

LISIMÉTRIA DE DRENAGEM PARA DETERMINAÇÃO DO COEFICIENTE DE CULTIVO DA CULTURA DA PITAYA BASEADO NA EVAPOTRANSPIRAÇÃO DE REFERÊNCIA E EVAPOTRANSPIRAÇÃO DA CULTURA

Ana Alice Cardoso Carneiro¹, Ana Célia Maia Meireles², Carlos Wagner Oliveira², Everton Alencar Patricio³, Lailton da Silva Lima³, Sirleide Maria de Menezes⁴

RESUMO: A determinação da quantidade de água usada na agricultura é fundamental para um manejo eficiente da irrigação. Existem diferentes métodos para determinar a necessidade hídrica de uma cultura, podendo ser feito de forma direta com uso de equipamentos, como lisímetros, ou indiretamente através de modelos matemáticos. O objetivo desse trabalho foi determinar a ET_c da Pitaya (*Hylocereus* spp) com o uso de lisímetros de drenagem, calcular a ET_o através dos modelos matemáticos de Penman-Monteith (horária e diária), Hargreaves e Samani, Jensen-Haise, Makking, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor e determinar o K_c para a cultura. O experimento foi conduzido em área experimental no campus de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato – Ceará e os dados para o cálculo da ET_o foram obtidos através da estação meteorológica, localizada no próprio campus. Para a obtenção do K_c da cultura foi utilizada a razão entre a ET_c e ET_o . Os lisímetros de drenagem permitiram estimar a ET_c da cultura para o período de estudo com um total de 204,3 mm. O método de ET_o de soma horário superestimou o método padrão diário e método alternativo que mais se aproximou ao método padrão foi o de Blaney-Criddle. O valor de K_c médio pelo método padrão da FAO diário foi de 0,66.

PALAVRAS-CHAVE: *Hylocereus* spp; K_c ; ET_o ; Precipitação.

¹ Bolsista Funcap, Discente do curso de Agronomia, Centro de Ciências Agrárias e da Biodiversidade, Universidade Federal do Cariri, Crato, Ceará. E-mail: ana.carneiro@aluno.ufca.edu.br.

² Discente do curso de Agronomia/CCAB/UFCA, Crato, CE.

³ Docente do curso de Agronomia/CCAB/UFCA, Crato, CE.

⁴ Pós-Doutoranda, PRODER/CCAB/ UFCA, Crato, CE.

DRAINAGE LYSIMETRY FOR DETERMINING THE CROP COEFFICIENT OF PITAYA CROP BASED ON REFERENCE EVAPOTRANSPIRATION AND CROP EVAPOTRANSPIRATION

ABSTRACT: Determining the amount of water used in agriculture is essential for efficient irrigation management. There are different methods to determine the water requirements of a crop, which can be done directly using equipment such as lysimeters, or indirectly through mathematical models. The objective of this study was to determine the ET_c of Pitaya (*Hylocereus* spp) using drainage lysimeters, calculate the ET_o through the mathematical models of Penman-Monteith (hourly and daily), Hargreaves and Samani, Jensen-Haise, Makking, Blaney-Criddle and Priestley-Taylor and determine the K_c for the crop. The experiment was conducted in an experimental area on the Campus of Agricultural Sciences and Biodiversity (CCAB) of the Federal University of Cariri (UFCA), Crato - Ceará and the data for calculating the ET_o were obtained through the meteorological station, located on the campus itself. To obtain the K_c of the crop, the ratio between the ET_c and ET_o was used. The drainage lysimeters allowed estimating the crop ET_c for the study period with a total of 204.3 mm. The hourly sum ET_o method overestimated the daily standard method and the alternative method that came closest to the standard method was the Blaney-Criddle method. The average K_c value by the daily FAO standard method was 0.66.

KEYWORDS: *Hylocereus* spp; K_c ; ET_o ; Precipitation.

