

PIGMENTOS FOTOSSINTÉTICOS DE CLONES DE CAJUEIRO CULTIVADOS SOB ESTRESSE HÍDRICO

Larissa Fernanda Souza Santos¹, Geovani Soares de Lima², Lauriane Almeida dos Anjos Soares³, Vera Lucia Antunes de Lima⁴, Nádia Nara da Silva Jorge⁵, Daniel da Conceição Almeida⁶

RESUMO: O cajueiro anão precoce é uma frutífera de grande relevância para o Nordeste brasileiro. Contudo, as condições climáticas como temperatura e disponibilidade hídrica dificultam a produção. Nesse contexto, estratégias que associem o cultivo do cajueiro sob estresse hídrico em diferentes clones são importantes para expansão da agricultura irrigada. Objetivo com este trabalho avaliar os teores de pigmentos fotossintéticos de clones de cajueiro anão precoce submetidos a diferentes lâminas de irrigação durante a fase de formação de mudas. A pesquisa foi conduzida em ambiente protegido na fazenda experimental do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande em São Domingos – PB. Os tratamentos foram constituídos da combinação de cinco lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura - ET_c) e três clones de cajueiro anão precoce (Faga 11, Embrapa 51 e BRS 226), com três repetições e três plantas por parcela, perfazendo 135 unidades experimentais. A irrigação com até 84% da evapotranspiração da cultura resulta em maiores de clorofila *a* nos clones Faga 11 e BRS 226. A síntese de carotenoides é estimulada sob irrigação com lâmina de até 100% da evapotranspiração da cultura, aos 71 dias após o semeio.

PALAVRAS-CHAVE: Cajueiro anão, clorofila, escassez hídrica.

¹ Doutoranda, Pós-graduação em Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, Rua Aprígio Veloso, 882, Campina Grande, PB, Brasil. Fone (83) 9 9926-3834. e-mail: englarissafss@gmail.com.

² Prof. Doutor, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB. e-mail: geovani.soares@professor.ufcg.edu.br.

³ Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Ciências Agrárias, UFCG, Pombal, PB. e-mail: lauriane.soares@ufcg.edu.br.

⁴ Profa. Doutora, Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, UFCG, Campina Grande, PB. e-mail: vera.antunes.ufcg@gmail.com.

⁵ Graduanda, Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB. e-mail: nadianara.agro2018@gmail.com.

⁶ Graduando, Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, Pombal, PB. e-mail: danielconceicao4008@gmail.com.

PHOTOSYNTHETIC PIGMENTS OF CASSAVA TREE CLONES CULTIVATED UNDER WATER STRESS

ABSTRACT: The dwarf early cashew tree is a fruit-bearing plant of great importance for northeastern Brazil. However, climatic conditions such as temperature and water availability hinder production. In this context, strategies that combine the cultivation of the cashew tree under water stress with different clones are important for the expansion of irrigated agriculture. The objective of this study was to evaluate the levels of photosynthetic pigments in clones of dwarf early cashew subjected to different irrigation depths during the seedling formation phase. The research was conducted in a protected environment at the experimental farm of the Center for Agro-food Science and Technology at the Federal University of Campina Grande in São Domingos – PB. The treatments consisted of the combination of five irrigation depths (40, 60, 80, 100, and 120% of the crop evapotranspiration - ETC) and three clones of dwarf early cashew (Faga 11, Embrapa 51 and BRS 226), with three repetitions and three plants per plot, totaling 135 experimental units. Irrigation with up to 84% of the crop's evapotranspiration results in higher chlorophyll a levels in the Faga 11 and BRS 226 clones. The synthesis of carotenoids is stimulated under irrigation with a water depth of up to 100% of the crop's evapotranspiration, at 71 days after sowing.

KEYWORDS: Dwarf cashew tree, chlorophyll, water scarcity.

INTRODUÇÃO

O semiárido do nordeste brasileiro enfrenta desafios relacionados às condições climáticas que proporcionam escassez hídrica em decorrência da irregularidade das chuvas e elevadas temperaturas na maior parte dos meses do ano (Campos et al., 2022; Fátima et al., 2024).

