

ASPECTOS MORFOLÓGICOS DE CULTIVARES DE PALMA FORRAGEIRA SOB ESTRATÉGIAS HÍDRICAS

DJALMA CORDEIRO DOS SANTOS¹; LARA CAROLINI LIMA TENÓRIO DE BARROS²; DANIELA ROSARIO DE MELLO³; DIEGO DE LIMA COELHO⁴; PHILIP MOAB DUARTE DE AMORIM⁵ E SÉRVULO MERCIER SIQUEIRA E SILVA⁶

¹Pesquisador Mestre do Instituto Agrônomo de Pernambuco; Brasil, djalma.cordeiro@ipa.br; <http://orcid.org/0000-0002-1194-300X>

²Mestranda do Programa de Pós-graduação em Alimentação Animal e Pastagens, Universidade Federal do Agreste de Pernambuco; Brasil, laracltbarros@gmail.com; <http://orcid.org/0009-0005-5583-8219>

³Doutoranda no Programa de Pós-graduação em Agronomia, Universidade Federal da Paraíba; Brasil, danielamello07@hotmail.com; <http://orcid.org/0009-0007-9097-2602>

⁴Doutor, Bolsista BFT FACEPE, Instituto Agrônomo de Pernambuco; Brasil, diegolcoelho@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0003-4436-7165>

⁵Doutorando do Programa de Pós-graduação em Forragicultura, Universidade Federal Rural de Pernambuco; Brasil, philipmoab@gmail.com; <https://orcid.org/0000-0002-0482-7713>

⁶Pesquisador Doutor do Instituto Agrônomo de Pernambuco; Brasil, servulo.siqueira@ipa.br; <https://orcid.org/0000-0001-9980-7258>

1 RESUMO

A busca pelo aumento da produção da palma forrageira nas áreas semiáridas é um dos pontos mais discutidos na atualidade e a pesquisa com estratégias de irrigação pode auxiliar nesse desafio. A partir disto, foi conduzida uma pesquisa no Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA) - Estação Experimental de Ibimirim, Ibimirim, PE, Brasil, entre os anos de 2019 e 2023. O delineamento experimental utilizado foi em blocos ao acaso com parcelas subdivididas, em arranjo 2 x 4 x 3, com três repetições. As parcelas foram dois horários de irrigação (HI₁ = irrigação diurna e HI₂ = irrigação noturna), as subparcelas foram quatro turnos de rega (TR₁ = 0, TR₂ = 14 TR₃ = 28 e TR₄ = 56 dias), aplicados em três subsubparcelas que foram as cultivares de palma forrageira IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana. Não houve diferença significativa ($p > 0,05$) entre os horários de irrigação e nem entre os turnos de rega 14, 28 e 56 dias para os volumes de água determinados nos ciclos. De modo geral, a palma Orelha de Elefante Mexicana apresentou melhores resultados quantos às variáveis morfológicas estudadas para as condições do semiárido pernambucano.

Palavras-chave: complementação hídrica, cactáceas, semiárido

SANTOS, D. C. dos; BARROS, L. C. L. T. de; MELLO, D. R. de; COELHO, D. de L.; AMORIM, P. M. D. de; SIQUEIRA e SILVA, S. M.
MORPHOLOGICAL ASPECTS OF FORAGE CACTUS CULTIVARS UNDER WATER STRATEGIES

2 ABSTRACT

The search for increasing forage cactus production in semiarid areas is currently among the most discussed topics today, and research into irrigation strategies can help meet this challenge. From this perspective, research was conducted at the Agronomic Institute of Pernambuco (IPA) - Experimental Station of Ibimirim, Ibimirim, PE, Brazil, between 2019 and 2023. A randomized block split-split plot design was used, in scheme $2 \times 4 \times 3$, with three replications. The plots included two irrigation schedules (IS_1 = daytime irrigation and IS_2 = nighttime irrigation), and the subplots included four irrigation intervals ($II_1 = 0$, $II_2 = 14$, $II_3 = 28$ and $II_4 = 56$ days), which were applied to three subplots, which were the cultivars of forage cactus IPA-Sertânia, Miúda, and Mexican Elephant Ear. There was no significant difference ($p > 0.05$) between the irrigation schedules or between the irrigation intervals of 14, 28, and 56 days for the water volumes determined during the cycles. Overall, the morphological variables studied for the semiarid conditions of Pernambuco state were better for the Mexican elephant ear forage cactus.

