

Análise da variabilidade do poder evaporante do ar em um cultivo de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), Castanhal-PA

Bruno Gama Ferreira

Graduando em Engenharia Florestal – Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

✉ bruno12014ferreira@gmail.com

Deborah Luciany Pires Costa

Doutoranda em Agronomia – Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Erika de Oliveira Teixeira

Graduanda em Agronomia – Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Igor Cristian de Oliveira Vieira

Graduando em Agronomia – Universidade Federal Rural da Amazônia – UFRA

Hildo Giuseppe Garcia Caldas Nunes

Doutor em Agronomia – Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Paulo Jorge de Oliveira Ponte de Souza

Professor Doutor em Agrometeorologia – Universidade Federal Rural da Amazônia - UFRA

Recebido em 2 de setembro de 2019

Aceito em 10 de outubro de 2019

Resumo:

O açaizeiro é uma palmeira de grande importância socioeconômica a nível nacional e, principalmente, regional, tendo o estado do Pará como o maior produtor. A alta demanda de mercado proporcionou o surgimento crescente de plantios comerciais de açaí, sendo alguns manejados com irrigação. No entanto, pouco se sabe sobre o manejo adequado do açaí, por exemplo, quanto a sua demanda hídrica. Conhecer a dinâmica dos elementos atmosféricos e suas relações com a planta é imprescindível para o uso racional de técnicas, como a irrigação. O poder evaporante do ar (E_a) é um parâmetro de grande relevância para compreensão da evapotranspiração. Objetivou-se com este trabalho analisar a variabilidade de E_a em um cultivo de açaí nas condições climáticas de Castanhal-PA. Para tanto, foi calculado o E_a para o município de Castanhal, em que os dados de Temperatura ($^{\circ}\text{C}$), Umidade Relativa (%) e Velocidade do vento (m s^{-1}) foram obtidos a partir de uma torre micrometeorológica instalada e instrumentada em um açaizeiro comercial localizado nas dependências da Fazenda Escola de Castanhal (FEC). Foi calculado o déficit de pressão de vapor (DPV) a partir da metodologia de Tettens e o E_a foi obtido em função da velocidade do vento. Obteve-se o valor médio de E_a de $0,31 \text{ mm d}^{-1}$ ($\pm 0,13$) para o período analisado. Os resultados encontrados condizem com os da literatura e reafirmam a importância do estudo do poder evaporante do ar para a estimativa da evapotranspiração.

Palavras-chave: Atmosfera, Déficit de pressão de vapor, Evapotranspiração, Elementos climáticos.

Analysis of the evaporative power variability in the cultivation of acai (*Euterpe oleracea* Mart.), Castanhal-PA

Abstract:

The Açaizeiro is a palm of great socioeconomic importance at national and mainly regional level, with the state of Pará as the largest producer. The high market demand provided the growing emergence of commercial açaí plantations, some of which were managed with irrigation. However, little is known about the proper management of Acai berry, for example, regarding its hydric demand. Knowing the dynamics of atmospheric elements and their relations with the plant is indispensable for the rational use of techniques, such as irrigation. The evaporating power of the Air (EA) is a parameter of great relevance for the comprehension of evapotranspiration. The objective of this work was to analyze the variability of Ea in a cultivation of açaí in the climatic conditions of Castanhal-PA. To this end, the Ea was calculated for the municipality of Castanhal, in which the data of temperature ($^{\circ}\text{C}$), relative humidity (%) and wind velocity (m s^{-1}) were obtained from a Micrometeorologica tower installed and instrumented in a commercial Açaizeiro located on the premises of the Fazenda Escola de Castanhal (FEC). The vapor pressure deficit (VPD) was calculated from the Tettens methodology and the EA was obtained as a function of wind velocity. The mean Ea value of 0.31 mm dia^{-1} (± 0.13) was obtained for the period analyzed. The results found match those of the literature and reaffirm the importance of the study of the evaporating power of the air for the estimation of evapotranspiration.

Keywords: Atmosphere, Vapor pressure deficit, Evapotranspiration, Climatic elements.

Análisis de la variabilidad del poder de evaporación en el cultivo de acai (*Euterpe oleracea* Mart.), Castanhal-PA

Resumen:

Açaizeiro es una palmera de gran importancia socioeconómica a nivel nacional y especialmente regional, con el estado de Pará como el mayor productor. La alta demanda del mercado condujo a la creciente aparición de plantaciones comerciales de acai, algunas gestionadas con riego. Sin embargo, se sabe poco sobre el manejo adecuado del acai, por ejemplo, con respecto a su demanda de agua. Conocer la dinámica de los elementos atmosféricos y sus relaciones con la planta es esencial para el uso racional de técnicas como el riego. El poder de evaporación del aire (Ea) es un parámetro muy relevante para comprender la evapotranspiración. El objetivo de este estudio fue analizar la variabilidad de Ea en un cultivo de acai en las condiciones de Castanhal-PA. Para esto, se calculó el Ea para el municipio de Castanhal, donde los datos de temperatura ($^{\circ}\text{C}$), humedad relativa (%) y velocidad del viento (m s^{-1}) se obtuvieron de una torre micrometeorológica instalada e instrumentada en un acai comercial ubicado en las instalaciones de la Escuela de Granja Castanhal (FEC). El déficit de presión de vapor (DPV) se calculó a partir de la metodología de Tettens y se obtuvo Ea en función de la velocidad del viento. Se obtuvo el valor medio de Ea de $0,31 \text{ mm d}^{-1}$ ($\pm 0,13$) para el período analizado. Los resultados son consistentes con los de la literatura y reafirman la importancia de estudiar el poder evaporativo del aire para estimar la evapotranspiración.

