

**TEMPERATURA FOLIAR E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA EM MUDAS DE
ANADENANTHERA COLUBRINA SOB SOMBREAMENTO ARTIFICIAL E
IRRIGAÇÃO COM ÁGUAS SALOBRAS**

Luciana Luzia Pinho¹, Claudivan Feitosa De Lacerda², João Alencar De Sousa³, Antônio Marcos Esmeraldo Bezerra⁴, Eduardo Santos Cavalcante⁵, Adriana Cruz De Oliveira⁶

RESUMO: No Semiárido brasileiro, o desenvolvimento da maioria das espécies vegetais é limitado devido às condições climáticas predominantes da região, como altas temperaturas, salinidade, radiação solar e déficit hídrico, o que compromete o estabelecimento de espécies não adaptadas. Assim, objetivou-se avaliar os efeitos do sombreamento artificial e da irrigação com águas salobras sobre a temperatura foliar e as eficiências momentânea e intrínseca do uso da água de mudas de *Anadenanthera colubrina*. O experimento foi conduzido no núcleo de ensino e pesquisa em agricultura urbana da Universidade Federal do Ceará. O delineamento experimental utilizado foi em blocos casualizados no esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram formadas por quatro níveis de sombreamento: 0 (pleno sol), 30, 50 e 70% e as subparcelas foram formadas por cinco níveis de salinidade da água de irrigação: 0,4; 1,2, 2,6; 3,8 e 5,2 dS.m⁻¹. Aos 30 dias após o início dos tratamentos salinos foram determinadas a temperatura foliar e a eficiência do uso da água. O sombreamento de 50% favoreceu as trocas gasosas das mudas de *A. colubrina*. Contudo, o Angico se mostrou eficiente mesmo sob condições estressantes, apresentando uma maior eficiência do uso da água nos menores níveis de sombreamento e maiores níveis de salinidade.

PALAVRAS-CHAVE: Angico Branco, Radiação solar, Salinidade

**LEAF TEMPERATURE AND EFFICIENCY OF WATER USE IN SEEDLINGS OF
ANADENANTHERA COLUBRINA UNDER ARTIFICIAL SHADING AND
IRRIGATION WITH BRACKISH WATER**

¹ Mestra em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC. E-mail: englucianaufc@gmail.com

² Professor Titular, Departamento de Engenharia Agrícola-UFC, Fortaleza, CE

³ Pesquisador, Embrapa Agroindústria Tropical, Fortaleza, CE

⁴ Professor Adjunto, Departamento de Fitotecnia-UFC, Fortaleza, CE

⁵ Doutor em Engenharia Agrícola, Departamento de Engenharia Agrícola, UFC

⁶ Mestranda, Departamento de Engenharia Agrícola-UFC, Fortaleza, CE

ABSTRACT: In the Brazilian semiarid region, the development of most plant species is limited due to the prevailing climatic conditions in the region, such as high temperatures, salinity, solar radiation and water deficit, which compromise the establishment of non-adapted species. Thus, the objective was to evaluate the effects of artificial shading and irrigation with brackish water on leaf temperature and the momentary and intrinsic efficiencies of water use in *Anadenanthera colubrina* seedlings. The experiment was conducted at the teaching and research center in urban agriculture at the Federal University of Ceará. The experimental design used was in randomized blocks in a split-plot scheme with four replications. The plots were formed by four shading levels: 0 (full sun), 30, 50 and 70% and the subplots were formed by five levels of irrigation water salinity: 0.4; 1.2, 2.6; 3.8 and 5.2 dS.m⁻¹. At 30 days after the beginning of the saline treatments, leaf temperature and water use efficiency were determined. The 50% shading favored the gas exchange of *A. colubrina* seedlings. However, Angico proved to be efficient even under stressful conditions, showing greater water use efficiency at lower shading levels and higher salinity levels.

KEYWORDS: Angico Branco, Solar radiation, Salinity

INTRODUÇÃO

O Angico Branco (*Anadenanthera colubrina*) é uma espécie arbórea nativa do Brasil que possui ampla distribuição pelo território nacional, sendo encontrada em vários biomas, dentre eles, a Caatinga. As espécies nativas desse bioma são adaptadas às condições ambientais severas, como baixa disponibilidade hídrica, alta radiação solar e altas temperaturas (SANTOS et al., 2020).

