



UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

JÉSSICA VANESSA GÓIS DE SIQUEIRA

VARIEDADES DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADAS COM
EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E COM DIFERENTES MANEJOS
DE CORTE

PETROLINA
2021

JÉSSICA VANESSA GÓIS DE SIQUEIRA

**VARIETADES DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADAS COM
EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E COM DIFERENTES
MANEJOS DE CORTE**

Dissertação apresentada à Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias, como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal.

Orientador: Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz

PETROLINA

2021

Dados Internacionais de Catalogação - CIP

S618v Siqueira, Jéssica Vanessa Góis de
Variedades de palma forrageira irrigadas com efluente de esgoto tratado e com diferentes manejos de corte / Jéssica Vanessa Góis de Siqueira. – Petrolina, 2021.
96f.: il. ; 29 cm.

Dissertação de mestrado (Pós-Graduação em Agronomia - Produção Vegetal) - Universidade Federal do Vale do São Francisco, Campus Ciências Agrárias, Petrolina, 2021.

Orientador: Prof.º Dr.º Mário Adriano Ávila Queiroz.

Inclui referências.

1. Palma forrageira. 2. Irrigação. 3. Água residuária - uso agrícola. 4. Manejo de irrigação. I. Título. II. Queiroz, Mário Adriano Ávila.. III. Universidade Federal do Vale do São Francisco.

CDD 633.2

UNIVERSIDADE FEDERAL DO VALE DO SÃO FRANCISCO
CAMPUS DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA – PRODUÇÃO VEGETAL

FOLHA DE APROVAÇÃO

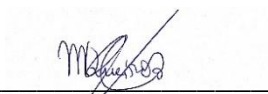
JÉSSICA VANESSA GÓIS DE SIQUEIRA

**VARIETADES DE PALMA FORRAGEIRA IRRIGADAS COM
EFLUENTE DE ESGOTO TRATADO E COM DIFERENTES MANEJOS
DE CORTE**

Dissertação apresentada como requisito parcial para obtenção do título de Mestre em Agronomia – Produção Vegetal, pela Universidade Federal do Vale do São Francisco.

Aprovada em: 25 de fevereiro de 2021.

Banca Examinadora



Prof. Dr. Mário Adriano Ávila Queiroz, Orientador, UNIVASF
orientador



Dr. Geovergue Rodrigues de Medeiros, Pesquisador, INSA
Membro externo



Prof. Dr. Thieres George Freire da Silva, UFRPE/UAST
Membro externo

A minha mãe Glória, minha melhor amiga
e meu exemplo de fé, paciência e amor:
DEDICO!

AGRADECIMENTOS

A Deus, por ter me deixado chegar até aqui com saúde, por nunca me deixar sozinha, ser o meu melhor amigo e por me mostrar que eu precisava me aproximar mais dEle nos últimos anos. Deus, eu entendi o recado e obrigada por tudo!

Aos meus pais, Glória por ser meu exemplo de mulher, por seu cuidado, suas orações e por me fazer uma filha tão feliz e amada e Geová por me ensinar a valorizar minhas conquistas, a ser uma pessoa organizada que honra com seus compromissos e por ser um exemplo de guerreiro. Amo vocês demais!

Ao meu irmão Gean e família pelo incentivo, em especial minha sobrinha Ana Beatriz que me permite voltar aos meus dias de criança.

Ao meu orientador Dr. Mário Queiroz, por ter confiado e acreditado em mim desde o início e por todos os ensinamentos, seja na área acadêmica ou na vida pessoal. A sua filha acadêmica está feliz!

Aos professores que compõem o colegiado de Agronomia do CCA e se dispuseram a me ajudar e também a me orientar em algum momento, em especial Helder Ribeiro, Júlio Melo e Cristiane Galhardo, obrigada por todo suporte e apoio desde o início da implantação desse experimento.

Aos terceirizados Seu Cícero e Ademilson, que sempre me ajudaram muito na área da palma, de acordo com a disponibilidade de cada um, porque boa vontade da parte deles nunca faltou e sou muito grata por isso!

A técnica do laboratório de química analítica, Monica Zuffo, obrigada por toda ajuda na realização das análises de água e solo e por todas as conversas e conselhos.

A Emanuely Gomes e família, por me darem abrigo e apoio antes mesmo que eu conseguisse a aprovação no mestrado.

A todos os amigos que conquistei e pelos os quais fui conquistada na UNIVASF (CCA), seja dentro ou fora do nosso grupo de pesquisa. Em especial aos amigos do grupo de pesquisa, Izanildo Maciel, Antônio Bruno, Arquinor Rodrigues, Lucas Lopes, Higor Fábio, Igor Carneiro, obrigada pelas inúmeras e incontáveis vezes que me ajudaram nesse experimento e por todas as conversas e conselhos.

Aos amigos do mestrado, Marcelino Rawenyo, Jaynne Lino, Laiane Eugênia, Laura Paula, Raysa Lemos, Matheus Elysio, Liliane Sardeiro, Tamires Soares, Daniel Almeida, Jackson Lobo, Nayara Lira e Gracileide Alencar, vocês me salvaram muitas vezes e tornaram o caminho que antes parecia tão árduo, mais leve e divertido. Tenho imenso carinho por vocês e sempre serei muito grata por tudo.

Aos amigos da graduação que conheci no CCA, em especial a Mycaella Gonçalves, Rodrigo Santos, Francisco Júnior, Erick Oliveira, Vyrna Siqueira, Erica Tavares, Larissa Amorim, Moçambique e Breno Bonfim, obrigada por disponibilizarem o tempo de vocês para me ajudar e por tornar as longas horas de trabalho em algo produtivo e divertido.

Aos amigos de longas datas e que por mais distante que estejam foram de fundamental importância para a conclusão desse trabalho, Jefité Gabriel, Davi Tavares, Darlene Morato, Maiara Lima, Lucas Franklin, Mateus Franklin e Sara Pacheco, obrigada pela amizade e por todo suporte e apoio nessa pesquisa.

A Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF) que foi a faculdade na qual vivi muitos bons momentos de aprendizados na vida acadêmica e que contribuiu de maneira fundamental com o meu crescimento como profissional.

A FACEPE, pela bolsa concedida e por acreditar nesse projeto de pesquisa.

Enfim, espero não ter esquecido ninguém, pois, esse trabalho tem que ser chamado de “NOSSO” e me faltam palavras para expressar a tamanha gratidão que sinto por cada um de vocês. Muito obrigada!

RESUMO

A crise hídrica na região semiárida é um aspecto que pode limitar o uso da irrigação em diversos cultivos, sendo assim, o uso de águas residuárias de esgoto tratado no cultivo de clones de palma forrageira, permite a conservação dos recursos hídricos e garante o fornecimento de alimento aos animais, principalmente no período de escassez hídrica. Face ao exposto, esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características morfogênicas e a composição bromatológica de variedades de palma forrageira com diferentes manejos de corte, irrigadas com água residuária e água bruta em Petrolina – PE. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. De forma independente o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) com nove repetições sendo os fatores fixos (parcela) os efeitos de água de irrigação “água bruta (AB) e água residuária do esgoto tratado (ET)”; a (subparcela) os três manejos de corte “preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO)” e como (sub-subparcelas) os tempos de corte “60, 90 e 180 dias após o corte”. A composição bromatológica foi expressa por meio dos teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra detergente ácido. Foram mensurados o comprimento e a largura dos cladódios que originaram as taxa de alongamento diário; área do cladódio e o índice de área do cladódio. Durante o período experimental foram realizados três cortes a cada seis meses. No primeiro artigo, foram estudadas as variedades Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e Doce Miúda (DM) e os resultados obtidos evidenciaram que o uso da ET e o manejo de corte preservando os CSO proporcionaram para a variedade Orelha de Elefante uma produção de 237,58 ton/ha e NCT 823,12% maior quando comparadas com as palmas irrigadas com AB. O IAC obtido foi de 4,08 m²m² aos 180 dias e a TAIC foi de 2,85 mm/dia aos 90 dias para as plantas irrigadas com ET e com CSO, a medida que as plantas irrigadas com AB não emitiram cladódios de segunda ordem. Não houve produção de cladódios de segunda ordem para essa variedade quando irrigada com AB, ao passo que as plantas irrigadas com ET e que foram preservados os CSO emitiram cladódios. Para a variedade Doce Miúda a produção obtida foi de 118,64 ton/ha e o NCT foi de 25,78 para as plantas irrigadas com ET quando preservados os CSO. O IAC aos 180 dias foi de 0,64 m²m² superior aos das plantas irrigadas com AB e aos 90 dias a TAIC foi de 2,59 mm/dia para as plantas irrigadas com ET e preservados os CSO. O uso de ET promoveu o aumento de 11,20% e 31,40% para MM e FDA ao preservar os CSO, enquanto que o uso da AB promoveu o aumento de 25,91% e 14% para MS e FDN. No segundo artigo, foram estudadas as variedades IPA 20 e IPA Sertânia e os resultados apontaram que o uso de ET e o manejo de corte preservando os CSO proporcionaram para a variedade IPA 20 uma produção superior de 33,69% as plantas irrigadas com AB. Os NCT obtidos nas plantas irrigadas com AB foi 21,33% maior do que as plantas irrigadas com ET. Não houve efeito ($p>0,05$) ao preservar os CPO e os CSO aos 180 dias para o IAC, em ambas as variedades. Aos 90 dias a TAIC para as plantas com CPO irrigadas com ET superou em 89,94% as plantas irrigadas com AB. Os teores de MS e FDN foi de 68,3g/kg e 310,5g/kg, respectivamente, para as plantas irrigadas com ET, a medida que as plantas com CSO irrigadas AB não produziram. Avaliando a variedade IPA Sertânia não houve efeito ($p>0,05$) para a produção e NCT ao preservar os CPO em ambas as águas de irrigação. Aos 90 dias a TAIC para as plantas com CPO irrigadas com ET superou em 87,09% as plantas irrigadas com AB. As plantas irrigadas com AB e com CSO obtiveram valores de MS de 74,4g/kg e FDA de 134,1g/kg, a medida que não houve emissão de CSO nas plantas irrigadas com ET.

De modo geral, o uso da água residuária de esgoto tratado contribuiu para ganhos na produção e nas características das variedades de palma forrageira, sendo que os manejos de corte preservando os CSO para as variedades OEM e DM e preservando os CPO para as variedades IPA 20 e IPA Sertânia, foram os que proporcionaram ganhos em produção e nas características morfológicas e bromatológicas das diferentes variedades de palma forrageira cortadas a cada seis meses.

Palavras-chave: Água residuária. Manejo de corte. Morfogênese. *Nopalea* sp. *Opuntia* sp.. Semiárido.