Palabras clave: Atmósfera, Déficit de presión de vapor, Evapotranspiración, Elementos climáticos.

INTRODUÇÃO

O açaí é uma palmeira nativa da Amazônia, que exerce importante função econômica, social e cultural. (NETO, 2010). O estado do Pará é o maior produtor de açaí. Em 2013, a participação do estado na produção do fruto foi de 85,6% (IBGE, 2013) e em 2015, respondeu por 58,3% da produção extrativista nacional e 62,6% da Regional (IBGE, 2015). Segundo QUEIROZ *et al.* (2016), o Pará possui um volume de produção cerca de 600 mil toneladas por ano.

Nos últimos dez anos tem-se observado uma mudança no mercado do açaí, que passou a ser comercializado além da esfera regional (ARAUJO, 2015). O significativo aumento da demanda provocou mudanças quanto a forma de exploração e manejo dos açazais (Steward, 2013). Conforme NOGUEIRA (2016), os sistemas de produção extrativos tradicionais e extrativos manejados representam 79,28%, enquanto que os cultivados em terra firme, sem ou com irrigação e, ou, em sistemas agroflorestais participam com 20,72%.

Segundo FARIAS NETO *et al.* (2011), está ocorrendo uma expansão dos açazais manejados com a utilização da irrigação. Para COOK (2015) a irrigação é o maior uso antrópico da água, uma modificação da superfície da terra que afeta significativamente os orçamentos de energia da superfície, o ciclo da água e o clima. Dessa forma, o uso eficiente de tal técnica está associado a eventos ambientais e fisiológicos da cultura, como a evapotranspiração.

A definição da evapotranspiração é de fundamental importância em áreas irrigadas, pois estabelece o consumo de água pela mesma e por consequência, a lâmina de irrigação que deve ser aplicada no sistema (ALENCAR, 2009). PEREIRA *et al.* (2002), cita vários fatores que podem influenciar na evapotranspiração das culturas, ressaltando, a demanda atmosférica por vapor de água. Como consequência ao alto déficit de pressão de vapor (DPV), as plantas fecham seus estômatos, reduzindo a transpiração e fotossíntese (SULMAN, 2016).

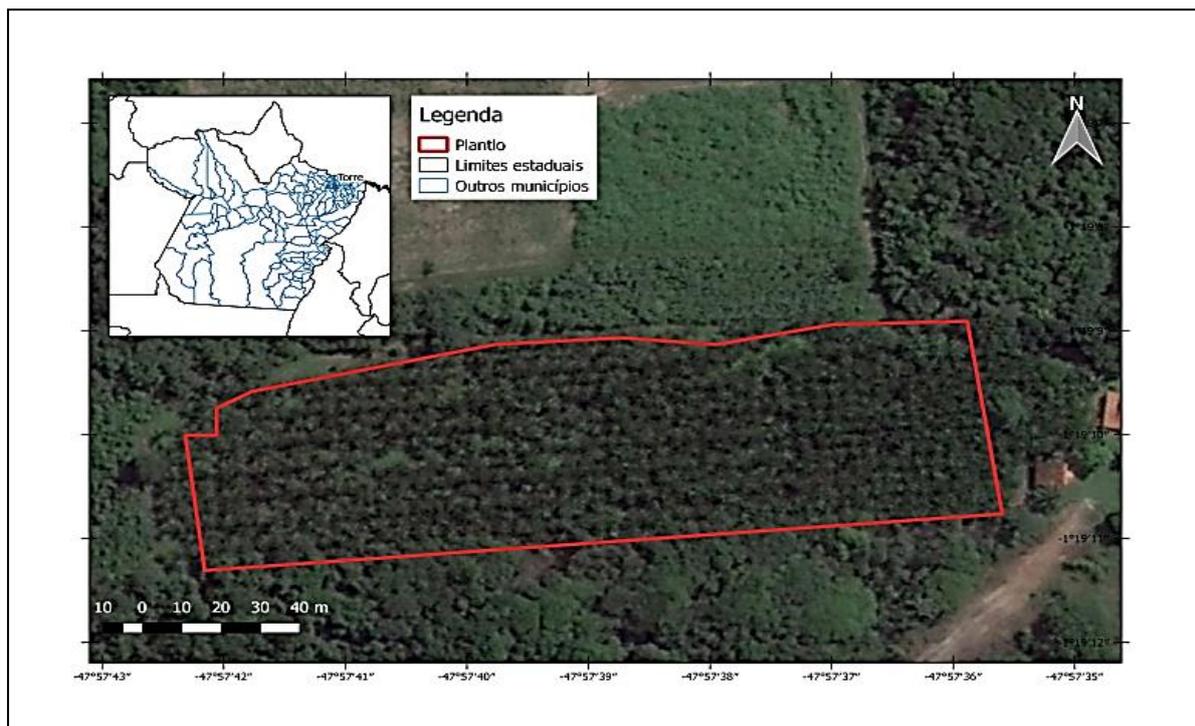
A demanda atmosférica é controlada pelo poder evaporante do ar (E_a), que de acordo com PEREIRA (2013), é o resultado da movimentação atmosférica, isto é, uma capacidade de secamento da superfície, logo, quanto mais seca estiver o ar, maior será a demanda atmosférica (FERNANDES, 2011). Esse fenômeno é definido por um efeito combinado de velocidade do vento, temperatura e umidade relativa do ar (ALLEN *et al.*, 1998), sendo os dois últimos condicionantes para a determinação do DPV, que por sua vez, é condicionante para o E_a . Dessa forma, E_a possuirá aspecto dinâmico conforme a variação dos elementos meteorológicos que o influenciam.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar a variabilidade do poder evaporante do ar em cultivo de açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) nas condições climáticas de Castanhal-PA.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido no município de Castanhal (01°17'42"S; 47°55'00"O), em que possui o clima do tipo Ami, segundo a classificação de Köppen, onde apresenta temperatura elevada com média de 25 °C (ALVARES *et al.*, 2013). O solo da área foi classificado como Latossolo amarelo de textura franco arenosa. A área total do cultivo é de 3000 m² situa-se nas dependências da Fazenda Escola de Castanhal (FEC) (Figura 1).

