



Palma forrageira irrigada com água salina sob densidades de plantio em três ciclos produtivos

Marcelo Rocha dos SANTOS *¹, Carlos Mendes OLIVEIRA ¹, Sérgio Luiz Rodrigues DONATO ¹,
Varley Andrade FONSECA ¹, Carlos Elízio COTRIM ¹, Renato Silva BATISTA ¹

¹ Instituto Federal Baiano, Guanambi, BA, Brasil.

*E-mail: marcelo.rocha@ifbaiano.edu.br

Submetido em: 23/09/2023; Aceito em: 26/08/2024; Publicado em: 19/09/2024.

RESUMO: O objetivo com o presente estudo foi avaliar a produtividade e a eficiência do uso da água da palma forrageira ‘Gigante’ irrigada com água salina, sob densidades de plantio, ao longo de três ciclos de produção, em Guanambi, Bahia. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com três repetições, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo alocadas nas parcelas quatro densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas ha⁻¹), nas subparcelas três lâminas de irrigação (11, 22 e 33% da ETo) e o tratamento sem irrigação, e nas subsubparcelas, três ciclos de produção. A evapotranspiração de referência (ETo) foi obtida pelo método de Penman-Monteith FAO 56. A irrigação foi realizada via gotejamento com turno de rega de 7 e 14 dias. O aumento das lâminas de irrigação promove redução no teor de matéria seca (MS), independente do ciclo de produção. A maior produtividade de massa verde (PMV) foi obtida no primeiro ciclo de produção, com aplicação da lâmina de 33% ETo. Para produtividade de matéria seca (PMS) a aplicação das maiores lâminas de irrigação refletiu-se apenas no primeiro ciclo de produção. A lâmina de irrigação de 33% ETo reduz a eficiência do uso da água (EUA). O aumento da densidade de plantio até 80.000 plantas ha⁻¹ favorece PMV, PMS e a EUA para massa verde ao longo dos três ciclos de produção. A EUA para matéria seca responde positivamente até uma população de 50.000 plantas ha⁻¹. Aumentar as lâminas de irrigação em até 33% da ETo reduz o número de plantas mortas ao longo dos ciclos.

Palavras-chave: manejo de irrigação; *Opuntia ficus-indica*; salinidade.

Forage cactus pear irrigated with saline water under planting densities in three production cycles

ABSTRACT: The objective of this study was to evaluate the productivity and water use efficiency of ‘Gigante’ forage cactus pear irrigated with saline water, underplanting densities, over three production cycles in Guanambi, Bahia. The experimental design was randomized blocks with three replications in a split-plot scheme in time, with four planting densities allocated to the plots (20, 40, 60 and 80 thousand plants ha⁻¹), three irrigation depths (11, 22 and 33% of ETo) and the treatment without irrigation in the subplots, and three production cycles in the subsubplots. The reference evapotranspiration (ETo) was obtained by the Penman-Monteith method FAO 56. Irrigation was carried out via drip irrigation with an irrigation period of 7 and 14 days. Increasing the irrigation depths promotes a reduction in the dry matter (DM) content, regardless of the production cycle. The highest green mass productivity (GMP) was obtained in the first production cycle, applying the 33% ETo water depth. For dry matter productivity (DMP), applying the highest irrigation depths was reflected only in the first production cycle. The 33% ETo irrigation depth reduces water use efficiency (WUE). Increasing the planting density to 80,000 plants ha⁻¹ favors GMP, DMP and WUE for green mass over the three production cycles. WUE for dry matter responds positively to a population of 50,000 plants ha⁻¹. Increasing the irrigation depths up to 33% of ETo reduces the number of dead plants over the cycles.

Keywords: irrigation management; *Opuntia ficus-indica*; salinity.

1. INTRODUÇÃO

A imprevisibilidade dos períodos chuvosos na região semiárida, onde a época em que são elevados os índices pluviométricos varia ano a ano, dificulta às tomadas de decisões sobre o uso dos recursos hídricos (SOUZA et al., 2014). Essas características interferem na agropecuária, limitando o desenvolvimento deste setor, e em muitos casos, inviabilizando economicamente (DONATO et al., 2017a). Diante desse cenário, se faz necessário a utilização de práticas resilientes nos sistemas agrícolas, que inclui o uso de plantas

e cultivares adaptadas, aliado às práticas e manejo adequados (SENTELHAS; MONTEIRO, 2009).

A palma forrageira (*Opuntia ficus-indica* Mill), além de apresentar mecanismos de adaptabilidade, que a torna um dos cultivos de destaque no Semiárido brasileiro, é uma excelente forrageira, pois sua composição química favorece a dieta dos ruminantes e apresenta um alto valor energético e um alto coeficiente de digestibilidade da matéria seca (COSTA et al., 2012).

Apesar da sua grande importância, não é uma alternativa

econômica, e sim, uma cultura de “salvação” nos momentos mais críticos de estiagem, pois vem sendo cultivada com baixa adoção de práticas agrícolas para um melhor desenvolvimento e rendimento, principalmente no que se refere ao manejo da cultura (Cruz Neto et al., 2017) e a qualidade nutricional do produto obtido (MATOS et al., 2024). Tendo em vista a relevância da palma forrageira para suprir as necessidades nutricionais dos animais no período de baixa disponibilidade de outros alimentos, torna-se importante a adoção de tecnologias que permitam uma produção mais eficiente.

A utilização da técnica de irrigação pode ser viável para aumentar o desenvolvimento da palma forrageira nas propriedades rurais com atividade pecuária. Considerando a predominância de águas salinas na região semiárida, sua utilização na irrigação seria altamente viável para produção dessa forragem. A irrigação com água salina no cultivo da palma forrageira pode contribuir de forma significativa, em crescimento, produtividade, além da eficiência no uso da água (Fonseca et al., 2019; Castro et al., 2020), para alimentação animal e diminuir a dependência do agricultor com outras forragens.

Além da irrigação, a densidade de plantio influencia na morfologia e rendimento produtivo da palma forrageira (SILVA et al., 2019; FONSECA et al., 2020). O conhecimento do estande de plantas ideal que possibilite a otimização no uso dos recursos solo, água, nutriente e radiação solar, torna-se de extrema importância para obtenção de rendimentos satisfatórios e com qualidade nutricional da cultura.

De forma geral, estudos com utilização de água salina na irrigação da palma forrageira em diferentes densidades de plantio por anos consecutivos são escassos ou preliminares, o que torna a pesquisa nesta área imprescindível. Diante do exposto, nesse trabalho, objetivou-se avaliar a produtividade e a eficiência do uso da água da palma forrageira ‘Gigante’ irrigada com água salina, sob densidades de plantio, ao longo de três ciclos produtivos.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido em área experimental do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, localizado no Município de Guanambi, coordenadas 14°13'30" sul e 42°46'53" oeste, altitude de 535 m. O clima é semiárido quente e seco, com estação seca bem definida no inverno e período chuvoso entre os meses de outubro e março. A precipitação média anual é de 672,3 mm (média dos últimos 40 anos) e a temperatura média anual de 26 °C (média dos últimos 34 anos).

O solo da área foi originalmente caracterizado como Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico (Santos et al., 2018), que corresponde a Oxisols (SOIL SURVEY STAFF, 2014). Antes da implantação, foram coletadas amostras de solo na área experimental nas camadas de 0 a 0,20 m de profundidade e realizada caracterização química e determinação da classe textural (Tabela 1).