As limitações hídricas dificultam a expansão do cultivo de frutíferas como o cajueiro anão precoce, uma frutífera de nome científico *Anacardium occidentale* L. de grande importância em especial para o nordeste, pois é a região responsável pela maior produção de castanha de caju no Brasil, em 2023 a produção chegou a 127.931 toneladas em 441.892 hectares de área colhida (IBGE 2023).

Apesar de expressivo, o comércio de caju está em recuperação devido a grandes desafios sofridos nos anos de 2012 a 2017 que geraram impactos negativos para exportação, reduzindo

o Brasil de quinto maior produtor mundial de castanha de caju para décimo quarto (ETENE, 2022).

Hoje em dia o cenário da cajucultura ainda passa por desafios devido às condições climáticas desfavoráveis como a precipitação média anual (inferior a 800 mm), evapotranspiração potencial (em média 2.000 mm/ano), altas temperaturas além e percentual de déficit hídrico diário igual ou superior a 60% (Caetano et al., 2020; Gomes et al., 2023).

O estresse hídrico desencadeia uma série de problemas obrigando-as a recorrer a mecanismos no intuito de manter-se vivas e garantir a perpetuação da espécie, como redução do potencial hídrico nas folhas e fechamento estomático prejudicando a atividade celular e processos metabólicos essenciais as plantas (Shen et al., 2017; Gonçalves, 2021).

Neste contexto, pesquisas que identifiquem clones de cajueiro anão precoce tolerantes ao estresse hídrico são uma estratégia promissora para o cultivo em áreas sujeitas às condições de escassez hídrica. Ante o exposto, objetivou-se com este trabalho avaliar os teores de pigmentos fotossintéticos de clones de cajueiro anão precoce irrigados com distintas lâminas de irrigação.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em ambiente protegido na fazenda experimental Rolando Henrique Rivas Castellón pertencente ao Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), em São Domingos –PB. O clima da região é caracterizado como AS, com estação seca (Alvares et al., 2013). Os dados referentes a temperatura máxima, mínima e umidade relativa do ar do interior do ambiente protegido estão dispostos na Figura 1.

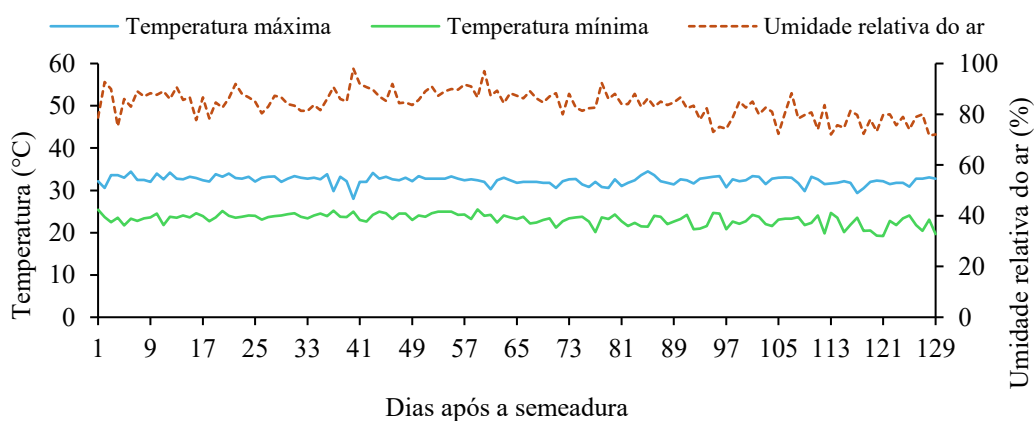


Figura 1. Dados de temperatura máxima e mínima e umidade relativa do ar durante o período de condução do experimento.

