

## **PRODUTIVIDADE E TEOR DE NUTRIENTES EM PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM EFLUENTE DE ESGOTO DOMÉSTICO**

**MANOEL SIMÕES DE AZEVEDO JÚNIOR<sup>1</sup>; MIGUEL FERREIRA NETO<sup>1</sup>; JOSÉ FRANCISMAR DE MEDEIROS<sup>1</sup>; FRANCISCO VANIES DA SILVA SÁ<sup>1</sup>; YURI BEZERRA DE LIMA<sup>1</sup> E MARCÍRIO DE LEMOS<sup>1</sup>**

<sup>1</sup> Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal Rural do Semi-Árido - UFERSA, R. Francisco Mota, 572 - Presidente Costa e Silva, 59625-900, Mossoró - RN, Brasil. E-mail: [mjunior721@yahoo.com.br](mailto:mjunior721@yahoo.com.br), [miguel@ufersa.edu.br](mailto:miguel@ufersa.edu.br), [jfmedeir@ufersa.edu.br](mailto:jfmedeir@ufersa.edu.br), [vanies\\_agronomia@hotmail.com](mailto:vanies_agronomia@hotmail.com), [yuribzdlima@hotmail.com](mailto:yuribzdlima@hotmail.com), [marcirio@hotmail.com](mailto:marcirio@hotmail.com)

### **1 RESUMO**

Objetivou-se com esse trabalho avaliar, no segundo ciclo, a produtividade de biomassa e os teores de nutrientes da palma forrageira orelha-de-elefante, conduzida sob irrigação complementar, com esgoto doméstico tratado. O experimento foi realizado no Assentamento Milagre, município de Apodi/RN, no período de junho de 2016 a fevereiro de 2017. Foram estudados cinco tratamentos, sendo quatro frequências de irrigação (2,3; 7; 14 e 21 dias), sendo aplicado uma lâmina de 3,5 mm de efluente, e uma testemunha, cultivo em sequeiro (sem irrigação). Utilizou-se delineamento experimental de blocos casualizados com quatro repetições. Após 234 dias do 1º corte realizado na palma, foram estimadas as produtividades de massa fresca e massa secas, assim como, determinado os teores de macro e micronutrientes na biomassa seca da palma forrageira. A complementação hídrica realizada por irrigação com intervalos de 2,3; 7,0; 14,0 e 21,0 dias, viabilizou satisfatoriamente a produção de biomassa da palma forrageira. A complementação hídrica de 3,5 mm por irrigação com efluente de esgoto doméstico tratado, com intervalos de 2,3 e 7,0 dias promove a maior produtividade da palma forrageira orelha de elefante mexicana. O efluente de esgoto doméstico tratado é viável para irrigação e fertirrigação da palma forrageira, carecendo da suplementação mineral adicional com fósforo, cálcio e zinco.

**Palavras-chave:** Irrigação, forragem, *Opuntia sp.*, reúso de água.

**AZEVEDO JÚNIOR, M. S.; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F.; SÁ, F. V. S.; LIMA, Y. B.; LEMOS, M.**

**PRODUCTIVITY AND NUTRIENT CONTENT OF FORAGE CACTUS IRRIGATED WITH DOMESTIC SEWAGE EFFLUENT**

### **2 ABSTRACT**

The aim of this work was to evaluate, in the second cycle, biomass productivity and nutrient content of Mexican Elephant Ear forage cactus, conducted under complementary irrigation, with treated domestic sewage. The experiment was carried out at Settlement Milagre, municipality of Apodi-RN, from June 2016 to February 2017. Five treatments were studied, four irrigation frequencies (2.3, 7, 14 and 21 days) a 3.5 mm death of effluent, and a control,

rainfed cultivation (without irrigation). A randomized complete block design with four replicates was used. After 234 days of the first cut in the palm, green and dry mass yields were estimated, as well as the macro and micronutrient contents in the dry cactus biomass. Water supplementation performed by irrigation with intervals of 2.3, 7.0, 14.0 and 21.0 days, allowed satisfactory production of the forage cactus biomass. The water supplementation of 3.5 mm by irrigation with treated domestic sewage effluent, with intervals of 2.3 and 7.0 days, promotes higher productivity of forage cactus mexican elephant ear. The treated domestic sewage effluent is feasible for irrigation and fertigation of forage cactus, lacking additional mineral supplementation with phosphorus, calcium and zinc.

**Keywords:** Irrigation, forage, *Opuntia sp.*, Water reuse.

### 3 INTRODUÇÃO

Nas regiões que possuem disponibilidade de recursos hídricos abaixo da requerida, a água se tornou fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola. Isto exige um maior planejamento e gerenciamento dos recursos ainda existentes e a busca de fontes de água alternativas, principalmente para o uso agrícola, já que esse é responsável por cerca de 70% do consumo da água exigida nas atividades humanas (HESPANHOL, 2002).

As regiões áridas e semiáridas são as mais afetadas pela baixa disponibilidade de água de boa qualidade. Nestes territórios a necessidade do uso da irrigação para o desenvolvimento agrícola faz com que prevaleça uma disputa entre este setor e os demais setores da sociedade pela água potável disponível. Deste modo, é preciso lançar mão de fontes alternativas de recurso hídrico para o uso agrícola, uma vez que podemos utilizar águas de qualidade inferior, impróprias para consumo humano, para este fim (OLIVEIRA et al., 2013; REBOUÇAS et al., 2010).