INTRODUÇÃO

A determinação da quantidade de água usada na agricultura é fundamental para um manejo eficiente da irrigação, especialmente em regiões áridas e semiáridas do planeta. O conhecimento da relação entre as condições climáticas e evapotranspiração é o ponto chave para quantificar a demanda hídrica em um sistema de produção (Matos et al., 2025). Existem diferentes métodos para determinar a necessidade hídrica de uma cultura, podendo ser feito de forma direta com uso de equipamentos, como lisímetros, ou indiretamente através de modelos matemáticos.

O método de Penman-Monteith (Allen 1998) é o modelo matemático padrão de cálculo de evapotranspiração de referência (ET_o), entretanto apresenta uma série de variáveis complexas e extensas que precisam ser utilizadas para realização do cálculo, o que limita seu

uso em determinadas regiões. Já os lisímetros por se tratar de uma medida direta têm sido utilizados para determinação da evapotranspiração da cultura (ET_c) e do coeficiente da cultura (K_c) em conjunto com modelos matemáticos alternativos para determinação de ET_o que facilitam o manejo da irrigação. Regiões com disponibilidade de água mais limitada ao longo do ano precisam adotar estratégias que permitam a prática da agricultura, bem como, aprimorar as técnicas de irrigação e determinação do consumo hídrico em conjunto com a utilização de culturas mais adaptadas a essas condições (Corte et al., 2020).

É neste cenário que surge a Pitaya (*Hylocereus* spp.), uma frutífera da família das cactáceas que tem sido cada vez mais cultivada nas regiões áridas e semiáridas, sob condições de irrigação (Santos et al., 2024). É uma planta nativa das américas que tolera longos períodos de seca e tem bom desenvolvimento em solos mais pobres, sendo mais sensível a baixas temperaturas e grandes quantidade de água acumulada (Souza et al., 2025). Em resposta ao seu local de origem é uma Cactácea que se desenvolve em regiões de clima tropical quente com temperaturas médias de 21 °C a 29 °C e a precipitação média é de 650 a 1.500 mm/ano (Santos et al., 2024).

Diante dos fatos apresentados acima e considerando a importância econômica que a Pitaya para as regiões semiáridas este trabalho tem por objetivo determinar a ET_c da Pitaya (*Hylocereus* spp) com o uso de lisímetros de drenagem, calcular a ET_o da região através dos modelos matemáticos de Penman-Monteith (horária e diária), Hargreaves e Samani, Jensen-Haise, Makking, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor e ainda, determinar o K_c da cultura nas diferentes fases de desenvolvimento e crescimento.

MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental no campus de Ciências Agrárias e da Biodiversidade (CCAB) da Universidade Federal do Cariri (UFCA), Crato - Ceará. A região localiza-se na sub-bacia da bacia hidrográfica do Rio Salgado, no Cariri cearense, e possui a classificação por Köppen de clima tropical – Aw. A área de estudo apresenta características climáticas úmidas, com estações chuvosa e seca bem definidas, com temperaturas anuais variando entre 24 °C e 27 °C.

Foram construídos três lisímetros de drenagem feitos de recipientes de plástico com dimensão 0,40 m x 0,40 m por 0,69 m de profundidade. Foi colocada uma tubulação de policloreto de vinila (PVC) para funcionar como um dreno no fundo de cada recipiente, sendo

esta parte coberta com areia, brita e uma tela. Foram feitas canaletas para passagem da tubulação que conduzia o volume drenado até os recipientes de coleta. Os três lisímetros foram preenchidos com solo retirado da área na mesma ordem que foram retirados durante a escavação. Em cada um dos lisímetros foram transplantados dois brotos de Pitaya. Os recipientes de coleta foram instalados dentro uma trincheira com dimensão de 2 m x 1 m. Foram realizadas coletas diárias, obedecendo um intervalo de 24 horas entre coletas, para registro do valor drenado por cada lisímetro. O cálculo da ET_c foi baseado no balanço hídrico registrado através das coletas e calculado pela seguinte equação (1).

$$ET_c = P + I - D \quad (1)$$

Onde: ET_c = evapotranspiração da cultura; P = precipitação (mm); I = lâmina aplicada (mm); D = água drenada no lisímetro (mm).