Figura 1. Localização da Área Experimental, Castanhal-PA



Fonte: Autores (2019)

O material genético cultivado na área foi a cv BRS-PA, o plantio possui 8 anos de idade, 12 metros de altura e densidade de plantio de 4x4m. As touceiras foram manejadas com permanência de três estipes, o controle de daninhas foi realizado por roçagem e adubação foi

realizada de acordo a demanda da cultura, no período seco, as plantas foram irrigadas por microaspersão.

No centro da área experimental foi instalada e instrumentada uma torre micrometeorológica de 17 metros de altura, em que foram conectados sensores de temperatura e umidade relativa (CAMPBELL HMP45C) e anemômetro (R. M. YOUNG 03002 Anemômetro de cúpula) para medir velocidade do vento. Esses dados foram armazenados em um datalogger (CR100-Campbell scientific) que foi programado para leituras a cada 10 min e armazenamento de médias a cada 20 min.

Foi calculado o déficit de pressão de vapor (DPV) segundo a metodologia de TETENS (1930) (Equação 1 e 2 e).

$$es = 0,611 * 10^{\frac{7,5*T}{273,3+T}} \text{ (kPa)} \quad \text{Eq. (1)}$$

$$ea = \frac{es * UR}{100} \text{ (kPa)} \quad \text{Eq. (2)}$$

$$DPV = es - ea \text{ (kPa)} \quad \text{Eq. (3)}$$

Em que, T é a temperatura média do ar (°C) e UR é a umidade relativa do ar (%). O DPV foi calculado com os valores médio de T (°C) e UR (%)

O poder evaporante do ar foi determinado pela equação 4.