Mediante essa necessidade, as pesquisas em irrigação com águas de reuso vêm crescendo (BATISTA et al., 2017; FREITAS et al., 2018; LEMOS et al., 2018; REBOUÇAS et al., 2018; QUEIROZ et al., 2019), principalmente em culturas que não são destinadas ao consumo humano, a exemplo do algodão (*Gossypium*

*hirsutum L.*) e da mamoneira (*Ricinus communis L.*), uma vez que o reuso direto pode trazer riscos de contaminação alimentar (BEZERRA & FIDELES FILHO, 2009; CUNHA et al., 2011; SOUZA et al., 2010).

Nesse cenário, a palma forrageira (*Opuntia sp.* e *Nopalea sp.*), por ser uma cactácea, apresenta grande adaptação às condições climáticas das regiões áridas e semiáridas, com alta resistência a prolongados períodos de estiagem e eficiência no uso da água superior a espécies gramíneas e leguminosas (QUEIROZ et al., 2015). É uma fonte rica em carboidratos não-fibrosos, possui elevada digestibilidade, alta produtividade, além de ser constituída por cerca de 90% de água, servindo como reserva estratégica de água, suprimindo grande parte da necessidade hídrica dos animais, minimizando os impactos da seca (DANTAS et al., 2017; LEMOS et al., 2018). Porém, em regiões com altas temperaturas noturnas (médias entre 23 e 27 °C com amplitude diária de mais ou menos 10 °C), sua produção é limitada, sendo necessário fazer uso da irrigação para contornar essa adversidade (LEMOS et al., 2018).

Mediante essas considerações, tem-se a necessidade de estudos de desempenho da palma forrageira submetida a irrigação utilizando água de esgoto doméstico tratado, de modo a possibilitar um melhor entendimento das respostas da cultura,

constatando a viabilidade dessa prática (QUEIROZ et al., 2015). Neste contexto, objetivou-se com esse trabalho avaliar, no segundo ano de cultivo, os efeitos da irrigação utilizando efluente de esgoto doméstico no rendimento de biomassa e teores de nutrientes em palma forrageira.

#### 4 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado no período de junho de 2016 a fevereiro de

2017, na área do Assentamento Milagre, zona rural de Apodi/RN, cujas coordenadas geográficas são: 5° 35' 22" de latitude sul e 37° 54' 09" de longitude oeste e altitude de 153 metros. O clima da região é, segundo Koppen, do tipo BSw'h', caracterizado como muito quente e semiárido, com estação chuvosa no verão e outono. Os dados meteorológicos do período de junho de 2016 a fevereiro de 2017, estão na Tabela 1.

**Tabela 1.** Dados meteorológicos coletados da Estação Automática do INMET em Apodi/RN.

Ano	-----2016-----						-----2017-----		
Meses	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
Chuvas (mm)	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,4	15,3	217,7
T máx (°C)	34,4	34,3	35,1	35,9	36,5	36,7	35,8	35,8	33,9
T mín (°C)	23,9	23,5	23,2	24,2	24,0	24,2	24,6	24,9	24,4
UR média (%)	62,3	57,2	58,7	65,0	64,5	68,3	67,6	59,9	67,4
VMV (mps)	2,4	3,4	2,9	2,6	2,7	2,5	2,3	2,3	1,7
Insolação (hs)	274,4	284,1	331,7	322,2	323,5	317,7	254,3	284,6	249,0
Eto (mm)	165,8	169,4	171,0	174,8	198,6	199,6	196,4	204,0	157,0

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia (2017); T – Temperatura; VMV- velocidade média do vento.

O assentamento dispõe de uma estrutura modelo para coleta e tratamento, em estágio primário, de efluentes domésticos. A estação de tratamento de esgoto (ETE) fica localizada em área agrícola de uso coletivo da comunidade, onde processa o efluente coletado a partir de 28 residências situadas na agrovila do Assentamento. O percurso do esgoto até à estação de tratamento é de 200m e ocorre por gravidade, onde passa por um tratamento preliminar/primário denominado decanto-digestor. O sistema é constituído por um tanque séptico de duas câmaras e dois filtros anaeróbicos de fluxo descendente. Ao sair da estação, o efluente segue por gravidade para dois reservatórios

um de 50.000 e outro de 20.000 L, com capacidades para acumular, juntos, em torno de 70 mil litros de efluente, que são destinados à irrigação da área agrícola comunitária. A ETE foi projetada para tratar uma vazão de 20 m<sup>3</sup>/dia.

A cada 30 dias, aproximadamente, durante os meses de setembro a dezembro de 2016, foram coletadas amostras do esgoto doméstico para análises química e biológica em três posições. A primeira, ocorreu antes da ETE; a segunda posição de coleta após a ETE e a terceira posição no reservatório de acumulação do efluente destinado à irrigação, localizada após ETE (Tabela 2).

