



ISSN: 2525-815X

Journal of Environmental Analysis and Progress

Journal homepage: www.ufrpe.br/jeap<http://dx.doi.org/10.24221/jeap.2.2.2017.1170.98-106>

Aplicabilidade de indicadores agrometeorológicos para análise do incremento de água por irrigação em sistemas de produção da palma forrageira, cv. Miúda

Applicability of agrometeorological indicators for analysis of water increment for irrigation in production systems of cactus forage, cv. Miúda

José Francisco da Cruz Neto^a, José Edson Florentino de Moraes^a, Carlos André Alves de Souza^c, Herica Fernanda de Sousa Carvalho^b, Carlos Tiago Amâncio Rodrigues^b, Thieres George Freire da Silva^c

^a Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco. CEP: 52171-900.

^b Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal do Vale do São Francisco, Av. Antônio Carlos Magalhães, n. 510, Country Club, Juazeiro, Bahia. CEP: 48902-300.

^c Unidade Acadêmica de Serra Talhada, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Av. Gregório Ferraz Nogueira, s/n, José Tomé de Souza Ramos, Serra Talhada, Pernambuco. CEP: 56909-535. E-mail: thieres_freire@yahoo.com.br.

ARTICLE INFO

Recebido 25 Fev 2017

Aceito 24 Abr 2017

Publicado 01 Mai 2017

ABSTRACT

The objective was to evaluate the application of agrometeorological indicators of water use efficiency for cactus forage, cv. "Miúda", aiming at the analysis of the contribution of the water increase in crop production systems. The experiment was conducted in the municipality of Serra Talhada, State of Pernambuco. The experimental design was randomized blocks with three replications, and treatments composed for two water regimes, the first equivalent of 756 mm.year⁻¹ (around the climatological normal) and another 493 mm.year⁻¹ (below the climatological normal). At the time of the harvest were obtained biometric variables and crop biomass. Through these latest data and water depth received by the crop were calculated Water Use Efficiency (WUE), Water Economic Productivity (WEP), and Irrigation Water Productivity (IWP). The EWP was evaluated assuming the sale of cladode for animal feed and as "seed". There were no effects of increasing water on the growth, productivity and agrometeorological indicators ($p > 0.05$). However, it was noticed a decrease in 42% and 22% on fresh and dry matter production, respectively. Considering the WUE, the production of fresh and dry matter were 59.27 g.ha⁻¹.mm⁻¹ and 7.25 kg.ha⁻¹.mm⁻¹, respectively, resulting in economic return greater in production of cladode to "seed" (85.73 R\$.ha⁻¹.mm⁻¹). The IWP for fresh and dry matter production were 50.64 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ and 2.29 kg.ha⁻¹.mm⁻¹, respectively. It is concluded that the agrometeorological indicators of water use efficiency can be used for evaluation performance of the cactus forage.

Keywords: Water use efficiency, water management, yield.

RESUMO

Objetivou-se avaliar a aplicação de indicadores agrometeorológicos de eficiência do uso da água para a palma forrageira, clone "Miúda", visando à análise da contribuição do incremento de água em sistemas de produção da cultura. O experimento foi conduzido no município de Serra Talhada, PE. O delineamento foi em blocos ao acaso, com três repetições, e os tratamentos compostos por dois regimes hídricos, o primeiro equivalente a 756 mm.ano⁻¹ e outro de 493 mm.ano⁻¹. Na ocasião da colheita foram obtidas as variáveis biométricas e de biomassa. Por

meio desses últimos dados e das lâminas de água recebidas pela cultura foram calculados a eficiência no uso da água (WUE), a produtividade econômica da água (WEP) e a produtividade da água de irrigação (IWP). A WEP foi avaliada assumindo a venda dos cladódios para alimentação animal e como “semente”. Não houve efeito da redução da disponibilidade de água sobre o crescimento, a produtividade e os indicadores agrometeorológicos ($p > 0,05$). Porém, percebeu-se um aumento em 42% e 22% na produção de massa verde e seca da cultura, respectivamente. Em termos de eficiência do uso da água, a Miúda apresentou produção de massa fresca e verde de $59,27 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ e $7,25 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente, resultando retorno econômico maior na produção de cladódios para “semente” ($85,73 \text{ R}\$. \text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$). Os valores de IWP para a produção de massa fresca e seca foi de $50,64 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$ e de $2,29 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$, respectivamente. Conclui-se que os indicadores agrometeorológicos de eficiência do uso da água podem ser utilizados na avaliação do desempenho da cultura da palma forrageira.

Palavras-Chave: Eficiência do uso da água, manejo de água, rendimento.

Introdução

A palma forrageira (*Nopalea* sp. ou *Opuntia* sp.) é usada no Nordeste brasileiro para a alimentação animal. Apesar disso, a mesma não é reconhecida como uma alternativa econômica, mas sim como uma cultura de “salvação” do rebanho durante os anos de estiagem. E isso está associado as suas irregularidades produtivas, como resposta à ausência de práticas específicas de manejo para cada clone e ambiente de cultivo, e a definição de um sistema de produção, que estimule a expansão de áreas de cultivo dessa espécie.