Keywords: water supplementation, cacti, semi-arid

3 INTRODUÇÃO

A escassez de água representa um obstáculo significativo para a agricultura convencional na região Semiárida brasileira, tornando o cultivo de sequeiro uma empreitada desafiadora (Ramos, 2018).

Algumas culturas podem ser cultivadas nessas condições, dentre elas a palma forrageira que se destaca como uma escolha proeminente, devido à sua notável capacidade de adaptação ao clima característico da região. Esta planta que apesar de ser uma forrageira que possui baixa quantidade de massa seca, fibras e proteína bruta, possui elevadas digestibilidade e quantidade de carboidratos solúveis, além de ser fonte de água para os animais (Araújo Júnior *et al.*, 2021).

Ainda que a cactácea seja adaptada às condições climáticas supracitadas, a adoção de sistemas de irrigação eficazes, como o gotejamento, pode ser uma alternativa para o aumento da produção desta forrageira. Segundo Amorim *et al.* (2017) e Araújo Júnior *et al.* (2021), a aplicação de irrigação suplementar, além de potencializar o rendimento da palma forrageira, pode modificar

significativamente a expressão e a duração das fases fenológicas da cultura, promovendo a antecipação da colheita em comparação ao cultivo de sequeiro. Aliado a isso, a combinação de outras estratégias hídricas como horários de irrigação e turnos de regas, especialmente nos meses mais quentes e secos do ano, possibilita a melhoria do uso, distribuição e conservação dos recursos hídricos, garantindo a sustentabilidade e eficiência do sistema agrícola (Alves *et al.*, 2021).

A adoção de determinados horários de irrigação pode minimizar perdas por evaporação e otimizar a absorção de água pelas plantas. Já o turno de rega refere-se ao intervalo de tempo entre as aplicações de água no solo para suprir as necessidades hídricas das plantas. Turnos de rega adequados tem como objetivo identificar o melhor período para a irrigação, permitindo que a planta aproveite a água disponível para realizar suas atividades fisiológicas (Santos *et al.*, 2017; Miranda *et al.*, 2023).

Diante do exposto, o objetivo deste estudo foi analisar alguns aspectos morfológicos das cultivares de palma forrageira IPA-Sertânia, Miúda e Orelha de Elefante Mexicana, submetidas a

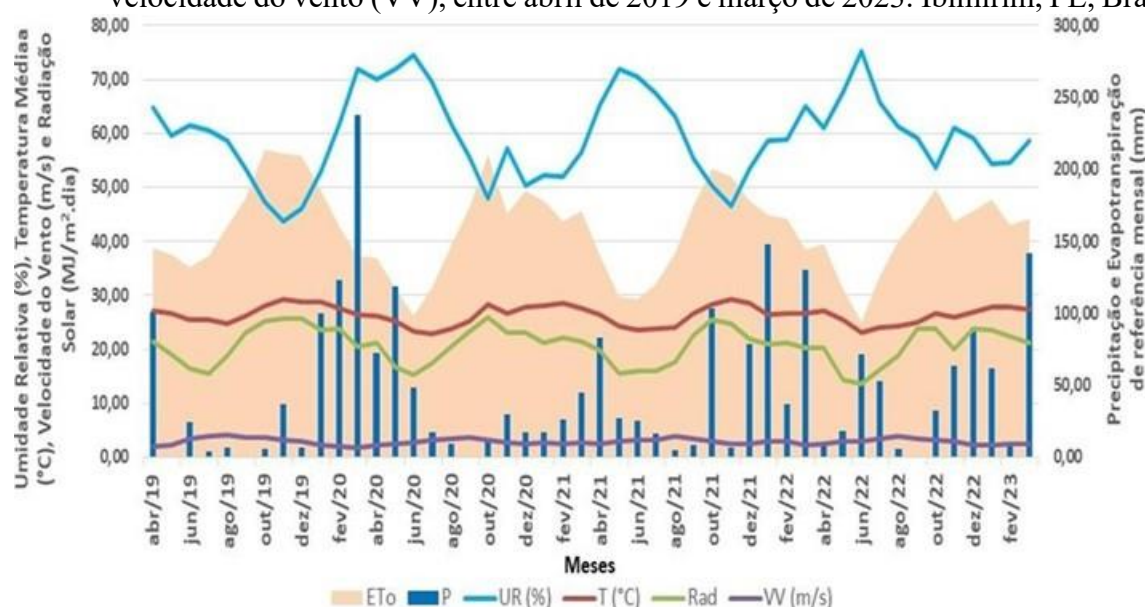
complementação hídrica em diferentes horários de irrigação e turnos de rega, na época de estiagem no Semiárido pernambucano, ao longo de quatro ciclos produtivos.