ABSTRACT

The water crisis in the semi-arid region is an aspect that may limit the use of irrigation in several crops, therefore, the use of wastewater from treated sewage in the cultivation of forage palm clones, allows the conservation of water resources and guarantees the supply of water. feed to animals, especially in the period of water scarcity. In view of the above, this study was carried out to evaluate the morphogenic characteristics and the chemical composition of forage palm varieties with different cut management, irrigated with wastewater and raw water in Petrolina - PE. The experiment was conducted at the Federal University of Vale do São Francisco - UNIVASF. Independently, the experimental design adopted was completely randomized in both experiments, with nine repetitions, the fixed factors (plot) being the effects of irrigation water "raw water (RW) and wastewater from treated sewage (TS)"; the (subplot) the three cutting managements "preserving the: basal cladode (BC); first order (CFO) and second-order (CSO) "and how (sub-subplots) the cutting times" 60, 90 and 180 days after cutting ". The chemical composition was expressed through the contents of dry matter, mineral matter, crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber. The length and width of the cladodes that gave rise to the daily stretching rate were measured; cladode area and the cladode area index. During the experimental period, three cuts were made every six months. In the first article, the Mexican elephant ear (MEE) and Prickly ear (PE) varieties were studied and the results obtained showed that the use of TS and the management of cut preserving the CSO provided production of 237 for the Mexican elephant ear variety. , 58 ton/ha and NCT 823.12% higher when compared to palms irrigated with RW. The IAC obtained was 4.08 m² m² at 180 days and the TAIC was 2.85 mm / day at 90 days for plants irrigated with TS and CSO, as the plants irrigated with RW did not emit second-order cladodes. . There was no production of second-order cladodes for this variety when irrigated with RW, whereas plants irrigated with TS and which were preserved by CSO emitted cladodes. For the Prickly ear variety, the production obtained was 118.64 ton/ha and the NCT was 25.78 for plants irrigated with TS when preserving the SO. The IAC at 180 days was 0.64 m² m² higher than that of plants irrigated with RW and at 90 days the TAIC was 2.59 mm / day for plants irrigated with TS and preserved the SO. The use of TS promoted an increase of 11.20% and 31.40% for MM and FAD by preserving the CSO, while the use of RW promoted an increase of 25.91% and 14% for DM and NDF. In the second article, the varieties IPA 20 and IPA Sertânia were studied and the results showed that the use of TS and the management of cut preserving the CSO provided the IPA 20 variety with production higher than 33.69% for plants irrigated with RW. The NCT obtained from plants irrigated with RW was 21.33% higher than plants irrigated with TS. There was no effect ($p > 0.05$) when preserving the CFO and CSO at 180 days for the IAC, in both varieties. At 90 days, the TAIC for plants with CFO irrigated with TS was 89.94% higher than plants irrigated with RW. The levels of MEE and NDF were 68.3g / kg and 310.5g / kg, respectively, for plants irrigated with TS, as the plants with CSO irrigated RW did not produce. Evaluating the IPA Sertânia variety, there was no effect

($p > 0.05$) for the production and NCT when preserving the CFO in both types of irrigation waters. At 90 days the TAIC for plants with CFO irrigated with TS was 87.09% higher than plants irrigated with RW. Plants irrigated with RW and CSO obtained MEE values of 74.4g / kg and FAD of 134.1g / kg, as there was no CSO emission in plants irrigated with TS. In general, the use of wastewater from treated sewage contributed to gains in production and the characteristics of forage palm varieties, with cutting management preserving the CSO for the MEE and PE varieties and preserving the CFO for the IPA 20 varieties. and IPA Sertânia were the ones that provided gains in production and the morphological and bromatological characteristics of the different varieties of forage palm cut every six months.

Keywords: Cutting management. Morphogenesis. *Nopalea* sp. *Opuntia* sp .. Semi-arid. Wastewater.

LISTA DE FIGURAS

ARTIGO 1

- Figura 1.** Elementos meteorológicos correspondentes ao período experimental com palmas forrageiras submetidas a irrigações com água bruta e água residuária de esgoto tratado, durante um ano e meio de cultivo, em Petrolina – PE.....38
- Figura 2.** Características químicas das águas de irrigação: água bruta do rio São Francisco (AB) e da água residuária de esgoto tratado (ET) no mês de Abril de 2019. a) concentrações de Potássio (mg/L); b) concentrações de Fósforo (mg/L); c) concentrações de Cloreto (mg/L); d) concentrações de Na (mg/L); e) concentrações de Ca (mg/L).41
- Figura 3.** Características físicas da água bruta do rio São Francisco (a) e da água de esgoto tratado (b) durante o mês de Abril de 2019.42
- Figura 4.** Diferentes variedades de palma forrageira: a) Orelha de Elefante de Mexicana; b) Doce Miúda.....43
- Figura 5.** Croqui da palma forrageira no Campus Ciências Agrárias (UNIVASF) em Petrolina-PE.44
- Figura 6.** a) corte da palma forrageira variedade Doce Miúda; b) mensuração do comprimento de cladódio; c) mensuração da largura de cladódio com auxílio de fita métrica.46
- Figura 7.** Médias das variáveis morfológicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm²); d) Índice de área de cladódio (m²m²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade Orelha de Elefante Mexicana (OEM) irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.....52
- Figura 8.** Médias das variáveis morfológicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm²); d) Índice de área de cladódio (m²m²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade Doce Miúda (DM) irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.54

ARTIGO 2

- Figura 1.** Elementos meteorológicos correspondentes ao período experimental com palmas forrageiras submetidas a irrigações com água bruta e água residuária de esgoto tratado, durante um ano e meio de cultivo, em Petrolina – PE.....69

Figura 2. Características químicas das águas de irrigação: água bruta do rio São Francisco (AB) e da água residuária de esgoto tratado (ET) no mês de Abril de 2019. a) concentrações de Cloreto (mg/L); b) concentrações de Potássio (mg/L); c) concentrações de Fósforo (mg/L); d) concentrações de Cálcio (mg/L); e) concentrações de Sódio (mg/L).....	71
Figura 3. Características físicas da água bruta do rio São Francisco (a) e da água de esgoto tratado (b) durante o mês de Abril de 2019.	72
Figura 4. Diferentes variedades de palma forrageira: a) IPA 20; b) IPA Sertânia/mão-de-moça.	73
Figura 5. Croqui da palma forrageira no Campus Ciências Agrárias (UNIVASF) em Petrolina – PE.	74
Figura 6. a) corte da palma forrageira variedade IPA Sertânia b) mensuração do comprimento de cladódio da variedade IPA 20 c) mensuração da largura de cladódio com auxílio de fita métrica da variedade IPA Sertânia.	76
Figura 7. Médias das variáveis morfogênicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm ²); d) Índice de área de cladódio (m ² m ²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade IPA 20 irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.	81
Figura 8. Médias das variáveis morfogênicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm ²); d) Índice de área de cladódio (m ² m ²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade IPA Sertânia/Mão-de-moça irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.....	83

LISTA DE TABELAS

ARTIGO 1

- Tabela 1.** Caracterização química e física do solo antes do plantio da palma forrageira no período de agosto de 2018.39
- Tabela 2.** Caracterização química e física do solo após o plantio da palma forrageira no período de outubro de 2019.39
- Tabela 3.** Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade Orelha de Elefante (OEM) irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortadas a cada seis meses em diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).49
- Tabela 4.** Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade Doce Miúda (DM) irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortadas a cada seis meses em diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).50
- Tabela 5.** Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) da palma Orelha de Elefante Mexicana (OEM) irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante o período de um ano em g/kg^{-1}55
- Tabela 6.** Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) em (%) da palma Doce Miúda (DM) irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante o período de um ano em g/kg^{-1}57

ARTIGO 2

- Tabela 1.** Caracterização química e física do solo antes do plantio da palma forrageira no período de agosto de 2018.70
- Tabela 2.** Caracterização química e física do solo após o plantio da palma forrageira no período de outubro de 2019.70
- Tabela 3.** Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade IPA 20 irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).78
- Tabela 4.** Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade IPA Sertânia irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).79

Tabela 5. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) da palma IPA 20 irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses em diferentes com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante um ano em g/kg^{-1}85

Tabela 6. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) da palma IPA Sertânia irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante o período de um ano em g/kg^{-1}86

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

AB	Água bruta do Rio São Francisco
AC	Área de cladódio
Al	Alumínio
ANA	Agência nacional das águas
Ca	Cálcio
CAM	Metabolismo ácido crassuláceo
CB	Cladódio basal
CC	Comprimento de cladódio
CCA	Campus de ciências agrárias
COEMA	Conselho Estadual de Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio ambiente
CPO	Cladódio de primeira ordem
CSO	Cladódio de segunda ordem
DAP	Dias após o plantio
DM	Palma forrageira variedade Doce Miúda
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
ET	Esgoto tratado
ETE	Estação de tratamento de esgoto
ET _o	Evapotranspiração de referência
FACEPE	Fundação de Amparo à Ciência e Tecnologia do Estado de Pernambuco
FDN	Fibra em detergente neutro
FDA	Fibra em detergente ácido
H	Hidrogênio
IAC	Índice de área do cladódio
IBGE	Intituto Brasileiro de Geografia e Estatística
IPA	Instituto Agrônomo de Pernambuco
IPA 20	Variedade de palma forrageira
IPA Sertânia	Variedade de palma forrageira
K	Potássio
LC	Largura de cladódio
MM	Material mineral

MO	Matéria orgânica
MS	Matéria seca
MV	Matéria verde
Na	Sódio
NCT	Número de cladódios total por planta
OEM	Variedade de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana
P	Fósforo
Ph	Potencial hidrogeniônico
PROD	Produção
SB	Saturação por base
TAxL	Taxa de alongamento de cladódio
UASB	Reator anaeróbico de fluxo ascendente
UNIVASF	Universidade Federal do Vale do São Francisco

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL	17
2. HIPÓTESE	18
3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	18
3.1. A PALMA FORRAGEIRA.....	18
3.2. IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO	22
3.3. ÁGUAS RESIDUÁRIAS E SUA IMPORTÂNCIA NA AGRICULTURA.....	23
3.4. MANEJOS DE CORTE NA PALMA FORRAGEIRA	26
REFERÊNCIAS	27

ARTIGO 1 – POTENCIAL PRODUTIVO DE VARIEDADES DE PALMAS ORELHA DE ELEFANTE E DOCE MIÚDA IRRIGADAS COM ÁGUA DE ESGOTO TRATADO E DIFERENTES MANEJOS DE CORTE¹	33
--	-----------

RESUMO	33
---------------------	-----------

ABSTRACT	34
-----------------------	-----------

1. INTRODUÇÃO	35
2. MATERIAL E MÉTODOS	36
2.1. ÁREA DE ESTUDO	36
2.2. CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	36
2.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL	39
2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS USADAS NA IRRIGAÇÃO	40
2.5. IMPLANTAÇÃO DA ÁREA	43
2.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	44
2.7. MANEJO DE IRRIGAÇÃO.....	45
2.8. TRATOS CULTURAIS.....	46
2.9. VARIÁVEIS MEDIDAS E ANALISADAS.....	46
3. RESULTADOS	47
4. DISCUSSÃO	57
5. CONCLUSÕES	61
REFERÊNCIAS	62

ARTIGO 2 – DESEMPENHO AGRONÔMICO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CLONES DE PALMAS IPA SOB DIFERENTES MANEJOS DE CORTE E TIPOS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO	65
---	-----------

RESUMO	65
---------------------	-----------

ABSTRACT	66
-----------------------	-----------

1.	INTRODUÇÃO	67
2.	MATERIAL E MÉTODOS.....	68
2.1.	ÁREA DE ESTUDO	68
2.2.	CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS.....	68
2.3.	CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL	70
2.4.	CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS USADAS NA IRRIGAÇÃO	70
2.5.	IMPLANTAÇÃO DA ÁREA	73
2.6.	DELINEAMENTO EXPERIMENTAL.....	74
2.7.	MANEJO DE IRRIGAÇÃO.....	75
2.8.	TRATOS CULTURAIS.....	75
2.9.	VARIÁVEIS MEDIDAS E ANALISADAS.....	76
3.	RESULTADOS	77
4.	DISCUSSÃO	86
5.	CONCLUSÕES	89
	REFERÊNCIAS.....	89

1. INTRODUÇÃO GERAL

A região do semiárido nordestino tem como característica a irregularidade das chuvas, altas temperaturas e outros fatores climáticos que instigam a busca por alternativas que contribuam para a produção de alimentos para os animais no período de estiagem e que contribuam para a preservação dos recursos hídricos. Silva (2017) destaca que o Submédio do Vale do São Francisco é uma região privilegiada pela abundante oferta de água, entretanto, as baixas precipitações ocorridas na Bacia Hidrográfica do Rio São Francisco nos últimos anos têm implicado em diminuições de vazão do rio e provocado restrições na utilização de água para a produção agrícola.

A irrigação demanda cerca de 70% da água doce do país, sendo que o Nordeste detém 5% dessa água (ANA, 2017; SANTOS *et al.* 2020). Dessa maneira, a baixa disponibilidade de água e a alta demanda nos cultivos agrícolas torna importante o uso de outras fontes de água como alternativa. Guimarães *et al.* (2018) afirmam que o uso da água residuária tratada na agricultura se mostra como uma opção viável por melhorar as características químicas e físicas do solo, reduzir os impactos ambientais causados pelo descarte indiscriminado dessa água, além de permitir a otimização do uso dos recursos hídricos, principalmente na região semiárida.