Adotou-se o delineamento em blocos casualizados, em esquema de parcela subdividida, sendo as lâminas de irrigação (40, 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura – ETc) consideradas as parcelas e os três clones de cajueiro anão precoce (Faga 11, Embrapa 51 e BRS 226) às subparcelas, com três repetições e três plantas por parcela, totalizando 135 unidades experimentais. As lâminas de irrigação foram baseadas em pesquisa desenvolvida por Roque et al. (2025) com a cultura da goiabeira e estimadas com base na evapotranspiração da cultura - ETc, de acordo com Bernardo et al. (2019), obtida pela equação:

$$ETc = ETo \times Kc \quad (1)$$

Em que:

ETc - evapotranspiração da cultura, mm dia⁻¹;

ETo - evapotranspiração de referência de Penman-Monteith, mm d⁻¹; e

Kc - coeficiente de cultivo, adimensional.

Já os clones foram definidos a partir de estudo realizado por Pereira et al. (2025) com o cajueiro anão precoce.

Antes do semeio, sacolas de polietileno com capacidade de 1,4 dm³ foram preenchidas com solo da Fazenda experimental “Rolando Henrique Rivas Castellón”. A umidade do solo foi elevada até a capacidade de campo e o peso foi aferido para o cálculo da irrigação. Em seguida, foi semeada uma semente por sacola. A diferenciação dos tratamentos ocorreu 37 dias após o semeio com a emergência das plântulas. Durante o experimento, foram realizados manejo manual de escarificação, capina e controle de espécies espontâneas conforme a necessidade.

A adubação com nitrogênio, fósforo e potássio foi realizada de acordo com recomendação de Novais et al. (1991), utilizando-se via fertirrigação 100 mg de N, 300 mg de P₂O₅ e 150 mg K₂O kg de solo. Antes do semeio o teor de umidade do solo foi elevado ao nível correspondente à capacidade de campo. Posteriormente, a irrigação foi realizada de acordo com o balanço de água na zona radicular.

Aos 71 dias após o semeio, foi quantificado os teores de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e carotenoides (CAR). Para determinação dos pigmentos fotossintéticos, foram coletados 8 discos foliares de área 1,54 cm² da terceira folha completamente expandida. Para composição das amostras, foi adicionado 6,0 mL de dimetilsulfóxido (DMSO) junto aos discos em recipientes fechados para evitar o alcance de luz e posteriormente, após 48 horas de repouso foram determinados os teores utilizando-se a metodologia de Wellburn (1994) com auxílio de um espectrofotômetro nos comprimentos de onda de 480 nm, 649 nm e 665 nm, de posse desses dados os teores pigmentos foram calculados conformes equação 1, 2 e 3:

$$\text{Clorofila a (Cl a)} = (12,21 \times \text{ABS663}) - (2,81 \times \text{ABS646}); \quad (1)$$

$$\text{Clorofila b (Cl b)} = (20,13 \times \text{ABS646}) - (5,03 \times \text{ABS663}) \quad (2)$$

$$\text{Carotenóides (CARO)} = [(1000 \times \text{ABS470}) - (1,82 \times \text{Cl a}) - (85,02 \times \text{Cl b})]/198. \quad (3)$$

Os dados foram avaliados quanto à normalidade (teste Shapiro-Wilk) e homoscedasticidade (teste de Bartlett). Em seguida, foram submetidos à análise de variância pelo teste F ($p \leq 0,05$). Nos casos de significância, foi realizado o teste de regressão polinomial ($p \leq 0,05$) para as lâminas de irrigação e teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os clones de cajueiro anão precoce, utilizando-se do software estatístico SISVAR - ESAL (Ferreira, 2019).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve interação significativa entre as lâminas de irrigação e os clones de cajueiro para os teores de clorofila a (Cl a) e b (Cl b). Já os teores de carotenóides (CARO) foram influenciados significativamente apenas pelas lâminas de irrigação.

Tabela 1. Resumo das análises de variância referentes aos teores de clorofila a (Cl a), clorofila b (Cl b) e carotenóides (CARO) em clones de cajueiro cultivados sob diferentes lâminas de irrigação aos 71 DAS.

