



TURNOS DE REGA E TROCAS GASOSAS DA CAJAZEIRA EM FUNÇÃO DO TEMPO DE DÉFICIT HÍDRICO

Alan Keis Chaves de Almeida¹, Lauriane Almeida dos Anjos Soares², Luderlândio de Andrade Silva³, Lauter Silva Souto³, Rômulo Carantino Lucena Moreira³, Larissa Albuquerque Brito⁴

RESUMO: Objetivou-se com este trabalho avaliar ao longo do tempo as trocas gasosas do cajá *Spondias mombin* sob diferentes turnos de rega. O delineamento utilizado para essa situação foi o de blocos ao acaso, com esquema fatorial de 5×5 correspondendo a cinco turnos de rega (1; 2; 3; 4 e 5 dias) e cinco avaliações de trocas gasosas em tempos distintos (T1; T2; T3; T4 e T5), com quatro blocos, onde cada parcela era constituída por três unidades experimentais, em um total de 60 plantas. Foi avaliado as variáveis concentração interna de CO_2 (C_i), taxa de assimilação de CO_2 , transpiração e condutância estomática. O turno de rega quatro foi o mais indicado para a melhor eficiência das funções fisiológicas da planta.

PALAVRAS-CHAVE: *Spondias mombin*, estresse hídrico, fisiologia de planta.

WATERING SHIFTS AND GAS EXCHANGE IN CAJAZEIRA AS A FUNCTION OF WATER DEFICIT TIME

ABSTRACT: The objective of this work was to evaluate the gas exchange of cajá *Spondias mombin* over time under different irrigation shifts. The design used for this situation was randomized blocks, with a factorial scheme of 5×5 corresponding to five irrigation shifts (1; 2; 3; 4 and 5 days) and five gas exchange evaluations at different times (T1; T2; T3; T4 and T5), with four blocks where each plot consisted of three experimental units, in a total of 60 plants. The variables internal CO_2 concentration (C_i), CO_2 assimilation rate, transpiration and

¹ Graduando em Agronomia, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG – CCTA, CEP 58840-000, Pombal, PB. Fone (83) 998860321. e-mail: alankeisc@gmail.com

² Prof. Dra. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande, UFCG – CCTA Pombal, PB

³ Dr. Engenharia Agrícola, Universidade Federal de Campina Grande CTRN, UFCG, Campina Grande

⁴ Graduada em Agroecologia, Universidade Estadual da Paraíba - UEPB – CCAA – Lagoa Seca – PB

stomatal conductance were evaluated. The four most indicated watering shift for the best efficiency of the physiological functions of the plant.

KEYWORDS: *Spondias mombin*, water stress, plant physiology.

INTRODUÇÃO

Amplamente conhecida no semiárido nordestino, a cultura do cajá tem em sua exploração e manejo cultural lacunas a serem aprimoradas. Essa cultura é popularmente conhecida como taperebá e/ou cajazeira, sendo esta última comumente mais usual, indivíduo integrante do gênero das *Spondias* da família Anacardiácea (ZORTÉA et al., 2019). A exploração ainda ocorre, em sua maioria, por meio do extrativismo, mesmo havendo cooperativas que fazem a sua coleta e a destinam para a agroindústria, realizando a partir dali a preparo de poupas, iogurtes e outros subprodutos com valor agregado. A dormência existente na cultura do cajá é uma das barreiras encontradas para a sua propagação a nível comercial, mas algumas outras alternativas podem ser impostas como o uso de estaquia. Dentro do gênero *Spondias*, quatro espécies têm grande importância econômica na América tropical: *S. dulcis*, *S. Mombin*, *S. purpurea* e *S. tuberosa*. Essas espécies são cultivadas e, portanto, não estão atualmente ameaçadas de extinção. No entanto, é importante salientar que sua diversidade genética pode ser comprometida devido à destruição do habitat (MARTINS et al., 2019). O Brasil tem um amplo e crescente consumo da fruta, ainda que haja poucas informações de seu cultivo, sendo em sua maior parte descrita referente ao processamento e beneficiamento (ASSIS et al., 2020).