**Tabela 2.** Valores médios das características químicas das amostras do efluente.

Características	Ponto 1	Dp	Ponto 2	Dp	Ponto 3	Dp	Remoção (%)
pH (água)	7,07	±0,17	6,90	±0,33	7,40	±0,43	-
CE (ds/m)	1,03	± 0,15	1,12	±0,16	1,09	±0,15	-
K <sup>+</sup> (mmolc/L)	0,72	±0,13	0,71	±0,09	0,70	±0,10	-
Na <sup>+</sup> (mmolc/L)	3,16	±0,94	3,30	±0,48	3,26	±0,54	-
Ca <sup>2+</sup> (mmolc/L)	0,97	±0,22	0,87	±0,09	0,92	±0,09	-
Mg <sup>2+</sup> (mmolc/L)	1,75	±1,10	2,12	±1,19	1,92	±1,11	-
Cl <sup>-</sup> (mmolc/L)	3,75	± 0,97	3,50	±1,22	3,55	±1,21	-
HCO <sub>3</sub> (mmolc/L)	6,77	±1,46	6,60	±1,56	6,70	±1,00	-
P <sup>+</sup> (mg/L)	6,73	±2,04	7,85	±1,59	7,82	± 0,95	-
NH <sub>4</sub> <sup>+</sup> (mg/L)	28,58	±11,92	31,56	± 7,46	29,91	±9,29	-
NO <sub>3</sub> <sup>-</sup> (mg/L)	15,88	±24,25	2,14	±3,31	14,58	±18,73	8,19
RAS (mg/L)	2,85	± 1,04	2,77	±0,41	2,80	±0,48	1,76
DBO (mg/L)	258,5	±103,48	41,50	±5,80	18,75	±10,90	92,75
DQO (mg/L)	618	±231,82	143,00	±5,41	94,00	±10,80	84,79
TOG (ppm)	19,43	±23,21	19,77	±36,21	1,81	±3,32	90,68
Cu (mg/L)	0,08	±0,003	0,08	±0,01	0,08	±0,005	-
Mn (mg/L)	0,06	±0,027	0,04	±0,03	0,08	±0,009	-
Fe (mg/L)	0,42	±0,267	0,22	±0,031	0,24	±0,018	-
Zn (mg/L)	0,05	±0,017	0,03	±0,004	0,05	±0,041	-
Ni (mg/L)	0,00	± 0,00	0,00	±0,00	0,00	±0,000	-
Cd (mg/L)	0,00	±0,00	0,00	±0,00	0,00	±0,000	-
Pb (mg/L)	0,05	±0,075	0,17	±0,12	0,03	±0,075	-

Valores Médios (dos pontos 1,2 e 3) e Dp-Desvio padrão (±)

A palma forrageira – *Opuntia* sp, variedade orelha de elefante, foi plantada em outubro de 2013, numa área de 2.205 m<sup>2</sup>, cujo solo foi classificado como Argissolo vermelho amarelo (EMBRAPA, 2013). A finalidade do primeiro experimento (LEMOS et al., 2018) foi avaliar a produção da palma forrageira e os impactos físicos e químicos provocados pelo acúmulo de nutrientes no solo e na planta submetida à irrigação com o efluente de esgoto doméstico tratado, em 4 diferentes intervalos entre eventos de irrigação, com lâmina fixa de 3,5 mm por evento e 3 densidades de plantio. Neste segundo experimento, objeto de estudo deste artigo, após o segundo corte da planta, analisou-se o desempenho da palma

forrageira sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado em 4 diferentes intervalos de irrigação, os impactos químicos sobre o solo e as plantas, a partir da eficiência do tratamento do efluente e qualidade da água para irrigação.

O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas, que foram convertidas como tal, a partir das subparcelas centrais do experimento anterior, preservando o arranjo original da área. O número de plantas por parcela foi padronizado em 12 plantas de cada lado do sulco de irrigação, totalizando 24 plantas irrigadas pelo mesmo sulco. Desta maneira, foi padronizado o espaçamento entre plantas em 0,20 m,

equivalendo ao espaçamento de fileiras duplas de 2,2 x 0,8 x 0,2 m (33.333 plantas ha<sup>-1</sup>).

Os tratamentos foram constituídos da fertirrigação com o efluente de esgoto doméstico tratado, aplicando-se uma lâmina fixa de 3,5 mm, distribuída em quatro diferentes intervalos de irrigação (T1 = 2,3 dias, T2 = 7 dias, T3 = 14 dias e T4 = 21 dias) e uma testemunha absoluta (T5 = cultivo sem irrigação).

A distribuição da água se deu por um sistema de irrigação localizada, com linhas laterais de polietileno de 16 mm de diâmetros, espaçadas 3 metros entre si, e emissores tipo micro-tubos de 5 mm de diâmetro, com vazão nominal de 80 L h<sup>-1</sup>, espaçados de 2,5 m. O sistema de irrigação chamado “bubbler modificado” (LEMOS et al., 2018), é uma derivação do sistema bubbler americano. Foi instalado para fazer a distribuição da água à baixa pressão e em pequenos sulcos nivelados de 2,5 m de

comprimento. O efluente depois de bombeado para uma caixa d’água plástica com capacidade para 1000 l e centralizada na área de plantio, a uma altura de 1,5 metro em relação ao solo, foi distribuído por gravidade até os sulcos de irrigação.

O sistema “bubbler modificado” apresenta vantagens de utilizar equipamentos de baixo custo, economia de energia e diminuir problemas com obstrução de emissores, como ocorre com o sistema por gotejamento quando utilizado para irrigação com efluente (HAO et al., 2017). A lâmina de água aplicada em cada irrigação foi de 3,5 mm, correspondendo a metade da ETo média diária historicamente registrada em anos anteriores ao experimento. Esta lâmina foi mantida conforme sugerido Lemos et al. (2018). A Tabela 3 apresenta as quantidades de efluente de esgoto doméstico tratado aplicado na irrigação da palma forrageira durante o experimento.

**Tabela 3.** Quantidade de efluente de esgoto doméstico tratado aplicado na irrigação da palma forrageira durante o experimento.

Tratamentos	La (mm)	D	LT (mm)	VT (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	VM (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	VD (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )
2,3 dias	3,5	93	325,5	3.255	465	15,5
7 dias	3,5	32	112	1.120	160	5,3
14 dias	3,5	16	56	560	80	2,7
21 dias	3,5	10	35	350	50	1,7
Sequeiro	-	-	-	-	-	-

LA - Lâmina aplicada por irrigação; D - Dias de Irrigação; LT - Lâmina total aplicada no ciclo; VT - Volume por hectare; VM - Volume médio mensal; VD - Volume médio diário.