Devido à baixa disponibilidade hídrica na Região Nordeste, a utilização de águas salobras na irrigação tem se tornado uma alternativa viável, sobretudo para os pequenos agricultores que muitas vezes dispõem de poços com água de qualidade inferior (NANGIA et al., 2018). Embora a salinidade seja um dos fatores abióticos que mais limitam o desenvolvimento das plantas, é possível utilizar as águas salobras na irrigação de mudas de espécies nativas sem causar danos na produtividade ou no solo (CAVALCANTE et al., 2021).

Os altos níveis de radiação solar, altas temperaturas e alto déficit de pressão de vapor (DPV) que caracterizam o clima semiárido são outros fatores importantes a serem considerados principalmente por acentuar o estresse nas plantas e reduzir a sua produtividade (AHEMD et al., 2016). Dessa forma, o sombreamento artificial entra como uma estratégia para mitigar os efeitos diretos da radiação solar e propiciar um ambiente adequado para o desenvolvimento das

plantas, visto que proporciona maiores níveis de umidade tanto do solo quanto do ar, menores temperaturas e menores níveis de radiação incidente (TEIXEIRA et al., 2021). Nesse contexto, o objetivo do presente trabalho foi avaliar os efeitos do sombreamento artificial e os impactos da irrigação com águas salobras sobre as respostas fisiológicas de mudas de *Anadenanthera colubrina*.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no Núcleo de Ensino e Pesquisa em Agricultura Urbana (NEPAU) pertencente ao Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal do Ceará (UFC), Campus do Pici, Fortaleza-Ceará, no período de setembro a novembro de 2020.

O delineamento experimental utilizado foi em blocos inteiramente casualizados no esquema de parcelas subdivididas com quatro repetições. As parcelas foram formadas por quatro níveis de sombreamento: 0 (pleno sol), 30, 50 e 70% e as subparcelas foram formadas por cinco níveis crescentes de salinidade da água de irrigação: 0,4; 1,6; 2,8; 4,0 e 5,2 dS.m⁻¹, totalizando 80 unidades experimentais.

As mudas de Angico foram produzidas em casa de vegetação com telado com 50% de sombreamento. As sementes foram semeadas em bandejas de isopor de 128 células contendo substrato composto por arisco, vermicomposto e Argissolo vermelho-amarelo na proporção 1:1:1. Aos 10 dias após a semeadura as mudas foram selecionadas de acordo com a sua uniformidade e repicadas para vasos de polietileno de 7 litros preenchidos com uma camada de 0,5 L de brita nº 0 no fundo e substrato composto por arisco, vermicomposto e Argissolo vermelho-amarelo na proporção 7:1:2.

As irrigações foram realizadas de forma manual, com turno de rega de 2 dias, sendo a quantidade de água aplicada determinada com base no consumo hídrico das mudas. Foi adotada uma fração de lixiviação de 15% para evitar o acúmulo excessivo de sais na zona radicular das mudas. A água salobra utilizada em cada irrigação foi obtida por meio da dissolução dos sais NaCl, CaCl₂.2H₂O e MgCl₂.6H₂O na proporção 7:2:1 adicionados à água de poço de condutividade elétrica inicial de 0,4 dS.m⁻¹. A proporção utilizada é uma aproximação representativa da maioria das fontes de água disponível para irrigação na Região Nordeste do Brasil (MEDEIROS, 1992).

As trocas gasosas foliares foram determinadas aos 30 dias após o início da aplicação dos tratamentos salinos utilizando um medidor de gás infravermelho-IRGA (LI-6400XT, Li-Cor, EUA). As leituras foram realizadas no período da manhã, entre 08:00 e 10:00h, nas folhas

completamente expandidas de cada planta e em condições ambientes de temperatura e umidade relativa do ar. A partir dos valores de fotossíntese (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e condutância estomática (g_s , $\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) foram determinadas a eficiência instantânea ($A.E^{-1}$) e intrínseca do uso da água ($A.g_s^{-1}$).

Foi realizada a estatística descritiva dos dados (índices de simetria e curtose) e quando atestada a distribuição normal os dados foram submetidos à análise de variância. Quando significativos pelo teste F, os dados foram submetidos à análise de regressão, adotando-se o modelo matemático com base na significância e no coeficiente de determinação. As análises foram realizadas utilizando o software estatístico SISVAR versão 5.6 (FERREIRA, 2011).

