

FITOMASSA DE PLANTAS JOVENS DE CAJUEIRO ANÃO SUBMETIDAS À RESTRIÇÃO HÍDRICA E BIOESTIMULANTE À BASE DE CARBONDOT

José Valmir dos Santos Pereira Filho¹, Marlos Alves Bezerra², Amanda Soraya Freitas Calvet³,
Rafaela da Silva Arruda⁴, Francisco Libério César Feitosa de Araújo⁵

RESUMO: O cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), cultura de grande valor socioeconômico para o Nordeste Brasileiro, apesar de tolerante ao déficit hídrico, têm prejuízos quando a restrição hídrica é acentuada. Nesse sentido, o estudo objetivou avaliar o efeito do bioestimulante arbolina, composto por nanopartículas de carbono, no aumento da tolerância de plantas de cajueiro anão à restrição hídrica em suas fases iniciais de desenvolvimento. O experimento foi conduzido em ambiente protegido, em delineamento de blocos ao acaso, em esquema fatorial 4×2 , com quatro níveis de irrigação (100%, 80%, 60% e 40% da capacidade de retenção máxima de água no solo) e presença ou ausência de arbolina. As variáveis analisadas foram massa seca da folha, do caule e da raiz, além da área foliar. Os dados foram submetidos à análise de variância, com comparações por teste de Tukey ou regressão, conforme o fator. A eficácia da arbolina no cajueiro foi condicionada pelo regime hídrico. Sob déficit hídrico, sua aplicação intensificou a redução da fitomassa aérea, apesar de mitigar os efeitos negativos no sistema radicular. Inversamente, em plantas sob irrigação adequada, o produto otimizou o desenvolvimento de todos os componentes da parte aérea.

PALAVRAS-CHAVE: arbolina, massa seca, déficit hídrico.

FITOMASS OF DWARF CASHEW SEEDLINGS SUBMITTED TO WATER RESTRICTION AND CARBONDOT-BASED BIOSTIMULANT

ABSTRACT: The cashew tree (*Anacardium occidentale* L.), a crop of great socioeconomic value to the Brazilian Northeast, despite its tolerance to water deficit, suffers losses when water

¹ Graduando em Agronomia, UFC, Embrapa Agroindústria Tropical, CEP 60511-110, Fone (85) 985268536, e-mail: josevalmir33@alu.ufc.br

² Pesquisador Doutor, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

³ Doutora, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁴ Doutora, Depto de Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

⁵ Mestrando em Engenharia Agrícola, UFC, Fortaleza, CE

restriction is severe. In this context, the study aimed to evaluate the effect of the biostimulant arbolin, composed of carbon nanoparticles, in increasing the tolerance of dwarf cashew plants to water restriction in their initial stages of development. The experiment was conducted in a protected environment, using a randomized block design in a 4×2 factorial scheme, with four irrigation levels (100%, 80%, 60%, and 40% of the maximum soil water holding capacity) and the presence or absence of arbolin. The analyzed variables were leaf, stem, and root dry mass, in addition to leaf area. The data were subjected to analysis of variance, with comparisons by Tukey's test or regression, depending on the factor. The effectiveness of arbolin on the cashew tree was conditioned by the water regime. Under water deficit, its application intensified the reduction of aerial phytomass, despite mitigating the negative effects on the root system. Conversely, in plants under adequate irrigation, the product optimized the development of all components of the aerial part.

KEYWORDS: arbolin, plant dry mass, water deficit

INTRODUÇÃO

O semiárido brasileiro é caracterizado por altas temperaturas, baixa umidade do ar, longos períodos de estiagem, chuvas escassas e irregulares, condições que impõem severas limitações à agricultura, especialmente para culturas perenes como o cajueiro anão (*Anacardium occidentale* L.). Embora essa cultura possua grande valor econômico e social no Nordeste, a água é apontada como o principal fator abiótico restritivo para seu desenvolvimento e potencial produtivo, principalmente em longos períodos de escassez hídrica. Portanto, é vital compreender a necessidade hídrica a cultura e determinar o manejo correto da irrigação em cajueiro quando necessário (Carr, 2014). O estresse hídrico apresenta um impacto significativo sobre o desenvolvimento de plantas jovens de cajueiro anão, particularmente durante a fase de estabelecimento no campo pós-transplântio (Cavalcanti, 2022). A deficiência de água neste estágio inicial pode comprometer significativamente a sobrevivência e o vigor das mudas.