A retomada da irrigação com o efluente se deu em julho de 2016 e foi realizada obedecendo a um calendário de irrigação em função dos intervalos estabelecidos, estendendo-se até o início de fevereiro de 2017, por ocasião da conclusão da pesquisa em campo. Para o controle da cochonilha-de-escama (*Diaspis echinocacti*) foi utilizado óleo de algodão com detergente neutro na proporção de 250 ml de óleo e 150 ml de detergente, diluídos

em 10 litros de água e aplicados quinzenalmente, ao final da tarde com auxílio de um pulverizador costal de 20 L. Para o controle das ervas daninhas, foram feitas capinas manuais, conforme à necessidade.

No intuito de analisar a fertilidade do solo cultivado com a palma forrageira fertirrigada com o efluente de esgoto doméstico tratado por um período de 234 dias após o segundo corte, foram coletadas

amostras de solo em todas as parcelas a uma profundidade de 0-20 cm e analisadas

conforme metodologia recomendada pela Donagema et al. (2011) (Tabela 4).

**Tabela 4.** Características químicas do solo coletadas 234 dias após a fertirrigação com esgoto doméstico tratado, segundo ano de produção.

Atributos	Tratamentos*				
	2,3	7	14	21	Sequeiro
N (g/kg)	0,63	0,35	0,56	0,28	0,63
pH (água)	5,22	5,40	6,00	6,25	4,97
CE (dS m <sup>-1</sup> )	0,13	0,09	0,08	0,11	0,19
MO (g kg <sup>-1</sup> )	5,20	6,24	6,24	5,20	4,99
P (mg dm <sup>-3</sup> )	50,60	87,00	48,00	73,80	60,60
K <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	57,60	81,90	66,70	62,70	66,70
Na <sup>+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	108,50	78,60	57,60	68,60	10,80
Ca <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,59	1,35	1,66	1,51	2,37
Mg <sup>2+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,21	3,22	2,32	2,56	1,73
Al <sup>3+</sup> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,50	0,81	0	0	0,75
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,13	4,79	3,14	2,64	3,30
SB (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,42	5,12	4,40	4,53	4,32
T (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,92	5,93	4,40	4,53	5,07
CTC (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,54	9,91	7,54	7,17	7,62
V (%)	52,00	52,00	58,00	63,00	57,00
m (%)	10,00	14,00	0	0	15,00
PST (%)	6,00	3,00	3,00	4,00	1,00
Cu <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	0,82	0,54	0,52	0,51	0,87
Fe <sup>3+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	5,52	7,32	4,95	6,23	5,69
Mn <sup>3+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	118,95	91,4	123,85	118,85	121,95
Zn <sup>2+</sup> (mg dm <sup>-3</sup> )	1,20	1,31	1,88	1,77	1,98

\*Frequências de irrigação de 2, 3; 7; 14 e 21 dias e testemunha de sequeiro.

Aos 234 dias após o primeiro corte, foi realizado o segundo corte da palma forrageira. Nesse período foram coletadas cinco plantas por parcela, totalizando 20 plantas por tratamento para obtenção da massa verde da palma forrageira, expressa em quilogramas. Com a finalidade de determinar a matéria seca da palma foram coletados dois discos de cada planta, sendo um do cladódio primário e outro do cladódio secundário. Os discos foram retirados com serra-copo de 4,1 cm de diâmetro, acoplado a uma furadeira elétrica. Estes discos foram pesados verdes e em seguida desidratados em estufa a 65 °C, até obter peso constante. Depois foram pesados totalmente secos em balança analítica, com precisão de 0,001 g. Com estes dados,

obteve-se a porcentagem de matéria seca em relação à matéria verde, a partir daí determinou-se a matéria seca das plantas. Dispondo-se dos pesos (verde e seco) e da densidade de plantas, foi possível calcular as massas verde e seca da palma, em quilogramas por hectare.

Após a secagem, o material foi triturado em moinho de facas tipo Willey, e posteriormente analisada quanto aos teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), com os dados expressos em g kg<sup>-1</sup> de MS, e cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e níquel (Ni), com os dados expressos em mg kg<sup>-1</sup> de MS, seguindo metodologia contida em EMBRAPA (2011).

Os dados foram analisados por meio de análise de variância, entre as médias dos tratamentos, através do teste Tukey a 5% de probabilidade. Para realizar as análises estatísticas, utilizou-se o programa computacional SISVAR, versão 5.3 (FERREIRA, 2014).

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A irrigação com efluente de esgoto doméstico tratado influenciou significativamente ( $p < 0,05$ ) a produtividade de massa verde e seca, e os teores de potássio, cálcio, magnésio, cobre, manganês e níquel na palma forrageira aos 234 dias após o primeiro corte (Tabela 5).

**Tabela 5.** Valores médios da produtividade de matéria verde (PMV), produtividade de matéria seca (PMS), teores de nitrogênio (N), potássio (K), fósforo (P), cálcio (Ca), magnésio (Mg), cobre (Cu), manganês (Mn), ferro (Fe), zinco (Zn) e níquel (Ni) na palma forrageira após 234 dias do primeiro corte, irrigadas com efluente doméstico tratado.