A palma forrageira é uma cactácea que se adaptou as condições climáticas do Semiárido, com uma elevada eficiência no uso da água devido ao seu mecanismo de fixação do CO₂ atmosférico (Metabolismo Ácido das Crassuláceas – CAM) o que proporciona a Abertura estomática no período noturno e por consequência menor perda de água e o que possibilita diferenciá-la de plantas C3 (soja, trigo) e C4 (sorgo, milho) (DE SOUZA *et al.*, 2018; NUNES *et al.*, 2019). Além disso, a palma apresenta alta aceitabilidade, produção de biomassa e digestibilidade, além do significativo potencial de produção de forragem (FROTA *et al.*, 2015; LOPES *et al.*, 2007).

Rocha (2016) ressalta a importância da aplicação complementar de água no cultivo dos palmais, além do período das chuvas na região semiárida, que pode proporcionar vantagens como aumento da produtividade das áreas de cultivo, antecipação da colheita e possibilidade de plantio em diferentes épocas do ano. De acordo com Souza (2018), há um aumento da produtividade agrícola em sistemas

de irrigação com esgotos, desde que, devidamente administrados, quando se tem o apropriado acompanhamento de especialistas e estudos sobre a cultura a ser irrigada.

Andrade (2019) evidencia os benefícios do uso da água residuária na agricultura uma vez que são disponibilizados através do uso dessa água macronutrientes (N,P,K) e micronutrientes essenciais e matéria orgânica. O uso da água residuária traz benefícios diretos à agricultura devido ao aumento da produtividade e benefícios indiretos visto que limita o descarte dessas águas em leitos de rios o que resultaria em contaminação (CAI *et al.* 2013).

Esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar a morfogênese, a composição bromatológica e a produção de variedades de palma forrageira sob o efeito de irrigação com efluente de esgoto tratado e com água bruta do rio São Francisco proveniente da Universidade Federal do Vale do São Francisco (UNIVASF).

2. HIPÓTESE

O uso de água residuária de esgoto tratado (ET) e a adoção de determinados manejos de corte podem ser uma alternativa na irrigação de plantas forrageiras, a fim de reduzir a pressão da utilização da água bruta (AB) e aumentar a disponibilidade de palma na dieta de animais com contribuições nas características morfogênicas e na composição bromatológica de diferentes clones de palma.

3. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

3.1. A PALMA FORRAGEIRA

A palma forrageira é de origem mexicana e, atualmente, encontra-se dispersa em todos os continentes, exceto nas regiões polares (MARQUES, 2017). Pertence à Divisão: Embryophyta, Sub-divisão: Angiospermea, Classe: Dicotyledoneae, Sub-classe: Archiclamideae, Ordem: Opuntiales e a família das cactáceas. Dessa família, existem 178 gêneros com cerca de 2.000 espécies. Contudo, nos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* estão presentes as espécies de palmas majoritariamente utilizadas como forrageiras e encontradas no Nordeste brasileiro, a palma gigante (*Opuntia ficus indica* Mill.), redonda (*Opuntia* sp.) e a palma Doce Miúda *Nopalea cochenilífera* (L.) Salm Dyck (SILVA; SANTOS, 2006).

Em meados do século XVIII a palma foi introduzida no Brasil e inicialmente era utilizada como ornamental e somente no início do século XX como forrageira (ROCHA, 2012). A palma (*Opuntia ficus indica* Mill.) foi introduzida no Brasil com a real finalidade de hospedar o inseto denominado cochonilha-do-carmim (*Dactylopius coccus*) inseto utilizado para produção do corante vermelho denominado carmim. Entretanto, com o declínio da produção desse corante, devido à indústria de tintas, a palma passou a ser cultivada como ornamental e forrageira (ALBUQUERQUE, 2000).

Devido à dizimação da palma gigante pela cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae*) única variedade cultivada até então, nas regiões do semiárido de Pernambuco, Paraíba e Rio Grande do Norte; alguns materiais resistentes a essa praga tiveram que ser introduzidos como a palma Doce ou Miúda, Orelha de Elefante Mexicana e a palma Baiana (AIRES *et al.*, 2019; LIMA *et al.*, 2018). Ainda assim, é importante ressaltar que se a planta for bem conduzida esse inseto não consegue causar danos e pode produzir o corante vermelho (OLIVEIRA, 2016).

Segundo Santos *et al.* (2002) a Empresa Pernambucana de Pesquisa Agropecuária (IPA) desenvolveu a variedade clone IPA-20, obtido por cruzamento seguido de seleção, que tem alcançado excelente aceitação pelos produtores e apresentado produção com uma superioridade em torno de 50% em relação à palma gigante. Carvalho e Menezes (2014) evidenciaram que o clone IPA-20 destacou-se por apresentar menor pegada hídrica em relação às variedades Miúda, Redonda e Gigante, ou seja, o seu consumo hídrico por unidade de biomassa produzida foi menor comparado com as demais.

A cultivar Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw] Haw.) é um clone importado do México e apresenta resistência à cochonilha-do-carmim, diferente das cultivares redonda e gigante (VASCONCELOS *et al.*, 2009). A palma Doce ou Miúda (*Nopalea cochenillifera* (L.) Salm Dyck) são palmas de porte pequeno e caule bastante ramificado. Possuem raquetes com quase 25 cm de comprimento, forma acentuadamente obovada (ápice mais largo que a base) e coloração verde intenso brilhante; não possuem espinhos (são inermes); as flores são vermelhas com corola fechada durante o ciclo e o fruto é uma baga de coloração roxa (SILVA; SANTOS, 2006).

Em relação ao plantio fazem-se necessários alguns cuidados para que o palmar seja implantado da maneira correta e a cultura expresse todo o seu potencial

produtivo. Conforme Santos *et al.* (2002) o plantio usualmente é realizado no terço final do período seco, para evitar o período chuvoso e o provável apodrecimento dos cladódios, chamados pelo produtor de folha ou raquete de palma; plantando-se com a menor parte voltada para o solo e de acordo com o espaçamento que o produtor escolher, mais adensado (1,0 x 0,25 m ou 1,0 x 0,50) ou em fileiras duplas para fim de consórcio (3,0 x, 1,0 x 0,5m).

Para Suassuna (2008) antes do plantio é importante que os cladódios “descansem” a sombra durante 12 dias em regiões mais quente e 15 dias em lugares de clima mais ameno pois, esse período é importante para cicatrização do corte e posteriormente as plantas terão um melhor enraizamento e brotação, diminuindo a necessidade de replantio. Peixoto *et al.* (2018) evidenciam que o sombreamento e a posição do cladódio podem influenciar na interceptação da luz e a eficiência fotossintética e como conclusão a adubação com esterco bovino e o posicionamento do cladódio leste/oeste promovem maior incremento de produtividade na palma forrageira.

Segundo Lemos (2016) a palma forrageira é uma cultura exigente em relação aos atributos físicos e químicos do solo, sendo recomendadas áreas de textura arenosa à argilosa sendo mais comumente recomendados os solos argilo-arenosos e bem nutridos, pois a produção colhida é toda exportada. O cultivo da palma também deve ser realizado em solos que apresentem boa drenagem, pois essa cultura não tolera solos encharcados, além disso, a palma apresenta raízes superficiais e carnosas que podem penetrar quase 30 cm com dispersão de quatro a oito metros no solo (SILVA *et al.*, 2020).

No que se diz respeito à colheita da palma, normalmente é realizada com cerca de um ano e meio ou dois anos ou mais após o plantio, dependendo do desenvolvimento da cultura e das condições de solo e clima. Esse trabalho é realizado manualmente e apesar de aumentar o custo com a mão-de-obra, torna-se o jeito mais viável para evitar perdas na colheita (Silva & Santos, 2006). A palma também poderia ser ofertada aos animais através do pastejo, porém essa prática ocasiona muitas perdas devido à presença dos animais na área.

Segundo Silva (2012) o Brasil possuía a maior área plantada com palma do mundo, cerca de 600 mil hectares, sendo a maioria cultivada com a espécie *Opuntia fícus-indica*, e mais especificamente no nordeste brasileiro, com as maiores áreas de cultivos localizadas nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco, Paraíba e Sergipe.

Segundo Leite et al (2014) a idade média dos palmais nas condições ambientais de quatro municípios na região do Cariri paraibano era superior a nove anos, entretanto, existiam palmais com mais de 56 anos produzindo fitomassa de qualidade de forma interrompida, evidenciando a rusticidade e longevidade dessa planta.

A palma pode ser incluída na dieta de ruminantes na forma de farelo desidratado, pastejo ou picada e servida no cocho. Nas dietas a base de palma fresca deve-se levar em conta o baixo teor de matéria seca (MS) e assim, fornecer outras fontes de fibra juntamente com a palma para evitar desordens metabólicas nos animais (MARQUES *et al.*, 2017).

De acordo com Nunes (2011) tradicionalmente, a palma é usada apenas na alimentação animal, devido à resistência da população aderir essa planta na alimentação humana. Entretanto, também é considerada uma alternativa eficaz no combate a fome e a desnutrição no semiárido nordestino, pois é rica em vitaminas A, complexo B e C e minerais como Cálcio, Magnésio, Sódio, Potássio além de 17 tipos de aminoácidos, além disso, possui outros usos como na medicina, na indústria cosmética com a fabricação de xampus, sabonetes, cremes e na produção de energia por intermédio do biogás.

A palma forrageira representa uma verdadeira fonte de água para os animais e possui em sua composição bromatológica alto teor energético, baixo teor de proteína bruta e fibra insolúvel em detergente neutro e além disso, é rica em carboidrato não fibroso, com valores que superam os da silagens de milho e sorgo (SILVA, 2018). Conforme Lira *et al.* (2017) a palma é composta por 90% de água, o que pode suprir a necessidade dos animais; contudo, esta não deve ser fornecida aos animais isoladamente a fim de evitar possíveis diarreias não patológicas.

A palma é uma cultura estratégica para a região do Semiárido, principalmente no período de estiagem, devido aos seus inúmeros benefícios para alimentação animal. Em anos de seca severa enquanto a produção do milho é nula, a palma produz 20-30 ton/ha⁻¹ ano⁻¹ de matéria seca e 180 ton ha⁻¹ ano⁻¹ de água armazenada em cladódios (DUBEUX JÚNIOR. *et al.*, 2015).

Favorecida de mecanismos fisiológicos a palma é caracterizada por ser uma cultura xerófita e possuir um processo fotossintético denominado Metabolismo Ácido das Crassuláceas (CAM) que promove a economia de água através do fechamento estomático durante o dia, e Abertura durante o período da noite realizando a fixação

de CO₂ (DONATO, *et al.*, 2014). Conforme Souza *et al.* (2019) essa cactácea destaca-se pela elevada eficiência no uso da água devido o emprego de 50 kg de água para cada quilograma de massa seca produzida, ou seja, uma proporção de 50:1 que sobressai as plantas C3 e C4 com eficiência por volta de 1000:1 e 500:1, respectivamente.

3.2. IMPORTÂNCIA DA IRRIGAÇÃO NO SEMIÁRIDO

O Brasil é considerado um dos principais celeiros da produção de alimentos, fibras e biocombustíveis; e dispõe de aproximadamente 12% das águas doces superficiais do planeta com papel significativo na produção agrícola mundial, sendo que 70% da água doce disponível para o consumo no mundo é destinada para a agricultura por meio da irrigação (BORGHETTI *et al.*, 2017; ANA, 2017).

Conforme o relatório de conjuntura da ANA (2019) a retirada total de água no Brasil em 2018 para a irrigação foi de 49,8% do total distribuído, com equivalência de 2.048 m³/s; consumo esse, que sobressai os demais com maior percentual de retirada, tendo por subsequente o abastecimento urbano (24,4%), industrial (9,6%), uso animal (8,3%), termelétricas (4,5%), abastecimento rural e mineração (1,7%) ambos. Devem ser evidenciados também os valores de água consumida pela irrigação, com um percentual de 66,1% equivalente a 728,1 m³/s dos quais 291,8 m³/s correspondem à vazão de retorno.