Para o incremento produtivo de culturas agrícolas, o manejo adotado é de fundamental relevância. Silva et al. (2014) citam que, o aumento da produtividade da palma forrageira, ao longo de sucessivos cortes, é dependente de tratamentos culturais como a adoção de clones melhorados, pluviosidade, realização de adubação e de técnicas de plantio, controle de plantas daninhas e manejo correto da colheita. A essas práticas podem ser incluídos os eventos de irrigação, que permitem suprir a necessidade hídrica da cultura (Santana et al., 2009; Silva Lopes et al., 2011; Martin et al., 2012). Pesquisas sobre o uso de eventos de irrigação em várias culturas agrícolas têm proporcionado aumento da eficiência do sistema de produção, em detrimento aos impactos sobre o ambiente (Martin et al., 2012).

Na palma forrageira, apenas recentemente tem se estimulado o uso de irrigação como opção de incremento produtivo no Semiárido brasileiro. Essa tendência é evidenciada para outras plantas forrageiras (Vale & Azevedo, 2013), e embora não seja comum para essa espécie, há registros bem sucedidos nos estados do Rio Grande do Norte e de Pernambuco (Queiroz et al., 2015; Lima et al., 2016). Em outras regiões do mundo, o uso de irrigação mesmo que de forma complementar tem permitido a obtenção de maiores produtividades (Flores-Hernández et al., 2004). Porém, a adoção de uma prática de manejo

deve ser estabelecida por meio da avaliação dos seus benefícios no sistema de produção. Para isso, indicadores agrometeorológicos são ótimas opções, uma vez que permitem avaliar a capacidade da cultura em converter recursos naturais em rendimento. Dentre os mais comuns, a eficiência do uso da água (*Water Use Efficiency* - WUE) relaciona a produtividade com a lâmina de água recebida ou consumida pela cultura; a produtividade econômica da água (*Water Economic Productivity* - WEP) permite avaliar o retorno econômico bruto em função da quantidade de água aplicada; e a produtividade da água da irrigação (*Irrigation Water Productivity* - IWP) mostra o ganho de rendimento devido ao incremento de água no sistema de produção (Araya et al., 2011).

Esses indicadores possibilitam reduzir as perdas de produção, aperfeiçoando o uso dos recursos hídricos (Araya et al., 2011; Pereira et al., 2012), e avaliar a resposta do rendimento da cultura em unidade de área e o retorno monetário ao produtor. Sob condições de sequeiro, possibilitam a escolha de variedades mais resistentes, ao passo que o conhecimento de suas variações em áreas irrigadas é útil para a determinação da frequência e duração da reposição de água no solo, bem como na análise da viabilidade econômica do uso de diferentes sistemas de irrigação (Karam et al., 2007). Para a palma, informações desta natureza são raras e podem auxiliar na compreensão das suas respostas produtivas, uma vez que variam com as fases fenológicas, clima, solo e espécies (Consoli et al., 2013).

Dentre as espécies de palma mais cultivadas para fins de forragem, tem-se a “Miúda” (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), que é um clone resistente à cochonilha do Carmim (Vasconcelos et al., 2009), possuindo bom desempenho produtivo em regiões em que os níveis pluviométricos são maiores, e as temperaturas mais amenas. O seu cultivo também

pode ser destinado à venda dos cladódios como “semente”, que são usados para a expansão de áreas de cultivo dessa espécie (Leite, 2009; Santos et al., 2006a).

Com isso, objetivou-se avaliar a aplicação de indicadores agrometeorológicos de eficiência do uso da água para a palma forrageira, clone “Miúda”, em dois regimes hídricos com base na normal climatológica local, com vistas à análise dos benefícios do incremento de água no sistema de produção da cultura destinada à venda de cladódios para “sementes” e para alimentação animal.

Material e Métodos

Características da área experimental

O experimento foi conduzido em uma área experimental cultivada com palma forrageira, cv. Miúda/IPA-100004 (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm-Dyck), na Estação Experimental Lauro Ramos Bezerra, pertencente ao Instituto Agrônomo de Pernambuco - IPA, no município de Serra Talhada, PE (latitude: 7°59'S, longitude: 38°15'O e altitude: 431 m). O clima da região, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSw^h, com temperatura média do ar de 25,8°C e umidade relativa do ar em torno de 62,7% (Alvares et al., 2014; Silva et al., 2007). A precipitação pluviométrica média anual é de 657 mm.ano⁻¹, e concentra-se, sobretudo entre os meses de janeiro a maio. Essa média foi obtida por meio dos dados de sete estações pluviométricas pertencentes à Agência Pernambucana de Águas e Clima (www.apac.pe.gov.br), distribuídas ao longo do território do município e com mais de 32 anos de dados. O solo da área é classificado como Argissolo Vermelho-Amarelo Eutrófico franco arenoso, com as características físicas apresentadas na Tabela 1. O preparo do solo consistiu em uma gradagem anterior ao plantio.