As duas áreas experimentais utilizadas apresentavam histórico de usos distintos, sendo uma anteriormente cultivada com palma forrageira irrigada e a outra sem cultivos anteriores. Os atributos químicos do solo estão dentro da mesma classe de fertilidade do solo (Donato et al., 2017b), justificando a manutenção das mesmas estratégias de manejo. O cultivo anterior com palma forrageira irrigada promoveu

um aporte de cloro no solo, o que contribuiu para as diferenças na salinidade.

Tabela 1. Atributos químicos, classe textural e condutividade elétrica do extrato de pasta de solo saturado antes e depois da condução do terceiro ciclo.

Table 1. Chemical attributes, textural class and electrical conductivity of the saturated soil-paste extract before and after conducting the third cycle.

Atributos	unidade	áreas	
		cultivo anterior com palma irrigada	sem cultivos anteriores
pH (H ₂ O)		7,5	7,5
MO ¹	dag kg ⁻¹	0,8	0,5
P	mg dm ⁻³	50,1	74,3
K ⁺	mg dm ⁻³	183,0	140,0
Na ⁺	cmol _c dm ⁻³	0,1	0,1
Ca ²⁺	cmol _c dm ⁻³	1,7	1,3
Mg ²⁺	cmol _c dm ⁻³	0,8	0,3
Al ³⁺	cmol _c dm ⁻³	0,0	0,0
H+Al	cmol _c dm ⁻³	1,4	1,4
SB ²	cmol _c dm ⁻³	3,1	2,1
t ³	cmol _c dm ⁻³	3,1	2,1
T ⁴	cmol _c dm ⁻³	4,5	3,4
V ⁵	%	70,0	60,0
B	mg dm ⁻³	0,5	0,3
Cu	mg dm ⁻³	0,3	1,0
Fe	mg dm ⁻³	42,6	20,8
Mn	mg dm ⁻³	58,8	53,0
Zn	mg dm ⁻³	4,8	0,9
Prem	mg L ⁻¹	42,4	37,4
CE ⁶	dS m ⁻¹	1,9	0,9
Classe	Franco argilo arenoso		
Textural			

¹ Matéria orgânica do solo; ² somas de bases; ³ capacidades de troca catiônica efetiva, CTC efetiva; ⁴ CTC a pH 7,0; ⁵ saturações por bases; ⁶ condutividades elétrica.

Durante o período de condução, os principais elementos meteorológicos (temperatura máxima e mínima do ar, umidade relativa média do ar, velocidade média do vento, precipitação e evapotranspiração) foram obtidos da estação meteorológica localizada próxima da área experimental (Figura 1).

O palmar foi implantado em 2017 com a espécie *Opuntia ficus-indica* Mill ‘Gigante’ e conduzido por três ciclos produtivos. O período experimental compreendeu setembro de 2017 a outubro de 2020. A área recebeu uma aração e uma gradagem para posterior plantio. Os sulcos de plantio foram feitos com sulcador a uma profundidade de 0,2 m onde foram acomodados os cladódios. O plantio foi realizado nos espaçamentos de 0,30; 0,15; 0,10 e 0,075 m entre plantas e 1 m entre fileiras, dispostas em fileiras triplas, espaçadas 3,0 m uma da outra, equivalendo, respectivamente, às densidades de 20, 40, 60 e 80 mil plantas por hectare previstas nos tratamentos.

A adubação foi baseada em Donato et al. (2017b). Foi realizada adubação orgânica de fundação com aplicação da dose de 30 Mg ha⁻¹ e química com 150 kg ha⁻¹ de P₂O₅ utilizando como fonte superfosfato simples. A adubação orgânica de cobertura foi feita 70 dias após o plantio com a dose de 60 Mg ha⁻¹, totalizando 90 Mg ha⁻¹ na implantação da cultura, além da adubação química com a aplicação de 300 kg ha⁻¹ de K₂O utilizando como fonte o cloreto de potássio,

parcelado em duas vezes. No segundo e terceiro ciclo as adubações de cobertura foram repetidas com as mesmas dosagens do primeiro ciclo.

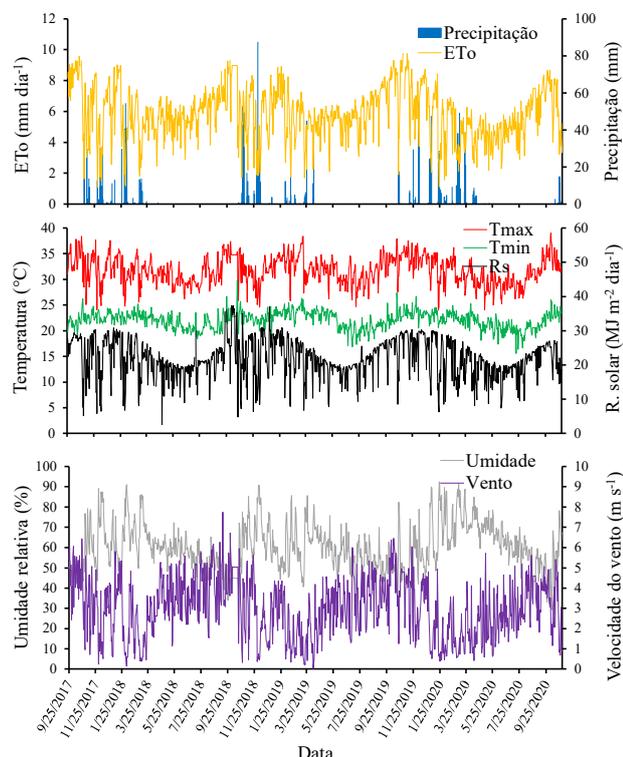


Figura 1. Evapotranspiração de referência (ETo), precipitação, temperatura máxima (Tmax) e mínima (Tmin), radiação solar (Rs), umidade relativa do ar e velocidade do vento durante o período experimental.

Figure 1. Reference evapotranspiration (ETo), rainfall, maximum (Tmax) and minimum (Tmin) temperature, solar radiation (Rs), relative humidity and wind speed during the experimental period.

Fonte: dados coletados na estação meteorológica automática instalada na área experimental do Instituto Federal Baiano - Campus Guanambi.

Durante a condução do experimento foram realizados todos os tratos culturais necessários, a fim de evitar interferência ao desenvolvimento da cultura. O controle de plantas daninhas foi realizado com enxada entre as linhas de plantas da fileira tripla e com roçadeira acoplada a trator entre as fileiras triplas. Ao final do primeiro ciclo foi realizado replantio de mudas somente em pontos onde as falhas foram maiores que 1 m para evitar danos às raízes de plantas já estabelecidas, com a finalidade de aproximar o estande da população de plantas original e realizar avaliações do segundo ciclo, o replantio para o terceiro ciclo não foi feito.

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema de parcelas subdivididas no tempo, sendo alocadas nas parcelas, quatro densidades de plantio (20, 40, 60 e 80 mil plantas por hectare), nas subparcelas, três lâminas de irrigação (11, 22 e 33% da ETo) e o tratamento sem irrigação, e nas subsubparcelas, três ciclos de produção, perfazendo 48 tratamentos, com três repetições, totalizando 144 unidades experimentais. Cada unidade experimental foi constituída de três fileiras de plantas com 5,50 m de comprimento, em que as plantas úteis foram aquelas localizadas nos 3,5 metros centrais das três fileiras.