4 MATERIAL E MÉTODOS

O estudo foi conduzido na Estação Experimental de Ibimirim, Ibimirim, PE, Brasil, pertencente ao Instituto Agrônomo

de Pernambuco (IPA) durante quatro ciclos produtivos. Os trabalhos começaram em abril e se estenderam até março do ano seguinte, entre os anos de 2019 e 2023. A área está situada na latitude 8° 32' 26,46" S, longitude 37° 40' 39,12" WGr e altitude de 407 m. O clima da região é o BSh, seco semiárido quente, conforme a classificação de Köppen. Na Figura 1, segue o climatograma referente ao período do estudo.

Figura 1. Dados médios mensais para a evapotranspiração de referência (ET_0), precipitação (P), umidade relativa do ar (UR), temperatura média (T), radiação solar (Rad) e velocidade do vento (VV), entre abril de 2019 e março de 2023. Ibimirim, PE, Brasil.



Fonte: Estação Automática de Ibimirim, PE (A349) – INMET.

Utilizou-se um delineamento de blocos casualizados, com parcelas subdivididas, em combinação fatorial 2 x 4 x 3 com três repetições. As parcelas foram formadas pela combinação de dois horários de irrigação (HI_1 = irrigação diurna e HI_2 = irrigação noturna), as subparcelas foram constituídas por quatro turnos de rega (TR_1 = 0, TR_2 = 14, TR_3 = 28 e TR_4 = 56 dias), aplicados em três subsubparcelas que foram as cultivares de palma forrageira IPA-200205/IPA-Sertânia (IPA), IPA-100004/Miúda (MIU), ambas (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm- Dyck) e a IPA-

200016/Orelha de Elefante Mexicana (OEM) (*Opuntia stricta* (Haw.) Haw.). O $TR_1 = 0$ referiu-se ao tratamento testemunha, ou seja, sem receber a complementação hídrica.

Cada parcela experimental foi composta por três linhas de plantio com 5 m de comprimento. O espaçamento por planta foi 1,5 m x 0,2 m para a MIU e 1,5 m x 0,4 m para as IPA e OEM. Foi utilizada a linha central como área útil, excetuando 0,40 m nas extremidades dessa linha, totalizando 6,3 m². Antes da instalação da área experimental foram coletadas amostras de solo na

profundidade 0-20 cm para análises física e química, as quais seguem nas Tabelas 1 e 2. A textura do solo determinada foi franco

arenosa e classificada como neossolo flúvico.

Tabela 1. Características físicas do solo da área experimental. Ibimirim, PE, Brasil.

Profundidade (cm)	Dap (g.cm ⁻³)	Dr (g.cm ⁻³)	Textura (%)			Umidade (cm ⁻³ .cm ⁻³)		AD
-	-	-	Areia	Silte	Argila	-	0,33 15	mm.cm ⁻¹
0-20	1,26	2,51	49	29	22	FA	17,91 9,72	1,03

Nota: Dap = Densidade aparente; Dr = Densidade real; FA = Franco arenosa; AD = Água disponível.

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo – IPA.

Tabela 2. Características químicas do solo da área experimental. Ibimirim, PE, Brasil.

pH	P	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	Al ³⁺	H ⁺
-	mg.dm ⁻³	-----cmol _c .dm ⁻³ -----					
0	111	9,30	3,15	0,70	0,80	0,00	3,13

Nota: pH = Potencial hidrogeniônico; P = Fósforo; Ca²⁺ = Íon cálcio; Mg²⁺ = Íon magnésio; Na⁺ = Íon sódio; K⁺ = Íon potássio; Al³⁺ = Íon alumínio; H⁺ = íon hidrogênio.

Fonte: Laboratório de Fertilidade do Solo – IPA.