Segundo Carr (2014), o estresse hídrico desencadeia uma série de respostas fisiológicas que restringem o crescimento da planta. A restrição no crescimento celular é uma consequência direta, uma vez que a água é um elemento fundamental para os processos de divisão e alongação celular, que são essenciais para o aumento da altura do vegetal. Adicionalmente, a indisponibilidade de água leva a uma diminuição na taxa fotossintética. Isso ocorre porque a planta, em um esforço para conservar água, fecha seus estômatos, reduzindo a absorção de

dióxido de carbono (CO₂), um componente vital para a fotossíntese (Bezerra et. al, 2007). A consequente redução na produção de carboidratos, que servem como fonte de energia e carbono para o crescimento, impacta diretamente o desenvolvimento geral da planta, incluindo sua altura e biomassa.

Diante desse cenário, a busca por estratégias que melhorem o cultivo e a produção do cajueiro anão em condições de déficit hídrico torna-se crucial. Dessa forma, a tecnologia Clone BRS 226 (cajueiro-anão precoce) foi lançada em 2002 como parte do programa de melhoramento genético da Embrapa Agroindústria Tropical para o semiárido nordestino (Paiva et al., 2002). Consequentemente, este clone foi desenvolvido para apresentar características agronômicas de maior adaptabilidade e tolerância à escassez de água, sendo um material genético de interesse para sistemas de produção no semiárido.

Além da tolerância genética, a aplicação de bioinsumos vem sendo estudada como uma estratégia para contornar a adversidade hídrica e otimizar a eficiência no uso de recursos naturais. Nesse contexto, a Arbolina um bioestimulante produzido a partir de matérias-primas renováveis, tem se destacado por atuar como hormônio vegetal. Trata-se de uma nanopartícula constituída basicamente por 70% de carbono orgânico e que atua como proteína de transporte na membrana plasmática das plantas (CFQ, 2021). Desenvolvida para aumentar a eficiência dos processos fisiológicos em plantas, é de fácil absorção via foliar, e pode otimizar o crescimento vegetal e aumentar a tolerância a estresses abióticos. A combinação de genótipos adaptados e o uso de bioinsumos representa uma abordagem integrada para mitigar os impactos negativos do estresse hídrico (Du Jardin, 2015).

O objetivo deste trabalho foi avaliar a tolerância de mudas de cajueiro anão (clone BRS 226) tratadas com o bioestimulante Arbolina à restrição hídrica.

MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho foi conduzido em casa de vegetação (ambiente protegido), na Embrapa Agroindústria Tropical, em Fortaleza (3°45'S e 38°34'W), Ceará, Brasil. O delineamento utilizado foi o de blocos casualizados com esquema fatorial 4×2 (quatro lâminas de irrigação e duas condições de aplicação de Arbolina), com quatro blocos. As mudas foram cultivadas em colunas de PVC com substrato à base de solo arenoso. As lâminas foram determinadas com base na capacidade de retenção máxima de água no solo (100%, 80%, 60% e 40% da capacidade

de retenção máxima de água no solo) e a Arbolina foi aplicada via pulverização foliar, aspergindo um volume de 40 mL da solução ($24 \text{ g} \cdot \text{ha}^{-1}$) por planta a cada 15 dias.

Para as análises de crescimento da parte aérea as mudas de cajueiro anão (clone BRS 226) foram avaliados aos 105 dias após o início dos tratamentos, mensurando-se a área foliar da planta (cm^2) com um medidor de área foliar tipo LI-3000, LiCor, Inc, seguido de secagem das folhas, caules e raízes em estufa de circulação forçada de ar a $65 \text{ }^\circ\text{C}$, por no mínimo 72 horas, até atingir peso constante, para as análises de fitomassa seca. Posteriormente, a massa seca de cada componente foi determinada utilizando uma balança de precisão.