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A temperatura foliar foi influenciada significativamente pelos efeitos isolados dos fatores sombreamento x salinidade ($p < 0,01$). Observou-se um ajuste quadrático das médias com o aumento dos níveis de sombreamento (Figura 1A), com os menores valores de temperatura foliar observados com 47,5% de sombreamento. Com relação à salinidade (Figura 1B), as médias se ajustaram a um modelo linear crescente, evidenciando que a temperatura foliar aumentou nas plantas que estavam submetidas aos tratamentos com maior salinidade. Observa-se um incremento de $0,18 \text{ }^\circ\text{C}$ para cada aumento unitário da condutividade elétrica da água (CEa).

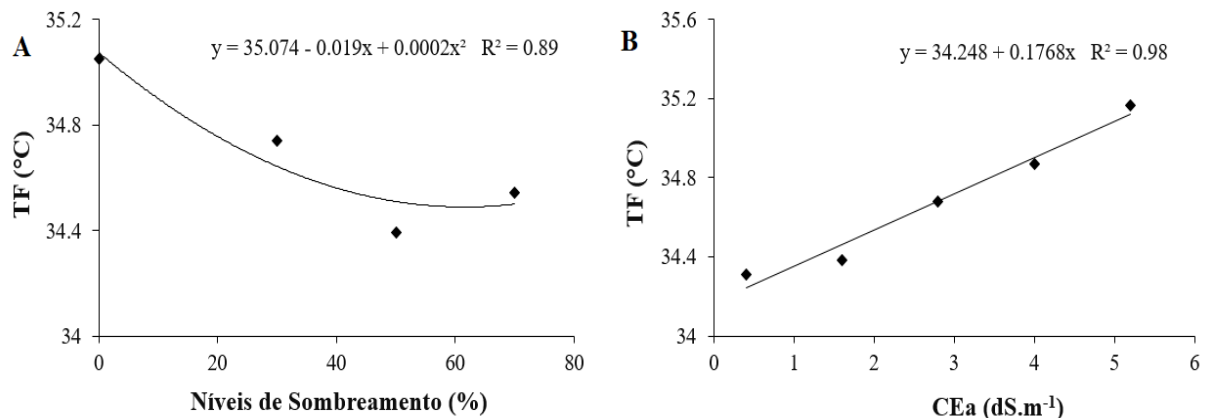


Figura 1. Temperatura foliar (TF) em mudas de *Anadenanthera colubrina* em função de diferentes níveis de sombreamento (A) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (B).

O comportamento da temperatura foliar tanto nos ambientes com maior exposição à radiação solar quanto nos maiores níveis de salinidade é atribuído às limitações estomáticas, em decorrência da baixa disponibilidade de água para as plantas em ambas as situações, seja pelas altas taxas de evaporação devido às altas temperaturas quanto pelo efeito osmótico dos

sais da água de irrigação (FIGUEIREDO et al., 2019). Quando há baixa disponibilidade hídrica, ocorre a redução da taxa transpiratória das plantas, reduzindo a dissipação do calor latente e culminando no aumento da *TF* (OLIVEIRA et al., 2020).

A associação de fatores como altas temperaturas foliares juntamente com o estresse salino podem reduzir drasticamente o crescimento e o desenvolvimento das plantas, visto que a assimilação de CO₂ está diretamente relacionada com boa disponibilidade hídrica, que é afetada pela alta exposição à radiação solar e pelo efeito osmótico do sal, comprometendo inclusive o estabelecimento das plantas na sua fase inicial de desenvolvimento (MORAIS et al., 2017).

Além disso, em locais com limitação de água o fechamento dos estômatos reduzem a capacidade de resfriamento evapotranspirativo das folhas, aumentando o estresse térmico na folha, culminando no aumento da temperatura foliar (ENGINEER et al., 2016; FIGUEIREDO et al., 2019). Os autores citados anteriormente ressaltam que o estresse térmico associado com o déficit hídrico e o aumento das temperaturas pode comprometer seriamente o desenvolvimento de plantas que estão sob estas condições.