A cajazeira está bem adaptada a região semiárida, ainda assim para que haja um incremento significativo em sua produção podemos adotar medidas de manejo como o uso da irrigação, tendo em vista a má distribuição das chuvas nessa região, a qual circunda entre 250 a 800 mm anuais e uma evaporação na casa de 175 a 595 mm, o que pode limitar o seu desenvolvimento, principalmente pela ocasião de veraneios, ainda no período chuvoso (FAUSTINO et al., 2016). Os frutos dessa espécie são conhecidos por diversos nomes, incluindo cajá e cajá verdadeiro, variando de acordo com a região. Essas frutas possuem um alto potencial de uso na agroindústria devido à excelente qualidade nutricional de sua polpa, que é rica em carotenoides, açúcares e vitaminas A e C. Em particular, a fruta mombin amarela apresenta características altamente desejáveis para a industrialização. A farinha obtida por meio de processos de desidratação desse fruto é uma alternativa valiosa na indústria alimentícia, pois permite a utilização eficiente de subprodutos (SILVA, 2021).

Devido a sua estrutura radicular denominada de xilopódios a planta pode se sobressair quando essa escassez não se apresenta com tanta severidade, expressando assim um excelente resultado em suas taxas fisiológicas quando adicionada uma irrigação bem manejada. A estimativa é que uma área de cajazeira enxertada pode, quando em condições favoráveis, alcançar uma produtividade por hectare de 6,2 toneladas, tendo uma distribuição de plantas de 5 x 5 m onde a produção média chega a 40 kg planta⁻¹, o pomar alcançara a sua estabilização produtiva no oitavo ano de cultivo (EMBRAPA, 2022). Desta forma o presente trabalho tem por finalidade representar as taxas fisiológicas dessa cultura quando submetida a manejos de irrigação, caracterizada por diferentes turnos de rega, visando assim, uma melhoria no seu desenvolvimento, e posteriormente, a sua produtividade.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi desenvolvido em casa de vegetação no Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar – CCTA, da Universidade Federal de Campina Grande - UFCG, localizado no município de Pombal, Paraíba, PB, sob coordenadas geográficas 6°47'20" de latitude S e 37°48'01" de longitude W, a uma altitude de 194 m. Utilizou-se um delineamento experimental em blocos casualizados, com esquema fatorial 5 x 5 referentes a cinco turnos de rega (1; 2; 3; 4 e 5 dias) e cinco avaliações em tempos distintos (T1; T2; T3; T4 e T5) com quatro repetições, totalizando 60 parcelas experimentais. O semeio foi realizado em bandejas de polietileno contendo cada uma destas 162 células, onde a capacidade de substrato individual foi de 50 cm³. Os frutos foram coletados de forma manual de diferentes árvores de cajá, nas primeiras horas do dia, onde foram coletados em estágio de maturação maduro (coloração amarelada). A identificação e confirmação dos frutos considerados maduros, foram realizadas por meio da observação da queda natural deles, localizados embaixo das árvores. As coletas foram realizadas conforme as normas do SisGen (Sistema Nacional de Gestão do Patrimônio Genético e do Conhecimento Tradicional Associado, Decreto nº 8.772, de 11 de maio de 2016, que regulamenta a Lei nº 13.123, de 20 de maio de 2015).