De acordo com a FAO (2015) globalmente os recursos hídricos serão suficientes para produzir alimento até 2050, mas, muitas regiões enfrentaram escassez substancial de água; com isso, os mecanismos de governança inovadores e eficazes, juntamente com investimentos em tecnologias e infraestrutura de água, serão necessários para mitigar a escassez e proteger os recursos naturais garantindo acesso à água para uso doméstico e produção agrícola.

A água é um dos elementos essenciais, se não, o mais importante para a vida humana e animal e para o crescimento e estabelecimento de uma cultura; contudo, o desperdício ou uso de forma inadequada tem tornado esse recurso escasso, fato que atinge a região semiárida do nordeste conhecida pela irregularidade das chuvas e longos períodos de seca. Segundo Guimarães *et al.* (2018) o Nordeste brasileiro, na maior parte do seu território enfrenta problemas de disponibilidade de água

subterrâneas, além de altas temperaturas e evaporação elevada, o que influencia no volume de água armazenado nos grandes açudes ou pequenos reservatórios.

Segundo Rocha (2016) na região semiárida do Brasil, especificamente, no estado da Bahia e no Submédio São Francisco em Pernambuco, os índices pluviométricos foram muito próximos ou inferiores a 400 mm anuais; volumes estes considerados insuficientes para o cultivo da palma forrageira. Secas mais pronunciadas foram observadas na parte baixa da bacia do rio São Francisco. Os estados de Alagoas e Sergipe e a porção nordeste do estado da Bahia sofreram com um ano de 2018 extremamente seco quando se trata de quantidade de chuva (ANA, 2019).

A palma forrageira é uma cactácea que pode extrair água retida no solo em valores elevados de potencial matricial, o que reflete na necessidade de realizar irrigações menos frequentes, mesmo via sistema localizado, uma vez que não é necessário manter a umidade do solo próxima da condição máxima de armazenamento de água (SANTOS *et al.*, 2017). Além disso, por apresentar elevada eficiência no uso da água, a palma quando irrigada pode ser colhida em intervalos menores, o que permite uma maior produtividade e utilização antecipada da forragem, com qualidade e sem perdas econômicas (ROCHA, 2016).

Queiroz *et al.* (2015) analisaram o efeito de diferentes lâminas de irrigação aplicadas a cultivar de palma Orelha de Elefante Mexicana em Serra Talhada-PE e os resultados corroboram que a eficiência do uso da água (EUA) diminui com o aumento das lâminas de água. Castro *et al.* (2020) avaliaram o efeito de lâminas de irrigação baseadas na evapotranspiração de referência ($\%ET_0$) nas cultivares gigante e Doce Miúda e obtiveram maiores valores de produtividade de matéria seca e verde para a cultivar Miúda com as lâminas de 40 a 50% da ET_0 .

3.3. ÁGUAS RESIDUÁRIAS E SUA IMPORTÂNCIA NA AGRICULTURA

O uso da água na agricultura deve ser levado em consideração, tendo em vista, a sua importância para produção de alimentos e a alta demanda, Principalmente, em regiões com elevada evapotranspiração, altas temperaturas e pluviosidade irregular. Nessas circunstâncias, conforme Azevedo Junior (2017) têm-se as águas residuárias tratadas como uma alternativa nos períodos de estiagem prolongada, assegurando e incrementando a produção agrícola e a permanência do

agricultor no campo. O cultivo da palma forrageira, por exemplo, pode ser viabilizado com águas que apresentam qualidade inferior (SANTOS *et al.*, 2017).

Para Lemos (2016) por mais que a água residuária se apresente como uma estratégia interessante para irrigação da palma; o reuso doméstico agrícola deve ser planejado a curto e a longo prazo, devido os efeitos dos microrganismos, sais, nutrientes e oligoelementos no ambiente e nas pessoas. Segundo a Agência Nacional das Águas (ANA) as redes coletoras de esgoto alcançam 61,4% da população urbana brasileira, a parcela atendida com coleta e tratamento corresponde a 42,6%, restando assim 96,7 milhões de pessoas sem esses serviços (ANA, 2017).

O Brasil dispõe de uma legislação específica do Conselho Nacional do Meio ambiente - CONAMA nº430/2011 (BRASIL, 2011) que estabelece as condições e padrões que gerenciam o lançamento de efluentes em corpos de água receptores. No entanto, a resolução nº54/2005 do Conselho Nacional de Recursos Hídricos – CNRH (BRASIL, 2005) estabelece modalidades e critérios gerais para o reuso direto não potável de água, inclusive na agricultura, mas não estabelece parâmetros específicos da qualidade da água, o que gera incerteza na população e limita o avanço do uso.

No momento existem algumas legislações estaduais ou municipais que são específicas de determinadas localidades do país como é o caso do Ceará. Mediante a Resolução COEMA nº2/2017, o Ceará dispõe de padrões e condições para lançamentos de efluentes no solo e reuso da água para fins agrícolas com padrões específicos sobre coliformes termotolerantes não detectados ou 1000 CT/100 mL, a depender da cultura; ovos de geohelminhos (ND) ou um ovo geohelminhos/L de amostra, também a depender da cultura; pH entre 6,0 e 8,5 e condutividade elétrica até 3000 µS/cm.

O saneamento básico é um serviço essencial que toda a população tem direito de receber, pois a sua ausência acarreta riscos a saúde humana e contribui para a poluição dos corpos hídricos. Conforme dados do Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), em 2017 o percentual de municípios brasileiros sem esgotamento sanitário era de 39,7%; dos municípios que possuem estação de tratamento de água (11,7%) não realizam o tratamento. O tratamento de esgoto no Brasil apresentou uma evolução e foi de (49,3%) em 2008 para 62,8% em 2017 (IBGE, 2017). No Brasil, o uso de águas residuais é feito de modo desprezioso e

de maneira desordenada, devido principalmente, a ausência de estações de tratamento de águas residuais na maioria dos municípios (SANTOS *et al.*, 2017).

O uso das águas residuárias teve início no Brasil nos engenhos de cana-de-açúcar, com o uso do efluente das destilarias de álcool para irrigar a cana, entretanto, o uso das águas residuais para fins de irrigação é uma prática viável e já existem grandes áreas irrigadas em diversos países como China, Espanha, Israel, Portugal e Estados Unidos (HENDGES *et al.*, 2018). Segundo Kramer (2016) Israel recicla 85% de suas águas residuais para serem usadas na irrigação, seguido pela Espanha que recicla 20% dessas águas. A falta de água é um problema habitual em Israel, entretanto, o País que consumia quase 70% da água doce interna na agricultura em 1985, reduziu seu consumo para menos de 40% em 2005 (SILVA *et al.* 2011).

De acordo com Dantas *et al.* (2019), existem alguns tipos de reatores anaeróbicos que podem ser usados para tratamentos de águas residuais, tais como o reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB), decantadores de digestão, filtros anaeróbicos e processos combinados. Os processos mais encontrados no País são constituídos de lagoas anaeróbicas seguida de lagoa facultativa (364 ETEs); apenas reator anaeróbico (328 unidades); reator anaeróbico seguido de filtro biológico (177 unidades), dentre outros (ANA, 2017).

Existem várias limitações para o uso do efluente proveniente da estação de tratamento de esgoto (ETE) como o comprometimento do lençol freático e do perfil do solo; restrições da saúde pública e de normas ambientais; além de não existir legislação que regulamente a utilização dessa água na agricultura (COELHO, 2019). A elevada concentração de nutrientes presentes nessa água pode ocasionar degradação do solo; aumento da condutividade elétrica (CE) e tendência à acidificação com maior frequência de irrigação (DANTAS *et al.*, 2018; AZEVEDO JUNIOR, 2017).

Em contrapartida, o uso de águas residuais poderia ser um método econômico para a reciclagem de águas residuais, além de ser uma fonte de nutrientes (SHILPI *et al.*, 2017). Pesquisas recentes apontam que diversas culturas de importância agrícola apresentam ganhos na produção quando irrigadas com água residual de esgoto tratado; proporcionando substituição de 100% da fertilização com NPK no cultivo feijão comum (FREITAS *et al.*, 2018); aumento de 20% do sorgo soca quando misturada a águas de poços (GUIMARÃES *et al.*, 2018); melhor

rendimento energético da cana-de-açúcar em comparação a irrigação com água subterrânea (FREITAS *et al.*, 2018).

3.4. MANEJOS DE CORTE NA PALMA FORRAGEIRA

Ao avaliar a variedade de palma Gigante sob irrigação Lima *et al.* (2016) concluíram que a menor intensidade de corte, preservando os cladódios de segunda ordem na planta promoveu maior número de cladódios por planta e maior produtividade de forragem, concluindo que essa intensidade de corte pode ser adotada para garantir maior sustentabilidade da variedade. Segundo esses autores o alto rendimento da forragem pode ser explicado pelo maior vigor da rebrota dos pontos remanescentes na planta após o corte e a maior área fotossintética residual que quando associados ao uso da irrigação garantem a sobrevivência e o pleno desenvolvimento das raízes e ao uso de insumos químicos.

Pereira *et al.* (2020) afirmam que um maior número de cladódios preservados implicará em maior área fotossintética, o que irá proporcionar o rápido crescimento das plantas e conseqüentemente maior produtividade. Esses autores ao estudar o efeito de diferentes intensidades de corte sobre as características produtivas da variedade Orelha de Elefante Mexicana com o uso de irrigação suplementar e ao preservar os cladódios de segunda ordem obtiveram uma produção de 37,55 ton/MS/ha em um ciclo de um ano.

Ao estudar a variedade de palma forrageira Doce Miúda no semiárido, com diferentes densidades de plantio e intensidades de corte Oliveira (2015) concluiu que as maiores alturas (68,3 cm) e larguras (80,8 cm) foram obtidas na intensidade em que se preservava os cladódios secundários e que a densidade do plantio causou redução linear do número de cladódios por planta independente da intensidade de corte. A associação da densidade de plantio com a intensidade de corte é um fator importante, pois de acordo com Santos *et al.* (2013) palmais com alta população deve-se efetuar a colheita preservando apenas o cladódio mãe.

Rego *et al.* (2014) avaliaram o efeito do uso da adubação orgânica e de diferentes intensidades de corte, e verificaram que a adubação orgânica só aumenta a altura da variedade Doce Miúda quando são preservados os cladódios basais e todos os cladódios primários, já quando foram preservados os cladódios secundários

a adubação orgânica aumentou a altura da planta até a dose de 43,10 ton/ha de esterco, devido ao maior número de brotações.

REFERÊNCIAS

AIRES, J. T. *et al.* Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, Paraíba, v. 68, n.262, p. 268-273. 2019.

ANDRADE, T. C. O. **Análise de viabilidade econômica do uso de água residuária aplicada em culturas agrícolas**. 2019. 67p. Dissertação (Mestre em Agronomia - Energia na Agricultura). Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu.

AZEVEDO JUNIOR, M. S. **Desempenho da palma forrageira em segundo ciclo sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições semiáridas**. 2017. 91f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte.

BORGHETTI, J. R. **Agricultura irrigada sustentável no Brasil**: Identificação de áreas prioritárias. 1. ed. Brasília: FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura, 2017. 243p.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Atlas esgotos**: despoluição de bacias hidrográficas. Brasília, DF: ANA, 2017.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Atlas irrigação**: uso da água na agricultura irrigada. Brasília, DF: ANA, 2017.

BRASIL, Agência Nacional de Águas. **Conjuntura dos recursos hídricos no Brasil**: Relatório Pleno. Brasília, DF: ANA, 2019.

BRASIL. Conselho Nacional de Recursos Hídricos. **Resolução n. 54 – 28 nov. 2005**. Estabelece modalidades, diretrizes para a prática do reuso direto não potável de água e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília, 9 mar. 2006.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Resolução n. 430 – 13 maio 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução n. 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente – CONAMA. Diário Oficial da União, Brasília, 16 mai. 2011.