Durante o período experimental, foi quantificado o consumo hídrico das mudas de cada tratamento, onde observou-se que mesmo com menor consumo hídrico do que os ambientes com maior radiação incidente, o sombreamento de 50% apresentou os menores valores de temperatura foliar, possivelmente devido à melhoria das condições ambientais (CRUZ et al., 2020). Esse resultado evidencia que o uso do sombreamento artificial é vantajoso para as condições semiáridas e inclusive para o uso de águas salobras na irrigação, uma vez que reduz o consumo hídrico possibilitando a economia de água de boa qualidade.

A eficiência momentânea do uso da água apresentou significância estatística ($p < 0,05$) apenas para o fator sombreamento de forma isolada, onde observa-se um ajuste linear decrescente com o aumento dos níveis de sombreamento (Figura 2). Verifica-se que as plantas que estavam a pleno sol foram mais eficientes, apresentando 25,8% a mais de aproveitamento da água quando comparadas com as plantas do maior nível de sombreamento (70%), que apresentaram as menores médias.

Estes resultados se devem ao fato de que a radiação solar influencia a ação estomática, principalmente a intensidade luminosa e a temperatura. Dessa forma, plantas submetidas aos maiores níveis de radiação solar sofrem maior influência do déficit de pressão de vapor (DPV), levando ao fechamento estomático para reduzir as perdas de água, conseqüentemente aumentando a eficiência do uso da água. Pompelli et al. (2010) afirmam que este incremento nos valores de eficiência no uso da água é justificado pelo fato de que o fechamento estomático afeta mais a saída da molécula de água do que a quantidade de CO₂ fixado.

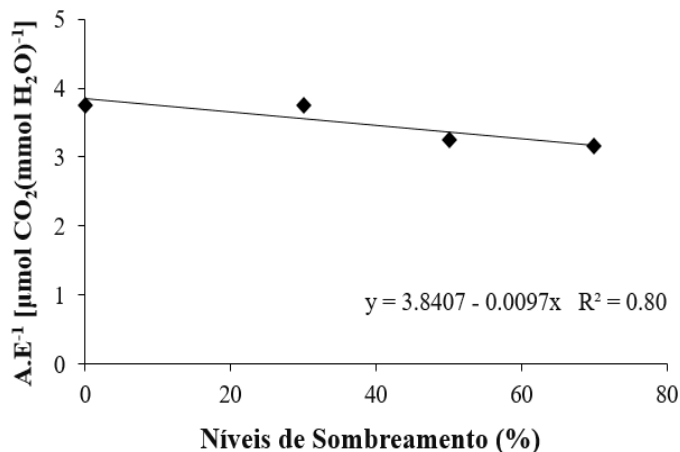


Figura 2. Eficiência instantânea do uso da água (A.E⁻¹) em mudas de *Anadenanthera colubrina* em função de diferentes níveis de sombreamento.

Os maiores valores de eficiência do uso da água nos ambientes com maior incidência de radiação solar ocorrem em decorrência da baixa disponibilidade hídrica presente no solo salino, influenciando no fechamento estomático para reduzir a transpiração (SANTOS et al., 2017). A maior condutância estomática observada nos ambientes mais sombreados também contribuiu para a redução dos valores de eficiência momentânea no uso da água nessas situações, uma vez que a g_s pode ter sido maior que o necessário para atingir a máxima absorção de CO₂ para a fotossíntese, consequentemente reduzindo os valores de A.E⁻¹ (LAWSON & MATTHEWS, 2020).

A eficiência intrínseca do uso da água reduziu substancialmente com o aumento dos níveis de sombreamento, adequando-se num modelo linear decrescente (Figura 3A). Observa-se maiores valores no ambiente a pleno sol, com 95,8 μmol CO₂.(mol m⁻² s⁻¹)⁻¹, enquanto que as menores médias foram observadas no maior nível de sombreamento (72,75 μmol CO₂.(mol m⁻² s⁻¹)⁻¹). Foram observados acréscimos na eficiência intrínseca do uso da água com o aumento da condutividade elétrica da água de irrigação (Figura 3B), estimados em de 4,57 μmol CO₂.(mol m⁻² s⁻¹)⁻¹ para cada aumento nos níveis salinos.

Com relação aos níveis de sombreamento, é possível observar que a relação A.g_s⁻¹ foi superior nos ambientes com maiores níveis de radiação solar, em decorrência do fechamento estomático. Assim, o excesso de radiação absorvido pela planta promove um aumento na sua temperatura, que juntamente com a alta irradiância ocasionam o fechamento estomático.