Foi plantado um cladódio por cova, enterrado a 50% no solo. No decorrer do experimento realizaram-se adubações orgânicas, 10 Mg.ha⁻¹ de esterco com base na matéria seca, no período das chuvas, além da adubação mineral com 100 Kg.ha⁻¹ de N, cuja fonte foi ureia. Os tratos culturais e fitossanitários foram realizados sempre que necessários.

A água utilizada para a complementação hídrica foi proveniente de um poço tubular com 168 m de profundidade e vazão de 17 m³.h⁻¹, a qual foi classificada como C₁S₁, segundo Richards (1954), sendo as referidas características químicas expostas na Tabela 3.

Tabela 3. Características químicas da água utilizada na área experimental. Ibimirim, PE, Brasil.

pH	RAS	CEa	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Na ⁺	K ⁺	CO ₃	HCO ₃	Cl ⁻
-	meq.L ⁻¹	dS.m ⁻¹	-----meq.L ⁻¹ -----						
7,90	0,73	0,15	1,72	0,80	0,82	0,24	3,66	1,80	1,21

Nota: pH = Potencial hidrogeniônico; RAS = Razão de adsorção de sódio; CEa = Condutividade elétrica da água; Ca²⁺ = Íon cálcio; Mg²⁺ = Íon magnésio; Na⁺ = Íon sódio; K⁺ = Íon potássio; CO₃ = Carbonato; HCO₃ = Bicarbonato; Cl⁻ = Cloreto.

Fonte: Laboratório de Análise de Planta, Ração e Água – IPA.

O sistema de irrigação localizada utilizado no experimento foi por gotejamento, onde foi usado uma linha do sistema para uma linha de plantio. A fitagotejadora usada foi a Netafim® com diâmetro nominal de 16 mm, espessura de parede de 10 mil (254 micras), espaçamento

de 20 cm entre emissores e vazão do gotejador de 1,6 L h⁻¹. Na ocasião, foram determinados os valores da intensidade de aplicação de água do sistema, bem como os coeficientes de uniformidades de Christiansen (CUC), apresentando excelentes resultados com CUC > 95%.

As lâminas para atender as plantas foram calculadas por meio da evapotranspiração de referência (ET_0). Os valores da ET_0 foram calculados conforme Penman-Monteith (Eq. 1), parametrizada pela Organização das Nações Unidas para Alimentação e Agricultura (FAO) (Allen *et al.*, 1998). Os dados foram obtidos a partir de uma Estação Meteorológica de Observação Automática, pertencente ao Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), instalada a 200 m do local do experimento.

$$ET_0 = \frac{0,408\Delta(Rn-G) + \gamma \frac{900}{T+273} \mu_2(es-ea)}{\Delta + \gamma(1+0,34\mu_2)} \quad (1)$$

Em que, ET_0 = evapotranspiração de referência, (mm d^{-1}); Δ = declividade da curva de pressão de vapor de saturação, ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); G = fluxo de calor no solo, ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); Rn = saldo de radiação líquida, ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$); γ = constante psicrométrica, ($\text{kPa } ^\circ\text{C}^{-1}$); T = temperatura média diária do ar a dois metros de altura, ($^\circ\text{C}$); μ_2 = velocidade do vento a dois metros de altura, (m s^{-1}); es = pressão de saturação de vapor, (kPa); ea = pressão de vapor atual do ar, (kPa); $es-ea$ = déficit de pressão de vapor, (kPa).

Na estimativa para se obter a evapotranspiração da cultura (ET_c) diária foi adotado o valor de 50% da ET_0 , sendo este multiplicado por um coeficiente de cultivo inicial, $K_{c\text{inicial}} = 0,30$ mensal, crescente em 0,02 até o limite de $K_{c\text{final}} = 0,52$ para a palma forrageira (Queiroz *et al.*, 2016). Também entrou nos cálculos um valor referente ao coeficiente de ajuste para a irrigação localizada (K_L). Nesse estudo, o K_L foi baseado no percentual da área sombreada (PAS) pelas plantas, em relação a área total da planta (Eq. 2). Por fim, com o valor resultante da ET_c diária (Eq. 3) foram somados os dias e aplicados para cada tratamento de turno de rega, 14, 28 e 56 dias.

$$PAS = \frac{AS}{AT} \quad (2)$$

Onde, PAS = porcentagem de área sombreada; AS = área sombreada pela planta (m^2); AT = área total da planta (m^2).

$$ET_c = 0,5 \times ET_0 \times K_c \times K_L \quad (3)$$

Em que, ET_c = evapotranspiração da cultura, (mm); ET_0 = evapotranspiração de referência, (mm); K_c = coeficiente de cultivo; K_L = coeficiente de ajuste para irrigação localizada.