Após a coleta, os frutos maduros foram cuidadosamente armazenados em sacos plásticos devidamente identificados e transportados para o Laboratório de Hidráulica, localizado na Universidade Federal de Campina Grande (UFCG). Os frutos foram submetidos a um processo de preparação. Primeiramente, foram lavados para eliminar quaisquer resíduos de polpa, utilizando-se água corrente. Em seguida, a polpa foi removida manualmente, assegurando que

os frutos estivessem completamente limpos. Logo após, as sementes foram separadas e cuidadosamente limpas. Em seguida, foram colocadas para secar ao sol durante um período de 48 horas (dois dias). Após o processo de secagem, dentre as 1000 unidades coletadas, foi feita uma seleção minuciosa das sementes, levando em conta o tamanho e a cor, para determinar a quantidade ideal a ser utilizada no experimento. Com base nessa seleção, deu-se início à instalação do experimento. O transplântio ocorreu aos 40 dias após semeadura (DAS), onde as plantas já apresentavam três pares de folhas verdadeiras. O preparo do substrato se deu com 15 dias antecedendo o semeio para que ocorresse a encubação do fósforo, em proporções definidas de 2:1:1 (duas partes de solo, uma de esterco bovino e uma de areia lavada). Após isso as mudas foram transplantadas para sacolas com capacidade de 7 dm³ de substrato contendo a mesma composição das bandejas a adubação foi feita de acordo com a recomendação utilizada para vasos indicada por Novais et al. (1991) foi de 100 mg de N, 300 mg de P₂O₅ e 150 mg de K₂O por dm⁻³ de solo.

Antes do início dos tratamentos as mudas receberam a irrigação visando manter o substrato na capacidade máxima de retenção de água, aos 10 dias após o transplântio (DAT) tiveram início os tratamentos com intervalo de 10 dias as avaliações com o analisador de fotossíntese – IRGA, sendo realizadas cinco leituras ao longo do experimento, avaliando as seguintes variáveis: concentração interna de CO₂ (C_i), transpiração (E), condutância estomática (g_s) e taxa de assimilação de CO₂ (A). Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância (teste 'F'), nos casos de significância realizou-se o teste Tukey ($p \leq 0,05$) para os tratamentos estudados utilizando-se o software estatístico SISVAR-ESAL (FERREIRA, 2019).

O solo utilizado e suas características químicas descrito na (Tabela 1), para a formação do substrato foi retirado da fazenda experimental da Universidade Federal de Campina Grande, situado a uma distância de 25 quilômetros da sede, no município de São Domingos de Pombal, o mesmo foi retirado a uma profundidade de 0,03 m e posteriormente encaminhado para o Laboratório de Solos e Nutrição de Plantas do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande. O mesmo foi classificado como Neossolo Flúvico (SANTOS et al., 2018) e Entisol (SOIL SURVEY STAFF, 2014). O clima da região é Bsh (Sistema de Classificação de Köppen), semiárido, com média anual de precipitação menor que 1000 mm e média anual da temperatura do ar superior a 25°C.

Tabela 1. Números resultantes de análise química do solo realizadas anterior ao início do experimento. Pombal, PB, 2023.

pH	M.O.	P	H ⁺ +Al ³⁺	Al ³⁺	K ⁺	Ca ⁺	Mg ⁺	Na ⁺	SB	CTC	V
CaCl ²	g dm ⁻³	mg dm ⁻³cmolc dm-3.....							%	
6,9	7,7	271	0,5	0,1	4,8	5	3,9	2	16,6	17,1	0,972

*pH em CaCl₂ 0,01 mol L⁻¹, Relação 1:2,5; P, K, Na, Fe, Mn, Cu e Zn = Extrator Mehlich I; CTC (T) = Capacidade de Troca Catiônica a pH7,0; Ca, Mg e Al = Extrator: KCl – 1 mol L⁻¹; H+Al = extrator acetato de cálcio 0,5 mol L⁻¹; V = Índice de Saturação de Bases; Mat. Org. (MO) = Oxidação: K₂Cr₂O₇ + H₂SO₄; SB = Soma de Bases Trocáveis. Referência: EMBRAPA - Manual de métodos e análise de solos, 3ª Edição, 2017.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Observou-se efeito significativo ($p \leq 0,01$) na interação entre a frequência de irrigação e tempos de avaliações para taxa de assimilação de CO₂ (A) (Tabela 2). Isoladamente, verificou-se efeito significativo nos tempos de avaliação e frequência de irrigação para a concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ (A) ($p \leq 0,01$).