$$Ea = f(U) * DPV \quad \text{Eq.(4)}$$

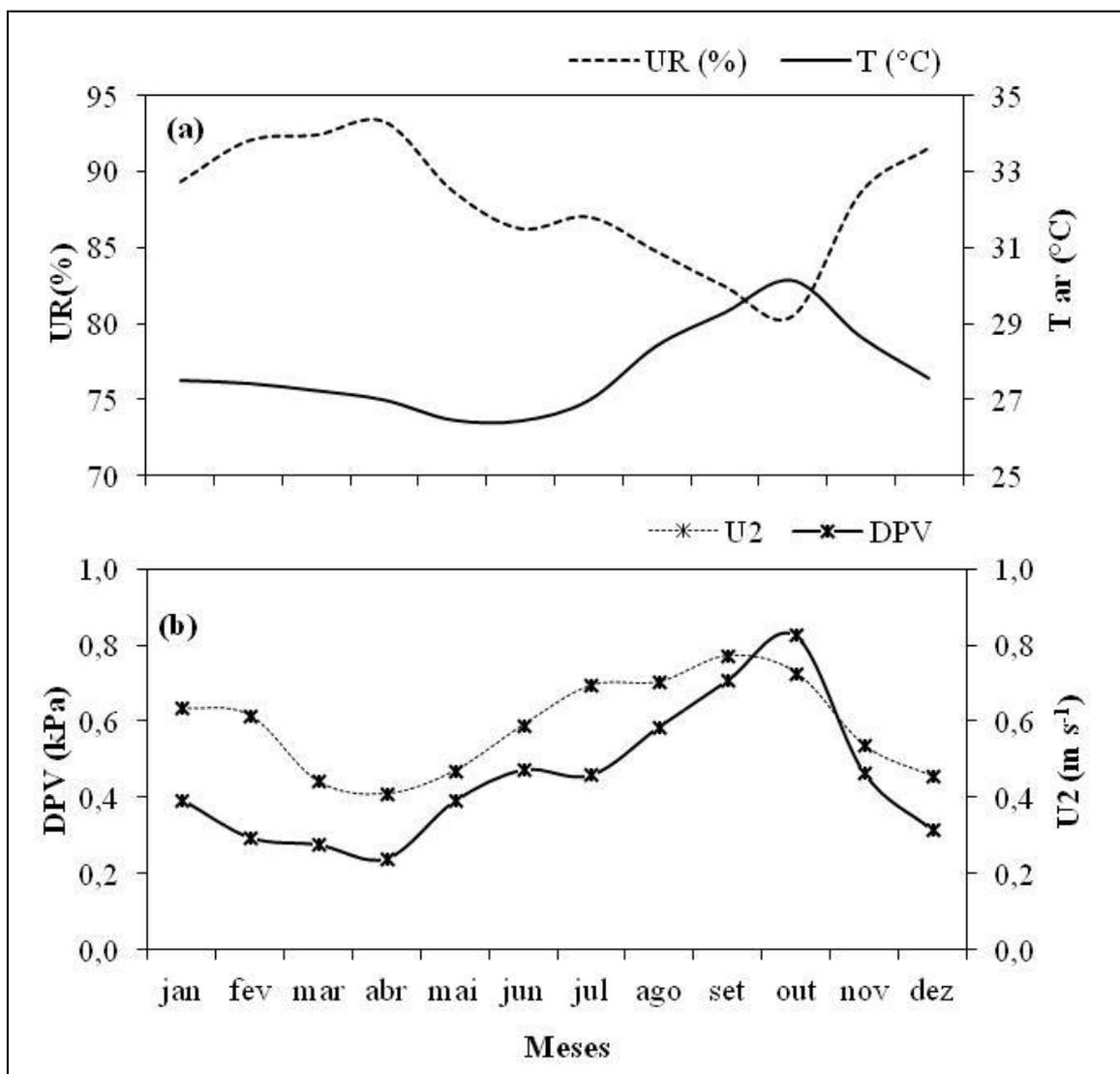
Em que, $f(U)$ é função empírica da velocidade do vento (U2), dado em $m.s^{-1}$. Os dados foram analisados através de estatística descritiva.

RESULTADOS

Durante o período avaliado, a média da temperatura do ar (T_{ar}) foi de $27,77^{\circ}\text{C}$ ($\pm 0,91$), tendo mínimo no mês de junho ($26,46^{\circ}\text{C}$ $\pm 0,72$) e máximo no mês de outubro ($30,13^{\circ}\text{C}$ $\pm 0,58$). A umidade relativa do ar (UR%) obteve média de $88,05\%$ ($\pm 3,23$), com mínima no mês de outubro ($80,49\%$ $\pm 3,30$) e máxima no mês de abril ($93,24\%$ $\pm 2,23$).

A média de DPV em castanhal foi de $0,45\text{ kPa}$ ($\pm 0,13$), com valor máximo de $0,83\text{ kPa}$ ($\pm 0,16$) no mês de outubro e mínimo de $0,24\text{ kPa}$ ($\pm 0,08$) no mês de abril. A velocidade do vento (U_2) média foi de $0,59\text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,10$), com mínima atingida no mês de abril com valor de $0,41\text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,13$), e máxima no mês de setembro com valor de $0,77\text{ m s}^{-1}$ ($\pm 0,18$).