Tratamentos	Variáveis					
	PMV kg ha <sup>-1</sup>	PMS kg ha <sup>-1</sup>	N g kg <sup>-1</sup>	P g kg <sup>-1</sup>	K g kg <sup>-1</sup>	Ca g kg <sup>-1</sup>
2,3 Dias	90.232a	5.666a	19,79a	0,17a	28,62b	10,16a
7 Dias	89.265a	5.666a	20,67a	0,24a	31,12b	6,90b
14 Dias	70.765ab	5.633a	18,81a	0,25a	38,22ab	5,27bc
21 Dias	50.599b	4.699a	21,87a	0,27a	37,42ab	5,49cd
Sequeiro	13.699c	1.266b	19,69a	0,25a	58,42a	3,88d
Média	62.912	4.586	20,17	0,24	38,76	6,34
CV (%)	29,05	23,61	11,69	21,81	27,04	10,8

  

Tratamentos	Variáveis					
	Mg g kg <sup>-1</sup>	Cu mg kg <sup>-1</sup>	Mn mg kg <sup>-1</sup>	Fe mg kg <sup>-1</sup>	Zn mg kg <sup>-1</sup>	Ni mg kg <sup>-1</sup>
2,3 Dias	24,90a	7,31b	1408,75ab	365,53a	41,53a	0,04a
7 Dias	20,74ab	6,63b	2149,37ab	324,62a	48,10a	0,03a
14 Dias	17,40b	7,40b	2427,81a	304,62a	49,35a	0,04a
21 Dias	15,56b	8,37b	2853,12a	227,31a	48,94a	0,04a
Sequeiro	24,82a	20,56a	473,43b	300,09a	54,45a	0,02b
Média	20,68	10,05	1862,5	304,43	48,47	0,03
CV (%)	13,62	20,49	46,03	28,03	33,33	6,87

\*Médias seguidas da mesma letra nas colunas não diferem entre si pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

A maior produção de massa verde (MV) por hectare foi verificada nas maiores frequências de irrigação de 2,3 e 7 dias, com produção de 90.232 e 89.265 kg ha<sup>-1</sup> aplicando-se 3,5 mm do efluente doméstico tratado por evento de irrigação, aos 234 dias após o primeiro corte respectivamente (Tabela 5). A menor produtividade foi observada no cultivo em sequeiro, com produção de 13.699 kg ha<sup>-1</sup>, sendo esta

produção 6,5 vezes menor que no cultivo irrigado com turnos de rega de 2,3 e 7 dias (Tabela 5).

Avaliando a produtividade da palma orelha de elefante mexicana, Queiroz et al. (2015) observaram produtividades médias de 135,43 toneladas de MV/ha, com uso de lâmina irrigação de 976 mm, complementar à precipitação, em um ciclo de 380 dias após o corte. Também avaliando palma orelha de

elefante mexicana, Rocha et al. (2017) utilizando uma lâmina de 16,4 mm de água potável a cada 15 dias, obtiveram a produtividade média de 208,88 toneladas de MV/ha, com cortes realizados a cada 4 meses, durante 360 dias. No entanto, deve-se considerar que os autores utilizaram uma densidade de 50.000 plantas por hectare, contribuindo para a obtenção de maiores valores. Em condições de sequeiro Silva et al. (2014), constataram produtividade de massa verde de 118, 113 e 100 t ha<sup>-1</sup> para a palma miúda, redonda e gigante, com corte realizado um ano após o plantio, respectivamente.

É constatado que a produtividade no segundo ciclo da palma orelha de elefante mexicana é reduzido em relação aos relatos observados na literatura. Além da diminuição de 132 dias no tamanho do segundo ciclo em relação ao primeiro, a redução da produção pode estar relacionada a fatores de ordem nutricional, haja vista, que Lemos (2016) no primeiro ciclo da palma forrageira irrigada com efluente doméstico tratado, trabalhando com o mesmo espaçamento entre plantas, obteve uma produção máxima estimada de 539,72 t ha<sup>-1</sup> ano<sup>-1</sup>, o que poderá ser explicado mais adiante com avaliação do estado nutricional da planta.

Na produtividade de massa seca por hectare (MS ha<sup>-1</sup>) não houve diferença entre os intervalos de irrigação no cultivo e irrigados com efluente doméstico, sendo estes imediatamente superiores ao cultivo em sequeiro (Tabela 5). A produtividade de massa seca da palma forrageira irrigada com 2,3, 7, 14 e 21 dias foi superior em 447,6, 447,6, 444,9 e 371,2% em relação ao cultivo em sequeiro. A mesma constatação foi feita por Lemos (2016) no primeiro ciclo da palma Orelha de Elefante Mexicana, irrigada com efluente doméstico tratado, constatando que as maiores produções de matéria verde ocorreram proporcionalmente as maiores lâminas aplicadas do efluente, pelo fato da palma,

através do metabolismo CAM, absorver melhor o CO<sub>2</sub> captado da atmosfera durante os períodos mais frios do dia (início das manhãs e final das tardes) para utilizá-lo na fotossíntese.

Quanto ao aspecto nutricional, foi constatado maior teor de potássio nas plantas de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana cultivadas em sequeiro, com teor médio de K<sup>+</sup> de 58,42 g kg<sup>-1</sup>. É importante ressaltar, que o teor de potássio na palma forrageira reduziu em função do aumento da frequência de irrigação, obtendo os menores teores nos tratamentos irrigados aos 2,3 e 7 dias, com 28,62 e 31,12 g kg<sup>-1</sup>, respectivamente (Tabela 5). Um fenômeno a ser considerado, é a importância do potássio na regulação estomática, responsável por controlar a atividade de transpiração da planta (TAIZ et al., 2015). Desse modo, os maiores teores de potássio nas plantas de sequeiro podem estar relacionados aos mecanismo de tolerância ao estresse hídrico, aumentando a resistência estomática, a fim de minimizar a perda de água.