Já para as respostas obtidas para o fator salinidade, observa-se que as médias se ajustaram a um modelo linear decrescente à medida em que se eleva a concentração de sais da água de irrigação. Este comportamento pode ser justificado pelo fato de que a abertura e o fechamento estomático regulam as trocas gasosas foliares, onde sob condições estressantes diminuem a

perda de água por meio do maior grau de fechamento dos estômatos e consequentemente a absorção de CO₂ é restringida.

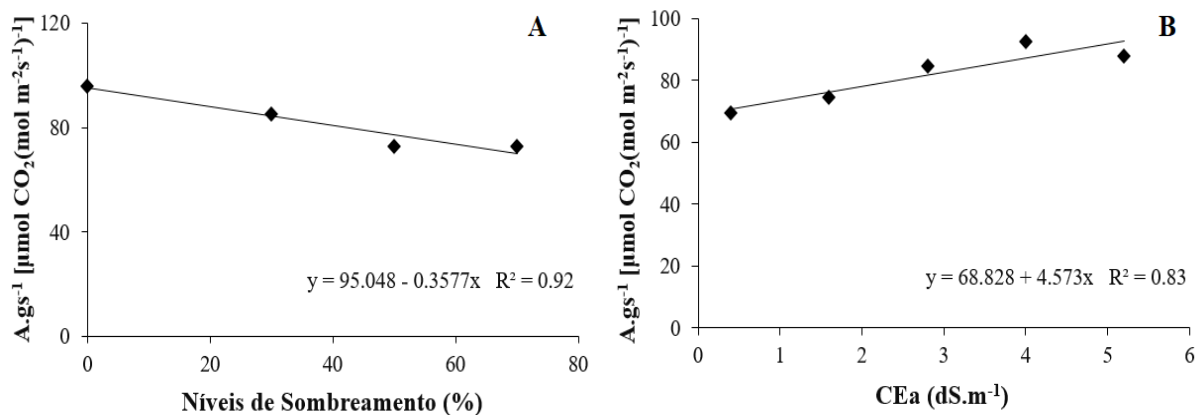


Figura 3. Eficiência intrínseca do uso da água (A.gs⁻¹) em mudas de *Anadenanthera colubrina* em função de diferentes níveis de sombreamento (A) e condutividade elétrica da água de irrigação (CEa) (B).

Dessa forma, as maiores eficiências intrínsecas no uso da água indicam maior quantidade de CO₂ em detrimento da menor perda de água (TAIZ et al., 2017). Na fase inicial de estresse por déficit de água, a condutância estomática decresce mais rápido do que a taxa de assimilação fotossintética, justificando os maiores valores de A.gs⁻¹ a pleno sol e nos maiores níveis de salinidade (CHAVES & OLIVEIRA, 2004).

CONCLUSÕES

O uso do sombreamento artificial reduziu a temperatura foliar das mudas de *A. colubrina*, sendo o nível de 50% o mais favorável. Contudo, as mudas de *A. colubrina* apresentaram maior eficiência instantânea e intrínseca do uso da água nos ambientes com maiores níveis de radiação incidentes (pleno sol e 30%) e nos maiores níveis de salinidade (4,0 e 5,2 dS.m⁻¹), indicando que mesmo sob condições estressantes, o Angico consegue utilizar a água disponível de forma eficiente.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à Embrapa Agroindústria Tropical, ao CNPq, à CAPES, à ADECE e ao INCTSal pelo apoio financeiro e pela concessão da bolsa de estudos.