CAI, T.; PARK, S. Y.; LI, Y. Nutrient recovery from wastewater streams by microalgae: Status and prospects, **Renewable and Sustainable Energy Reviews**, vol. 19, p. 360-369, 2013.

CARVALHO, A. L.; MENEZES, R. S. C. Pegadas hídricas em sistemas agropecuários na região semiárida do Nordeste do Brasil, **Revista Agro@ambiente On-line**, vol. 8, n. 1, p. 142-148, 2014.

CASTRO, I. N. *et al.* Agronomic performance and water use efficiency of irrigated cactus pear cultivars, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 529 – 540, 2020.

COELHO, A. P. **Desempenho agronômico de aveia-branca, avaliado por sensoriamento remoto, sob aplicação de efluente de esgoto tratado e níveis de irrigação.** 2019. 76 p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Produção vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo.

COEMA – CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. **Resolução nº 2/2017.** Dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras, revoga as Portarias SEMACE nº 154, de 22 de julho de 2002 e nº 111, de 05 de Abril de 2011, e altera a Portaria SEMACE nº 151, de 25 de novembro de 2002. Diário Oficial do Estado. Fortaleza, CE, 21 fev. 2017.

DANTAS, C. D. *et al.* Cultivo de girassol irrigado com esgoto doméstico tratado em Neossolo Quartzarênico. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.13, n.2, 5520, 2018.

DANTAS, D. C. *et al.* Production components of sunflower plants irrigated with treated domestic wastewater and drinking water in semiarid region. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 66, n.1, p. 034-040, 2019.

DE SOUZA, D. C. F. *et al.* Zoneamento agroclimático da palma forrageira (*Opuntia* sp) para o estado de Sergipe. **Revista Brasileira de Agricultura Irrigada**, v.12, n.1, p.2338, 2018.

DONATO, P. E. R. *et al.* Morfometria e rendimento da palma forrageira 'Gigante' sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.9, n.1, p.151-158, 2014.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. *et al.* Forage potential of cacti on drylands. **Acta Horticulturae**, v.1067. p.181–186, 2015.

FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS – FAO. **Towards a water and food secure future: Critical Perspectives for Policy-makers.** Marseille, 2015.

FREITAS, C. A. S. *et al.* Energy analysis of ethanol from sugarcane irrigated with treated domestic sewage. **Revista Ciência Agronômica**, Fortaleza, v. 49, n. 3, p. 389-398, 2018.

FREITAS, C. A. S. *et al.* Use of treated sewage as water and a nutritional source for bean crops, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 487-494, 2018.

FROTA, M. N. L. *et al.* **Palma forrageira na alimentação animal.** Teresina: EMBRAPA, 2015. 48p. (EMBRAPA. Documento 233).

GOMES, D. L. *et al.* Exploração da Caatinga em assentamentos rurais do semiárido alagoano. **Ra'eGa**, Curitiba, v.45, p. 142 -152 , 2018.

GUIMARÃES, T. R. F. da C. S.; DA COSTA, J. P. N.; DE MEDEIROS, J. F. Uso de água de esgoto doméstico tratado na produção de sorgo soca, **Water Resources and Irrigation Management**, Bahia, v.7, n.1, p.01-07, 2018.

HENDGES, L. T.; ANTES, B. S.; TONES, A. R. M. Reuso da água na agricultura: a realidade brasileira e experiências internacionais, **Revista Eletrônica Científica Inovação e Tecnologia**, Medianeira, v. 09, n. p 94-109, 2018.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Censo agropecuário 2017 – Resultados definitivos. 2017. Disponível em: <https://censoagro2017.ibge.gov.br/templates/censo_agro/resultadosagro/pecuaria.html>. Acesso em: 25 mai. 2020.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional de saneamento básico 2017. Disponível em: <<https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/livros/liv101734.pdf>>. Acesso em: 30 jan. 2021.

IBGE – INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. Pesquisa nacional de saneamento básico 2017. Disponível em: <https://agenciadenoticias.ibge.gov.br/media/com_mediaibge/arquivos/45f7422705c07ef3409d076fd95bd516.pdf>. Acesso em: 30 jan. 2021.

KRAMER, D. Israel: A water innovator. **Physics Today**, New York, v. 69, n.6, p. 24-26, 2016.

LEITE, M. L. M. V. *et al.* Caracterização da produção de palma forrageira no cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p. 192 – 200, 2014.

LEMOS, M. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro**. 2016. 244f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água no Semiárido) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte.

LIMA, G. F. C. *et al.* de. Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Revista Caatinga**, v.29, n.2, p.481-488, 2016.

LIMA, W. S.; PEREZ-MARIN, A. M.; LAMBAIS, G. R. Adubos orgânicos no desenvolvimento de variedades da palma forrageira. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**, Pombal – PB, v. 13, n.2, p.170-175, 2018.

LIRA, M. A. *et al.* **Palma forrageira: cultivo e usos**. Recife, CREA, 2017. 76 p. (Caderno Semiárido 7)

LOPES, E. B.; BRITO, C. H.; GUEDES, C. C. **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no semiárido nordestino**. João Pessoa, PB: EMEPA-PB, 2007.128 p.

MARQUES, O. F. C. *et al.* Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, Janaúba, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MINISTÉRIO DA INTEGRAÇÃO NACIONAL. Semiárido Brasileiro – Redelimitação do semiárido. 2019. Disponível em: <<https://www.mdr.gov.br/irrigacao/semi-arido-brasileiro>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

MMA – MINISTÉRIO DO MEIO AMBIENTE. CAATINGA. 2020. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/biomas/caatinga>>. Acesso em: 25 mai. 2020.

MOURA, J. G. **Caatinga manejada com diferentes ofertas de forragem e adubação fosfatada em diferentes épocas do ano, em Serra Talhada-Pe.** 2017. 108 f. Tese (Doutorado Integrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

NUNES, C. dos S. Usos e aplicações da palma forrageira como uma grande fonte de economia para o semiárido nordestino. **Revista Verde**, v.6, n.1, p. 58-66, 2011.

NUNES, J. S. L. *et al.* Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Revista agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.367-375, 2019.

OLIVEIRA, C. G. S. **Caracteres morfológicos e produtivos da palma forrageira cv. Miúda em diferentes sistemas de cultivo.** 2015. 97f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife.

OLIVEIRA, L. F. M. **Etiologia da mancha marrom de palma (*Nopalea cochenilifera* Salm-Dyck), resistência de genótipo e efeito da temperatura e umidade sobre a doença.** Tese (Doutorado em Proteção de Plantas), Universidade Federal de Alagoas, Rio Largo.

OLIVO, C. J. *et al.* Produtividade e proteína bruta de pastagens de capim elefante manejadas sob os sistemas agroecológico e convencional, **Ciência Rural**, v. 43, n. 8, 2013.

PEIXOTO, M. J. A. *et al.* Características agronômicas e composição química da palma forrageira em função de diferentes sistemas de plantio, **Archivos de Zootecnia**, Fortaleza, v. 67, (257), p.35-39. 2018.

QUEIROZ, M. G *et al.* Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015.

REGO, M. M. T. *et al.* Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. **Revista de Ciência e Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014.

REIS, M.M. *et al.* Irrigação de pastagens tropicais: desafios e perspectivas. **Unimontes Científica**, Montes Claros, v. 19, n.1, 2017.

ROCHA, J. E. S. Palma Forrageira no Nordeste do Brasil: Estado da Arte. 2012. Disponível em:<<https://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/bitstream/doc/979108/1/DOC106.pdf>>. Acesso em: 30 mai. 2020.

ROCHA, R. S. **Caracterização estrutural e produtividade de genótipos da palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte.** 2016. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Pernambuco.

SANTOS, A. S. *et al.* Importância do reuso de água para irrigação no Semiárido. **Meio Ambiente (Brasil)**, v.2, n.3. 015-020, 2020.

SANTOS, D. C. *et al.* **Manejo e utilização da palma forrageira (*opuntia e nopalea*) em Pernambuco: cultivo e utilização.** Recife: IPA, 2002. 45p. (IPA. Documentos,).

SANTOS, G. O. *et al.* Forage yield and quality of marandugrass fertigated with treated sewage wastewater and mineral fertilizer, **Acta Scientiarum**, Maringá, v. 39, n. 4, p. 515-523, 2017.

SANTOS, M. R. *et al.* Irrigação na palma forrageira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.38, n.296, p.00-00, 2017.

SHILPI, S. *et al.* Comparative values of various wastewater streams as a soil nutrient Source. **Chemosphere**, v.192, 272-281, 2017.

SILVA, A. S. *et al.* Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas. **Campina Grande: INSA**, 2011.

SILVA, C. C. F.; SANTOS, L. C. Palma Forrageira (*Opuntia Ficus- Indica* Mill) como alternativa na alimentação de ruminantes. **Revista eletrônica de veterinária**, Bahia, v. 7, n 10, 2006.

SILVA, D.O. **Cultivo de gérberras em telado e sob estresse hídrico no Submédio do vale do são Francisco.** 2017. 74f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Universidade do Estado da Bahia, Juazeiro, Bahia.

SILVA, J. A. **Palma forrageira cultivada sob diferentes espaçamentos e adubações química.** 2012.89f. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Produção de ruminantes, Universidade Estadual do Sudoeste da Bahia, Itapetinga.

SILVA, L. M. *et al.* Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.

SILVA, M. V. *et al.* Variabilidade espacial de atributos físicos do solo e produção de palma forrageira no semiárido pernambucano. **Brazilian Journal of Development**, Curitiba, v. 6, n. 2, p. 7631-7643, 2020.

SILVA, R. H. D. **Crescimento de palma forrageira irrigada com água salina.** 2018. Tese (Doutorado em Zootecnia) – Forragicultura, Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais..

SOUZA, J. T. A. *et al.* Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 2, p. 64-71, 2019.

SOUZA, M. C. **Avaliação da prática do reuso com esgoto tratado em lagoas de estabilização no semiárido do Rio Grande do Norte.** 2018. 68f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Sanitária) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.

SUASSUNA, P. A Review of applied *opuntia* forage production technologies and costs for northeastern Brazil. **Journal of the Professional Association for Cactus Development**, Recife, v.10, p.171-197, 2008.

VASCONCELOS, A. G. V. *et al.* Seleção de clones de palma forrageira resistente a cochonilha-do-carmim (*Dactylopius* sp). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 38, n. 5, p.827-831, 2009.