Considerando a produção de matéria seca por hectare para os diferentes tratamentos, os valores de potássio exportados foram: 162,16, 176,32, 215,29 e 175,83 kg ha<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>, respectivamente para as frequências de irrigações de 2,3, 7, 14 e 21 dias, e 73,95 kg ha<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> para a testemunha de sequeiro. Com isso, os menores teores de potássio nos tratamentos irrigados também podem estar relacionados aos efeitos de diluição do nutriente, em função do maior acúmulo de biomassa.

Lemos et al. (2018) não encontraram diferença significativa entre os tratamentos fertirrigados com esgoto doméstico tratado em relação à testemunha de sequeiro para os teores de potássio exportados aos 375 dias após o plantio da palma forrageira, e, embora tenha obtido altos valores de K<sup>+</sup> exportados, a média por planta desse elemento foi de 22,99 g kg<sup>-1</sup>, menor que a média de 38,76 g kg<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> obtida neste



experimento. De acordo com os autores houve uma grande extração de  $K^+$  pela palma no primeiro ciclo, fato também constatado no segundo ciclo.

Os teores de cálcio nos cladódios da palma forrageira foram maiores nas plantas irrigadas com menor frequência de irrigação (2,3 dias), com  $10,16 \text{ g kg}^{-1}$  de  $Ca^{2+}$ , e a medida com que a frequência de irrigação aumentou o teor de cálcio foi reduzido, sendo observado  $5,49 \text{ g kg}^{-1}$  de  $Ca^{2+}$  nas plantas irrigadas com efluente doméstico tratado a cada 21 dias. O menor teor de cálcio foi observado nas plantas cultivadas em sequeiro, constatando-se  $3,88 \text{ g kg}^{-1}$  de  $Ca^{2+}$  (Tabela 5). Considerando a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de cálcio exportados foram: 57,56, 39,09, 29,68, 25,79 e  $4,91 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $Ca^+$ , respectivamente, para as frequências de irrigações de 2,3, 7, 14, 21 dias e a testemunha de sequeiro.

Os teores de cálcio verificados na palma forrageira segundo ciclo, são inferiores em relação a faixa constatada na literatura para o teor desse nutriente em diferentes variedades de palma, incluindo a Orelha de Elefante Mexicana, que varia de 18,40 a  $48,60 \text{ g kg}^{-1}$  de  $Ca^{2+}$  (DUBEUX JÚNIOR et al., 2010; DONATO et al., 2016, 2017; LEMOS et al., 2018). Este fato indica que o cálcio foi um dos nutrientes limitantes para um melhor desempenho produtivo da palma forrageira, e deve ser suplementado mesmo havendo fertirrigação com efluente doméstico tratado.

Quanto aos teores de magnésio nos cladódios da palma forrageira não houve diferença significativa entre as plantas irrigadas com efluente doméstico tratado com intervalos de 2,3 e o cultivo em sequeiro. No entanto, foi constatado que as plantas irrigadas a cada 14 e 21 dias obtiveram teores de magnésio inferiores em 29,9 e 37,3 % em relação as plantas cultivadas em sequeiro, respectivamente (Tabela 5). Apesar destas reduções os teores

de magnésio observados na palma forrageira no presente trabalho foram superiores aos encontrados por Dubeux Júnior et al. (2010) em palma IPA-20 ( $9,7 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg) e por Donato et al. (2016) em palma gigante ( $12,4 \text{ g kg}^{-1}$  de Mg), denotando que Mg não foi um nutriente limitante para a produção da palma irrigada com efluente doméstico tratado. Considerando a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de magnésio exportados foram: 141,08, 117,51, 98,01, 73,11 e  $31,42 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $Mg^{+2}$ , respectivamente, para as frequências de irrigações de 2,3, 7, 14, 21 dias e a testemunha de sequeiro. Os resultados observados na presente pesquisa corroboraram com Lemos et al. (2018), avaliando a irrigação com efluente doméstico tratado no primeiro ciclo da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana.

Os teores de manganês variaram de 473 a  $2.853 \text{ mg kg}^{-1}$  da MS, apresentando um valor médio de  $1.862 \text{ mg kg}^{-1}$  da MS (Tabela 5). Levando em consideração a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de manganês exportados foram: 7,98, 12,17, 13,67, 13,40 e  $0,59 \text{ kg ha}^{-1}$  de Mn, respectivamente, para as irrigações de 2,3, 7, 14, 21 dias e a testemunha de sequeiro.

Os teores de manganês encontrados nas plantas cultivadas em condições de sequeiro no segundo ciclo, assim como, no primeiro ciclo (LEMOS et al., 2018), foram bem menores que os teores desse mesmo elemento encontrados nas plantas fertirrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado (Tabela 5), demonstrando que a aplicação do efluente proporcionou maior aporte do nutriente as plantas de palma forrageira. Os teores de manganês observado no cultivo irrigado com efluente foi superior à média de  $686,87 \text{ mg kg}^{-1}$  da MS encontrada por Dubeux Júnior et al. (2010), avaliando adubação

nitrogenada e fosfatada na palma forrageira IPA-20.