REFERÊNCIAS

- AHEMD, H. A.; AL-FARAJ, A. A.; ABDEL-GHANY, A. M. Shading greenhouses to improve the microclimate, energy and water saving in hot regions: a review. **Scientia Horticulturae**, v. 201, p. 36-45, 2016.
- BESSA, M. C.; LACERDA, C. F.; AMORIM, A. V.; BEZERRA, A. M. E.; LIMA, A. D. Mechanisms of salt tolerance in seedlings of six woody native species of the Brazilian Semi-arid. **Revista Ciência Agronômica**, v. 48, n. 1, p. 157-165, 2017.
- CAVALCANTE, E. S.; LACERDA, C. F.; COSTA, R. N. T.; GHEYI, H. R.; PINHO, L. L.; BEZERRA, F. M. S.; OLIVEIRA, A. C. Supplemental irrigation using brackish water on maize in tropical semi-arid regions of Brazil: yield and economical analysis. **Scientia Agricola**, v. 78, supl. 2021.
- CHAVES, M. M.; OLIVEIRA, M. M. Mechanisms underlying plant resilience to water deficits: prospects for water-saving agriculture. **Journal of Experimental Botany**, v. 55, p. 2365-2384, 2004.
- CRUZ, P. J. R.; SANTOS, M. V.; SILVA, L. D.; FERREIRA, E. A.; MAGALHÃES, M. A.; MARTUSCELLO, J. A.; FONSECA, D. M. Morphogenetic, physiological, and productive of forage peanut responses to shading. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 55, p. e01746, 2020.
- ENGINEER, C.; HASHIMOTO-SUGIMOTO, M.; NEGI, J.; ISRAELSSON-NORDSTROM, M.; AZOULAY-SHEMER, T.; RAPPEL, W-J.; IBA, K.; SCHROEDER, J. CO₂ sensing and CO₂ regulation of stomatal conductance: advances and open questions. **Trends in Plant Science**, v. 21, n. 1, p. 16-30, 2016.
- FIGUEIREDO, F. R. A.; LOPES, M. F. Q.; SILVA, R. T.; NÓBREGA, J. S.; SILVA, T. I.; BRUNO, R. L. A. Respostas fisiológicas de Mulungu submetida a estresse salino e aplicação de ácido salicílico. **Irriga**, v. 24, n. 3, p. 662-675, 2019.
- LAWSON, T.; MATTHEWS, J.; Guard cell metabolism and stomatal function. **Annual Review of Plant Biology**, v. 71, p. 273-302, 2020.
- MEDEIROS, J. F. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas propriedades assistidas pelo “GAT” nos Estados do RN, PB e CE**. 1992. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1992.

MORAIS, R. R.; ROSSI, L. M. B.; HIGA, R. C. V. Trocas gasosas de plantas jovens de taxi-branco submetidas à variação de temperatura foliar e suspensão da irrigação. **Ciência Florestal**, v. 27, n. 1, p. 97-104, 2017;

NANGIA, V.; OWEIS, T.; KEMEZE, F. H.; SCHNETZER, J. Supplemental irrigation: A promising climate-smart practice for dryland agriculture. Climate-Smart Agriculture Practice Brief. Wageningen, Netherlands: CGIAR **Research Program on Climate Change, Agriculture and Food Security** (CCAFS), 2018.

OLIVEIRA, A. C.; ARAUJO, A. F. B.; LACERDA, C. F.; CANJÁ, J. F.; PINHO, L. L.; SOUSA, N. I. G. Influência da irrigação suplementar com águas residuárias sobre as trocas gasosas foliares do algodoeiro. **Irriga**, v. 25, n. 4, p. 677-682, 2020.

POMPELLI, M. F.; BARATA-LUÍS, R.; VITORINO, H. S.; GONÇALVES, E. R.; ROLIM, E. V.; SANTOS, M. G.; ALMEIDA-CORTEZ, J. S.; FERREIRA, V. M.; LEMOS, E. E.; ENDRES, L. Photosynthesis, photoprotection and antioxidant activity of purging nut under drought deficit and recovery. **Biomass and Bioenergy**, v. 34, n. 8, p. 1207-1215, 2010.

SANTOS, A. M. S.; BRUNO, R. L. A.; CRUZ, J. O.; SILVA, I. F.; ANDRADE, A. P. Variabilidade espacial do banco de sementes em área de Caatinga no Nordeste do Brasil. **Ciência Florestal**, v. 30, n. 2, p. 542-545, 2020.

SANTOS, C. M.; ENDRES, L.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ROLIM, E. V.; WANDERLEY FILHO, H. C. Photosynthetic capacity and water use efficiency of *Ricinus communis* (L.) under drought stress in semi-humid and semi-arid areas. **Anais da Academia Brasileira de Ciências**, v. 89, n. 4, p. 3015-3029, 2017.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I. M.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6ª Ed. Porto Alegre, RS: Artmed, 858 p. 2017.

TEIXEIRA, A. G.; OLIVEIRA, F. L.; MENDES, T. P.; CAVATTE, P. C.; PARAJARA, M. C.; LIMA, W. L. Growth of yacon under artificial shading. **Horticultura Brasileira**, v. 39, n. 2, p. 133-139, 2021.