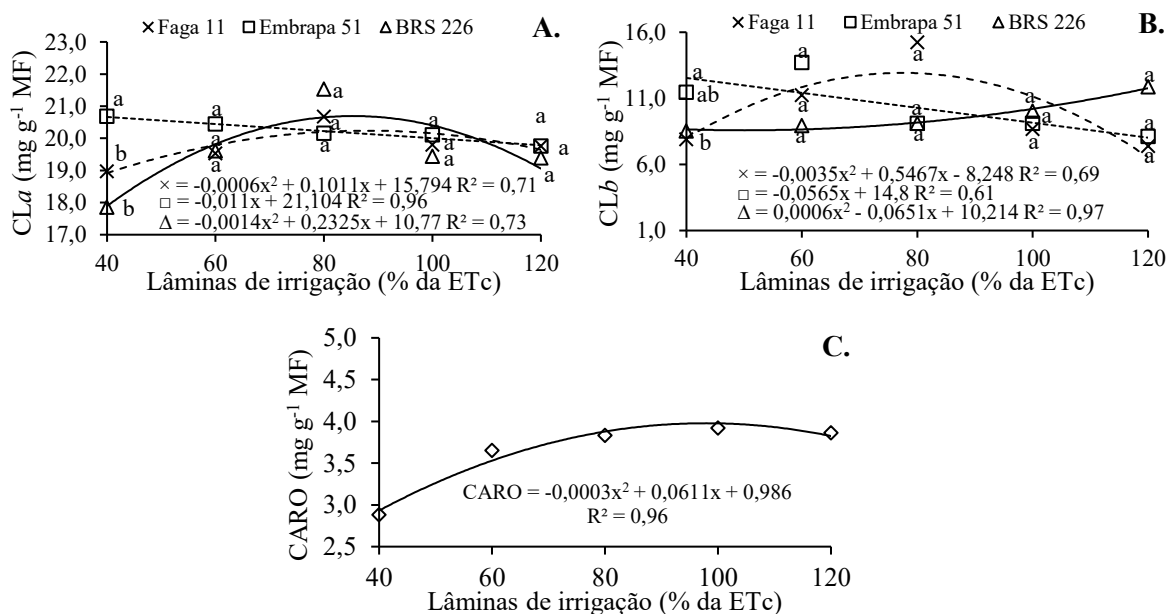
Fontes de variação	GL	Quadrados médios		
		Cl a	Cl b	CARO
Lâminas de irrigação (L)	4	3,149**	10,801*	1,666*
Regressão Linear	1	0,707 ^{ns}	5,048 ^{ns}	4,452**
Regressão Quadrática	1	8,266**	23,275*	2,007*
Resíduo	8	0,388	3,426	0,123
Clones (C)	2	1,823*	1,401 ^{ns}	0,444 ^{ns}
Lâminas × Clones (L×C)	8	1,751*	20,738**	0,354 ^{ns}
Resíduo	20	0,584	29,292	0,181
CV (L%)	-	3,14	18,47	9,67
CV (C%)	-	3,85	12,08	11,74

GL – Grau de liberdade; CV (%) - coeficiente de variação; **significativo em 0,01 de probabilidade; *significativo em 0,05 de probabilidade e ns não significativo.

Para os teores de Cl a (Figura 2A), percebe-se que para os clones Faga 11 e BRS 226 os valores máximos estimados foram de 20,05 e 20,42 mg g⁻¹ MF, obtidos em lâminas estimadas de 84 e 83%, respectivamente. Para o clone Embrapa 51 houve diminuição linear nos teores de Cl a cujo decréscimo foi de 5,85% por aumento de 20% na lâmina de irrigação. Com relação

aos efeitos dos clones em cada lâmina de irrigação (Figura 2A), nota-se que houve diferenças significativas entre o Embrapa 51 e os demais clones sob irrigação com 40% da ETc. Nas demais lâminas de irrigação não houve diferenças significativas entre os clones. Uma possível explicação para o aumento nos teores de clorofila é que as plantas acionam seus mecanismos de proteção para processo fotossintético que propicia o desenvolvimento de cloroplastos e consequentemente melhora a manutenção dos pigmentos (Silva et al., 2017).