Os teores de cobre na palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana cultivadas em sequeiro foi superior ao das plantas fertirrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado, na ordem de 64,4, 67,8, 64,0 e 59,3%, respectivamente, para as irrigações a cada 2,3, 7, 14 e 21 dias, que não diferiam estatisticamente entre si (Tabela 5). Levando-se em consideração a produção média de matéria seca por hectare para os diferentes tratamentos, os valores de cobre exportados foram 0,04, 0,03, 0,04, 0,03 e 0,02 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as irrigações de 2,3, 7, 14, 21 dias e a testemunha de sequeiro. O aumento dos teores de cobre nas plantas não irrigadas pode estar relacionado ao mecanismo desenvolvido pelas plantas, em função do estresse prologando, haja vista, que o cobre participa de muitos processos fisiológicos como: fotossíntese, respiração, distribuição de carboidratos, redução e fixação de nitrogênio, metabolismo de proteínas e da parede celular (TAIZ et al., 2015).

Em comparação aos resultados obtidos por Lemos (2016), no segundo ciclo o teor de Cu das plantas cultivadas em sequeiro (20,56 mg kg<sup>-1</sup> de Cu) aumentou 2,5 vezes em relação ao valor observado no primeiro ciclo (8,3 mg kg<sup>-1</sup> de Cu) por Lemos (2016). No cultivo irrigado com efluente os teores variaram de 6,63 a 8,37 mg kg<sup>-1</sup> de Cu, sendo pouco abaixo da média de 12,60 mg kg<sup>-1</sup> obtida por Lemos (2016) na palma Orelha de Elefante Mexicana e superior aos 6,5 mg kg<sup>-1</sup> na palma IPA-20 obtido por Dubeux Junior et al. (2010).

Os teores de níquel nas plantas irrigadas com efluente de esgoto doméstico tratado variaram de 0,3 a 0,4 mg kg<sup>-1</sup> da MS, sendo estes superiores significativamente ao teor observado nas plantas de sequeiro, com 0,2 mg kg<sup>-1</sup> da MS (Tabela 5). O aumento nos teores de níquel é favorecido

pela maior disponibilidade hídrica, tendo em vista que não foi constatado a presença de níquel no efluente de esgoto doméstico tratado (Tabela 2).

Os teores de nitrogênio, fósforo, ferro e zinco não foram afetados significativamente pela irrigação com efluente doméstico tratado, sendo observados os teores médios de 20,17 g kg<sup>-1</sup> de N, 0,24 g kg<sup>-1</sup> de P, 304,43 mg kg<sup>-1</sup> de Fe e 48,47 mg kg<sup>-1</sup> de Zn (Tabela 5).

Os teores de nitrogênio observados no presente trabalho corroboram com os resultados observados por Dubeux Júnior et al. (2010), que constataram um teor médio de 20,62 g kg<sup>-1</sup> de N avaliando a composição mineral na matéria seca da palma forrageira (*O. ficus-indica*) Clone IPA-20 aos seis meses de idade sob adubação fosfatada e potássica. No entanto, o teor médio de fósforo 0,24 g kg<sup>-1</sup> constatado na presente pesquisa, é inferior aos observado pelos respectivos autores, que verificaram um teor médio de 4,75 g kg<sup>-1</sup> de P. Os teores de fosforo do presente experimento também estão abaixo da faixa verificada por Souza et al. (2017), que constataram teores de fósforo de 0,40 a 2,04 g kg<sup>-1</sup> de P, na palma forrageira Miúda com e sem adubação fosfatada, trabalhando com a densidade de 40.000 plantas por hectare. Lemos et al. (2018) avaliando exportação de nutrientes por plantas de palma forrageira sob irrigação com água de efluente doméstico tratado no primeiro ciclo 375 dias após o plantio, constataram teores médios de fósforo 0,36 g kg<sup>-1</sup> de P. Com base na avaliação do primeiro ciclo da palma forrageira, é verificado que os teores de fósforo são baixo em relação aos observado na literatura, e no segundo ciclo esses teores continuam diminuindo, inferindo na necessidade de suplementação com fósforo, mesmo com aplicação do efluente doméstico tratado, devido à baixa disponibilidade de fósforo no solo (Tabela 4).

Apesar de não significativo os teores médios de Fe ( $304,43 \text{ mg kg}^{-1}$ ) verificados nas plantas de palma forrageira no presente trabalho são superiores aos verificados na literatura por Dubeux Júnior et al. (2010) para o clone IPA-20, que constataram um teor médio  $84,54 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os autores não verificaram influência da adubação fosfatada e potássica sobre os teores de Fe. Lemos (2016), em sua pesquisa de produção de palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico tratado, encontrou uma média geral para o conteúdo de ferro exportado via cladódios de  $396,69 \text{ mg kg}^{-1}$  de MS, superior aos  $304,43 \text{ mg kg}^{-1}$  deste experimento. Os altos teores de Fe observada na massa seca das plantas de palma forrageira, provavelmente estão relacionadas com a boa disponibilidade de Fe no solo, já que estes valores também são obtidos nas plantas cultivadas em sequeiro. (Tabelas 4 e 5).

Os teores de  $48,47 \text{ mg kg}^{-1}$  de Zn observados na palma forrageira segundo ciclo, são inferiores aos observados por Dubeux Júnior et al. (2010) para o clone IPA-20, que constataram um teor médio  $108,58 \text{ mg kg}^{-1}$ . Os autores não verificaram influência da adubação fosfatada e potássica sobre os teores de Zn. Lemos (2016) verificou variações nos teores de

zinco na matéria seca de  $52,69$  a  $91,11 \text{ mg kg}^{-1}$ , no primeiro ciclo da palma forrageira orelha de elefante mexicana, sendo estes também inferiores aos observados por Dubeux Júnior et al. (2010). Assim como verificado para o ferro, os teores de zinco na matéria seca foram reduzidos no segundo ciclo da palma forrageira orelha de elefante mexicana, essas respostas podem estar relacionadas a baixa disponibilidade do nutriente.

