura 1.** Eficiência de carboxilação em plantas jovens de coqueiro ‘Anão Verde’ submetidas à salinidade do solo e ciclos de encharcamento. As medições foram realizadas antes (A) e após (B) a exposição aos ciclos de encharcamento.

Quando não foram expostas aos ciclos de encharcamento, as plantas apresentaram decréscimos lineares na eficiência de carboxilação de 0,002 a cada acréscimo de 1,0 dS m<sup>-1</sup> na condutividade elétrica do solo (Figuras 1A e B). Essa mesma tendência de redução se manteve até o segundo ciclo de encharcamento.

Já as plantas que foram expostas a três e quatro ciclos de encharcamento exprimiram restrições na eficiência de carboxilação de 0,0012; 0,0013 e de 0,0015; 0,0014 a cada incremento unitário na condutividade elétrica do solo, antes e após a exposição aos ciclos de encharcamento, respectivamente (Figuras 1A e B). Os resultados condizem aos encontrados

por Medeiros et al. (2018) estudando as trocas gasosas foliares, justificando que essas respostas estão ligadas a causas estomáticas e não estomáticas, devido a aumentos mais significativos na concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), com o incremento da CE do solo.

## CONCLUSÕES

A resposta das plantas ao encharcamento dependeu do nível de salinidade do solo, causando pouco ou nenhum dano adicional em níveis elevados de salinidade.

A eficiência de carboxilação foi reduzida principalmente pela salinidade do solo, sendo um pouco mais intensa quando os estresses foram combinados.

Essas respostas, no entanto, estão ligadas a causas estomáticas e não estomáticas, devido a aumentos mais significativos na concentração interna de CO<sub>2</sub> (C<sub>i</sub>), com o incremento da CE do solo.

## AGRADECIMENTOS

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

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EMBRAPA. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. 3. ed. Brasília, 2013. 353p.

MARINHO, F. J. L.; GHEYI, H. R.; FERNANDES, P. D. Germinação e formação de mudas de coqueiro irrigadas com águas salinas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, n.3, p.334-340, 2005.

MEDEIROS, W. J. F.; OLIVEIRA, F. I. F.; LACERDA, C. F. DE; CAVALCANTE, L. F.; SOUSA, C. H. C.; 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, p.447- 457, 2018.

MUNNS, R.; TESTER, M. Mechanisms of salinity tolerance. **Annual Review of Plant Biology**, Palo Alto, v.59, p.651-681, 2008.

NGUYEN, Q. T.; BANDUPRIYA, H. D. D.; FOALE, M.; ADKINS, S. W. Biology, propagation and utilization of elite coconut varieties (makapuno and aromatics). **Plant Physiology and Biochemistry**, v.109, p.579-589, 2016.

PENELLA, C.; LANDI, M.; GUIDI, L.; NEBAUER, S. G.; PELLEGRINI, E.; BAUTISTA, A. S.; REMORINI, D.; NALI, C.; LÓPEZ-GALARZA, S.; CALATAYUD, A. Salt-tolerant rootstock increases yield of pepper under salinity through maintenance of photosynthetic performance and sinks strength. **Journal of Plant Physiology**, v.193, p.1–11, 2016.

SINGH, A. Soil salinization and waterlogging: A threat to environment and agricultural sustainability. **Ecological Indicators**, v.57, p.128-130, 2015.

VELMURUGAN, A.; SWARNAMA, T. P.; AMBAST, S. K.; KUMAR, N. Managing waterlogging and soil salinity with a permanent raised bed and furrow system in coastal lowlands of humid tropics. **Agricultural Water Management**, v.168, p.56–67, 2016.