O plantio da cultura foi realizado no mês de fevereiro de 2010. Foram usados cladódios isentos de patologia ou infestação de pragas, obtidos junto ao Banco Ativo de Germoplasma pertencente ao IPA. O plantio foi realizado em espaçamento de 1,6 x 0,2 m, resultando em uma densidade de plantio de 31.250 plantas por hectare. As parcelas foram constituídas por quatro fileiras, cada uma com 20 plantas, compreendendo uma área de 25,6 m², e a área útil de 10,24 m². Foi realizada uma adubação de fundação de 130 kg.ha⁻¹ de ureia, com base na análise do solo. O manejo fitossanitário, por outro lado, foi realizado ao longo de todo o ciclo, por meio de capinas manual, e a aplicação de herbicidas (glifosato a 0,5% para uma bomba de 20 L) e de inseticidas

(0,2% de folisuper para uma bomba de 20 L). O primeiro corte foi realizado em fevereiro de 2012, quando se iniciou o período experimental desse estudo, que compreendeu 523 dias de ciclo, com colheita em agosto de 2013. Ao longo do tempo, as condições meteorológicas foram monitoradas por meio da estação automática localizada a 700 m da área experimental, e pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (www.inmet.gov.br).

Delineamento experimental

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições. Os tratamentos foram compostos por dois regimes hídricos definidos com base na normal climatológica local. O primeiro foi equivalente a 756 mm.ano⁻¹, 15,7% acima da normal climatológica (657 mm.ano⁻¹), e outro de 493 mm.ano⁻¹, abaixo 25% da normal climatológica, logo, este último em torno de 65% em relação ao primeiro regime hídrico.

No primeiro regime hídrico, a cultura recebeu 1.102 mm durante os 532 dias de ciclo, sendo a sua aplicação feita com lâminas de 7,5 mm a cada sete dias, totalizando 555 mm, mais 547 mm via precipitação pluviométrica.

No segundo regime hídrico aplicou-se 172 mm por irrigação, que adicionados com os 547 mm da precipitação, totalizaram 719 mm, durante os 532 dias. Essa lâmina de 172 mm foi aplicada no início do ciclo da cultura, visando garantir a sua brotação.

O biênio 2012-2013 foi caracterizado pela ocorrência do fenômeno oceânico-climático Dipolo do Atlântico, o que implicou em redução dos níveis pluviométricos e aumento da temperatura do ar no Nordeste brasileiro. O sistema de irrigação por gotejamento foi usado com gotejadores a cada 0,4 m, que apresentou coeficiente de uniformização de Christiansen em torno de 92%.

Dados da cultura

Foram monitoradas, na ocasião da colheita, as variáveis biométricas: altura da planta (AP), largura da planta (LP), número de cladódios totais por planta (NCTP) e suas respectivas ordens, e dados de biomassa verde de três plantas por tratamento e de cinco cladódios por planta, conforme procedimentos adotados por Silva et al. (2015). Para os cinco cladódios foram obtidos, ainda em campo, o peso verde individual, por meio de uma balança de precisão, para evitar a perda de água. Em seguida, esses foram cortados, colocados em sacos de papel e levados para uma estufa de circulação forçada a 65°C para obtenção da massa seca. Com esses dados foi obtido o

conteúdo médio de matéria seca, para a estimativa da produtividade da cultura, por meio da extrapolação dos dados, usando o número total médio de cladódios por planta e a densidade de plantas por hectares na ocasião da colheita.

Indicadores agrometeorológicos

Através dos dados de produtividade, baseados nos dados de massa fresca (MV) e seca (MS) das lâminas aplicadas, foram calculados três indicadores agrometeorológicos: eficiência no uso de água (WUE, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$), produtividade econômica da água (WEP, $\text{R}\$.ha^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$) e produtividade da água de irrigação (IWP, $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}\cdot\text{mm}^{-1}$). A WUE permite avaliar a capacidade da cultura converter a lâmina de água recebida em biomassa, calculada pela Equação 1 (Araya et al., 2011):

$$\text{WUE} = \frac{Y_0}{(P + I)} \quad (1)$$

em que Y_0 = produtividade da cultura nos dois regimes hídricos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$), P = precipitação (mm) e I = irrigação (mm).

A WEP possibilita a análise do retorno econômico bruto mediante cada unidade de água recebida pelo sistema de produção, sendo calculada pela Equação 2 (Araya et al., 2011):

$$\text{WEP} = \frac{\text{GE}}{(P + I)} \quad (2)$$

onde GE = ganho econômico por unidade de área colhida ($\text{R}\$.ha^{-1}$), sendo de R\$ 100,00 por tonelada de massa verde destinada à venda para alimentação animal, e de R\$ 0,15 centavos por unidade de cladódio, quando destinado à venda como “semente”.

O IWP permite avaliar o incremento produtivo proporcionado pelo incremento de água no sistema de produção, sendo calculado pela Equação 3 (Araya et al., 2011):

$$\text{IWP} = \frac{Y1 - Y2}{\Delta I} \quad (3)$$

em que $Y1$ = rendimento da palma no regime hídrico de 756 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); $Y2$ = rendimento da cultura no regime hídrico de 493 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$); ΔI = diferença de lâminas de água entre os dois regimes hídricos, sendo igual a 383 mm.

Análise dos dados

Os dados de AP, LP, NCTP, rendimento em base seca e fresca, conteúdo de matéria seca e dos indicadores agrometeorológicos foram submetidos à estatística descritiva, ao teste de Normalidade, e a análise de variância, que uma vez significativa, permitiu comparar os valores médios pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. Essas análises foram realizadas por meio do programa computacional “GENES” (Cruz, 2011).