Tabela 2. Resumo da análise de variância para as variáveis de concentração interna de CO₂ (Ci), transpiração (E), condutância estomática (gs) e taxa de assimilação de CO₂ (A), aos 90 dias após o transplante, submetida a frequência de irrigação e tempos de avaliações distintas.

Fonte de variação		Quadrados Médios			
		Ci	E	gs	A
Tempo	4	0.001357**	0.934473**	0.007405**	70.558271**
Frequência	4	0.000774**	1.087643**	0.004910**	27.662794**
Interação (TxF)	16	0.000155 ^{ns}	0.225617 ^{ns}	0.001199 ^{ns}	8.223155**
Bloco	3	0.000244 ^{ns}	0.778060**	0.004433 ^{ns}	5.536816 ^{ns}
Resíduo	72	0.000097	0.172896	0.000799	2.374016
CV (%)	-	24,98	22,43	28,70	17,43

^{ns}, **, * respectivamente não significativo, significativo a $p < 0,01$ e $p < 0,05$.

Na Figura 1A observa-se a interação entre os tempos de avaliação e a frequência, quando relacionadas a taxa de assimilação de CO₂, onde a maior média foi obtida no tempo de avaliação quatro sob o turno de rega de três dias, com valor correspondente de 12,04 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, não diferindo estatisticamente entre os tempos e turnos um e dois cujos valores correspondem 11,94 e 11,9 de $\text{CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. Fazendo uma análise mais detalhada podemos definir os tempos e os turnos um, dois, três e quatro como tendo uma maior similitude em suas médias, não havendo diferenças estatísticas entre si, apresentando médias de 9,33; 10,5; 11,13 e 10,57 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, respectivamente. A menor média observada foi para o quinto turno de rega no tempo cinco. Um fenômeno importante para as plantas sob estresse é a regulação da condutância estomática (VINEETH et al., 2016; SILVA et al., 2019). Desta forma, os estômatos por sua vez acabam que se retraindo de forma parcial reduzindo assim variáveis como

a “gs” e conseqüentemente um decréscimo da “E”, logo acabando por resultar em um acúmulo de energia no indivíduo, o qual deve ser eliminado com atenção, pois podem ser observadas reações em seus centros fotossintéticos (PINHEIRO & CHAVES, 2011; DIAS et al., 2019).

Obteve-se a média de 3,41 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, a qual não difere de forma estatística do tempo um e turno cinco. Ainda na Figura 1 e também na 2 os fatores representados pelos gráficos B, C, D, E, F e G se comportaram de forma individual quando correlacionados entre os tempos e turnos avaliados, onde para a variável C_i do gráfico (B), se obteve a melhor média com relação ao tempo de avaliação no T3 apresentando valor de 253,55 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ não diferindo na estatística dos tempos T1 e T2, já para a frequência de irrigação no Gráfico (C), o melhor turno foi o F1 243,7 $\mu\text{mol de CO}_2 \text{ m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ não havendo diferencial estático com relação aos turnos F2, F4 e F5. Conforme mencionado por Angelocci (2002), o controle das trocas gasosas é um dilema para as plantas, pois elas precisam regular fluxos opostos de forma a manter o equilíbrio hídrico e de carbono, garantindo assim a máxima eficiência na utilização dessas substâncias. Esse delicado equilíbrio é fundamental para o bom funcionamento das plantas, garantindo que elas possam realizar a fotossíntese com eficiência para produzir energia, evitando perdas excessivas de água, principalmente em ambientes onde a disponibilidade hídrica é limitada. Portanto, as plantas devem regular com precisão as trocas gasosas para manter um equilíbrio de água e carbono em condições favoráveis para maximizar o uso dessas substâncias. É necessário para o crescimento, desenvolvimento e sobrevivência das plantas em diferentes condições ambientais.