A aplicação das lâminas de irrigação foi iniciada aos 205 dias após o plantio (DAP), coincidente com a época chuvosa na região e ao período necessário para estabelecimento da cultura. A irrigação foi realizada com turno de rega de sete e 14 dias, entretanto, como não houve efeito de turno de rega nas variáveis analisadas, o turno de rega não foi considerado como fator, neste trabalho.

Para aplicação das lâminas, a evapotranspiração de referência (ETo) foi estimada pelo método de Penman-Monteith modificado, padrão FAO 56 (Allen et al., 1998) a partir dos dados da estação meteorológica e calculado o tempo de irrigação para cada tratamento, conforme equação descrita por Santos & Brito (2016), para faixa contínua molhada. O sistema de irrigação foi constituído por linhas principais e de derivação de PVC com diâmetro de 50 mm. As linhas laterais foram mangueiras gotejadores de 16 mm, com emissores tipo labirinto, com vazão de 2,4 L h⁻¹, espaçados de 0,3 m no primeiro e segundo ciclos produtivos e com vazão de 3,2 L h⁻¹, espaçados de 0,5 m no terceiro ciclo produtivo. Com os dados de precipitação obtidos e das lâminas calculadas foram determinadas as lâminas brutas (precipitação + irrigação) para cada tratamento de irrigação em cada ciclo (Tabela 2).

Tabela 2. Lâminas aplicadas ao longo dos três ciclos produtivos. Table 2. Irrigation depths applied throughout the three production cycles.

Lâminas de Irrigação	1º ciclo	2º ciclo	3º ciclo
	lâminas aplicadas (mm ciclo ⁻¹)		
0% da ETo ¹	533,29	581,20	639,21
11% da ETo ²	673,19	729,50	705,79
22% da ETo ²	813,08	877,81	772,36
33% da ETo ²	952,98	1026,11	838,94

¹Precipitação; ²Precipitação mais irrigação

A água utilizada para irrigação foi proveniente de poço tubular, sendo classificada como C4S1, conforme a classificação de Richards (AYERS; WESTCOT, 1985), as características químicas encontram-se na Tabela 3. Com a caracterização da água utilizada para irrigação foi determinada a quantidade de elementos aportados com as lâminas de irrigação durante os ciclos (Tabela 4).

Tabela 3. Características químicas e classificação da água utilizada no experimento.

Table 3. Chemical characteristics and classification of the water used in the experiment.

Características	Unidade	Valor
pH	-	6,30
Condutividade elétrica (CE)	dS m ⁻¹	2,91
Cálcio (Ca ⁺⁺)	mmol _c L ⁻¹	15,83
Magnésio (Mg ⁺⁺)	mmol _c L ⁻¹	9,13
Potássio (K ⁺)	mmol _c L ⁻¹	0,28
Sódio (Na ⁺)	mmol _c L ⁻¹	8,26
Carbonato (CO ₃ ²⁻)	mmol _c L ⁻¹	0,00
Bicarbonato (HCO ₃ ⁻)	mmol _c L ⁻¹	5,20
Cloreto (Cl ⁻)	mmol _c L ⁻¹	26,40

As avaliações do primeiro ciclo foram realizadas aos 386 DAP e antes do período chuvoso, correspondendo ao final do ciclo. Após o período chuvoso e início do período seco, as aplicações das lâminas foram retomadas, para o segundo

ciclo; e após o segundo, para o terceiro ciclo. As avaliações do segundo ciclo foram realizadas aos 368 dias após colheita do primeiro ciclo e as avaliações do terceiro ciclo foram realizadas aos 362 dias após colheita do segundo ciclo.

Ao final do ciclo foram avaliados, o teor de matéria seca (MS), as produtividades de matéria verde (PMV) e seca (PMS), a eficiência de uso da água (EUA) e o número de plantas mortas (PM).

Tabela 4. Quantidade de elementos aportados com aplicação das lâminas de irrigação nos ciclos de produção.

Table 4. Quantity of elements provided with the application of irrigation depths in production cycles.

Lâminas	Ciclos	Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺
		kg ha ⁻¹		
11% ETo	1 ^o	451,77	155,31	15,32
22% ETo	1 ^o	903,00	310,63	30,63
33% ETo	1 ^o	1.355,31	465,94	45,95
11% ETo	2 ^o	478,92	64,65	16,24
22% ETo	2 ^o	957,83	329,29	32,47
33% ETo	2 ^o	1.436,75	493,94	48,71
11% ETo	3 ^o	214,99	73,91	7,29
22% ETo	3 ^o	429,99	147,82	14,58
33% ETo	3 ^o	644,98	221,74	21,87
		Na ⁺	HCO ₃ ⁻	Cl ⁻
11% ETo	1 ^o	265,66	443,82	1.308,52
22% ETo	1 ^o	531,32	887,65	2.617,04
33% ETo	1 ^o	796,98	1.331,47	3.925,56
11% ETo	2 ^o	281,62	470,49	1.387,15
22% ETo	2 ^o	563,25	940,99	2.774,31
33% ETo	2 ^o	844,87	1.411,48	4.161,46
11% ETo	3 ^o	126,42	211,21	622,71
22% ETo	3 ^o	252,85	422,42	1.245,43
33% ETo	3 ^o	379,27	633,63	1.868,14

O número de plantas mortas foi determinado por contagem direta em campo. Antes da colheita foram coletadas amostras de tecidos dos cladódios para determinação do teor de matéria seca, com secagem a estufa de ventilação forçada a 65° C (pré-secagem) e posteriormente a 105° C (secagem definitiva). A coleta das amostras foi realizada com o auxílio de uma serra copo (5,00 cm de diâmetro por 4,00 cm de profundidade), adaptada a uma furadeira à bateria. As amostras foram retiradas em cladódios distribuídos nas diferentes posições da planta (DONATO et al., 2020a).

Para determinação da produtividade de matéria verde (Mg ha⁻¹) foi realizada a colheita e a pesagem de todas as plantas dentro da parcela útil (17,5 m²), realizando-se o corte de todos os cladódios e preservando somente o cladódio “mãe” (cladódio utilizado no plantio). A produtividade de matéria seca (Mg ha⁻¹) foi determinada em função do MS do tratamento multiplicado pela PMV.

A eficiência de uso da água foi obtida pelo quociente entre a produtividade da cultura e o volume total de água aplicado pelos diferentes tratamentos, somada com a precipitação ocorrida durante o ciclo da cultura. Foi determinada a eficiência de uso da água com base nas PMV e PMS.

Os dados foram submetidos ao teste de normalidade e análise de variância adotando-se 0,05 como nível crítico de probabilidade para o erro tipo I. Foram realizados os desdobramentos das interações significativas. Para o efeito independente do fator ciclos de produção foi feito teste de médias, para os fatores lâminas de irrigação e densidade de

plantio foram ajustados modelos de regressão. Para escolha dos modelos foi considerada a significância dos coeficientes beta pelo teste t; a magnitude do coeficiente de determinação; a significância do quadrado médio da regressão e a adequação do modelo ao fenômeno biológico estudado.