ARTIGO 1 – POTENCIAL PRODUTIVO DE VARIEDADES DE PALMAS ORELHA DE ELEFANTE E DOCE MIÚDA IRRIGADAS COM ÁGUA DE ESGOTO TRATADO E DIFERENTES MANEJOS DE CORTE¹

Jéssica Vanessa Góis de Siqueira *et al.*

RESUMO

O uso da água residuária de esgoto tratado tem se destacado na irrigação de diversas culturas, por apresentar determinadas concentrações de nutrientes e contribuir para a preservação dos recursos hídricos, principalmente em regiões de clima semiárido. A palma forrageira (*Opuntia* sp. ou *Nopalea* sp.) é uma cactácea com potencial forrageiro, que pode ser melhorado com uso da irrigação e com manejos de corte adequados, a fim de antecipar a colheita e oferta de alimento aos animais. Esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características morfogênicas, produção e composição bromatológica das palmas Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw] Haw.) e Doce Miúda (*Nopalea cochenelífera* (L.) Salm Dyck) com diferentes manejos de corte, irrigadas com água residuária e água bruta em Petrolina – PE. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, Campus Ciências Agrárias. De forma independente o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) para a variedade Orelha de Elefante Mexicana e Doce Miúda, com nove repetições sendo os fatores fixos (parcela) os efeitos de água de irrigação “água bruta (AB) e água residuária do esgoto tratado (ET)”; a (subparcela) os três manejos de corte “preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO)” e como (sub-subparcelas) os tempos de corte “60, 90 e 180 dias após o corte”. A composição bromatológica foi expressa por meio dos teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra detergente ácido. Para as características morfogênicas foram mensurados o comprimento e a largura dos cladódios que originaram as taxa de alongamento diário; área do cladódio e o índice de área do cladódio. Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk e analisados pelo procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (v. 9.4; SAS Institute, 2004), considerando como significativos valores de probabilidade inferiores a 5% ($p < 0,05$). Os resultados obtidos evidenciaram que o uso da ET e o manejo de corte preservando os CSO proporcionaram para a variedade Orelha de Elefante uma produção de 237,58 ton/ha e NCT 823,12% maior quando comparadas com as palmas irrigadas com AB. O IAC obtido foi de 4,08 m²m² aos 180 dias e a TAIC foi de 2,85 mm/dia aos 90 dias para as plantas irrigadas com ET e com CSO, a medida que as plantas irrigadas com AB não emitiram cladódios de segunda ordem. Não houve produção de cladódios de segunda ordem para essa variedade quando irrigada com AB, ao passo que as plantas irrigadas com ET e que foram preservados os CSO emitiram cladódios. Para a variedade Doce Miúda a produção obtida foi de 118,64 ton/ha e o NCT foi de 25,78 para as plantas irrigadas com ET quando preservados os CSO. O IAC aos 180 dias foi de 0,64 m²m² superior aos das plantas irrigadas com AB e aos 90 dias a TAIC foi de 2,59 mm/dia para as plantas irrigadas com ET e preservados os CSO. O uso de ET promoveu o aumento de 11,20% e 31,40% para MM e FDA ao preservar os

CSO, enquanto que o uso da AB promoveu o aumento de 25,91% e 14% para MS e FDN.

Palavras-chave: Esgoto tratado. Irrigação. Manejo de corte. *Nopalea* sp. *Opuntia* sp. Semiárido.

ABSTRACT

The use of wastewater from treated sewage has stood out in the irrigation of several crops, as it has certain concentrations of nutrients and contributes to the preservation of water resources, especially in regions with a semiarid climate. The forage palm (*Opuntia* sp. Or *Nopalea* sp.) Is a cactus with forage potential, which can be improved with the use of irrigation and with appropriate cutting management to anticipate the harvest and supply of food to the animals. This study was carried out to evaluate the morphogenic characteristics, production, and chemical composition of the Mexican elephant ear (*Opuntia stricta* [Haw] Haw.) and Prickly ear (*Nopalea cochenelífera* (L.) Salm Dyck) palms with different cutting managements, irrigated with wastewater and raw water in Petrolina - PE. The experiment was carried out at the Federal University of Vale do São Francisco - UNIVASF, Campus Ciências Agrárias. Independently, the experimental design adopted was the completely randomized (DIC) for the variety Mexican elephant ear e Prickly ear, with nine repetitions being the fixed factors (plot) the effects of irrigation water "raw water (RW) and wastewater treated sewage (TS) "; the (subplot) the three cutting managements "preserving the: basal cladode (BC); first order (CFO) and second-order (CSO) "and how (sub-subplots) the cutting times" 60, 90 and 180 days after cutting ". The chemical composition was expressed through the contents of dry matter, mineral matter, crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber. For the morphogenic characteristics, the length and width of the cladodes that gave rise to the daily stretching rate were measured; cladode area and the cladode area index. The data were submitted to the Shapiro-Wilk test and analyzed by the PROC MIXED procedure of the SAS statistical package (v. 9.4; SAS Institute, 2004), considering significant probability values below 5% ($p < 0.05$). The results obtained showed that the use of TS and the management of cut preserving the CSO provided for the variety Mexican elephant ear a production of 237.58 ton/ha and NCT 823.12% higher when compared with the palms irrigated with RW. The IAC obtained was 4.08 m² m² at 180 days and the TAIC was 2.85 mm / day at 90 days for plants irrigated with TS and CSO, as the plants irrigated with RW did not emit second-order cladodes. There was no production of second-order cladodes for this variety when irrigated with RW, whereas plants irrigated with TS and which were preserved by CSO emitted cladodes. For the Prickly ear variety, the production obtained was 118.64 ton/ha and the NCT was 25.78 for plants irrigated with TS when preserving the CSO. The IAC at 180 days was 0.64 m² m² higher than that of plants irrigated with RW and at 90 days the TAIC was 2.59 mm / day for plants irrigated with TS and preserved the CSO. The

use of TS promoted an increase of 11.20% and 31.40% for MM and FAD by preserving the CSO, while the use of RW promoted an increase of 25.91% and 14% for DM and NDF.

Keywords: Cutting management. Irrigation. *Nopalea* sp. *Opuntia* sp. Semi-arid. Treated sewage.

1. INTRODUÇÃO

De acordo com Aires *et al.* (2019) a palma forrageira forrageira (*Opuntia* sp. ou *Nopalea* sp.) se destaca como uma das plantas com maior potencial forrageiro e de produção nas condições climáticas encontradas no Semiárido. Essas regiões são caracterizadas pela baixa precipitação, com chuvas em períodos irregulares e altas temperaturas o que afeta a disponibilidade de alimentos para os animais ao longo do tempo e sendo assim o cultivo de espécies forrageiras adaptadas pode evitar perdas produtivas e financeiras (MARQUES, *et al.* 2017).

Segundo Nunes *et al.* (2019) as plantas de um modo natural apresentam mudanças na dinâmica do seu crescimento devido a necessidade de se adequar as condições de estresse salino, térmico ou hídrico. O mecanismo fisiológico da palma forrageira é denominado como CAM (*Crassulacean Acid Metabolism*) que permite que essas plantas fechem os estômatos no período diurno como forma de diminuir a perda excessiva de água pela transpiração e aumentar a eficiência do uso da água.

Diferentes intervalos de cortes da palma forrageira têm sido estudados a fim de garantir uma maior disponibilidade de alimentos aos animais ao longo do ano. Rocha *et al.* (2017) notaram que os diferentes intervalos de corte influenciam nas características estruturais e produtivas de acordo com os genótipos de palma. Usualmente a palma é colhida com 12 ou 24 meses após o plantio ou rebrota, prática que quando associada o melhor manejo de corte da planta, influencia significativamente na produção de forragem (ALVES *et al.* 2007).

Lima *et al.* (2016) observaram com o cultivo da palma cultivar Gigante que as características morfológicas importantes foram influenciadas pelas menores intensidades de corte. Do mesmo modo, Pereira *et al.* (2020) avaliando a palma Orelha de Elefante Mexicana durante um ciclo de 12 meses com irrigação complementar à chuva, observaram que cortes menos intensos promovem um aumento nas características estruturais e na produção da palma forrageira.

A irrigação complementar pode favorecer o desenvolvimento da palma no Semiárido. Queiroz *et al.* (2015) concluíram que os valores médios de números de cladódios, massa verde e seca aos 380 dias de plantio, em condições irrigadas, foram superiores aos de cultivos em sequeiro e com ciclos maiores. Além disso, essa cactácea se destaca pela eficiência do uso da água, uma vez que, são necessários 50 kg de água para cada quilograma de massa seca produzida (SOUZA *et al.* 2019).

Face ao exposto, uma alternativa para irrigação de culturas seria o uso de águas residuárias advindas de estação de tratamento de esgotos (ETE). Lemos (2016) observou que eventos de irrigação com água de esgoto doméstico tratado influenciaram significativamente a produção da matéria verde e seca da palma e cladódios maiores e mais espessos. Resultados semelhantes a esses foram encontrados por Júnior (2017) ao verificar que o desempenho da palma Orelha de Elefante em condições de sequeiro foi inferior ao das plantas fertirrigadas com esgoto doméstico tratado e que a produção dessas plantas aumentava à medida que se intensificava a frequência de irrigação.

Esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características morfogênicas, produção e composição bromatológica das palmas Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw] Haw.) e Doce Miúda (*Nopalea cochenilífera* (L.) Salm Dyck) com diferentes manejos de corte irrigadas com água residuária e água bruta do Rio São Francisco em Petrolina – PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

2.1. ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *Campus* Ciências Agrárias com as coordenadas geográficas (latitude: 9°19'23.2"S, longitude: 40°33'03.9"W e altitude: 380m), localizado na cidade de Petrolina – PE, na região do Submédio do Vale do São Francisco, entre novembro de 2018 e junho de 2020.

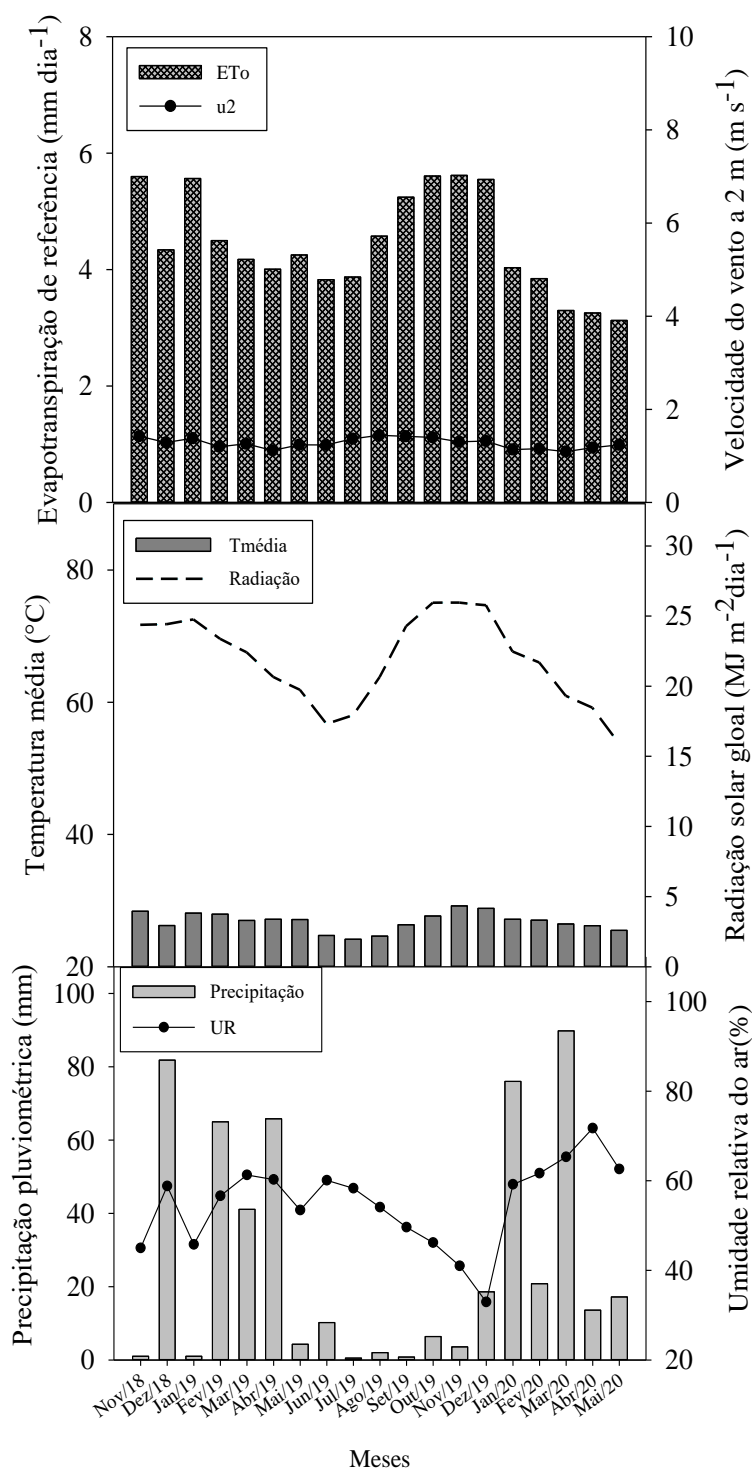
2.2. CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo BSh', semiárido quente e seco, onde comumente são observadas altas

temperaturas em torno de 33,6 °C e precipitação pluviométrica acumulada inferior a 500 mm (SILVA, *et al.*, 2017).