No que condiz a transpiração Gráfico (D), para o fator tempo, a melhor média observada foi a T2 com 2,15 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ não diferindo do T4, na fonte frequência Gráfico (E) o maior valor foi no F1 2,1 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ o qual não difere estatisticamente das frequências F2, F3 e F4. O Gráfico (F) representando a contundência estomática obteve melhor resultado referente a tempo de avaliação no T2 - 0,119 $\text{mol de H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$, não havendo diferença estatística entre os tempos T3 e T4, já para a frequência de irrigação na Gráfico (G) a melhor média foi obtida no F1 0,113 $\text{H}_2\text{O m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ se comportando semelhante as variáveis “E” onde aquela não difere das frequências F2, F3 e F4. A presença de um fluxo incompatível que pode ocorrer entre os sistemas denominados solo-planta-água pode afetar diretamente a fotossíntese devido à resistência encontrada pela pressão osmótica, pois nesse desbalanço há a ocorrência de um desequilíbrio na relação de absorção de água em função das raízes e a transpiração (RIBEIRO et al., 2009).

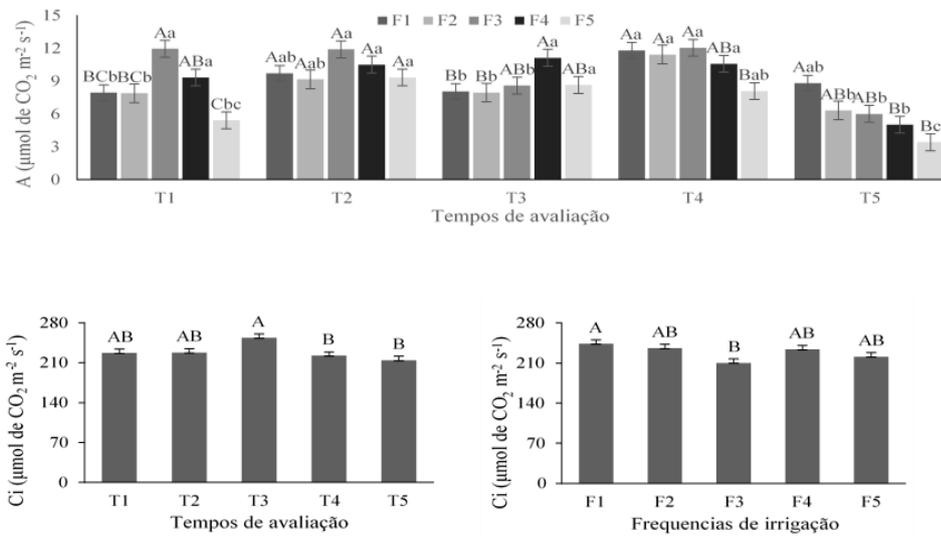


Figura 1. Taxa de assimilação de CO₂ (A) e Concentração interna de CO₂ (Ci).