3. RESULTADOS

As variáveis avaliadas não foram influenciadas pela interação tripla entre os fatores estudados, nem pela interação dupla entre densidades de plantio e ciclo ($p > 0,05$). O teor de matéria seca (MS), as produtividades de matéria verde (PMV) e seca (PMS), as eficiências de uso da água para produtividades de matéria verde (EUAPMV) e seca (EUAPMS) apresentaram efeito significativo ($p \leq 0,01$) para a interação entre os fatores lâminas de irrigação e ciclos de produção. Dessas variáveis, PMV, PMS e EUAPMS foram influenciadas também pelas densidades de plantio, lâminas de irrigação e ciclos de forma independente ($p \leq 0,01$), enquanto MS por lâminas e ciclos ($p \leq 0,01$) e EUAPMV por lâminas e densidades de plantio ($p \leq 0,01$). A variável plantas mortas (PM) variou de forma independente com ciclos e lâminas ($p \leq 0,01$). Para a interação entre os fatores lâminas de irrigação e ciclos de produção foi ajustado modelo linear decrescente para o teor de MS em função das lâminas em todos os ciclos (Figura 2A).

O teor de MS no tratamento de sequeiro diferiu entre todos os ciclos, reduzindo ao longo dos anos. No primeiro ciclo apresentou um valor de 7,94%, no segundo de 7,30% e no terceiro de 5,46%. Na lâmina de 11% da ETo não houve diferença entre os ciclos, já para os tratamentos de 22% da ETo o maior valor de MS foi encontrado no primeiro ciclo (5,48%), sendo similar ao terceiro (5,02%) e diferente do segundo (4,82%). Para o tratamento de 33% da ETo, o maior valor de MS foi encontrado no terceiro ciclo (4,81%), sendo similar ao primeiro (4,25%) e diferente do segundo (3,58) (Figura 2A).

Para PMV em função das lâminas no primeiro e segundo ciclos de produção foi ajustado um modelo linear crescente (Figura 2B). No primeiro ciclo o modelo estima um incremento de 105,93% do tratamento de sequeiro para maior lâmina aplicada (33% da ETo) e no segundo de 24,54%. Os modelos ajustados estimam um aumento de 38,57 e 12,03 Mg ha⁻¹, respectivamente, para o primeiro e segundo ciclo de produção a cada aumento de 11% da ETo. No terceiro ciclo de produção ajustou-se um modelo linear decrescente (Figura 2B), com uma redução de 15,22% do tratamento sem irrigação para o de 33% da ETo, onde a cada aumento de 11% da ETo houve uma redução de 8,43 Mg ha⁻¹.

Para PMS em função das lâminas de irrigação foram ajustados modelo linear crescente no primeiro ciclo, quadrático no segundo ciclo e linear decrescente no terceiro ciclo (Figura 2C). No primeiro ciclo houve incremento de 27,94% da PMS do tratamento sem irrigação para a maior lâmina aplicada (33% da ETo), estimando um aumento de 0,76 Mg ha⁻¹ a cada aumento de 11% da ETo. O menor valor de PMS no segundo ciclo (7,27 Mg ha⁻¹) foi encontrado com aplicação da lâmina 26% da ETo, com uma redução 35,98% em relação ao tratamento sem irrigação. No terceiro ciclo houve decréscimo de 22,12% da PMS do tratamento sem irrigação para a maior lâmina aplicada (33% da ETo), estimando uma redução de 0,66 Mg ha⁻¹ a cada aumento de 11% da ETo.

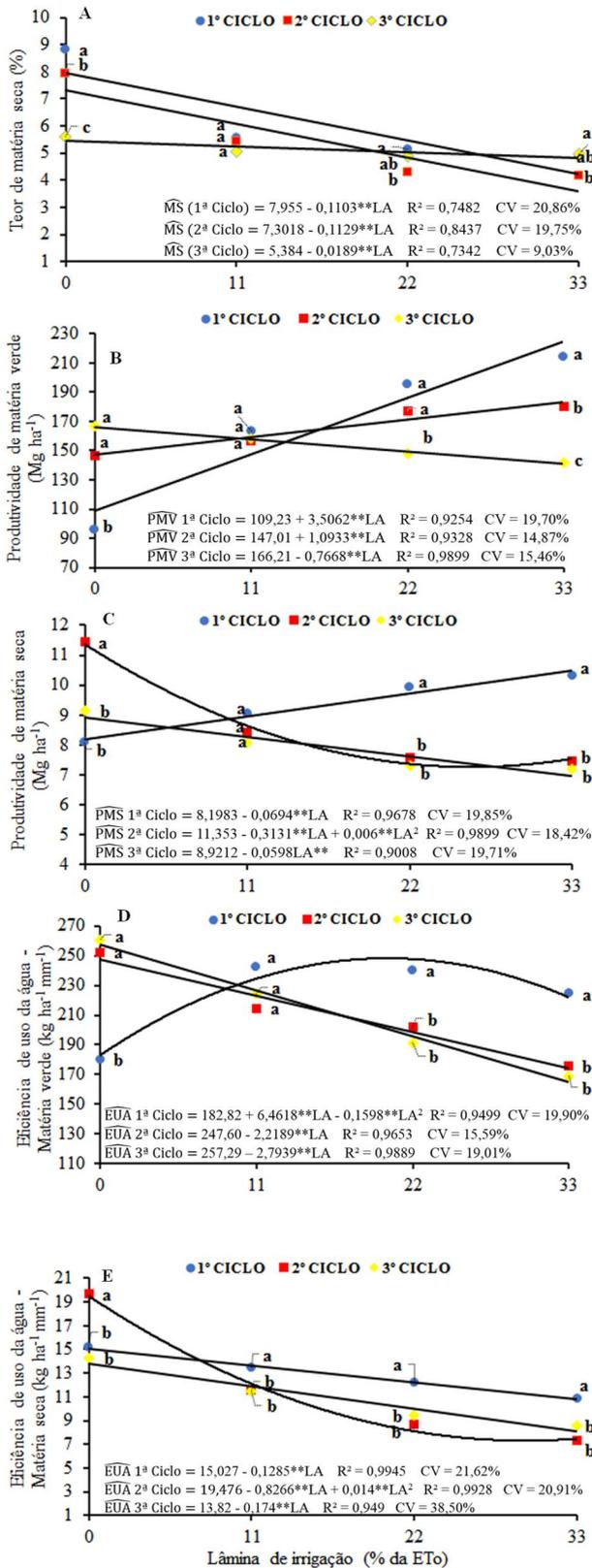


Figura 2. Interação entre os fatores lâmina de irrigação e ciclos de produção para teor de matéria seca (A), produtividade de matéria verde (B), produtividade de matéria seca (C), eficiência de uso da água considerando a produtividade de matéria verde (D) e eficiência de uso da água considerando a produtividade de matéria seca (E) da palma forrageira ‘Gigante’ em função de lâminas de irrigação. R² - Coeficiente de determinação; CV - Coeficiente de variação. NS não significativo, *significativo a 5% pelo teste t, **significativo a 1% pelo teste t. Médias acompanhadas da mesma letra na mesma lâmina, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

Figure 2. Interaction between the irrigation depth and production cycles factors for dry matter content (A), green matter productivity (B), dry matter productivity (C), water use efficiency considering green matter productivity (D) and water use efficiency considering dry matter productivity (E) of the ‘Gigante’ forage cactus pear as a function of irrigation depths.

A PMS no tratamento de sequeiro foi maior no segundo ciclo de produção com 11,35 Mg ha⁻¹, diferindo do primeiro (8,20 Mg ha⁻¹) e terceiro (8,92 Mg ha⁻¹) (Figura 2C). No tratamento de 11% da ETo não houve diferença entre os ciclos (Figura 2C). Já nos tratamentos de 22% e 33% da ETo a PMS no primeiro ciclo foi de 9,72 e 10,49 Mg ha⁻¹, respectivamente, com valores superiores ao segundo e terceiro ciclo de produção, que foram similares entre si nas duas lâminas (Figura 2C).