Os dados para o cálculo da ET_o foram obtidos através da estação meteorológica automática, do modelo HOBO RX3000, instaladas de acordo com as seguintes coordenadas geográficas: 7°14' S e 39°22' W localizada no próprio campus. As variáveis meteorológicas utilizadas foram temperatura do ar (média, mínima e máxima, em °C); radiação solar (MJ m⁻² dia⁻¹); velocidade do vento (m s⁻¹); precipitação (mm) e umidade relativa do ar (média, mínima e máxima, em %). As equações utilizadas (Tabela 1) para o cálculo da ET_o foram Penman-Monteith, horária e diária, (Allen et al., 1998); Hargreaves e Samani (Pereira et al., 1997); Jensen-Haise (1963); Makking (1957); Blaney-Criddle (1977) e Priestley-Taylor (1972).

Tabela 1. Métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET_o) e suas respectivas equações

Métodos	Equações de estimativa da ET _o	Variáveis de Entrada
Penman-Monteith, Allen et al. (1998)	$ET_o = \frac{0,408 \Delta(R_n - G) + \gamma \left(\frac{37}{T_h + 273} u_2 (e^\circ(T_h - e_a)) \right)}{\Delta + \gamma(1 + 0,34u_2)}$	T _{med} , R _g , UR, V
Penman-Monteith, Allen et al. (1998)	$ET_o = \frac{0,408\Delta(R_n - G) + \gamma + \frac{900}{(T + 273)} U_2 (ea - es)}{\Delta + \gamma + (1 + 0,34U_2)}$	T _{med} , R _g , UR, V
Hargreaves e Samani, Pereira et al. (1997)	$ET_o = A R_a (T_{med} + 0,17)(T_{max} - T_{min})^c$	T _{max} , T _{med} , T _{min}
Priestley e Taylor, (1972)	$ET_o = A \left(\frac{\Delta}{\Delta + \gamma} \right) \left(\frac{R_n - G}{\lambda} \right)$	T _{med} , R _g
Jensen-Haise, (1963)	$ET_o = R_s (A \times T_{med} + B)$	T _{med} , R _g
Blaney-Criddle, (1977)	$ET_o = a + bp(0,457 \times T_{med} + 8,13)$	T _{med}
Makking (1957)	$ET_o = 0.61 * W * RT - 0.12$	R _g

Para a obtenção do coeficiente da cultura (K_c) foi usada a razão entre a ET_c e ET_o , segundo a equação (2).

$$K_c = \frac{ET_o}{ET_c} \quad (2)$$

Onde: K_c = coeficiente da cultura; ET_o = evapotranspiração de referência; ET_c = evapotranspiração da cultura.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Figura 1 está representado a variação da ET_c da cultura durante o período analisado, onde o maior consumo foi de 5,30 mm após 04 dias do transplântio e o menor consumo foi de 0,32 mm após 32 dias de transplântio, sendo o menor valor justificado pelo período de ocorrência das chuvas, que diminuem o consumo hídrico da planta. O total acumulado da ET_c durante os meses de observação foi de 204,3 mm. O acumulado da precipitação foi de 675,8 mm com pico no dia 07/05/2025.

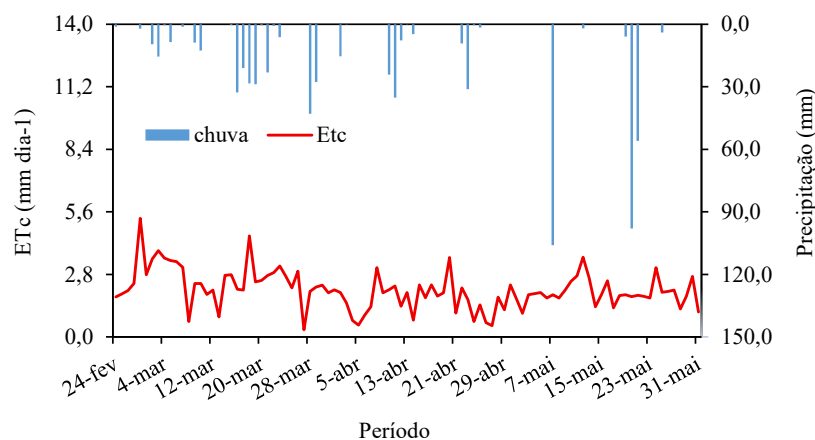


Figura 1: Evapotranspiração da cultura da pitaya (ET_c) e distribuição pluviométrica do período avaliado.