Tabela 1. Características físicas de um Argissolo Vermelho-Amarelo cultivado com clones de palma forrageira, em Serra Talhada, Semiárido pernambucano.

Profundidade (cm)	DS ----- $\text{kg}\cdot\text{dm}^{-3}$	DP	PT (%)	Granulometria ($\text{g}\cdot\text{kg}^{-1}$)		
				Areia total	Silte	Argila
0-10	1,53	2,51	38,88	746,6	190,4	63,0
10-20	1,61	2,53	36,26	746,3	166,9	86,8
20-30	1,61	2,54	36,51	747,3	202,0	50,7
30-40	1,50	2,61	42,47	623,5	299,6	77,0
40-50	1,49	2,61	42,94	677,2	237,5	85,2
50-60	1,45	2,63	44,71	597,7	299,5	102,7
Média	1,53	2,57	40,29	689,76	232,65	77,57
CV(%)	3,41	1,75	7,64	8,26	19,87	18,05

DS = Densidade do solo; DP = Densidade de partículas; PT = Porosidade total.

Resultados

Não houve diferença das variáveis de rendimento e biométricas entre os regimes hídricos ($p > 0,05$), porém a condição de 756 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ revelou um aumento de 42% no rendimento de matéria verde, e de 22% em massa seca para a cultura. Essa falta de diferença pode estar associada aos altos valores do coeficiente de

variação obtidos para essas duas variáveis (Tabela 2). Todavia, Flores-Hernández et al. (2004) também não verificaram diferenças da produtividade de clones de palma forrageira submetidos a lâminas de 740 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$, 1.060 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$ e 1.380 $\text{mm}\cdot\text{ano}^{-1}$. Por outro lado, o aumento do rendimento em função do incremento da disponibilidade de água no sistema de

produção tem sido evidenciado em outros estudos

de culturas agrícolas (Souza et al., 2011).

Tabela 2. Médias das variáveis biométricas da palma forrageira, cv. “Miúda”, sob dois regimes hídricos, no município de Serra Talhada, PE, Semiárido brasileiro.

Regime hídrico	REND-MV t.MV.ha ⁻¹	REND-MS t.MS.ha ⁻¹	Cont. MS %	AP cm	LP cm	NCTP -
756 mm.ano ⁻¹	65,31 ^a	4,84 ^a	0,09 ^a	53,89 ^a	66,78 ^a	17,89 ^a
494 mm.ano ⁻¹	45,92 ^a	3,98 ^a	0,07 ^a	52,33 ^a	60,56 ^a	16,11 ^a
Média	55,62	4,41	0,08	53,11	63,67	17,00
C.V. (%)	79,94	75,31	12,24	15,63	22,23	28,55

REND-MV = rendimento em massa verde, REND-MS = rendimento em massa seca, Cont. = conteúdo de massa seca, AP = altura da planta, LP = largura da planta e NCTP = número de cladódios total por plantas.

* Médias seguidas pela mesma letra na vertical não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os valores médios encontrados para a “Miúda”, em base fresca (55,62 t.ha⁻¹), são próximos aos encontrados por Leite (2009), que analisando os efeitos de diferentes adubações sobre esse clone no semiárido paraibano (428,4 mm.ano⁻¹; > 25°C), em condições de sequeiro, observou produtividades de massa fresca próximas a 60 t.ha⁻¹, mesmo com ciclo de 1.000 dias. Sales et al. (2009), avaliando o desempenho de diferentes clones de palma forrageira, durante um período em que a precipitação acumulada foi de 619,7 mm, verificaram que a Miúda apresentou menor rendimento quando comparada aos demais clones. Santos et al. (2005) obtiveram produtividade de 190 t.ha⁻¹.2 anos⁻¹, para “Miúda” cultivada durante três ciclos produtivos em Caruaru, agreste pernambucano, com espaçamento de 1,0 x 0,5 m, quando a precipitação anual média foi de 661 mm e temperaturas amenas (~22,0°C). A temperatura média no presente estudo foi de 26,3°C superior ao verificado por esses autores; além disso, foi maior do que a normal climatológica local (25,8°C), devido a ocorrência do fenômeno Dipolo do Atlântico no biênio 2012-2013.

Santos et al. (2006b) mostraram que a “Miúda” apresentou menores desempenhos em relação a outros clones em termos de massa fresca (162,82 t.ha⁻¹.2anos⁻¹), massa seca (17,42 t.ha⁻¹.2anos⁻¹) e conteúdo de massa seca (11,73%). Todavia, os resultados dependem do ambiente de cultivo (Caruaru-PE, São Bento do Una-PE, Arcoverde-PE e Palmeiras dos Índios-AL). Esses resultados permitem inferir que a palma Miúda pode apresentar bom desempenho em locais com nível pluviométrico mais reduzido, porém a temperatura deve ser amena (Arcoverde-PE: 657 mm; 23,1°C). Nos casos em que a temperatura é mais elevada, o volume de chuva deve ser maior (Palmeiras dos Índios-AL: 888 mm; 26,5°C). Essa relação é refletida na disponibilidade de água no solo.