Ao final do primeiro, segundo, terceiro e quarto ciclos de cultivo foram contabilizados os valores referentes aos volumes precipitados de 844,1, 470,4, 670,7 e 525,9 mm, respectivamente. Já as complementações hídricas foram realizadas entre setembro e dezembro, período mais quente e seco para a região ou até o retorno do regime pluviométrico, cujos valores foram 50,2, 54,8, 18,5 e 45,4 mm para os respectivos ciclos supracitados. As lâminas de irrigação aplicadas foram iguais nos tratamentos 14, 28 e 56 dias.

Ao final de cada ciclo, foram somados os volumes precipitados com as complementações hídricas, o que representou a entrada de água no sistema, totalizando 894,3, 525,2, 689,2 e 571,3 mm do primeiro ao quarto ciclo.

Foram determinadas as seguintes variáveis morfológicas; altura da planta (AP), largura da planta (LP) e número de cladódios totais (NCT) ao final de cada ciclo e conjuntamente.

A partir dos dados obtidos procedeu-se a análise de variância e o Teste F. As variáveis com efeitos significativos foram submetidas à comparação dos valores médios utilizando o teste de Tukey ($p \leq 0,05$) para os sistemas de irrigação, turnos de rega e cultivares. Todas as análises estatísticas foram processadas no Programa Computacional SISVAR® (Ferreira, 2019).

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados dispostos na Tabela 4, não houve diferença significativa quanto aos horários de irrigação diurno e noturno, entre os quatro ciclos de cultivos e conjuntamente para a altura de planta, largura de planta e o número de cladódios totais ($p > 0,05$).

Nos turnos de rega para as variáveis LP e NCT também não houve diferença entre os tratamentos ($p > 0,05$). No entanto, para AP no ciclo 2019/20 houve efeito significativo, onde a testemunha foi inferior aos tratamentos 14, 28 e 56 dias, em média, 9,69%, 5,91%, 8,82%, respectivamente. Essa condição se repetiu na análise conjunta, embora com percentuais menores. Possivelmente, o efeito encontrado foi decorrente da aplicação da água complementar nos TR₂, TR₃, e TR₄ em detrimento das plantas do TR₁, Tabela 5.

Para as cultivares da palma forrageira, cujos valores seguem na Tabela 6, foi possível observar que para a AP nos ciclos de 2019/20 e 2020/21 não houve efeito significativo ($p > 0,05$), enquanto que no ciclo de 2021/22 e 2022/23 a variedade MIU foi inferior à variedade IPA e esta inferior à OEM, com estas se comportando de maneira semelhante na análise conjunta. Resultados similares, onde a palma OEM > IPA > MIU para a AP também foram obtidos por Pereira *et al.* (2021).

Quanto à LP, a cultivar OEM se destacou como a mais larga ($p \leq 0,05$), enquanto a IPA e a MIU não diferiram significativamente entre si. No ciclo 2021/22

a OEM foi superior em 41,54% à IPA e 33,65% à MIU e na análise conjunta seguiu o mesmo entendimento com superioridade de 32,53% e 28,06%, respectivamente. Este comportamento pode ocorrer devido à morfologia da OEM, reforçando alguns estudos que apontam que cultivares de palma forrageira apresentam respostas diferenciadas ao manejo com irrigação suplementar, principalmente em relação à largura de cladódios (Queiroz *et al.*, 2015; Pereira *et al.*, 2021).

Analisando o NCT, no ciclo produtivo de 2019/20, a variedade MIU foi a palma com o maior número de cladódios totais, seguida pela OEM e pela IPA, nessa ordem. Estes valores corroboram com os determinados por Araújo Júnior *et al.* (2021), em que o regime hídrico favoreceu uma maior emissão de cladódios da variedade miúda.