Figura 2. Variabilidade Climática de Castanhal-PA no ano de 2018

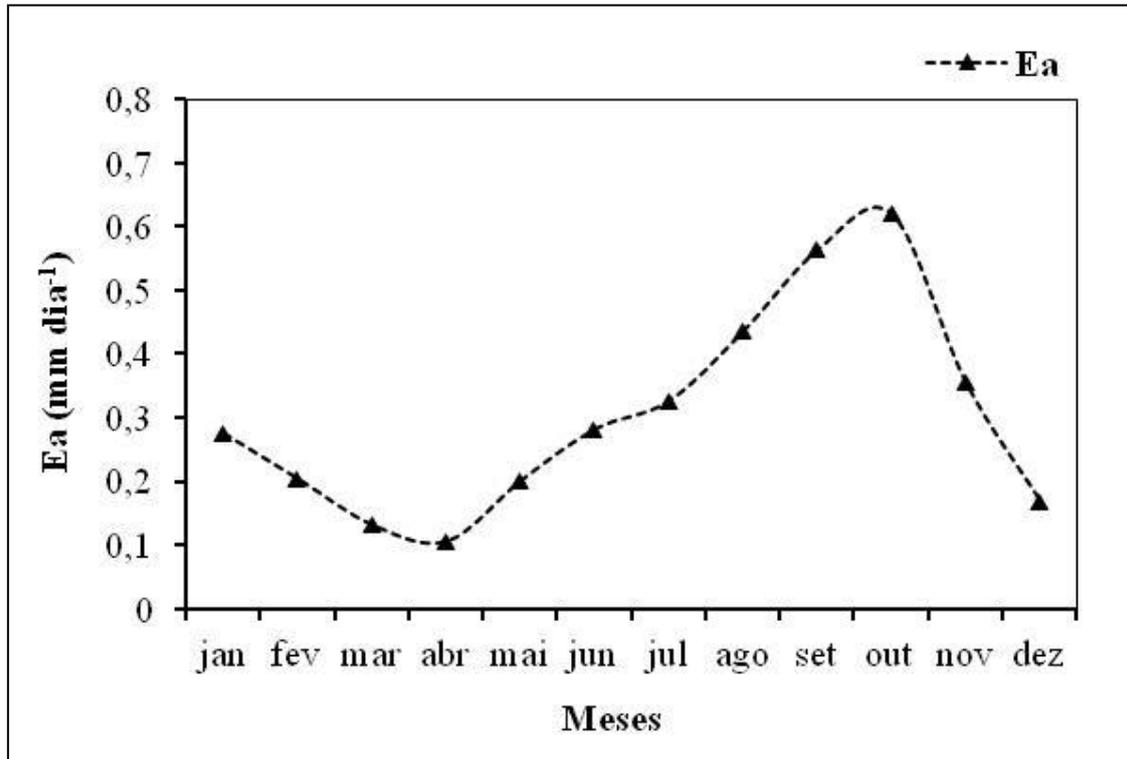


Legenda: Em (a): Temperatura do ar - T_{ar} ($^{\circ}\text{C}$) e Umidade Relativa - UR (%); em (b) Velocidade do vento U_2 (m s^{-1}) e Deficti de pressão de vapor - DPV (kPa).

Fonte: Autores (2019)

O E_a médio para Castanhal foi de $0,31 \text{ mm d}^{-1}$ ($\pm 0,13$), tendo seu maior valor no período seco (mês de outubro) de $0,62 \text{ mm d}^{-1}$ ($\pm 0,23$) e menor valor observado no período úmido (mês de abril) $0,11 \text{ mm d}^{-1}$ ($\pm 0,07$).

Figura 3. Variação média mensal dos valores de Poder Evaporante do Ar - E_a (mm dia^{-1})



Fonte: Autores (2019)

DISCUSSÃO

Os resultados obtidos para Castanhal reafirmam a colocação de PEREIRA et al (2002), que explica atuação do poder evaporante do ar com o estado da atmosfera, quanto mais seca esta última maior será a sua demanda. O autor ainda ressalta a existência da inter-relação entre a demanda pelo ar e suprimento de água pelo solo. Segundo SILVA (2015) a demanda atmosférica é menor no período em que há maior precipitação pluviométrica devido a diminuição da radiação solar que é atenuada pela alta nebulosidade. O deslocamento de massa no sentido horizontal tem grande influência no processo evaporativo. Neste processo, a importância do saldo de radiação diminui, ao passo que a transferência de calor sensível das áreas circunvizinhas aumenta a energia para o processo evaporativo. Isso eleva a importância da velocidade do vento e umidade relativa do ar (MEDEIROS, 2002).

A irrigação é uma técnica que interfere na taxa de evapotranspiração. Segundo ALLEN & PRUITT (1986), a irrigação resfria o ar, deixa-o mais úmido, reduzindo a turbulência das massas de ar, modificando, portanto, as condições climáticas locais. Para os autores, a temperatura média do ar pode sofrer redução de 2 °C a 5 °C, o que influencia a evapotranspiração local. JARA-ROJAS (2015) observou em seu experimento que a necessidade de irrigação varia de forma direta com a demanda atmosférica por água. Para DECKER (2017), as pesquisas mostram como a atmosfera conduz a irrigação, mas negligenciam como a irrigação afeta a atmosfera. Ainda segundo o autor, a ocorrência de irrigação em grandes áreas poderia impactar significativamente no clima regional.

O suprimento de umidade do solo e o déficit de pressão de vapor (DPV) de água limitam independentemente e afetam profundamente a produtividade da vegetação e o uso da água durante os períodos de estresse (McDOWELL, 2015). As plantas fecham seus estômatos para evitar a perda excessiva de água quando a DPV é alta e, portanto, aumentos do DPV durante períodos de estresse hidrológico representam uma restrição independente à captação de carbono das plantas e ao uso da água nos ecossistemas. (McADAM, 2015; NOVICK, 2016). Nesse sentido, o status de água no solo tem sido reconhecido como elemento-chave para manter a força motriz ideal da água e sustentar a função estomática (ZHANG, 2018). No entanto, CALDEIRA et al (2014) ressalta que em condições naturais, a umidade do solo varia muito menos que o fluxo folha-atmosfera, que flutua em resposta a demanda evaporativa de alta frequência.