De acordo com estudos anteriores (Silva et al., 2015; Lima et al., 2016), a menor deficiência de água induz a um aumento significativo da massa fresca e seca da Miúda, contudo, nesses estudos evidenciou-se um detrimento do conteúdo de massa seca. Na presente pesquisa, o conteúdo foi de 8%, bem inferior aos valores relatados por Santos et al. (2006b) (11,73%) e Leite (2009), que, nas condições do semiárido paraibano, encontrou um valor de 14% de conteúdo de matéria seca para a palma Miúda. Esses autores também ressaltam que a Miúda, do gênero *Nopalea*, apesar de possuir menor produção de massa verde, comumente possui teores médios de massa seca superiores aos clones do gênero *Opuntia*. Com isso, a baixa lâmina de água recebida (493 mm.ano⁻¹) associada à alta temperatura do ar, ao longo do ciclo da cultura, justifica o desempenho reduzido da Miúda sob menor disponibilidade de água.

Os valores de altura da planta e largura da planta, encontrados neste estudo, semelhantes ao desempenho produtivo, foram superiores aos observados por Leite (2009). Essas variáveis são ótimos indicadores de produtividade, sobretudo quando se considera a matéria seca, de acordo com estudo realizado por Silva et al. (2010), que constataram relações entre características morfológicas de clones de palma forrageira com a produção de matéria seca. Segundo esses autores, deve ser priorizada a seleção de clones de maiores valores de altura e largura da planta. Percebeu-se que o incremento de água também não aumentou o número total de cladódios da planta (Tabela 1), o que justifica o reduzido incremento produtivo.

Em termos de eficiência do uso da água (WUE) não foram verificados incrementos significativos em decorrência do aumento do regime hídrico (p>0,05) (Figura 1), resultando em valores de massa fresca e seca de 59,27 kg.ha⁻¹.mm⁻¹ e 7,25 kg.ha⁻¹.mm⁻¹, respectivamente.

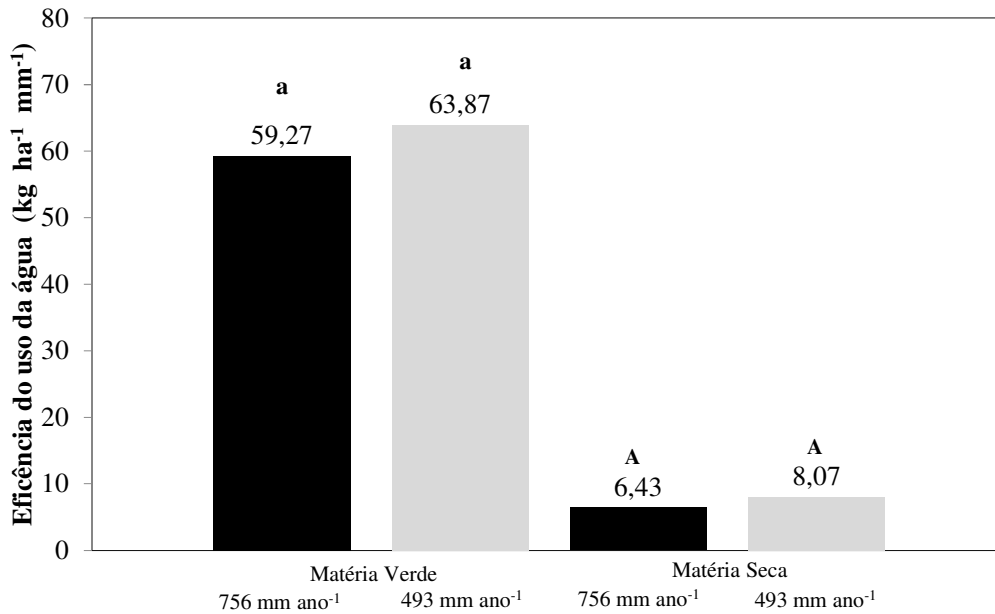


Figura 1. Eficiência do uso da água em matéria verde e seca da palma forrageira, cv. “Miúda”, submetida a dois regimes hídricos, em Serra Talhada, PE. * Médias seguidas pela mesma letra minúscula para a variável “eficiência do uso da água em matéria verde” e pela mesma letra maiúscula para a variável “eficiência do uso da água em matéria seca” não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