## 6 CONCLUSÕES

A complementação hídrica realizada por irrigação com intervalos de 2,3; 7,0; 14,0 e 21,0 dias, viabilizou satisfatoriamente produção de biomassa da palma forrageira.

A complementação hídrica de 3,5 mm por irrigação com efluente de esgoto doméstico tratado, com intervalos de 2,3 e 7,0 dias promove a maior produtividade da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana.

O efluente de esgoto doméstico tratado é viável para irrigação e fertirrigação da palma forrageira, carecendo da suplementação mineral adicional com fósforo, cálcio e zinco.

## 7 REFERÊNCIAS

- BATISTA, A. A.; DUTRA, I.; CARMO, F. F.; IZIDIO, N. S. C.; BATISTA, R. O. Quality in papaya fruit produced with treated domestic sewage. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 48, n. 1, p. 70-80, 2017.
- BEZERRA, B. G.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 40, n. 3, p. 339-345, 2009.
- CUNHA, A. H. N.; OLIVEIRA, T. H.; FERREIRA, R. B.; MILHARDES, A. L. M.; SILVA, S. M. C. O reuso de água no Brasil: a importância da reutilização de águas no país. **Enciclopédia Biosfera**, Goiânia, v. 7, n. 13, p. 1225-1248, 2011.

DANTAS, S. F. A.; LIMA, G. F. C.; MOTA, E. P. Viabilidade econômica da produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido potiguar. **Revista Ipecege**, Piracicaba, v. 3, n. 1, p. 59-74, 2017.

DONAGEMA, G. K.; CAMPOS, D. V. B.; CALDERANO, S. B.; TEIXEIRA, W. G.; VIANA, J. H. M. **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).

DONATO, P. E. R.; DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; PIRES, A. J. V.; SILVA JUNIOR, A. A. Extraction/exportation of macronutrients by cladodes of ‘Gigante’ cactus pear under different spacings and organic fertilization. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 21, n. 4, p. 238-243, 2017.

DONATO, P. E. R.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; AQUINO, A. A. Nutrition and yield of ‘Gigante’ cactus pear cultivated with different spacings and organic fertilizer. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 20, n. 12, p. 1083-1088, 2016.

DUBEUX JUNIOR, J. C. B.; ARAÚJO FILHO, J. T.; SANTOS, M. V. F.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; PESSOA, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira—Clone IPA-20. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 5, n. 1, p. 129-135. 2010.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 2013. 412 p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise do solo**. 3 ed. Rio de Janeiro: EMBRAPA. 2011, 230 p.

FERREIRA, D. F. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 38, n. 2, p. 109-112, 2014.

FREITAS, C. A. S.; BEZERRA, F. M. L.; SILVA, A. R. A.; ALBIERO, D.; NASCIMENTO, J. A. M. Energy analysis of ethanol from sugarcane irrigated with treated domestic sewage. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 389-398, 2018.

HAO, F.; LI, J.; WANG, Z.; LI, Y. Effect of ions on clogging and biofilm formation in drip emitters applying secondary sewage effluent. **Irrigation and Drainage**, New York, v. 66, n. 2, p. 687-698, 2017.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos. **Revista Brasileira de Recursos Hídricos**, v. 7, n. 4, p. 75-95, 2002.

LEMOS, M. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro**. Mossoró, RN: UFERSA, 2016. 244 p. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2016.

- LEMOS, M.; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F.; DIAS, N. S.; SILVA, E. F. F. E.; LIRA, R. B. Nutritional evaluation of forage cactus fertigated with domestic sewage effluent. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 476-486, 2018.
- OLIVEIRA, P. C. P.; GLOAGUEN, T. V.; GONCALVES, R. A. B.; SANTOS, D. L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 8, p. 861-868, 2013.
- QUEIROZ, J. L. F.; FERREIRA NETO, M.; SÁ, F. V. S.; PORTO FILHO, F. Q.; LIMA, Y. B.; DIAS, P. M. S. Production of ambarella seedlings treated with indole butyric acid and irrigated with reused water. **Floresta**, Curitiba, v. 49, n. 4, p. 725-734, 2019.
- 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.
- REBOUÇAS, J. R. L.; DIAS, N. S.; GONZAGA, M. I. S.; GHEYI, H. R.; SOUSA NETO, O. N. Crescimento do feijão-caupi irrigado com água residuária de esgoto doméstico tratado. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 1, p. 97-102, 2010.
- REBOUCAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. S.; GOMES, J. W. S.; GURGEL, G. C. S.; QUEIROZ, I. S. R. Qualidade De Mudanças De Sabiá Irrigadas Com Efluente Doméstico. **Floresta**, Curitiba, v. 48, n. 2, p. 173-182, 2018.
- ROCHA, R. S.; VOLTOLINI, T. V.; GAVA, C. A. T. Características produtivas e estruturais de genótipos de palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte. **Archivos de Zootecnia**, Córdoba, v. 66, n. 255, p. 365-373, 2017.
- 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**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.
- SOUZA, N. C. de; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F. de; SANTOS, A. B. dos. Produtividade da mamona irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.14, n. 5, p. 478-484, 2010.
- SOUZA, T. C.; SANTOS, M. V. F.; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; LIRA, M. A.; SANTOS, D. C.; CUNHA, M. V.; LIMA, L. E.; SILVA, R. R. Productivity and nutrient concentration in spineless cactos under different fertilizations and plant densities. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 12, n. 4, p. 555-560, 2017.
- TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MØLLER, I. M.; MURPHY, A. **Plant physiology and development**. 6.ed., New York: Sinauer Associates, 2015.761p.