Ao longo do experimento foram monitoradas as condições atmosféricas vigentes por meio de uma estação meteorológica automática, localizada a cerca de 500 metros da unidade experimental, pertencente à UNIVASF, na qual foram obtidos dados de temperatura média, máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa máxima e mínima do ar (%), precipitação pluviométrica (mm), velocidade do vento (m s^{-1}) e radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) usados para calcular a evapotranspiração de referência (ET_o) (Figura 1).

Figura 1. Elementos meteorológicos correspondentes ao período experimental com palmas forrageiras submetidas a irrigações com água bruta e água residuária de esgoto tratado, durante um ano e meio de cultivo, em Petrolina – PE.



Fonte: Autoria própria (2021)

2.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Para caracterização inicial da área, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, para análise química e física e estão apresentados na tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo antes do plantio da palma forrageira no período de agosto de 2018.

Camada Cm	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	cmolc dm ⁻³ /T.F.S.A						SB
			K ⁺	Na ⁺	H+Al	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	
0-20	5,0	7,86	0,21	0,02	2,97	1,2	0,4	0,15	1,83

Camada Cm	MO g/kg	Densidade		C.E./25°C ds/m	Areia Silte Argila dag kg ⁻¹			Textura
		Real	Apar.					
0-20	7,2	2,70	1,56	0,20	86	6	8	Areia franca

Laboratório Soloagri. Metodologia: Embrapa. Extratores: * P,K e Na --> Mehlich 1; H+Al – Acetato de Cálcio.

A partir dos resultados da análise, foi realizada a calagem nas devidas proporções para correção do pH do solo, sendo utilizado calcário agrícola com PRNT (Poder real de neutralização total) de 57%. Posteriormente, foi realizado o preparo convencional do solo.

Foi feita uma segunda amostragem de solo na área cultivada com palma forrageira um ano após a primeira coleta na profundidade de 0-20 cm para análise química e física do solo. A amostra foi enviada ao laboratório de química analítica da UNIVASF (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química e física do solo após o plantio da palma forrageira no período de outubro de 2019.

Solo irrigado com água bruta						
Camada (cm)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	MO (g/Kg)
			cmol _c /dm ⁻³			
0-20	4,77	7,12	0,16	0,06	13,26	10,12

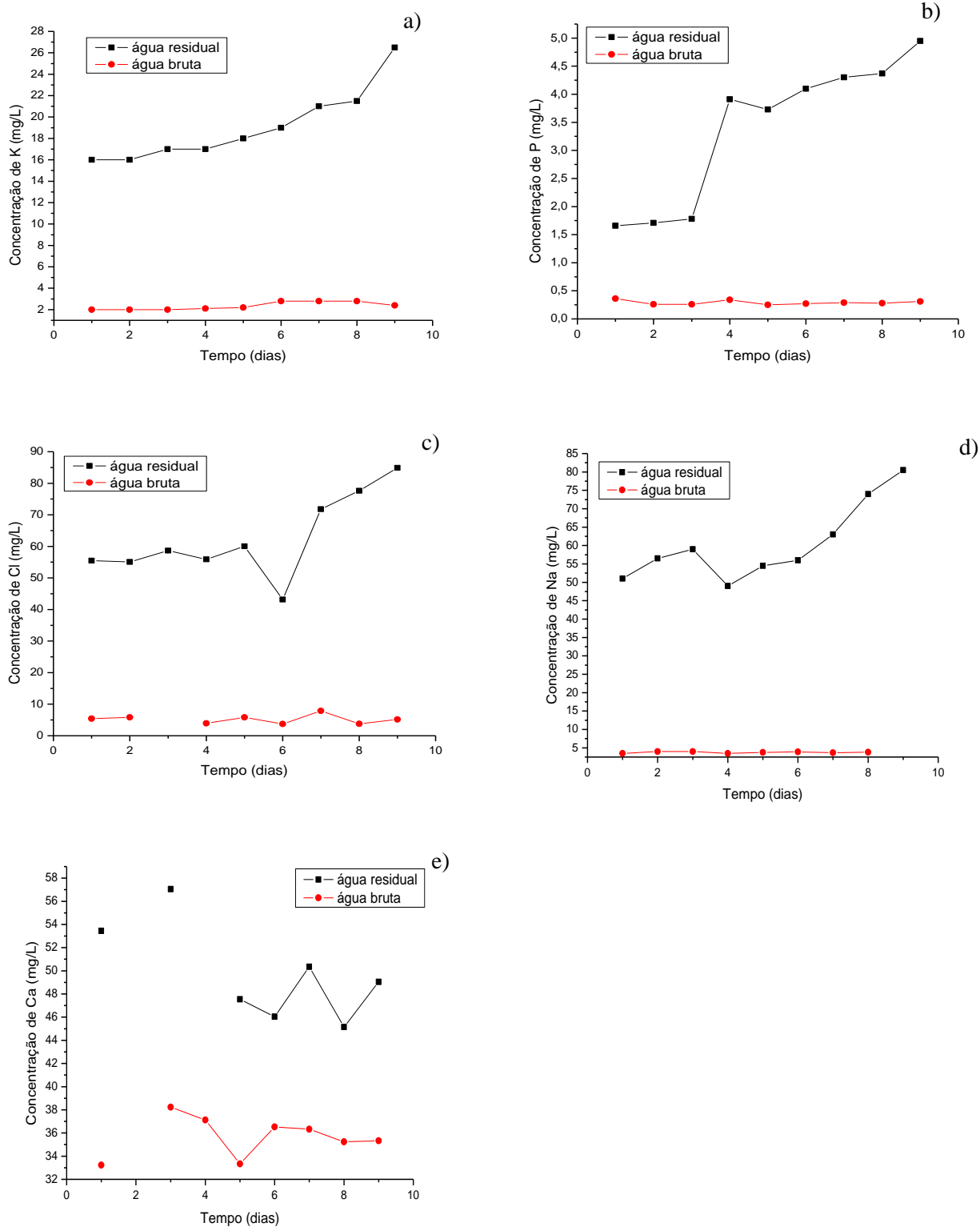
Solo irrigado com água residuária						
Camada (cm)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	Al ³⁺	MO (g/Kg)
			cmol _c /dm ⁻³			
0-20	4,33	25,71	0,14	0,15	18,03	9,99

pH em água relação (1:2,5); P, K e Na – fósforo disponível, potássio e sódio trocável, extraídos com Mehlich 1; Al – alumínio trocável, extraído com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados conforme (SILVA *et al.*, 2009); MO: Matéria orgânica determinada pelo método de Walkley-Black (MENDOÇA; MATOS, 2005). Fonte: Autoria própria (2021).

2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS USADAS NA IRRIGAÇÃO

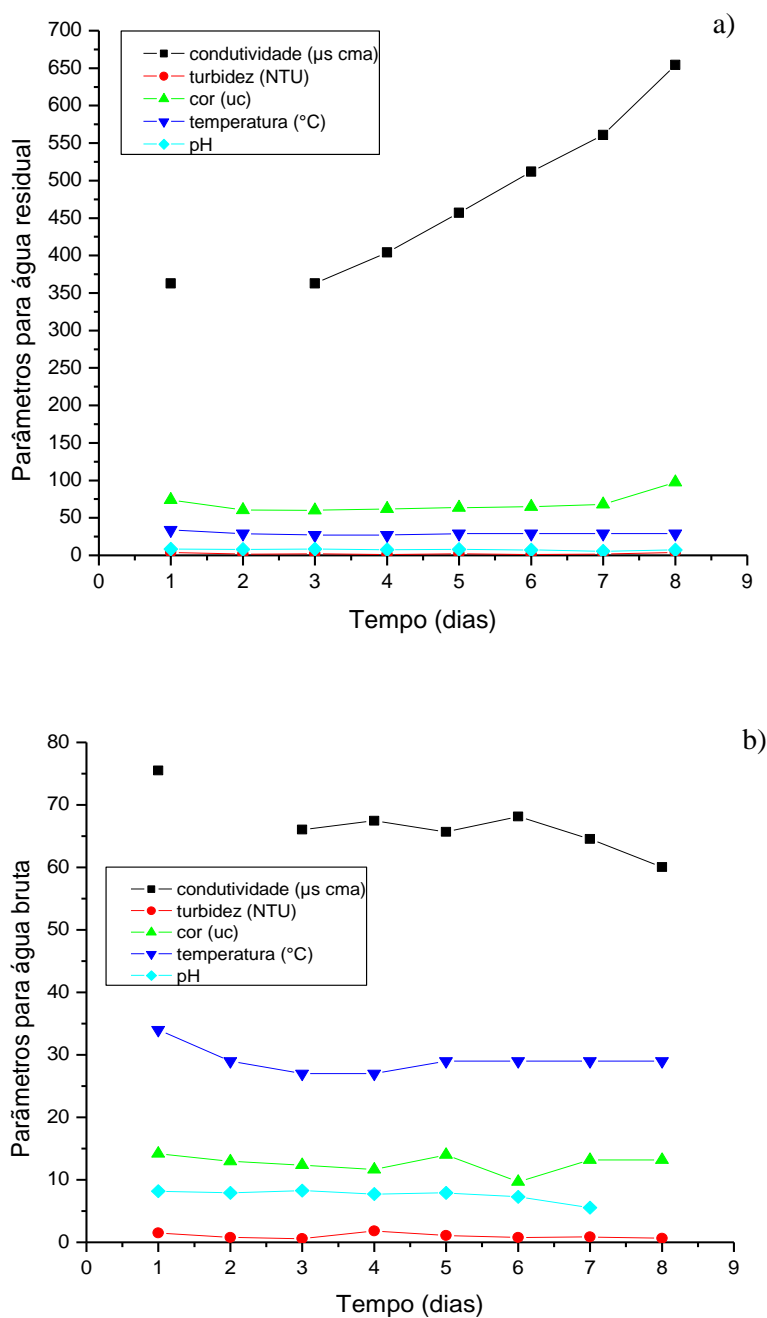
Para caracterização das águas utilizadas na irrigação foram realizadas coletas durante o decorrer do experimento. Os parâmetros químicos foram avaliados durante o mês de Abril de 2019 (Figura 2) e para caracterização dos parâmetros físicos foi realizada uma coleta no mês de Abril de 2019 (Figura 3).

Figura 2. Características químicas das águas de irrigação: água bruta do rio São Francisco (AB) e da água residuária de esgoto tratado (ET) no mês de Abril de 2019. a) concentrações de Potássio (mg/L); b) concentrações de Fósforo (mg/L); c) concentrações de Cloreto (mg/L); d) concentrações de Na (mg/L); e) concentrações de Ca (mg/L).



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 3. Características físicas da água bruta do rio São Francisco (a) e da água de esgoto tratado (b) durante o mês de Abril de 2019.



Fonte: Autoria própria (2021)

2.5. IMPLANTAÇÃO DA ÁREA

O plantio da palma foi realizado em outubro de 2018 e para este foram utilizadas quatro variedades de palma forrageira, sendo que nesse primeiro artigo serão estudadas as variedades Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* [Haw] Haw.) e Doce Miúda (*Nopalea cochenilífera* (L.) Salm Dyck) (Figura 4). Os cladódios popularmente chamados de raquetes, foram comprados de produtores locais e passaram por um processo de desidratação e cicatrização a sombra durante 10 a 15 dias. Após esse período foi feita a seleção prévia dos cladódios mais vigorosos e propícios à pega. Os cladódios foram plantados em sulcos e enterrados até a metade na posição vertical.