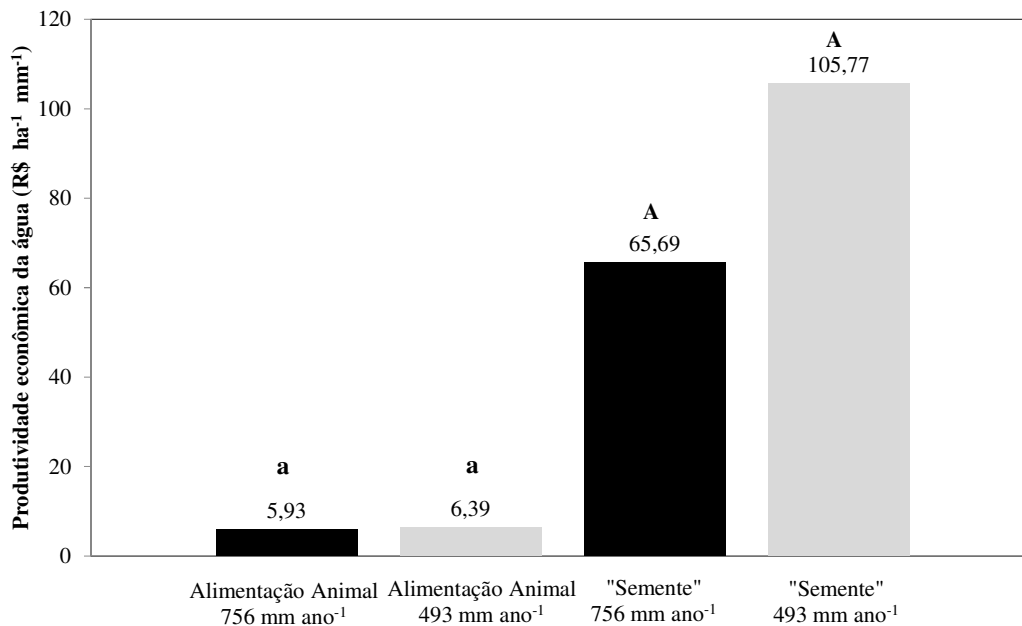


Figura 2. Produtividade econômica da água da palma forrageira, cv. “Miúda”, submetida a dois regimes hídricos, e produção destinada à venda para alimentação animal e como “semente”, no município de Serra Talhada, PE. * Médias seguidas pela mesma letra minúscula para a variável “Produtividade econômica da água da palma forrageira destinada à venda para alimentação animal” e pela mesma letra maiúscula para a variável “Produtividade econômica da água da palma forrageira destinada à venda como semente” não diferem estatisticamente entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Silva et al. (2015), para a palma forrageira, cv. “Miúda”, também no município de Serra Talhada - PE, em condições de sequeiro com ciclo de dois anos, encontraram valores de massa fresca em torno de 75,6 kg.ha⁻¹.mm⁻¹, bem

próximos aos verificados nesse estudo (Figura 1). Queiroz et al. (2015), submetendo o clone de Orelha de Elefante Mexicana a diferentes lâminas de irrigação em Serra Talhada-PE, verificaram eficiência de produção de massa seca de 60 kg.ha⁻¹

$l.mm^{-1}$. Segundo Taiz & Zeiger (2009), as cactáceas apresentam grande capacidade de converter água em matéria seca, em decorrência do mecanismo MAC (metabolismo ácido das crassuláceas), que confere alta eficiência a essa espécie, mesmo em condições de baixa disponibilidade hídrica. Porém, a WUE pode ser influenciada por fatores como condições climáticas, espaçamento, adubação e tipo de clone (Dubex Junior et al., 2006; Leite, 2009).

Segundo Bandeira et al. (2013), na agricultura irrigada, a elevação da WUE de uma cultura é bastante complexa e requer conhecimento interdisciplinar. Todavia, Turner (2004) ressalta que muitas práticas agrônomicas podem ser levadas em consideração para aumentar os valores de WUE, dentre as quais a melhoria do manejo de água se destaca. Outras culturas têm demonstrado respostas satisfatórias de WUE, quando submetida ao uso da irrigação. Por exemplo, Souza et al. (2011), estudando as culturas do feijão e do milho, ambas em cultivo exclusivo, observaram que os maiores valores de eficiência do uso da água foram obtidos com o incremento da lâmina de irrigação, atingindo maiores magnitudes quando manejadas com base em 125% e 100% da evapotranspiração da referência, respectivamente.

A produtividade econômica da água também não apresentou diferença entre os dois regimes, tanto na venda para alimentação animal quanto para “semente” ($p>0,05$) (Figura 2). O retorno econômico, em média, foi de $85,73 R\$.ha^{-1}.mm^{-1}$ na venda dos cladódios para “semente”. Em um estudo conduzido por Silva et al. (2015), em condições de sequeiro, esse autor encontrou

retorno de $35,4 R\$.ha^{-1}.mm^{-1}$ e $39,5 R\$.ha^{-1}.mm^{-1}$, em um período que a precipitação acumulada foi de 1269,1 mm, durante dois anos de ciclo, e a evapotranspiração real acumulada foi igual a 1056,7 mm. De acordo com os resultados, verificou-se que a produção de palma irrigada para produção de “sementes” é mais rentável ao produtor do que sua produção para alimentação animal. No entanto, Almeida (2011) tem verificado que o perfil dos produtores de palma forrageira, na maioria das vezes cultiva essa espécie de forma tradicional, sem o uso da irrigação, e poucos tratos culturais.

Araya et al. (2011) obtiveram valores que variaram de $7,8 US\$.ha^{-1}.mm^{-1}$ a $10,1 US\$.ha^{-1}.mm^{-1}$ para o capim teff. Todavia, esses autores citam que o aumento da produção da cultura por unidade de água não resulta necessariamente num aumento da renda do agricultor, devido a não linearidade da produtividade com o preço dos produtos.

Em termos de produtividade da água de irrigação (Figura 3), não existe na literatura estudo para a cultura da palma forrageira. Na presente pesquisa, verificou-se que o incremento de água no sistema de produção resultou em um incremento de massa fresca e verde de $50,64 kg.ha^{-1}.mm^{-1}$ e $2,29 kg.ha^{-1}.mm^{-1}$, respectivamente, o que é relativamente baixo, assumindo os níveis produtivos atingidos pela cultura (Tabela 1). Santana et al. (2009) citam que o manejo de água inadequado influencia negativamente na produtividade da cultura, podendo ser resultado, tanto do excesso quanto da deficiência hídrica.