Para EUAPMV em função das lâminas de irrigação, ajustou-se um modelo quadrático no primeiro ciclo e um modelo linear decrescente no segundo e terceiro ciclo de produção (Figura 2D). No primeiro ciclo, o maior valor de EUAPMV (248,14 kg ha⁻¹ mm⁻¹) foi encontrado com aplicação da lâmina 20% da ETo, com incremento de 35,73% em comparação ao tratamento sem irrigação. No segundo e terceiro ciclo houve redução de 29,57 e 35,83% da EUAPMV do tratamento sem irrigação para a maior lâmina aplicada (33% da ETo), respectivamente, estimando uma redução a cada aumento de 11% da ETo de 24,41 kg ha⁻¹ mm⁻¹ no segundo ciclo e 30,73 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para o terceiro.

Para EUAPMS, no primeiro e terceiro ciclo, ajustou-se modelo linear decrescente em função das lâminas de irrigação, e no segundo ciclo quadrático (Figura 2E). Houve redução de 28,22% e 41,55% da EUAPMS, respectivamente, para o primeiro e terceiro ciclo do tratamento sem irrigação para a maior lâmina aplicada (33% da ETo), correspondendo no primeiro ciclo, a um decréscimo de 1,41 kg ha⁻¹ mm⁻¹ a cada aumento de 11% da ETo e no terceiro de 1,91 kg ha⁻¹ mm⁻¹. No segundo ciclo houve redução até a lâmina de 29% da ETo, com uma EUAPMS de 7,31 kg ha⁻¹ mm⁻¹.

A EUAPMS da palma forrageira ‘Gigante’ sob sequeiro foi maior no segundo ciclo de produção, com um rendimento de 17,78 kg ha⁻¹ mm⁻¹, diferindo dos demais ciclos, com EUAPMS de 15,03 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para o primeiro e de 13,82 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para o terceiro (Figura 2E).

Nas demais lâminas de irrigação o primeiro ciclo proporcionou os maiores valores, com EUAPMS de 13,61, 12,20 e 10,79 kg ha⁻¹ mm⁻¹, para as lâminas de 11, 22 e 33% da ETo, respectivamente (Figura 2E).

Ajustou-se modelo linear crescente para as produtividades de matéria verde e seca em função das densidades de plantio (Figuras 3A e 3B), com um acréscimo de 35,42% e de 37,96%, respectivamente, da menor densidade de plantio (20.000 plantas ha⁻¹) para a maior (80.000 plantas ha⁻¹). Os modelos ajustados estimam um aumento de 16 Mg ha⁻¹ a cada aumento de 20.000 plantas ha⁻¹ para PMV e de 0,80 Mg ha⁻¹ para PMS.

Ajustou-se um modelo linear crescente em função das densidades de plantio para a EUAPMV (Figura 3C), com um incremento de 36,78% da menor densidade de plantio (20.000 plantas ha⁻¹) para maior densidade (80.000 plantas ha⁻¹), onde a cada aumento de 20.000 plantas ha⁻¹ houve um acréscimo de 22 kg ha⁻¹ mm⁻¹. Para a EUAPMS em função das densidades de plantio, ajustou-se um modelo quadrático (Figura 3D), com a maior eficiência (10,16 kg ha⁻¹ mm⁻¹)

numa população de 50.000 plantas ha⁻¹, estimando um incremento de 21,54% em relação a menor densidade de plantio (20.000 plantas ha⁻¹).

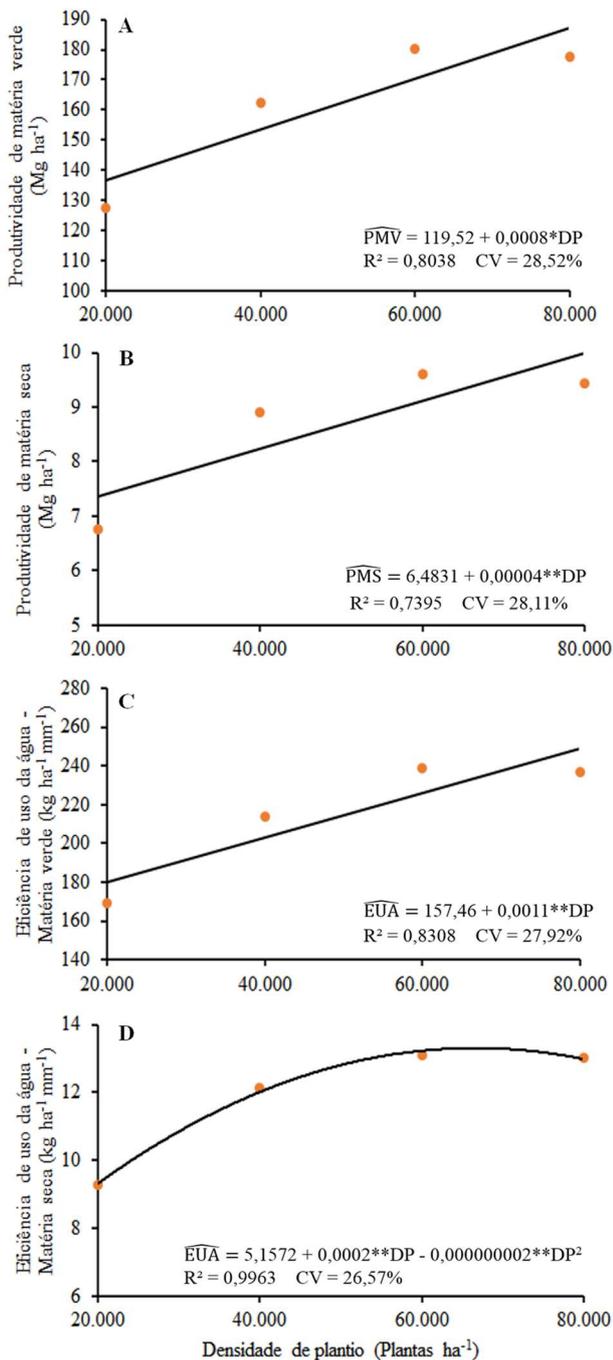


Figura 3. Produtividade de matéria verde (A), produtividade de matéria seca (B), eficiência de uso da água considerando a produtividade de matéria verde (C) e eficiência de uso da água considerando a produtividade de matéria seca (D) da palma forrageira 'Gigante' em função de densidades. R² - Coeficiente de determinação; CV - Coeficiente de variação. NS não significativo, *significativo a 5% pelo teste t, **significativo a 1% pelo teste t.

Figure 3. Green matter productivity (A), dry matter productivity (B), water use efficiency considering green matter productivity (C) and water use efficiency considering dry matter productivity (D) of 'Gigante' forage cactus pear as a function of densities.

Para o número de plantas mortas ha⁻¹ foi ajustado um modelo linear decrescente em função das lâminas de irrigação (Figura 4), com um decréscimo de 31,59% do tratamento de

sequeiro para maior lâmina de irrigação (33% da ETo), em que para cada aumento de 11% da ETo houve uma redução de 1.254 plantas mortas.