ZHANG (2018) buscou identificar os mecanismos potenciais que relacionam a demanda atmosférica, a demanda por irrigação e capacidade fotossintética sob uma perspectiva hidráulica e em ambiente controlado. O autor demonstrou para a cultura do tomate, que a regulação do déficit de pressão de vapor reduz a demanda de irrigação e desempenha papel significativo na manutenção da função estomática para a aquisição e assimilação de carbono, o que contribui para o aumento da capacidade de fotossíntese e crescimento das plantas.

SINCLAIR (2016) observa em sua revisão que a resposta da taxa de transpiração com o aumento do déficit de pressão de vapor já foi estudada em várias espécies e embora comumente a característica não seja observada na maioria dos genótipos, variações genotípicas dentro das espécies já foram identificadas. O autor exemplifica as culturas do

grão-de-bico, feijão-caupi, milho, amendoim, sorgo, soja e trigo como genótipos que expressam transpiração limitada sob alto DPV.

FILHO (2005) observou que o DPV médio, para o mesmo período do dia, apresenta um padrão bem definido com elevação nas primeiras horas do dia, ocorrendo o máximo no início do período da tarde, que passa a decrescer logo em seguida, tal fato se dá em função de que nestes horários a atmosfera está mais seca. No mesmo sentido, MOUSSA (210) verificou que o DPV aumenta gradualmente entre 7:30h e 15:30h e diminuiu rapidamente após o último horário. Os valores variaram entre 0,87 e 8,5 kPa, com as maiores por volta das 15:30h devido ao pico de demanda atmosférica.

O poder evaporante do ar influencia diretamente na evapotranspiração das culturas, principalmente em seu manejo irrigado, a taxa de evapotranspiração irá estabelecer a lamina a ser usada (ALENCAR, 2009). SOUSA *et al.* (2010) e BEZERRA *et al.* (2010) encontraram em seus trabalhos maiores taxas de evapotranspiração para os períodos de alta demanda atmosférica, sendo que o último autor, verificou grandes variações da evapotranspiração dentro do mesmo ciclo fenológico. Segundo SOUZA (2003), as variações na taxa de evapotranspiração diária durante a mesma fase fenológica podem ser decorrentes das condições meteorológicas locais e da duração da referida fase. Este comportamento pode estar associado as variações da demanda atmosférica (FARAHANI *et al.*, 2008).

CONCLUSÃO

O poder evaporante do ar apresenta variabilidade distinta ao longo do período estudado para o município de Castanhal-PA. Em que o maior valor ocorre no mês de outubro (de 0,62 mm d⁻¹) e menor no mês abril (0,11 mm d⁻¹). Assim, os valores demanda atmosférica de água na cobertura de açaí são diferenciadas ao longo dos meses, dessa forma o E_a é uma informação relevante ao planejamento de uso da água, ou seja, da irrigação.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao CNPq, a CAPES e a FAPESPA pela concessão da bolsa de estudos e demais recursos financeiros (FAPESPA/ICAAF 009/2017). À UFRA e a FEC pelo apoio

logístico, ao proprietário do plantio comercial pela concessão da área de estudo e ao Grupo de Pesquisa Interação Solo-Planta-Atmosfera na Amazônia (ISPAAm).