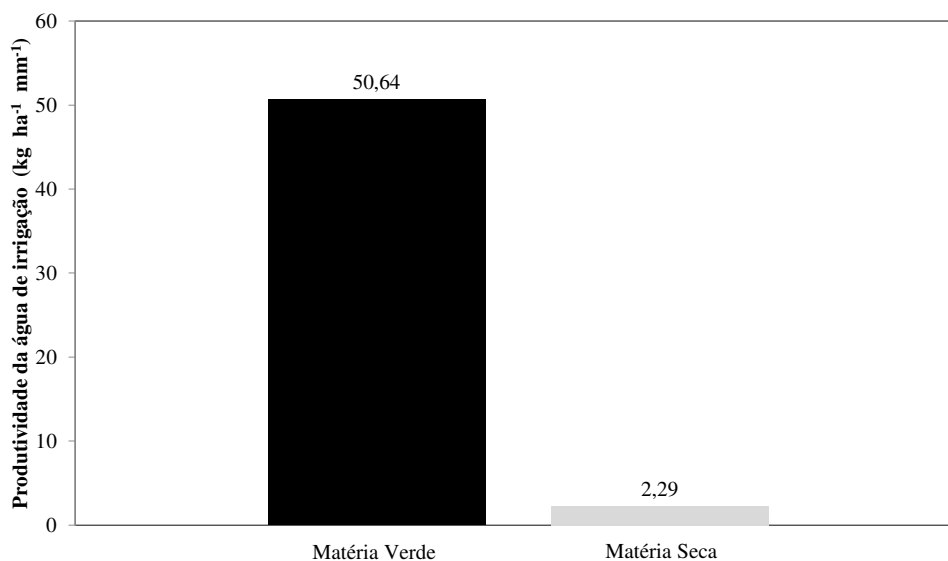


Figura 3. Produtividade da água de irrigação da palma forrageira, cv. “Miúda”, em decorrência do incremento de água de $493 mm.ano^{-1}$ para $756 mm.ano^{-1}$, no município de Serra Talhada, PE.

Conclusão

O aumento da disponibilidade de água no sistema de produção, por meio do uso de irrigação por gotejamento, não modificou o crescimento, desempenho produtivo e a eficiência do uso de água da palma forrageira, cv. Miúda. Todavia, a produção de cladódios, com o uso de irrigação, para a venda como “semente” parece uma ótima alternativa para os produtores locais, quando comparado com a venda para a alimentação animal. Os indicadores agrometeorológicos de eficiência do uso da água podem ser utilizados na avaliação do desempenho da cultura da palma forrageira, de modo que auxiliem os produtores no planejamento e na tomada de decisão dentro da propriedade agrícola.

Agradecimentos

Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) e à Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia de Pernambuco (FACEPE).

Referências

ALMEIDA, J. A. 2011. Palma forrageira na região Semiárida do estado da Bahia: diagnóstico, crescimento e produtividade. Tese de Doutorado, Universidade Federal do Recôncavo. Cruz das Almas, Bahia, Brasil. 97p.

ALVARES, C. A.; STAPE, J. L.; SENTELHAS, P. C.; GONÇALVES, J. L. M.; SPAROVEK, G. 2014. Köppen's climate classification map for Brazil. *Meteorologische Zeitschrift*, v.22, n.6, p.711-728.

ARAYA, A.; STROOSNIJDER, L.; GIRMA, G.; KEESSTRA, S. D. 2011. Crop coefficient, yield response to water stress and water productivity of teff (*Eragrostis tef* (Zucc.). *Agric. Water Manag.*, v.98, p.775-783.

BANDEIRA, G. R. L.; QUEIROZ, S. O. P.; ARAGÃO, C. A.; COSTA, N. D.; SANTOS, C. A. F. 2013. Desempenho agrônomo de cultivares de cebola sob diferentes manejos de irrigação no Submédio São Francisco. *Irriga*, v.18, n.1, p.73-84.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.; INGLESE, P. 2013. Determination of evapotranspiration and annual biomass productivity of a cactus pear (*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.) orchard in a Semi-arid Environment. *J. Irrig. Drain. Eng.*, v.139, n.8, p.680-690.

CRUZ, C. D. Programa Genes - aplicativo computacional em genética e estatística. Versão 2011b. Disponível em: www.ufv.br/dbg/biodata.htm. Acesso em: 09 Jul. 2014.

FLORES-HERNÁNDEZ, A.; CATILLO, O.; MURILLO-AMADOR, B.; HERNANDEZ, J. L. G.; TROYO-DIEGUEZ, E. 2004. Yield and physiological traits of prickly pear cactus “nopal” (*Opuntia* spp.) cultivars under drip irrigation. *Agric. Water Manag.*, v.70, p.97-107.

KARAM, F.; LAHOUD, R.; MASAAD, R.; KABALAN, R.; BREIDI, J.; CHALITA, C.; ROUPHAEL, Y. 2007. Evapotranspiration, seed yield and water use efficiency of drip irrigated sunflower under full and deficit irrigation conditions. *Agric. Water Manag.*, v.90, p.213-223.