Os dados foram submetidos à análise de variância (ANOVA) no software Sisvar, versão 5.8 (Ferreira, 2019). Posteriormente, para as variáveis quantitativas, foram ajustados modelos de regressão, cuja significância foi verificada com o auxílio do programa SigmaPlot, versão 12.5.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A massa seca foliar (MSF) foi mais afetada pela redução da oferta hídrica quando as plantas receberam arbolina, com uma redução linear da massa seca concomitante com a diminuição da oferta hídrica, embora no menor nível os valores tenham sido semelhantes, com e sem a aplicação de arbolina (Figura 1A). Por outro lado, nas plantas com 100% da capacidade de retenção de água no solo, a massa seca foliar foi mais elevada nas plantas aspergidas com arbolina (Figura 1A).

A área foliar seguiu o mesmo comportamento da MSF, com maior valor nas plantas que receberam a aplicação de arbolina e estavam no nível mais elevado de umidade. Entretanto, quando aplicada irrigação deficiente, a redução dessas variáveis foi mais acentuada nas plantas que receberam arbolina (Figura 1B).

A massa seca do caule (MSC) foi reduzida linearmente com a restrição da água no solo e não foi afetada pelo uso da arbolina (Figura 1C). Houve uma redução de 82 mg e de 96 mg de MS do caule para cada redução de 1% da água no solo nas plantas que não receberam e que foram aspergidas com arbolina, respectivamente.

Comportamento inverso ao da massa foliar foi encontrado para a massa seca da raiz (MSR), em que o maior valor de MSR ocorreu nas plantas que não receberam a arbolina e com maior disponibilidade de água (Figura 1D). Por outro lado, sob restrição hídrica, a queda de MSR foi mais acentuada nas plantas que não receberam arbolina (Figura 1D).

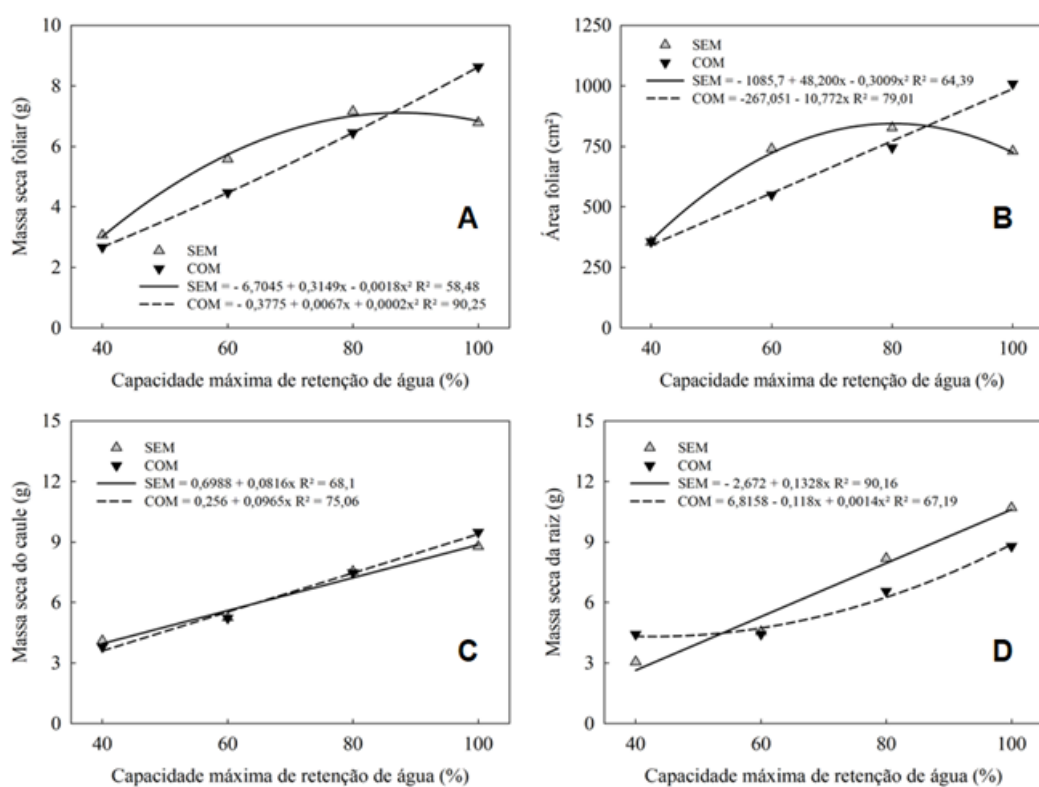


Figura 1. Massa seca foliar (g) (A), Área foliar (cm²) (B), Massa seca do caule (g) (C) e Massa seca da raiz (g) (D) de plantas de cajueiro anão submetidas a diferentes regimes hídricos e à aplicação de Arbolina.