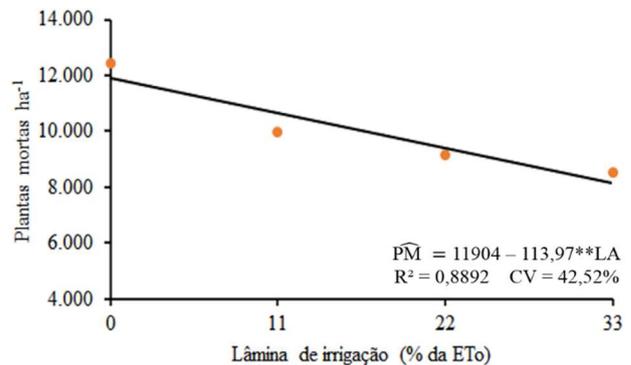


Figura 4. Número de plantas mortas da palma forrageira 'Gigante' em função de lâminas de irrigação. R² - Coeficiente de determinação; CV - Coeficiente de variação. NS não significativo, *significativo a 5% pelo teste t, **significativo a 1% pelo teste t.

Figure 4. Number of dead plants of the 'Gigante' forage cactus pear as a function of irrigation depths.

O número de plantas mortas diferiu entre o segundo e o terceiro ciclo de produção (Tabela 6). A maior mortalidade de plantas no terceiro ciclo comparada ao segundo está associada ao não replantio para condução naquele ciclo.

Tabela 6. Médias do número de plantas mortas da palma forrageira 'Gigante' em função dos ciclos de produção

Ciclos	Plantas mortas ha ⁻¹
1º	10.315,0 ab
2º	9.065,0 b
3º	10.690,0 a
Média	10.024,0
CV (%)	26,99

Nota: Média = média geral; CV = coeficiente de variação. Médias acompanhadas da mesma letra na coluna para cada ambiente, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5%.

4. DISCUSSÃO

Para matéria seca, os modelos possibilitam uma estimativa de redução de 45,76%, 51,02% e 12,02%, respectivamente, para o primeiro, segundo e terceiro ciclo do tratamento sem irrigação para a maior lâmina aplicada (33% da ETo). Esses resultados destacam a redução do MS independente do ciclo de produção com o aumento das lâminas de irrigação, o que colabora com os resultados encontrados por Cruz Neto et al. (2017).

Campos et al. 2021 ressaltam que o teor de matéria seca é reduzido sob irrigação devido ao maior grau de turgescência dos cladódios, pois são órgãos que apresentam tecido interno suculento com grande capacidade de armazenamento de água (DONATO S. et al., 2020b) e sob frequente reposição hídrica reflete numa menor conversão de matéria seca.

Os resultados do teor MS (Figura 2A) refletem o conteúdo de água aplicada em cada lâmina (Tabela 2), que no geral foi bastante reduzido ao longo dos ciclos. Para o tratamento de sequeiro (0% da ETo) a reposição hídrica foi feita por meio das precipitações nos ciclos, que foram de 533,29, 581,20 e 639,21 mm ciclo⁻¹, para o primeiro, segundo

e terceiro ciclo, respectivamente, o que justifica a redução do MS em cada ciclo com o aumento das chuvas ano a ano (Tabela 2). Para as lâminas de 22 e 33% da ETo no segundo ciclo por ter sido aplicada uma maior quantidade de água, apresentaram os menores valores de MS.

O aumento crescente da PMV nos dois primeiros ciclos está associado ao maior volume de água aplicada via irrigação, e por consequência resultou num maior aporte de nutrientes no palmar (Tabela 4), comprovado por Fonseca et al. (2022) que constataram aumento das concentrações de N, P, Ca, Mg, B, Cu, Mn e Zn até a lâmina 33% da ETo, e máximas concentrações de K, S e Na com lâminas entre 16 e 25% da ETo. Donato S. et al. (2020a) ressaltam que a adubação orgânica testada até 90 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ para alcançar elevada produtividade não atendeu a extração/exportação de K, Ca, Mg e B, sendo necessária atender a demanda com outras fontes. Dessa forma, os nutrientes presentes na água de irrigação contribuíram com esse aporte necessário nos dois primeiros anos, com maior lâmina aplicada, e favoreceu um maior rendimento. Do mesmo modo, Fonseca et al. (2019) avaliando irrigação com água salina no primeiro e segundo ciclos produtivos, constataram incremento com a aplicação das maiores lâminas de irrigação em comparação ao tratamento de sequeiro nos dois ciclos, com o maior valor obtido no segundo ciclo de produção (218,20 Mg ha⁻¹) com a aplicação de 100% da ETo diariamente.

A PMV em função dos ciclos de produção no tratamento de sequeiro foi similar entre o segundo (147 Mg ha⁻¹) e terceiro (166,21 Mg ha⁻¹), sendo ambos superiores ao primeiro (109,23 Mg ha⁻¹) (Figura 2B). Esse resultado para o tratamento sem irrigação se atribui às chuvas em cada ciclo, que favoreceu o maior rendimento no terceiro ciclo, ano que apresentou maior concentração (639,21 mm). No tratamento de 11% da ETo não houve diferença entre os ciclos (Figura 2B).

O efeito da aplicação das lâminas crescentes de irrigação sob o rendimento produtivo em cada ciclo, só foi favorecido a partir do tratamento de 22% da ETo, onde o primeiro e segundo ciclo foram similares entre si, com uma PMV de 187,37 e 171,06 Mg ha⁻¹, respectivamente, e foram superiores ao terceiro ciclo de produção, que proporcionou uma PMV de 149,34 Mg ha⁻¹ (Figura 2B). Na lâmina de 33% da ETo a PMV foi maior no primeiro ciclo de produção, com um rendimento de 224,93 Mg ha⁻¹, e reduziu com os ciclos seguintes, nos quais a PMV foi de 183,09 Mg ha⁻¹ para o segundo ciclo e 140,91 Mg ha⁻¹ para o terceiro ciclo (Figura 2B).

A PMV ao longo dos ciclos nas lâminas de 22 e 33% da ETo está associada ao maior volume de água aplicada via irrigação, que favoreceu um maior aporte de nutrientes durante o primeiro e segundo ciclos de produção (Tabela 4), proporcionando uma maior aplicação de nutrientes via irrigação em relação ao terceiro ciclo, pois as maiores lâminas foram aplicadas nesses anos e proporcionou um incremento produtivo.

A palma forrageira tem capacidade de armazenar grandes volumes de água em seus tecidos (Donato et al., 2020b; Santos et al., 2020), o que resultou na redução do MS. Apenas no primeiro ciclo de produção o incremento no rendimento da PMV foi capaz de superar a redução da MS e proporcionar uma elevação na PMS com o aumento das lâminas de irrigação.

Com relação a eficiência de uso da água, comportamento semelhante ao segundo e terceiro ciclos produtivos foi encontrado por Queiroz et al. (2016) e Silva et al. (2020), que constataram redução da eficiência do uso da água com o aumento das lâminas de irrigação. Fonseca et al. (2023) explica que essa redução está associada ao grande volume de água aplicado quando comparado com o incremento no rendimento produtivo, o que aconteceu em todos os ciclos, diminuindo a eficiência com as maiores lâminas aplicadas.

A EUAPMV em função dos ciclos de produção no tratamento de sequeiro foi maior no terceiro (257,29 kg ha⁻¹ mm⁻¹) e segundo (247,60 kg ha⁻¹ mm⁻¹), sendo ambos superiores ao primeiro (182,82 kg ha⁻¹ mm⁻¹) (Figura 2D), esses resultados mostram que houve uma eficiência no aproveitamento da água com o aumento das chuvas ao longo dos ciclos. No tratamento de 11% da ETo não houve diferença entre os ciclos (Figura 2D). Já nos tratamentos de 22 e 33% da ETo o primeiro ciclo foi superior ao segundo e terceiro ciclo de produção, mostrando que o incremento na PMV no primeiro ciclo, refletiu numa maior eficiência com a água aplicada (Figura 2D), com EUAPMV de 247,64 e 222,04 kg ha⁻¹ mm⁻¹ para os tratamentos de 22% e 33% da ETo, respectivamente.