LEITE, M. L. M. V. 2009. Avaliação de clones de Palma forrageira submetidos a adubações e sistematização de informações em propriedades do Semiárido paraibano. Tese de Doutorado, Universidade Federal da Paraíba, Areia, Paraíba, Brasil. 186p.

LIMA, G. F. C.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M.; AGUIAR, E. M. 2016. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. *Rev. Caatinga*, v.29, n.2, p.481-488.

LOPES, J. F. B.; ANDRADE, E. M.; CHAVES, L. C. G. 2008. Impacto da Irrigação sobre os solos de perímetros irrigados na bacia do Acaraú, Ceará, Brasil. *Eng. Agríc.*, v.28, n.1, p.34-43.

MARTIN, J. D.; CARLESSO, R.; AIRES, N. P.; GATTO, J. C.; DUBOU, U.; FRIES, H. M.; SCHUEIBLER, R. B. 2012. Irrigação deficitária para aumentar a produtividade da água na produção de silagem de milho. *Irriga, Edição Especial*, pp.192-205.

PEREIRA, L. S.; CORDERY, I.; IACOVIDES, I. 2012. Improved indicators of water use performance and productivity for sustainable water conservation and saving. *Agric. Water Manag.*, v.108, p.39-51.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. 2015. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes

lâminas de irrigação. Rev. Bras. Eng. Agríc. Ambiental, v.19, n.10, p.931-938.

SALES, A. T.; ANDRADE, A. P.; LEITE, M. L. M. V.; SILVA, D. S.; VIANA, B. L.; SANTOS, E. G. 2009. Mortality index of forage cactus in the semiarid of Paraíba State-Brazil. Acta Hort., v.811, p.401-406.

SANTANA, M. J.; CARVALHO, J. A.; ANDRADE, M. J. B.; GERVÁSIO, G. G.; BRAGA, J. C.; LEPRI, E. B. 2009. Viabilidade técnica e econômica da aplicação de água na cultura do feijoeiro comum (*Phaseolus vulgaris* L.). Ciênc. Agrotec., v.33, n.2, p.532-538.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; ARRUDA, G. P.; COELHO, R. S. B.; DIAS, F. M.; MELO, J. N. 2006a. Manejo e utilização da palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) em Pernambuco. Recife: IPA, (IPA, Documentos, 30). 48p.

SANTOS, D. C.; FARIAS, I.; LIRA, M. DE A.; DIAS, F. M.; SANTOS, M. V. F. DOS; FERRAZ, I. 2005. Produtividade de clones de palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*), Caruaru - PE. In: ZOOTEC, 7, 2005, Campo Grande, MS. Anais... Campo Grande, MS: Associação Brasileira de Zootecistas.

SANTOS, D. C.; LIRA, M.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; SILVA, F. G. DA. 2006b. Assessment of forage cactus pear varieties for semi-arid conditions of Northeast, Brazil. Acta Hort., v.728, p.177-181.

SILVA, N. G. M.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; MELLO, A. C. L.; SILVA, M. C. 2010. Relação de características morfológicas e produtivas de clones de palma-forrageira. R. Bras. Zootec., v.39, p.2389-2397.

SILVA LOPES, A.; QUEIROZ DE OLIVEIRA, G.; NILCE SOUTO FILHO, S.; GOES, R. J.; CAMACHO, M. A. 2011. Manejo de irrigação e nitrogênio no feijoeiro comum cultivado em sistema plantio direto. Rev. Ciênc. Agron., v.42, n.1, p.51-56.

SILVA, L. M.; FAGUNDES, J. L.; VIEGAS, A. A.; MUNIZ, E. N.; RANGEL, J. H. A.; MOREIRA, A. L.; BACKES, A. A. 2014. Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. Ciênc. rural, Santa Maria, v.44, n.11, p.2064-2071.

SILVA, T. G. F. DA; ZOLNIER, S.; MOURA, M. S. B. DE; SEDIYAMA, G. C. 2007. Estimativa e espacialização da umidade relativa do ar para os estados de Alagoas, Bahia e Sergipe. R. Bras. Agro., v.15, p.14-28.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. 2015. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. Rev. Caatinga, v.28, n.2, p.10-18.

SOUZA, L. S. B. DE; MOURA, M. S. B. DE; SEDIYAMA, C. G.; SILVA, T. G. F. 2011. Eficiência do uso da água das culturas do milho e do feijão-caupi sob sistemas de plantio exclusivo e consorciado no semiárido brasileiro. Bragantia, v.70, n.3, p.715-721.

TURNER, N. C. 2004. Agronomic options for improving rainfall-use efficiency of crops in dryland farming systems. J. Exp. Bot., v.55, n.407, p.2413-2425.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. 2009. Fisiologia Vegetal. 4ª ed. Porto Alegre: Artmed. 848p.

VALE, M. B.; AZEVEDO, P. D. 2013. Avaliação da produtividade e utilidade do capim elefante e do sorgo irrigados com água do lençol freático e do rejeito do dessalinizador. Holos, v.3, p.181-195.

VASCONCELOS, A. G. V. DE; LIRA, M. DE A.; BEZERRA, C.; SANTOS, M. V. F. DOS; WILLADINO, L. 2009. Seleção de clones de palma forrageira resistentes à cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp.). R. Bras. Zootec., v.38, n.5, p.827-831.