Para os teores de Cl b (Figura 2B), constata-se que para os clones Faga 11 e BRS 226 os valores máximos estimados (13,10 e 11,04 mg g⁻¹ MF) foram alcançados sob irrigação com lâminas estimadas de 78 e 120%, respectivamente. Para o clone Embrapa 51 o aumento da lâmina de irrigação resultou em diminuição na síntese de Cl b, sendo o declínio de 0,38% por aumento de 20% na ETc. No desdobramento da interação (Figura 2B), percebe-se que sob irrigação com 40% da ETc ocorreu diferenças significativas entre os clones Embrapa 51 e BRS 226. Nas demais condições hídricas não houve diferenças significativas entre os clones estudados. A diminuição na síntese de clorofila pode estar associada a atividade da enzima clorofilase que, sob condições de estresse, causa degradação de moléculas de pigmentos e danos aos cloroplastos (Cavalcante, 2011).



Médias com letras iguais indicam que não houve diferenças significativas pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Figura 2. Teores de clorofila a – CL a (A), clorofila b – CL b (B), em função da interação entre lâminas de irrigação e clones de cajueiro anão precoce e teores de carotenoides – CARO (C) em função das lâminas de irrigação, aos 71 dias após semeio.

Para os teores de carotenoides (Figura 2C), o valor máximo estimado foi encontrado nas plantas cultivadas sob lâmina de 100% da ETc (4,096 mg g⁻¹ MF). Por outro lado, o valor

mínimo de 2,95 mg g⁻¹ MF foi obtido sob irrigação com 40% da ETc. A inibição na síntese de carotenoides pode estar associada ao aumento na produção de espécies reativas de oxigênio que, por sua vez, podem induzir a oxidação de pigmentos fotossintéticos como beta-caroteno (Dias et al., 2022).

CONCLUSÕES

A irrigação com até 84% da evapotranspiração da cultura resulta em maiores teores de clorofila a nos clones Faga 11 e BRS 226. A síntese de carotenoides é estimulada sob irrigação com lâmina de até 100% da evapotranspiração da cultura, aos 71 dias após o semeio.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao INCT em Agricultura Sustentável no Semiárido Tropical-INCTAGriS (CNPq/Funcap/Capes), processos 406570/2022-1 (CNPq) e Processo INCT-35960-62747.65.95/51 (Funcap).

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvares, C. A.; Stape, J. L.; Sentelhas, P. C.; Goçaves, J. L. M. Modeling monthly mean air temperature for Brazil. **Theoretical and Applied Climatology**, v.113, p.407-427, 2013.

Bernardo, S.; Soares, A. A.; Mantovani, E. C. **Manual de irrigação**. 9.ed. Viçosa, MG:

Caetano, T. O.; Paiva, A. L. R. de.; Silva, S. R. da.; Coutinho, A. P.; Cirilo, J.A.; Cabral, J. J da S. P. Abastecimento rural de água: uso e demanda em comunidades do Semiárido e a disponibilidade hídrica das aluviões. **Revista de Gestão de Água da América Latina**, v.17, p.1-16, 2020.

Campos, M. C. C.; Fraga, V.; Salcedo, I.; Oliveira, F.; Silva, J.; Filho, E. G. B. Agregados de solos em áreas sob distintas intensidades de uso da região semiárida do Nordeste. **Scientia Plena**, v.18, p.1-8, 2022.

Cavalcante, L. F.; Dias, T. J.; Nascimento, R.; Freire, J. L. O. Clorofila e carotenoides em maracujazeiro-amarelo irrigado com águas salinas no solo com biofertilizante bovino. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.33, p.699-705, 2011.