O aumento da PMS nas maiores densidades de plantio está diretamente relacionado ao aumento da PMV, pois MS não apresentou diferença. Os resultados ao longo dos ciclos de produção reforçam os encontrados por Silva et al. (2014) e Cavalcante et al. (2014), que encontraram incremento positivo para PMV e PMS, com o aumento da densidade de plantio até 80.000 plantas ha⁻¹. Mas deve-se ter conhecimento detalhado sobre o valor do custo da atividade, pois a densidade de plantio é uma das variáveis que influenciam no custo de produção final (Donato et al., 2020a) e quanto mais elevado o adensamento, maior a exigência de manejo do palmar (MACÊDO et al., 2020).

Diante do elevado custo para se adensar, mesmo com o incremento produtivo na densidade máxima avaliada (80.000 plantas ha⁻¹) pode não ser viável quando se compara com a produtividade alcançada na densidade de 60.000 plantas ha⁻¹, que apresentou uma PMV de 167,52 Mg ha⁻¹ e uma PMS de 7,92 Mg ha⁻¹, que corresponde a uma redução na produtividade em relação a máxima densidade de plantio de 9,55% e 10,10%, respectivamente. Essa inviabilidade é influenciada pela disponibilidade e o preço das mudas, além do manejo com o aporte de nutrientes, que deve ser proporcional ao aumento da densidade de plantio (Donato et al., 2020b), e são fatores que elevam o custo de produção.

Fonseca et al. (2020) avaliando diferentes densidades de plantio em arranjo mecanizável encontraram produtividade máxima para PMV (159,52 Mg ha⁻¹) numa população de aproximadamente 69.112 plantas ha⁻¹ e PMS (13,74 Mg ha⁻¹) numa população de 64.446 plantas ha⁻¹, a partir destas densidades houve uma redução no rendimento produtivo, mostrando que densidades de plantio superiores podem não atingir máximas produtividades, além de inviabilizar a rentabilidade final com o aumento do custo de produção.

A EUAPMV sofreu grande influência pela capacidade de armazenamento de água nos cladódios ao longo dos ciclos, que foi aumentando com a elevação do estande de plantas, esses altos teores de umidade na massa verde é um fator interessante nas regiões semiáridas e nos períodos de estiagem, tendo a palma forrageira como fonte de água e

alimento a ser ofertada aos animais (SANTOS et al., 2020; SILVA et al., 2014).

Com a resposta positiva para EUAPMS até a densidade de 50.000 plantas ha⁻¹, podemos apontar que o maior número de plantas nas densidades superiores, tornou o aproveitamento da água aplicada durante os ciclos negativa, necessitando de um maior incremento na PMV para aumentar essa eficiência, logo que, o teor de MS não apresentou diferença e PMS é dada pela multiplicação destas variáveis, onde os sistemas de manejo devem promover a redução das perdas de água e/ou aumentar a produtividade das culturas, para que a EUA seja positiva (SILVA et al., 2020).

A mortalidade foi reduzida com a aplicação crescente das lâminas de irrigação com água salina. Suprir a necessidade hídrica, principalmente no primeiro ano da cultura, facilita o estabelecimento das plantas, pois elas necessitam acumular reservas para manter o crescimento e garantir sua sobrevivência (Fonseca et al., 2023). No entanto, de forma geral, o índice de mortalidade no presente trabalho foi alto, alcançando valores de aproximadamente 20% de mortalidade no primeiro ciclo. Sá Teles et al. (2024), encontram índices de mortalidade para a palma forrageira 'Gigante', implantada na densidade de 20.000 a 60.000 plantas ha⁻¹, de aproximadamente 10%.

Santos et al. (2020) sugerem o uso da irrigação em cultivos adaptados à seca para garantir a sua segurança produtiva, pois o aumento da variabilidade climática, reflete em ocorrência de longos períodos de estiagem e atraso no início da estação chuvosa. Outro fator importante destacado pelos autores e constatados por Fonseca et al. (2019) é a utilização de água de menor qualidade na irrigação, que é de suma importância frente as condições climáticas, proporcionando uma menor mortalidade e aumento da PMV com a elevação das lâminas de irrigação até 33% da ETo.

5. CONCLUSÕES

As lâminas crescentes de irrigação promovem redução no teor de MS da palma forrageira 'Gigante' independente do ciclo de produção. A maior PMV foi registrada no primeiro ciclo produtivo, com aplicação da lâmina de 33% da ETo. Para PMS a aplicação das maiores lâminas de irrigação foi refletida apenas no primeiro ciclo de produção. A lâmina de 33% da ETo promove redução da eficiência do uso da água.

O aumento da densidade de plantio até 80.000 plantas ha⁻¹ favorece a PMV, PMS e EUAPMV ao longo dos três ciclos produtivos. A EUAPMS responde de forma positiva até uma população 50.000 plantas ha⁻¹.

O aumento das lâminas de irrigação até 33% da ETo reduz o número de plantas mortas ao longo dos ciclos.

6. REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Irrigation and Drainage.** Rome: FAO, 1998. (Irrigation and Drainage Paper, 56).

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **Water Quality for Agriculture.** Rome: FAO, 1985. (Irrigation and Drainage Paper, 29, Rev. 1.)

CAMPOS, A. R. F.; SILVA, A. J. P.; LIER, Q. J. V.; NASCIMENTO, F. A. L.; FERNANDES, R. D. M.; ALMEIDA, J. N.; PAZ, V. P. S. Yield and morphology of forage cactus cultivars under drip irrigation

management based on soil water matric potential thresholds. **Journal of Arid Environments**, v. 193, e104564, 2021. <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104564>

CASTRO, I. N.; SANTOS, S. R.; KONDO, M. K.; MAIA, V. M.; SANTOS, C. C. R. Agronomic performance and water use efficiency of irrigated cactus pear cultivars. **Revista Caatinga**, v. 33, n. 2, p. 529-540, 2020. <https://doi.org/10.1590/1983-21252020v33n225rc>

CAVALCANTE, L. A. D.; SANTOS, G. R. A.; SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; SILVA, M. A. Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014. <https://doi.org/10.1590/S1983-40632014000400010>

COSTA, R. G.; TREVIÑO, I. H.; MEDEIROS, G. R.; MEDEIROS, A. N.; PINTO, T. F.; OLIVEIRA, R. L. Effects of replacing corn with cactus pear (*Opuntia ficus indica* Mill) on the performance of Santa Inês lambs. **Small Ruminant Research**, v. 102, n. 1, p. 13-17, 2012. <https://doi.org/10.1016/j.smallrumres.2011.09.012>

CRUZ NETO, J. F.; MORAIS, J. E. F.; SOUZA, C. A. A.; CARVALHO, H. F. S.; RODRIGUES, C. T. A.; SILVA, T. G. F. Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda. **Journal of Environmental Analysis and Progress**, v. 2, n. 2, p. 98-106, 2017. <https://doi.org/10.24221/jeap.2.2.2017.1170.98-106>

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; RODRIGUES, M. G. V.; SANTOS, M. R. Indicadores técnicos, de produção e econômicos da cultura. In: DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. **Palma forrageira do plantio à colheita.** Belo Horizonte: Epamig, 2020a. p. 203-232.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; LONDE, L. N. C.; RODRIGUES, M. G. V. Implantação da lavoura. In: DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. **Palma forrageira do plantio à colheita.** Belo Horizonte: Epamig, 2020b p.79-100.