Pimentel (2023) obteve resultados semelhantes trabalhando com mudas de cajueiro em condições ambientais semelhantes ao presente estudo, descrevendo que a produção de biomassa seca foi afetada nas plantas sujeitas ao déficit hídrico, resultando em reduções de 38%, 41% e 37% na biomassa seca das folhas. Em adição, Mar et al. (2013), em seu trabalho desenvolvido com plantas jovens de açaizeiros, observaram que a produção de biomassa de um vegetal está intrinsecamente ligado a disponibilidade hídrica.

A área foliar é um componente essencial para a produtividade das plantas visto que é o órgão onde ocorre a fotossíntese e produção de fotoassimilados, porém, é um dos parâmetros mais sensíveis, tanto ao estresse salino quanto ao estresse hídrico (Heuer, 1997). Oliveira et al. (2020) destacam que a escassez de água no solo pode resultar na redução da área foliar das plantas, incluindo o cajueiro (*Anacardium occidentale* L.), seja pelo ressecamento, pela queda precoce das folhas ou pela diminuição do tamanho individual das folhas, como uma adaptação a essa condição desfavorável. Isso ocorre porque a redução da área foliar ajuda a minimizar a superfície pela qual a transpiração ocorre, porém, também limita o crescimento, funcionamento e a produção da planta em razão do declínio da fotossíntese líquida. No presente estudo, a

redução da área foliar ocorreu pelos dois motivos: diminuição do tamanho das folhas e queda precoce das folhas.

Em relação à biomassa da planta, a escassez hídrica por si só reduz o crescimento das plantas por reduzir a expansão celular, em função de um menor potencial de pressão celular, necessário para o processo de expansão e divisão celular (Taiz et al., 2023). Além disso, a restrição hídrica provoca alterações no processo fotossintético das plantas, devido à redução na liberação de prótons e elétrons na etapa fotoquímica, além de estimular as plantas a fecharem parcialmente os seus estômatos para reduzir a perda de água, que por sua vez, leva a menor fluxo de CO₂ para os cloroplastos, reduzindo a mobilidade de fotoassimilados pela planta, contribuindo para o menor acúmulo de biomassa (Gambetta et al., 2020).

Em relação à massa seca da raiz, a diminuição do seu tamanho quando as plantas são submetidas ao estresse hídrico, indica uma redução na produção de biomassa ou uma alocação alterada de recursos (Aquino, 2007). Pimentel (2023) observou em relação à fitomassa das raízes, que semelhantemente aos outros órgãos, a redução da capacidade de retenção de água resultou em declínio linear da massa seca das raízes, com redução de 33,9% do tratamento com maior para o de menor umidade.

Trabalhos com arbolina ainda são escassos na literatura e quase inexistente em relação ao cajueiro. Busato (2014) avaliou os efeitos da Arbolina sobre respostas bioquímicas, fisiológicas e morfológicas em feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) cultivar BRS Radiante submetido à diferentes lâminas de irrigação e observou maior produção de MSR (massa seca da raiz) e MST (massa seca total) aplicando-se uma lâmina de 100% da ET_c, resultado semelhante ao observado no presente trabalho com mudas de cajueiro anão. Em alface baby leaf, observou-se que soluções contendo C-dots aumentaram o número de folhas, a altura de planta, as massas úmida e seca foliares (Lemos, 2021). Esses efeitos decorrem do fato da arbolina ser um bioestimulante revestido por grupos funcionais que ativam enzimas importantes, atuando em diversos processos do metabolismo fisiológico das plantas, especialmente na fotossíntese (Vieira et al., 2024).