Dias, A. S.; Lima, G. S de; Silva, S. S da; Soares, L. A. dos A.; Chaves, L. H. G.; Gheyi, H. R.; Lacerda, C. N de; Fernandes, P. D. Gas exchange, photosynthetic pigments, and photochemical efficiency of sesame under salt stress and phosphate fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, v.43, p. 1237-1256, 2022.

Ed. UFV. 2019. 545p.

ETENE – Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste. **Cajucultura Nordestina em Recuperação**. 2022. Disponível em: https://www.bnb.gov.br/s482-dspace/bitstream/123456789/1328/1/2022_CDS_230.pdf. Acesso em: 25 de julho de 2025.

Fátima, R. T de; Lima, G. S. de; Soares, L. A dos A.; Lima, B. de M.; Pereira, M. B.; SILVA, A. A. R.; Nóbrega, J.; Paiva, F. J. da S.; Gheyi, H. R.; Souto, A. G. de L.; Nobre, R. G.; Pereira, W. E. Production and postharvest quality of sour passion fruit under deficit irrigation strategies and foliar application of ascorbic acid. **New Zealand Journal of Crop and Horticultural Science**, v.52, p.1-25, 2024.

Fátima, R. T.; Nóbrega, J. S.; Ferreira, J. T.; Celedônio, W. F.; Figueiredo, F. R. A.; Ribeiro, J. E.; Pereira, M. B.; Pereira, W. E. Physiological responses in sugar apple seedlings under irrigation with saline water and foliar nitrogen. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 17, e473, 2022.

Ferreira, D. F.; SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, p.529-535, 2019.

Gomes, P. F. de A.; Dantas, C. D. M. de S.; Aires, E. S; Ono, E. O. Salicylic acid in young ‘BRS Vitória’ vines under water stress. **SEMINA**, v.44, p. 2229-2248, 2023.

Gonçalves, T. M. A proposta de uma aula experimental em Biologia (Fisiologia Vegetal): Vivenciando o estresse abiótico em plantas de Milho (*Zea mays* L.). **Research, Society and Development**, v.10, e11210615511, 2021.

IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção de Castanha-de-caju (cultivo)**. Disponível em: <http://www.ibge.gov.br/explica/producao-agropecuaria/castanha-de-caju-cultivo/br>. Acesso em: 15 de julho de 2025.

Novais, R. F.; Neves J. C. L.; Barros N. F. Ensaio em ambiente controlado. In: OLIVEIRA A. J. (ed) **Métodos de pesquisa em fertilidade do solo**. Brasília: Embrapa SEA. p.189-253. 1991.

Pereira, A. L.; Costa T. A. R da.; Sousa, V. F de O.; Medeiros, N. C. L de.; Souza, N. P de.; Nobre, R. G.; Lima, G. S. de.; Soares, L. A. dos A. Morphophysiology of early dwarf cashew under salt stress and nitrogen and potassium fertilization. **Revista Caatinga**, v.38, e12727, 2025.

Roque, I. A.; Soares, L. A. dos A.; Lima, V. L. A de; Sousa, V. F de O.; LIMA, G. S. de.; Gheyi, H. R.; Dantas, M. V.; Ferreira, J. T. A; Torres, R. A. F.; Silva, S. T de A. Foliar application of salicylic acid mitigates water deficit in guava. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.29, e288437, 2025.

Shen, S.Y.; Wu, Y.X.; Zheng, Y.S. Review on drought response in plants from phenotype

Silva, A. R. A., Bezzera, F. M. L., de Lacerda, C. F., de Sousa, C. H. C., Chagas, K. L. Pigmentos fotossintéticos e potencial hídrico foliar em plantas jovens de coqueiro sob estresses hídrico e salino. **Revista Brasileira de Agroambiente**, v.10, p.317-325, 2017.

to molecular. **Curr. Biotechnol**, v. 7, p. 169–17, 2017.

Wellburn, A. R. The spectral determination of chlorophylls a and b, as well as total carotenoids, using various solvents with spectrophotometers of different resolution. **Journal Plant Physiol**, v.144, p.307-313, 1994.