DONATO, S. L. R.; ARANTES, A. M.; BRITO, C. F. B.; RODRIGUES, M. G. V.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R. Considerações sobre clima semiárido e ecofisiologia da palma forrageira. **Informe agropecuário**, v. 38, p. 7-20, 2017a.

DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A.; RODRIGUES, M. G. V. Diagnóstico nutricional e recomendação de adubação para palma forrageira 'Gigante'. **Informe agropecuário**, v. 38, p. 46-58, 2017b

DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SILVA, J. A.; RODRIGUES, M. G. V.; RUFINO, L. D. A.; SILVA JUNIOR, A. A. Exigências nutricionais e sugestões de adubação para palma forrageira 'gigante'. In: DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. **Palma forrageira do plantio à colheita.** Belo Horizonte: Epamig, 2020a. p.101-127.

DONATO, S. L. R.; BRITO, C. F. B.; FONSECA, V. A.; ARANTES, A. M.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R. Aspectos ecofisiológicos. In: DONATO, S. L. R.; BORÉM, A.; RODRIGUES, M. G. V. **Palma forrageira do plantio à colheita.** Belo Horizonte: Epamig, 2020b. p. 43-77.

FONSECA, V. A.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, C. M.; SILVA, J. A.; BATISTA, R. S. Morphometry and yield of forage cactus 'Gigante' under

irrigation and different planting densities. **Revista Caatinga**, v. 36, n. 3, p. 690-701, 2023. <https://doi.org/10.1590/1983-21252023v36n321rc>

FONSECA, V. A.; DONATO, S. L. R.; SANTOS, M. R.; OLIVEIRA, C. M.; KONDO, M. K.; COTRIM, C. E. Nutrients in 'Gigante' forage cactus pear under different saline water irrigation depths and planting densities. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 26, n. 5, p. 381-389, 2022. <https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v26n5p381-389>

FONSECA, V. A.; COSTA, L. C.; SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S. 'Gigante' cactus pear cultivated at different population densities in a mechanizable arrangement. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 24, n. 11, p. 769-775, 2020. <http://dx.doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v24n11p769-775>

FONSECA, V. A.; SANTOS, M. R.; SILVA, J. A.; DONATO, S. L. R.; RODRIGUES, C. S.; BRITO, C. F. B. Morpho-physiology, yield, and water-use efficiency of *Opuntia ficus indica* irrigated with saline water. **Acta Scientiarum. Agronomy**, v. 41, n. 1, p. 1-11, 2019. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v41i1.42631>

MACÊDO, A. J. S.; CESAR NETO, J. M.; OLIVEIRA, L. B.; EDVAN, R. L.; SANTOS, E. M. A cultura da palma, origem, introdução, expansão, utilidades e perspectivas futuras: Revisão de Literatura. **Brazilian Journal of Development**, v. 6, n. 8, p. 62967-62987, 2020. <https://doi.org/10.34117/bjdv6n8-652>

MATOS, L. V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, B. L.; ASPIAZU, I.; LANI, J. L. In what proportions to semi-arid agroecosystems and production systems modify the bromatology of the 'Gigante' cactus pear? **Nativa**, v. 12, n. 1, p. 24-36, 2024. <https://doi.org/10.31413/nativa.v12i1.16507>

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S. E.; SOUZA, C. A. A.; CARVALHO, H. F. S. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido. **Irriga**, edição especial, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016. <https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p141-154>

SÁ TELES, E. B.; ARANTES, A. M.; DONATO, S. L. R.; SOARES, R. S.; SILVA, J. A.; DONATO, P. E. R. Cultivares de Palma Forrageira sob Diferentes Arranjos e Densidades de Plantio. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 17, n. 1, p. 157-177, 2024. <https://doi.org/10.26848/rbgf.v17i1.p157-177>

SANTOS, M. R.; BRITO, C. F. B. Irrigação com água salina, opção agrícola consciente. **Revista Agrotecnologia**, v. 7, n. 1, p. 33-41, 2016. <https://doi.org/10.12971/5175>

SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; LUMBRERAS, J. F.; COELHO, M. R.; ALMEIDA, J. A.; ARAÚJO FILHO, J. C.; OLIVEIRA, J. B.; CUNHA, T. J. F. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2018. 356p.

SANTOS, M. R.; DONATO, S. L. R.; COTRIM JUNIOR, P. R. Irrigação na palma forrageira. **Revista Agrotecnologia**, v. 11, n. 1, p. 75-86, 2020. <http://orcid.org/0000-0003-0896-0359>

SENTELHAS, P. C.; MONTEIRO, J. E. B. A. Agrometeorologia dos Cultivos. In: MONTEIRO, J. E. B. A. **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: Inmet, 2009. 530p.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, P. A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014. <https://doi.org/10.1590/0103-8478cr20131305>

SILVA, A. S.; SANTOS, E. M.; RAMOS, J. P. F.; PERAZZO, A. F.; MUNIZ, A. C. S.; SANTOS, F. N. S.; PEREIRA, D. M.; CRUZ, G. F. L. Características agronômicas de variedades de *Opuntia cochenillifera* e *Nopalea cochenillifera* sob diferentes densidades de plantio. **Colloquium Agrariae**, v. 15, n. 6, p. 88-96, 2019. <https://doi.org/10.5747/ca.2019.v15.n6.a340>

SILVA, E. C. B.; LIMA, J. R. S.; ANTONINO, A. C. D.; MELO, A. A. S.; SOUZA, E. S.; SOUZA, R. M. S.; SILVA, V. P.; OLIVEIRA, C. L. Efeito da Irrigação Suplementar na Produtividade e Eficiência no Uso de Água da Palma Forrageira. **Revista Brasileira de Geografia Física**, v. 13, n. 6, p. 2744-2759, 2020.

SOIL SURVEY STAFF. **Keys to soil taxonomy**. (12th ed.). Washington, DC: United States Department of Agriculture, Natural Resources Conservation Service. 2014.

SOUZA, M. T. C.; SILVA, M. E. F.; PAULO, P. E. M.; RIBEIRO, A. B.; ANDRADE, A. P.; CASSUCE, M. R. Caracterização climática e o efeito do estresse hídrico sob as plantas nativas da caatinga. **Pubvet**, v. 8, n. 1, p. 0001-0083, 2014. <https://doi.org/10.22256/pubvet.v8n1.1655>

Agradecimentos: Os autores agradecem ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), à Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (Capes, código de financiamento 001) e à PROPES IF Baiano.

Contribuição dos autores: M.R.d.S.: conceitualização, supervisão, metodologia, investigação, redação (revisão e edição); C.M.O.: metodologia, investigação ou coleta de dados, redação (original); S.L.R.D.: conceitualização, metodologia, investigação, redação (original e revisão), análise estatística dos dados; V.A.F.: metodologia, investigação ou coleta de dados; C.E.C.: metodologia; R.S.B.: investigação ou coleta de dados.

Financiamento: PROPES IF Baiano.

Disponibilidade de dados: Os dados desta pesquisa poderão ser obtidos mediante solicitação ao autor correspondente via e-mail.

Conflito de interesses: Os autores declaram não haver conflito de interesses.