A Figura 2A representa a análise de regressão linear para o método padrão da FAO com soma diária comparada com a soma horária, onde foi observado que os métodos tiveram uma boa correlação (R^2 de 0,86) apesar de uma tendência de superestimar em valores mais baixos de ET_o . O método de Hargreaves-Samani representado pela Figura 2B foi o que mais se distanciou do método padrão, apresentando baixa correlação com o método de soma diária (R^2 de 0,003) e altos valores de erros associados (RMSE de 2,18 e EM de -1,8). Segundo Farias et al. (2020) e Sales et al. (2018) o modelo de Hargreaves-Samani não considera o poder evaporativo do ar, dessa maneira o modelo tende a superestimar os valores de ET_o . Por outro

lado, o método alternativo que mais se aproximou do padrão foi o de Blaney-Criddle (Figura 2E), demonstrando um bom índice de correlação (R^2 de 0,72) e baixos valores de erros associados (RMSE de 0,65 e EM de 0,08). Os modelos de Penman-MonteithH e Makkink também apresentaram bons índices de correlação R^2 0,86 para ambos, e baixos erros associados, todavia tenderam a superestimar os valores de ETo. Já os modelos de Jensen-Haise e Priestley-Taylor apesar de apresentarem bons índices de correlação de R^2 0,90 e 0,78, respectivamente, tenderam a subestimar os valores de ETo.

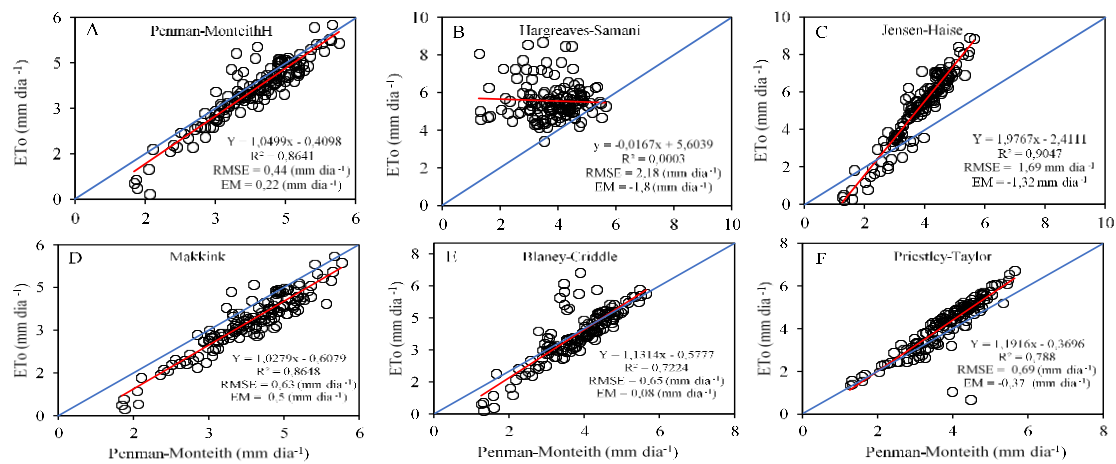


Figura 2: Gráficos de dispersão dos valores de ETo de referência calculada por Penman-Montheith com valores diários comparados com a soma de valores horários, e com os métodos de Hargreaves- Samani, Jensen-Haise, Makkink, Blaney-Criddle e Priestley-Taylor.

A Tabela 1 demonstra os valores médios de Kc para a cultura da pitaya obtidos nos diferentes métodos de ETo. Hargreaves-Samani foi o método que mais subestimou os valores médios de Kc; Makkink foi o que mais superestimou os valores médios de Kc e Priestley-Taylor foi o método que mais se aproximou dos valores médios de Kc calculados pelo método padrão de soma diária. O mesmo comportamento foi observado por Menezes et al. (2024) onde os métodos de Jensen-Haise e Priestley-Taylor mais se aproximaram do método padrão da FAO diário, contudo apresentando uma tendência de superestimativa para o método de Priestley-Taylor. Já para o método de Makkink, diferente do observado pelo referido autor, houve uma tendência de superestimar o valor de Kc.