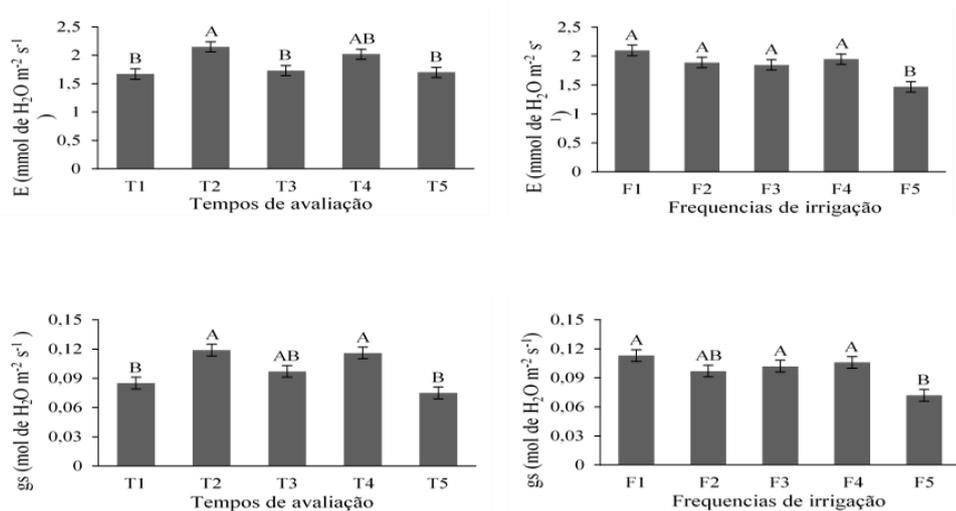


Figura 2. Transpiração (E) e Contundância estomática (gs).

CONCLUSÕES

Pode-se afirmar que a melhor indicação para o cultivo, em virtude de uma maior eficiência nas atividades fisiológicas da planta, observou-se no turno de rega quatro, onde foi melhor evidenciado uma similaridade nos valores obtidos quando comparados com os demais turnos, melhorando assim a logística de irrigação em campo sem afetar o metabolismo da planta, apenas no fator tempo de avaliação para a variável Ci o T3 obteve a melhor média, não diferenciando-se do T1 e T2.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANGELOCCI, L. R. **Água na planta e trocas gasosas / energéticas com a atmosfera: introdução ao tratamento biofísico**. Piracicaba: Angelocci, L. R. 2002. 272 p.
- ASSIS, J. P.; SOUSA, R. P.; LINHARES, P. C. F.; CARDOSO, E. A.; PAULA, J. A. A.; ALVES, L. S.; PEREIRA, M. F. S.; SILVA, C. C.; NOGUEIRA, G. S. L. R.; SILVA, M. B. A. Biometry of the characteristics of cajazeira (*Spondias mombin* L.) stone in Northeast Brazil. **Journal of Agricultural Science**, v. 12, n. 1, p.1-15, 2020.
- EMBRAPA. **Tecnologias aumentam produção de cajá no Nordeste em até cinco vezes**. 2022. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/busca-de-noticias/-/noticia/69355100/tecnologias-aumentam-producao-de-caja-no-nordeste-em-ate-cinco-vezes>>. Acessado em: 18 mar. 2023.
- FAUSTINO, J. C. S.; LIMA, P. V. P. S.; CASIMIRO FILHO, F.; RODRIGUES, M. I. V. Convivência com a escassez de água: a importância do capital social nas áreas susceptíveis à desertificação no Semiárido. **Sustentabilidade em Debate**, v.7, p.114-134, 2016.
- FERREIRA, D. F. SISVAR: A computer analysis system to fixed effects split plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, v.37, n.4, p.529-535, 2019.
- MARTINS, C. C. SILVA, G. Z.; DURIGEN, L. D.; VIEIRA, R. D. Tratamentos pré-germinativos em sementes de cajá (*Spondias mombin* L.). **Ciência Florestal**, v. 29, p. 363-370, 2019.
- RIBEIRO, R. V.; MACHADO, E. C.; SANTOS, M. G.; OLIVEIRA, R. F. Photosynthesis and water relations of well-watered orange plants as affected by winter and summer conditions. **Photosynthetica**, v. 47, n. 2, p. 215-222, 2009.
- SILVA, A. A. R. DA; CAPITULINO, J. D.; LIMA, G. S. DE; AZEVEDO, C. A. V. DE; VELOSO, L. L. DE S. Tolerance to salt stress in soursop seedlings under different methods of H₂O₂ application. **Revista Ciência Agronômica**, v. 52, n. 3, p. 19, 2021.
- ZORTÉA, K. É. M.; BANDINI, A. A.; BARBOZA, R. R.; ROCHA, B. V. D.; HOOGERHEIDE, E. S. S. Meiotic Behavior and Pollen Viability of *Spondias mombin* L.: Native Fruit Species of the Amazon. **Floresta e Meio Ambiente**, v. 26, n.3, p. 20180375 2019.