REFERÊNCIAS

- ALVARES, C. A. *et al.* Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, v. 22, n. 6, p. 711-728, 1 dez. 2013. Disponível em: <<http://docserver.ingentaconnect.com/deliver/connect/schweiz/09412948/v22n6/s8.pdf?expires=1570465716&id=0000&titleid=1292&checksum=31A9C44DC6AB907E88BDB53B57AE5649>> Acesso em: 02 Out. 2019.
- ALENCAR, C. A. B. D., CUNHA, F. F. D., MARTINS, C. E., CÔSER, A. C., ROCHA, W. S. D. D., & ARAUJO, R. A. S. **Irrigação de pastagem: atualidade e recomendações para uso e manejo**. 2009. Disponível em: <<https://repositorio.ufms.br:8443/jspui/bitstream/123456789/430/1/Irigacao%20de%20pastagem.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.
- ALLEN, R. G., PEREIRA, L. S., RAES, D., & SMITH, M.. Crop evapotranspiration-Guidelines for computing crop water requirements-FAO Irrigation and drainage paper 56. **Fao, Rome**, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.
- ALLEN R. G, Pruitt W. O. 1986. Rational use of the FAO Blaney-Criddle formula. *J. Irrig. Drain. Eng.* **112**(2): 139- 155.
- BEZERRA, J. R., de AZEVEDO, P. V., da SILVA, B. B., & DIAS, J. M. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do algodoeiro BRS-200 Marrom, irrigado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, v. 14, n. 6, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n6/a09v14n6>>. Acesso em: 02 Out. 2019.
- CALDEIRA, C. F., BOSIO, M., PARENT, B., JEANGUENIN, L., CHAUMONT, F., & TARDIEU, F. A hydraulic model is compatible with rapid changes in leaf elongation under fluctuating evaporative demand and soil water status. **Plant Physiology**, v. 164, n. 4, p. 1718-1730, 2014. Disponível em: < <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/164/4/1718.full.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.
- DE ARAÚJO, C. T. D.; DE FREITAS NAVEGANTES-ALVES, L. Do extrativismo ao cultivo intensivo do açaí (*Euterpe oleracea* Mart.) no estuário amazônico: perda de diversidade florística e riscos do monocultivo. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v. 10, n. 1, 2015. Disponível em: < <http://revistas.aba-agroecologia.org.br/index.php/rbagroecologia/article/view/16397/10859>> . Acesso em: 02 Out. 2019.
- DE FARIAS NETO, J. T.; VASCONCELOS, M. A. M.; DA SILVA, F. C. F. Cultivo, processamento, padronização e comercialização do açaí na Amazônia. **CEP**, v. 60120, p. 002, 2010. Disponível em: < https://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Frutal+-+2010_1_000gbtedrex02wx5ok07shnq9qr3osfo.pdf>. Acesso em: 02 Out. 2019.
- IBGE (2013), **Produção Agrícola Municipal, 1980 – 2013**. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 Out. 2019.
- INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA (IBGE). 2016. Levantamento Sistemático da Produção. Disponível em: <<http://www.sidra.ibge.gov.br>>. Acesso em: 02 Out. 2019.
- DE FARIAS NETO, J. T.; DE RESENDE, M. D. V.; OLIVEIRA, M. Seleção simultânea em progênies de açaizeiro irrigado para produção e peso do fruto. **Embrapa Florestas-Artigo em periódico indexado (ALICE)**, 2011. Disponível em: < <https://www.alice.cnptia.embrapa.br/alice/bitstream/doc/897204/1/DeonRBFACai.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

DECKER, M.; M. A., Shaoxiu; PITMAN, Andy. Local land-atmosphere feedbacks limit irrigation demand. **Environmental Research Letters**, v. 12, n. 5, p. 054003, 2017. Disponível em: < <https://iopscience.iop.org/article/10.1088/1748-9326/aa65a6/pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

FARAHANI, H. J.; OWEIS, T. Y.; IZZI, G. Crop coefficient for drip-irrigated cotton in a Mediterranean environment. **Irrigation science**, v. 26, n. 5, p. 375-383, 2008. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s00271-007-0101-0>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

FERNANDES, A. L., JÚNIOR, F., EUSÍMIO, F., & TAKAY, B. Y. Avaliação do método Penman-Piche para a estimativa da evapotranspiração de referência em Uberaba, MG. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 15, n. 3, 2011. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v15n3/v15n3a08.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

FILHO, J. D. D. C. S., RIBEIRO, A., COSTA, M. H., & COHEN, J. C. P. Mecanismos de controle da variação sazonal da transpiração de uma floresta tropical no nordeste da Amazônia. **Acta Amazonica**, v. 35, n. 2, p. 223-229, 2005. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/aa/v35n2/v35n2a12>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

JARA-ROJAS, F., ORTEGA-FARÍAS, S., VALDÉS-GÓMEZ, H., & ACEVEDO-OPAZO, C. Gas exchange relations of ungrafted grapevines (cv. Carménère) growing under irrigated field conditions. **South African Journal of Enology and Viticulture**, v. 36, n. 2, p. 231-242, 2015. Disponível em: < <http://www.scielo.org.za/pdf/sajev/v36n2/07.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

MCADAM, S. A. M.; BRODRIBB, T. J. The evolution of mechanisms driving the stomatal response to vapor pressure deficit. **Plant Physiology**, v. 167, n. 3, p. 833-843, 2015. Disponível em: < <http://www.plantphysiol.org/content/plantphysiol/167/3/833.full.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

MCDOWELL, N. G.; ALLEN, C. D. Darcy's law predicts widespread forest mortality under climate warming. **Nature Climate Change**, v. 5, n. 7, p. 669, 2015. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/nclimate2641>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

MEDEIROS, A. T. **Estimativa da evapotranspiração de referência a partir da equação de Penman-Monteith, de medidas lisimétricas e de equações empíricas em Paraíba, CE. 2002. 95f.** 2002. Tese de Doutorado. Tese (Doutorado)-Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz: Universidade de São Paulo. Disponível em: < https://www.researchgate.net/profile/Paulo_Sentelhas/publication/34252337_Estimativa_da_evapotranspiracao_de_referencia_a_partir_da_equacao_de_Penman-Monteith_de_medidas_lisimetricas_e_de_equacoes_empiricas_em_Paraipaba_CE/links/544126810cf2e6f0c0f600dc.pdf>. Acesso em: 02 Out. 2019.