No entanto, nos ciclos seguintes este padrão mudou com a OEM contando o maior número de cladódios, em média 37,56 para os três ciclos de cultivo, seguida da MIU e IPA. Conforme Araújo *et al.* (2024), isso pode ser devido à eficiência do uso da água complementar pela cultivar OEM fazendo com que esta apresente um melhor desempenho. Nesse sentido, foi possível observar que a variedade IPA sempre teve um desempenho inferior às demais cultivares, como observado na análise conjunta. Em parte, isso também pode ser ocasionado pela própria estrutura arquitetônica da planta, segundo Felix *et al.* (2022).

Tabela 4. Valores médios para altura de planta (AP), largura de planta (LP) e número de cladódios totais (NCT) em diferentes horários de irrigação para a palma forrageira para o 1º ciclo produtivo – 2019/2020, 2º ciclo produtivo - 2020/21, 3º ciclo produtivo - 2021/22, 4º ciclo produtivo - 2022/23 e análise conjunta do período. Ibimirim, PE, Brasil.

ALTURA DE PLANTA (cm)		
Horários	Diurno	Noturno
2019/20	84,80 a	83,25 a
2020/21	87,17 a	85,50 a
2021/22	101,69 a	102,44 a
2022/23	97,75 a	97,00 a
Conjunta	92,85 a	92,05 a
LARGURA DE PLANTA (cm)		
2019/20	106,78 a	99,17 a
2020/21	94,89 a	93,58 a
2021/22	118,44 a	117,14 a
2022/23	97,86 a	96,42 a
Conjunta	104,49 a	101,58 a
NÚMERO DE CLADÓDIOS TOTAIS (unid)		
2019/20	22,47 a	23,72 a
2020/21	22,69 a	21,03 a
2021/22	34,61 a	34,33 a
2022/23	34,44 a	31,19 a
Conjunta	28,56 a	27,57 a

Nota: Valores médios seguidos da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 5. Valores médios para a altura de planta (AP), largura de planta (LP) e número de cladódios totais (NCT) para diferentes turnos de rega na palma forrageira para o 1º ciclo produtivo – 2019/2020, 2º ciclo produtivo - 2020/21, 3º ciclo produtivo - 2021/22, 4º ciclo produtivo - 2022/23 e análise conjunta do período. Ibimirim, PE, Brasil.

ALTURA DE PLANTA (cm)				
TR (dias)	0	14	28	56
2019/20	78,77 b	87,22 a	83,72 ab	86,39a
2020/21	81,33 a	87,72 a	85,89 a	90,39 a
2021/22	100,22 a	104,89 a	102,28 a	100,89 a
2022/23	93,00 a	99,83 a	97,27 a	95,39 a
Conjunta	88,33 b	94,92 a	92,29 ab	93,26 ab
LARGURA DE PLANTA (cm)				
2019/20	113,00 a	100,67 a	96,44 a	101,78 a
2020/21	96,22 a	92,78 a	91,56 a	96,39 a
2021/22	118,89 a	120,50 a	117,61 a	114,17 a
2022/23	105,00 a	97,33 a	95,17 a	93,06 a
Conjunta	108,28 a	102,82 a	100,19 a	101,35 a
NÚMERO DE CLADÓDIOS TOTAIS (unid)				
2019/20	25,44 a	22,33 a	20,56 a	24,06 a
2020/21	18,56 a	21,44 a	22,83 a	24,61 a
2021/22	34,33 a	37,06 a	32,28 a	34,22 a
2022/23	36,00 a	36,33 a	31,00 a	27,94 a
Conjunta	28,58 a	29,29 a	26,67 a	27,71 a

Nota: Valores médios seguidos da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

Tabela 6. Valores médios para altura de planta (AP), largura de planta (LP) e número de cladódios totais (NCT) em cultivares de palma forrageira para o 1º ciclo produtivo – 2019/2020, 2º ciclo produtivo - 2020/21, 3º ciclo produtivo - 2021/22, 4º ciclo produtivo - 2022/23 e análise conjunta do período. Ibimirim, PE, Brasil.