Tabela 1. Valores de Kc para a cultura da pitaya nos modelos Penman-Montheith com valores diários e a soma de valores horários, Hargreaves- Samani, Blaney-Criddle, Priestley-Taylor, Makkink e Jensen-Haise.

KC	Kc (P-MDiário)	Kc (P-MHorário)	Kc (H-S)	Kc (B-C)	Kc (P-T)	Kc (M-K)	Kc (J-H)
Médio	0,66	0,97	0,39	0,90	0,66	0,91	0,79

CONCLUSÕES

Os lisímetros de drenagem permitiram estimar a ET_c da cultura para o período de estudo com um total de 204,3 mm. O método de ET_o de soma horário superestimou o método padrão diário e método alternativo que mais se aproximou ao método padrão foi o de Blaney-Criddle. O valor de K_c médio pelo método padrão da FAO diário foi de 0,66.

AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem ao grupo de pesquisa LEMGE (Laboratório de Estatística, Modelagem e Geoprocessamento) e a Universidade Federal do Cariri (CCAB/UFCA, Crato, CE) pelo apoio, orientação e logística na realização dos trabalhos. À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - Brasil (CAPES) pelo seu apoio financeiro aos bolsistas participantes desta pesquisa e ao PROJETO: Edital n.162022, PDPG – Pós-doutorado Estratégico.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. Evapotranspiração das culturas - Diretrizes para o cálculo das necessidades hídricas das culturas - **FAO Irrigação e drenagem, artigo 56**, Roma, v. 300, n. 9, p. D05109, 1998.

CORTE, I. S.; MARTELLETO, L. A. P.; VENTORIM, J. A.; CORTE, M. L. S.; CORTE, H. S.; CORTE, J. S. A influência dos fatores climáticos do semiárido sobre o crescimento inicial de espécies de pitaieiras. **Cadernos de Agroecologia**, v. 15, n. 2, 2020.

FARIAS, V. D. S.; COSTA, D. L. P.; PINTO, J. V. N.; SOUZA, P. J. O. P.; SOUZA, E. B.; FARIAS, S. O. Calibration of reference evapotranspiration models in Pará. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 42, p. e 42475, 2020.

MATOS, R. M.; QUEIROZ, T. M.; ARAÚJO, D. M. C.; DUARTE, H. M.; SANTOS, B. D. B.; DIPPLE, F. L. Evapotranspiração e coeficiente de cultivo do grão-de-bico no Cerrado Mato-grossense. **Revista delos**, v.18, n. 65, p. e4244, 2025.

MENEZES, S. M.; PINHEIRO, A. G.; LIMA, D. F.; SANTOS, L. A.; SILVA, C. B.; SANTOS, D. P.; SILVA, T. G. F. Lisimetria de drenagem e ajuste de modelos matemáticos na determinação da evapotranspiração e coeficiente de cultivo do pepino. **Revista Brasileira De Geografia Física**, v. 17, n. 5, p. 3109–3124, 2024.

SALES, R. A.; OLIVEIRA, E. C.; LIMA, M. J. A.; GELCER, E. M.; SANTOS, R. A.; LIMA, C. F. Ajuste dos coeficientes das equações de estimativa da evapotranspiração de referência para São Mateus, ES. **Irriga**, v. 23, n. 1, p. 154–167. 2018.

SANTOS, H. R.; SANTOS, P. V. D.; AMARAL, T. M. Seleção de variedade de pitaya para implantação no Vale do São Francisco com auxílio da análise de decisão multicritério. **Revista em Agronegócio e Meio Ambiente**, v. 17, n. 1, p. e11715-e11715, 2024.

SOUZA, B. C. B., & LACERDA, F. F. Alternativas agroecológicas no cultivo de pitayas no Sertão do Pajeú frente aos desafios das mudanças climáticas no semiárido. **Cadernos de Agroecologia**, v. 20 p.1. 2025.