MOUSSA, O. A., BOUREIMA, S., ISSOUFOU, H. B. A., BAKASSO, Y., MAHAMANE, A., SAADOU, M., & ZAMAN-ALLAH, M. Response of Maize (*Zea mays* L.) Hybrids to Diurnal Variation of Vapor Pressure Deficit (VPD) and Progressive Soil Moisture Depletion. **Journal of Plant Sciences**, v. 7, n. 1, p. 1-7, 2019. Disponível em: < <http://article.jplantsciences.org/pdf/10.11648.j.pls.20190701.11.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

NOGUEIRA, A. K. Benefícios socioeconômicos da adoção de novas tecnologias no cultivo do açaí no Estado do Pará. **Ceres**, v. 63, n. 1, 2016. Disponível em: < <http://www.ceres.ufv.br/ojs/index.php/ceres/article/viewFile/222/2176>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

NOVICK, K. A., FICKLIN, D. L., STOY, P. C., WILLIAMS, C. A., BOHRER, G., OISHI, A. C., & SCOTT, R. L. The increasing importance of atmospheric demand for ecosystem water and carbon fluxes. **Nature Climate Change**, v. 6, n. 11, p. 1023, 2016. Disponível em: < <https://www.nature.com/articles/nclimate3114>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

PEREIRA, A. R.; ANGELOCCI, L. R.; SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia: fundamentos e aplicações práticas.** 2002.

PEREIRA, A. R., SEDIYAMA, G. C., NOVA, V., & AUGUSTO, N. **Evapotranspiração.** 2013.

QUEIROZ, J.A.L. de. Açaí: distância de transporte do fruto e qualidade da bebida. **Agrofoco**, Belém, v.2, n.5. p. 16-17. 2016. Disponível em: <

Análise da variabilidade do poder evaporante do ar em um cultivo
de açaizeiro (*Euterpe oleracea* Mart.), Castanhal-PA

<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/1051712/1/Agrofocop16.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

SILVA, S., NETO, J. D., TEODORO, I., de SOUZA, J. L., LYRA, G. B., & dos SANTOS, M. A Demanda hídrica da cana-de-açúcar irrigada por gotejamento nos tabuleiros costeiros de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental-Agriambi**, v. 19, n. 9, 2015. Disponível em: < <http://www.agriambi.com.br/revista/v19n09/v19n09a06.pdf>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

SINCLAIR, T. R., DEVI, J., SHEKOOFA, A., CHOUDHARY, S., SADOK, W., VADEZ, V., & RUFTY, T. Limited-transpiration response to high vapor pressure deficit in crop species. **Plant Science**, v. 260, p. 109-118, 2017. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0168945216306112>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

SOUSA, I. F. D., da SILVA, V. D. P., SABINO, F. G., SILVA, B. K., & AZEVEDO, P. V. D. Evapotranspiração de referência nos perímetros irrigados do Estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental - Agriambi**, v. 14, n. 6, p. 633-644, 2010. Disponível em: < <http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v14n6/a10v14n6.pdf> >. Acesso em: 02 Out. 2019.

SOUZA, C. B. de. **Necessidades hídricas, crescimento e desenvolvimento do abacaxizeiro nos tabuleiros de Santa Rita – PB**. 2003. 124p. Tese (Doutorado em Recursos Naturais) – Centro de Ciência e Tecnologia, Universidade Federal de Campina Grande, Paraíba. Disponível em: < <http://dspace.sti.ufcg.edu.br:8080/jspui/handle/riufcg/2789>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

STEWART, A. Reconfiguring agrobiodiversity in the Amazon estuary: market integration, the Açaí trade and smallholders' management practices in Amapá, Brazil. **Human ecology**, v. 41, n. 6, p. 827-840, 2013. Disponível em: < <https://link.springer.com/article/10.1007/s10745-013-9608-6>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

SULMAN, B. N., ROMAN, D. T., Yi, K., WANG, L., PHILLIPS, R. P., & NOVICK, K. A. High atmospheric demand for water can limit forest carbon uptake and transpiration as severely as dry soil. **Geophysical Research Letters**, v. 43, n. 18, p. 9686-9695, 2016. Disponível em: < <https://agupubs.onlinelibrary.wiley.com/doi/full/10.1002/2016GL069416>>. Acesso em: 02 Out. 2019.

TETENS, O. Über einige meteorologische Begriffe. **Z. geophys**, v.6, p. 297-309, 1930.

ZHANG, D., JIAO, X., DU, Q., SONG, X., & LI, J. Reducing the excessive evaporative demand improved photosynthesis capacity at low costs of irrigation via regulating water driving force and moderating plant water stress of two tomato cultivars. **Agricultural Water Management**, v. 199, p. 22-33, 2018. Disponível em: < <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0378377417303736>>. Acesso em: 02 Out. 2019.



Este trabalho está licenciado com uma Licença [Creative Commons - Atribuição 4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/).