ALTURA DE PLANTA (cm)			
Cultivares	IPA	MIU	OEM
2019/20	84,75 a	80,87 a	86,46 a
2020/21	91,50 a	84,50 a	83,00 a
2021/22	102,25 b	93,29 c	110,67 a
2022/23	95,63 b	88,58 c	104,92 a
Conjunta	93,53 a	86,81 b	96,26 a
LARGURA DE PLANTA (cm)			
2019/20	91,17 b	95,92 b	121,83 a
2020/21	81,79 b	89,12 b	106,79 a
2021/22	101,71 b	107,71 b	143,96 a
2022/23	88,75 b	88,50 b	115,67 a
Conjunta	90,86 b	95,31 b	122,06 a
NÚMERO DE CLADÓDIOS TOTAIS (unid)			
2019/20	13,42 c	32,67 a	23,21 b
2020/21	16,67 b	22,42 a	26,50 a
2021/22	22,42 b	38,75 a	42,25 a
2022/23	20,46 c	34,08 b	43,92 a
Conjunta	18,24 b	31,98 a	33,97 a

Nota: Valores médios seguidos da mesma letra minúscula na linha não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($p > 0,05$).

6 CONCLUSÃO

Para as condições edafoclimáticas de Ibimirim-PE a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana obteve as melhores respostas morfológicas para altura de planta, largura de planta e número de cladódios totais. Não fez diferença adotar os horários diurno ou noturno para aplicação da irrigação complementar, bem como não diferenciou adotar os turnos de rega 14, 28 e 56 dias nos ciclos de cultivos.

7 AGRADECIMENTOS

À Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco (FACEPE) - APQ-0468-5.03/18 pelo apoio financeiro, ao IPA pelas instalações e pelo suporte na condução do estudo e à Fundação

dryGrow pela parceria.

8 REFERÊNCIAS

ALLEN, R. G.; PEREIRA, L. S.; RAES, D.; SMITH, M. **Crop evapotranspiration: Guidelines for computing crop water requirements.** Rome: FAO, 1998. 300 p. (FAO Irrigation and Drainage Paper, 56). Disponível em: <http://www.fao.org/3/x0490e/x0490e00.htm>. Acesso em: 12 maio 2025.

ALVES, C. P.; CIRINO JÚNIOR, B.; ROCHA, A. K. P.; VIEIRA, D. S. M. M.; EUGÊNIO, D. S.; LEITE, M. L. M. V. Respostas morfofisiológicas das plantas forrageiras sob manejo de cultivo e pastejo: Uma revisão. **Research, Society and Development**, Vargem Grande Paulista, v.

10, n. 6, p. e10610615405, 2021. DOI: <https://doi.org/10.33448/rsd-v10i6.15405>. Disponível em: <https://rsdjournal.org/index.php/rsd/article/view/15405>. Acesso em: 10 maio 2025.

AMORIM, D. M.; SILVA, T. G. F.; PEREIRA, P. C.; SOUZA, L. S. B.; MINUZZI, R. B. Phenophases and cutting time of forage cactus under irrigation and cropping systems. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 47, n. 1, p. 62-71, 2017. DOI: <https://doi.org/10.1590/1983-40632016v4742746>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/pat/a/JkXgjHs48KsPkb5rKgVyHcp/?lang=en>. Acesso em: 8 maio 2025.

ARAÚJO, J. F. N.; SANTOS, J. P. A. S.; SOUZA, L. S. B.; SOUZA, C. A. A.; ALVES, C. P.; JARDIM, A. M. R. F.; EUGÊNIO, D. S.; SOUZA, L. F.; MORAIS, J. E. F.; SANTOS, W. R.; GOIS, G. C.; CAMPOS, F. S.; SILVA, M. V.; MONTENEGRO, A. A.; SILVA, T. G. F. Effect of different irrigation programs on structural characteristics, productivity and water use efficiency of *Opuntia* and *Nopalea* forage cactus clones. **Grasses**, Basel, v. 3, n. 4, p. 307-319, 2024. DOI: <https://doi.org/10.3390/grasses3040023>. Disponível em: <https://www.mdpi.com/2813-3463/3/4/23>. Acesso em: 12 maio 2025.

ARAÚJO JÚNIOR, G. N.; SILVA, T. G. F.; SOUZA, L. S. B.; ARAÚJO, G. G. L.; MOURA, M. S. B.; ALVES, C. P.; SALVADOR, K. R. S.; SOUZA, C. A. A.; MONTENEGRO, A. A.; SILVA, M. J. Phenophases, morphophysiological indices and cutting time in clone of the forage cacti under controlled water regimes in a semiarid environment. **Journal of Arid**

Environments, Amsterdã, v. 190, article 104510, 2021. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.jaridenv.2021.104510>. Disponível em: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0140196321000768?via%3Dihub>. Acesso em: 10 maio 2025.