CONCLUSÕES

A aplicação de arbolina, quando associada a lâminas ótimas de irrigação favoreceu o crescimento do cajueiro anão. No entanto, a arbolina não foi eficiente em prevenir os efeitos deletérios da restrição hídrica no acúmulo de massa das plantas.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes)

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AQUINO, A. J. S.; LACERDA, C. F.; HERNANDEZ, F. F. F.; SILVA, F. B.; GHEYI, H. R. Crescimento, partição de matéria seca e retenção de Na⁺, K⁺ e Cl⁻ em dois genótipos de sorgo irrigados com águas salinas. **Revista Brasileira de Ciências do Solo**, v. 31, n. 5, p. 961-971, 2007.

BEZERRA, M. A.; LACERDA, C. F.; G. FILHO, E.; ABREU, C. E. B. de; PRISCO, J. T. Physiology of cashew plants grown under adverse conditions. **Brazilian Journal of Plant Physiology**, v. 19, n. 4, p. 449-461, 2007.

BUSATO, Jader Galba; MAZOCCO, Lucas Antônio. **Efeitos da arbolina e de lâminas de irrigação sobre atributos bioquímicos, fisiológicos e morfológicos de feijoeiro**. 2024. 1 v. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Universidade de Brasília, Brasília, 2024.

CARR, M. K. V. The water relations and irrigation requirements of cashew (*Anacardium occidentale* L.): a review. **Experimental Agriculture**, v. 50, n. 1, p. 24-39, 2014.

CAVALCANTI, M. L. C. et al. Crescimento do cajueiro anão precoce submetido à estresse hídrico em fases fenológicas. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, v. 22, n. 02, 2022.

CFQ - Conselho Federal Químico. **Notícias: Químicos criam biofertilizante vegetal nanotecnológico**. 2021. Disponível em: <<http://cfq.org.br/noticia/quimicos-criam-biofertilizante-vegetal-nanotecnologico/>>. Acesso em: 14 ago. 2025

DU JARDIM, P. **Plant biostimulants**: Definition, concept, main categories and Regulation. *Scientia Horticulturae*, v.196, p. 3–14, 2015. Disponível online em: <<https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0304423815301850?via%3Dihub>>. Acesso em: 14 ago. 2025

GAMBETTA, G. A.; HERRERA, J. C.; DAYER, S.; FENG, Q.; HOCHBERG, U.; CASTELLARIN, S. D. The physiology of drought stress in grapevine: towards an integrative definition of drought tolerance. **Journal of Experimental Botany**, v. 71, p. 4658-4676, 2020.

LEMOS, J. **Concentrações de Arbolina no desenvolvimento de Alface (*lactuca sativa* L.) baby.**

Universidade de Brasília, Brasília-DF p. 39. 2021. Disponível online em:

<https://bdm.unb.br/bitstream/10483/30690/1/2021_JulioCesarLimaDeJesusLemos_tcc.pdf>

PIMENTEL, **Karine Silva. Estresse hídrico em genótipos de cajueiro do Banco Ativo de Germoplasma da Embrapa.** 2023. 76 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) - Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2023.

MAR, Clivia da Conceição et al. Produção de massa seca e área foliar do açazeiro sob déficit hídrico. **Revista Agroecossistemas**, v. 5, n. 2, p. 14-23, 2013.

OLIVEIRA, N. N. et al. Cashew nut and cashew apple: a scientific and technological monitoring worldwide review. **Journal of Food Science and Technology**, v. 57, n. 1, p. 12–21, 2020.

PAIVA, J. R. de; CARDOSO, J. E.; BARROS, L. de M.; CRISÓSTOMO, J. R.; CAVALCANTI, J. J. V.; ALENCAR, E. da S. **Clone de Cajueiro-Anão Precoce BRS 226 ou Planalto: Nova Alternativa para o Plantio na Região Semi-Árida do Nordeste.** Fortaleza: Embrapa Agroindústria Tropical, 2002 (Comunicado Técnico, 78).

TAIZ, L.; MOLLER, I.M.; MURPHY, A.; ZEIGER, E. **Plant Physiology and Development** (7th ed.). Sinauer Associates. 2023.

VIEIRA, N. Q. B. et al. Cultivo do meloeiro amarelo submetido a diferentes lâminas de irrigação e aplicação do bioestimulante arbolina. **Revista Caatinga**, v. 37, p. e12452-e12452, 2024.