FELIX, E. S.; ARAÚJO, J. S.; LIMA, W. B.; LIRA, E. C.; OLIVEIRA FILHO, T. J.; SOUZA, J. T. A. Desempenho de variedades de palma forrageira submetidas a diferentes níveis de salinidade. **Irriga**, Botucatu, v. 27, n. 4, p. 729-741, 2022. DOI: <https://doi.org/10.15809/irriga.2022v27n4p729-741>. Disponível em: <https://irriga.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4385>. Acesso em: 10 maio 2025

FERREIRA, D. F. SISVAR: a computer analysis system to fixed effects split-plot type designs. **Revista Brasileira de Biometria**, Lavras, v. 37, n. 4, p. 529-535, 2019. DOI: <https://doi.org/10.28951/rbb.v37i4.450>. Disponível em: <https://biometria.ufla.br/index.php/BBJ/article/view/450>. Acesso em: 14 maio 2025.

MIRANDA, J. R.; FURTADO, D. A.; SILVA, V. C.; DANTAS NETO, J.; SOUZA, J. T. A.; ARAÚJO, J. S. Physiology of the forage cactus cultivate *Opuntia stricta* (Haw.) Haw under different irrigation frequencies in the Semiarid. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 70, n. 1, p. 24-31, 2023. DOI: <https://doi.org/10.1590/0034-737X202370010003>. Disponível em: <https://www.scielo.br/j/rceres/a/TgFMRMDgRDnnhFqspmm5T9S/?lang=en>. Acesso em: 10 maio 2025.

PEREIRA, M. C. A.; AZEVEDO, C. A. V.; DANTAS NETO, J.; PEREIRA, M. O.; RAMOS, J. G.; TOMAZ, B. A. Crescimento de cultivares de palma forrageira irrigada sob diferentes níveis de salinidade em região semiárida. **Irriga**,

Botucatu, v. 26, n. 4, p. 814-826, 2021.

DOI:

<https://doi.org/10.15809/irriga.2021v26n4p814-826>. Disponível em:

<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/article/view/4399>. Acesso em: 8 maio 2025.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES,

J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p. 931-938, 2015. DOI:

<https://doi.org/10.1590/1807-1929/agriambi.v19n10p931-938>.

Disponível em:

<https://www.scielo.br/j/rbeaa/a/n6d3mqmPtyGv9MCwXtJgLhx/?lang=pt>. Acesso em: 11 maio 2025.

QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; SOUZA, C. A. A.;

CARVALHO, H. F. S. Relações hídrico-econômicas da palma forrageira cultivada em ambiente semiárido.

Irriga, Botucatu, v. 1, n. 1, p. 141-154, 2016. DOI:

<https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p141-154>. Disponível em:

<https://revistas.fca.unesp.br/index.php/irriga/>

[article/view/1814](https://doi.org/10.15809/irriga.2016v1n01p141-154). Acesso em: 9 maio 2025.

RAMOS, C. H. S. Quintais agroecológicos conquistam o Semiárido brasileiro: Segurança alimentar para os mais vulneráveis com o uso da força da terra. *In*: TECHNICAL CENTRE FOR AGRICULTURAL AND RURAL COOPERATION (org.). **Capitalização de experiências**: Lições para o desenvolvimento em Moçambique e no Brasil. v. 2. Wageningen: CTA Experience Capitalization Series, 2018. p. 16-21. Disponível em: <https://hdl.handle.net/10568/97722>. Acesso em: 13 maio 2025.

RICHARDS, L. A. **Diagnose and improvement of saline and alkali soils**. Washington: USDA, 1954. (Handbook, 60). Disponível em:

<https://www.ars.usda.gov/ARSEUserFiles/20360500/hb60.pdf>. Acesso em: 12 maio 2025.

SANTOS, M. R.; SILVA, A. J. P.; FONSECA, V. A.; CAMPOS, A. R. F.; LISBOA, M. A.

Irrigação na palma forrageira. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 38, n. 296, p. 00-00, 2017. Disponível em:

https://www.researchgate.net/publication/323943111_Irrigacao_na_palma_forrageira. Acesso em: 15 maio 2025.