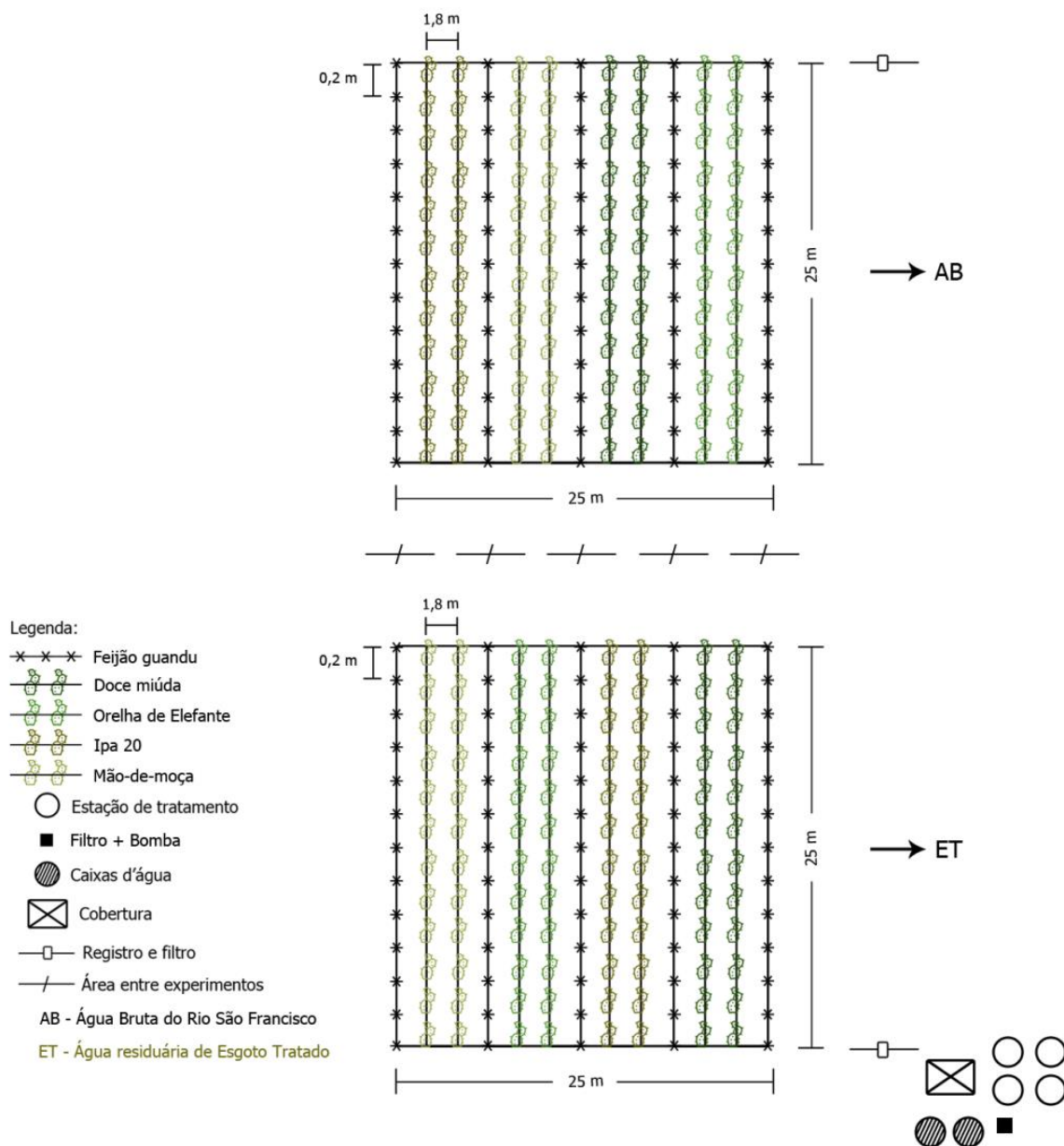
Figura 4. Diferentes variedades de palma forrageira: a) Orelha de Elefante de Mexicana; b) Doce Miúda.



Fonte: Autoria própria (2021)

A área irrigada com (AB) e a área irrigada com (ET) possuem dimensões iguais de 25x25 metros. Os cladódios foram plantados no espaçamento de 0,20 m entre plantas e 1,80 m entre linhas, com uma densidade de 27.777 plantas por hectare; dispostos na posição conhecida como “dominó”, totalizando oito fileiras de plantio para ambas as áreas, com 125 plantas por linha, sendo a cada duas fileiras a mesma variedade. A cada duas linhas e na extremidade do plantio foi usado feijão guandu cultivar BRS Mandarin, apenas como bordadura. Cabe ressaltar que não houve sombreamento do feijão guandu nas variedades de palma e que sempre que necessário foi realizada a poda manual (Figura 5).

Figura 5. Croqui da palma forrageira no Campus Ciências Agrárias (UNIVASF) em Petrolina-PE.



Fonte: Autoria própria (2021)

2.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

De forma independente cada variedade de palma forrageira “Orelha de Elefante Mexicana ou Doce Miúda” foi distribuída em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com parcelas sub-subdivididas. e os dados analisados pelo procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (v. 9.4; SAS

Institute, 2004). Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk para verificar a distribuição normal dos resíduos e homogeneidade das variâncias utilizando o procedimento PROC UNIVARIATE.

O modelo estatístico considerou como fatores fixos (parcela) os efeitos de água de irrigação “água bruta do Rio São Francisco (AB) e água residuária do esgoto tratado (ET)”. E (subparcela) os três manejos de corte “preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO)” e por fim como (sub-subparcelas) os tempos de corte “60, 90 e 180 dias após o corte”. Totalizou-se nove repetições. Os efeitos aleatórios (erro da parcela) e (erro das subparcelas) e interações foram definidos pelo comando RANDOM. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão da média e as diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

2.7. MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Para o manejo de irrigação a água bruta do rio foi captada da adutora e a água residuária foi captada das caixas d'água da estação de tratamento de esgoto (UASB) da UNIVASF por meio de uma bomba de 1/3 CV. Nos primeiros seis meses e nos últimos quatro meses finais do período experimental, a irrigação foi realizada a cada cinco dias durante duas horas. Após esse período manteve-se o mesmo turno de rega sendo a evapotranspiração de referência (ET_o) calculada diariamente pelo método de Penman-Monteith padrão FAO56 (ALLEN *et al.*, 1998).

A evapotranspiração da cultura da palma (ET_c) foi calculada pelo produto da ET_o com o coeficiente da cultura (K_c) de 0,52 de acordo com Queiroz, *et al.*, 2014. A lâmina (mm) e o tempo de irrigação (h) foram calculados em função desses fatores e levando em consideração o percentual de área molhada (PAM) e o modelo proposto por Keller e Bliesner (1990) para o cálculo do coeficiente de localização em sistemas de irrigação por gotejamento.

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, espaçados a cada 0,3 m, ou seja, uma planta e meia por gotejo, com uma vazão de 1,44 L h⁻¹ para ambas as áreas e de acordo com Pizarro (1990) com uniformidade de distribuição de 90% (*apud* GOMES, 2013, p.88). Durante cada ciclo, com duração de seis meses foram aplicados 200,67mm, totalizando 602 mm para os três ciclos. Os valores de precipitações pluviométricas foram descontados ao longo do ciclo.

2.8. TRATOS CULTURAIS

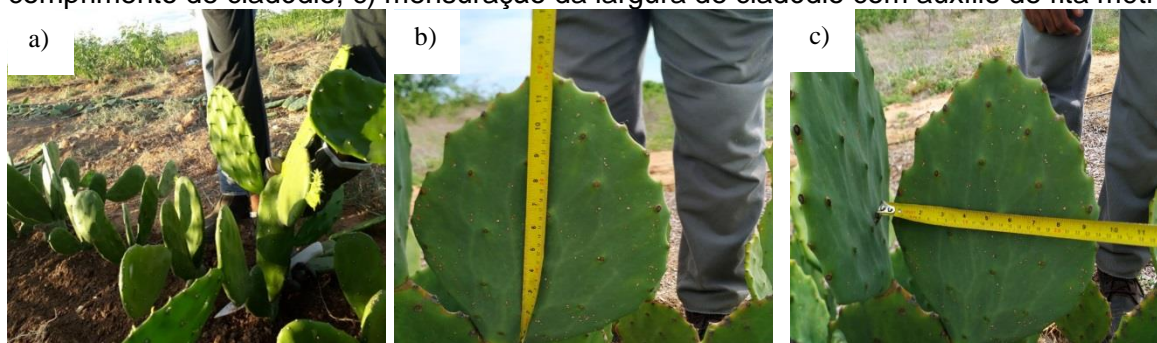
Com relação aos tratos culturais das áreas irrigadas com AB e ET, para o controle de plantas daninhas e manutenção da umidade do solo foi usado resto de capineira entre as fileiras e entre as plantas. A palma e o feijão guandu, usado somente como bordadura, foram adubados aos seis meses após o plantio com esterco caprino e ovino curtido equivalente a 27 t ha⁻¹.

Para o controle da cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti* Bouché) na palma foi utilizada uma solução fitossanitária seguindo a recomendação de Lemos (2016) e para o controle da lagarta *Aricoris campestris* (H. Bates) foi aplicado um extrato aquoso de mamona (*Ricinus communis* L.). O feijão guandu também foi acometido pelo percevejo de renda (*Vatiga manihotae*) e para o controle dessa praga utilizou-se o defensivo orgânico Piretron na dosagem de 100 mL para uma bomba costal de 20L, realizando-se três aplicações. Quando necessário, foi realizado o controle de plantas daninhas manualmente entre plantas e com auxílio de enxada entre fileiras.

2.9. VARIÁVEIS MEDIDAS E ANALISADAS

Foram realizados três cortes durante a condução do experimento aos 180, 360 e 540 dias após o plantio (DAP), sendo que o primeiro corte foi realizado para formação do tratamento para manejar o corte. Aos 60, 90 e 180 dias após o primeiro e o segundo corte, contabilizando um ano de ciclo, foram obtidas medidas lineares de comprimento (CC) e largura dos cladódios (LC) com auxílio de uma fita métrica (Figura 6).

Figura 6. a) corte da palma forrageira variedade Doce Miúda; b) mensuração do comprimento de cladódio; c) mensuração da largura de cladódio com auxílio de fita métrica.



Fonte: Autoria própria (2021)

Os dados originaram as médias das características morfológicas: taxa de alongamento diário (TAIC/dia) de acordo com a metodologia proposta por Cunha *et al.* (2012); área do cladódio (cm^2) e o índice de área do cladódio (IAC) em (m^2/m^2) de acordo com os modelos matemáticos propostos por Silva *et al.* (2014) para os clones de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e Doce Miúda (DM).

Para o número de cladódios total por planta (NCT) foi realizado no dia de cada corte a contagem total dos cladódios de acordo com a ordem na planta. Os cladódios cortados por planta eram pesados ainda em campo em uma balança eletrônica e os dados foram extrapolados para ton/ha por meio da multiplicação da massa fresca de cada planta pela densidade de plantio por hectare.

Para as análises bromatológicas, as amostras foram pré-secas em estufa de 55°C por 72 horas e processadas em moinho do tipo Willey com peneira de um mm e armazenadas em potes plásticos identificados, para posteriormente dar sequência às análises. Para determinação da matéria seca a 105°C (MS) (Método 950.15) e material mineral (MM) (Método 942.05) (AOAC, 2002).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizados de acordo com a metodologia de Van Soest *et al.* (1991) adaptado por Senger *et al.* (2008).

3. RESULTADOS

Foi avaliada a produção em (ton/ha) de duas cultivares de palma forrageira de maneira independente irrigadas com água bruta (AB) e água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB), de primeira ordem (CPO) e de segunda ordem (CSO). A produção e número de cladódios total correspondem aos cortes realizados a cada seis meses durante o ciclo de um ano e meio do palmar.

Para a variedade Orelha de Elefante Mexicana (OEM) no primeiro corte (Tabela 3) foi verificado efeito de interação entre o tipo de água e os manejos de cortes ($p < 0,05$). Houve produção apenas quando preservados os CB, irrigados com AB e quando preservados os CPO irrigados com ET, sendo essa última 170% maior do que as plantas irrigadas com AB.

No segundo corte, um ano após o plantio, houve efeito ($p < 0,05$) do tipo de água, sendo que as plantas irrigadas com AB obtiveram uma produção média de 15,01 (ton/ha) e as plantas irrigadas com ET uma produção de 124,01 ton/ha.

No terceiro e último corte também houve efeito de interação ($p < 0,05$) em que a maior produção com AB ocorreu deixando os CPO na planta e quando irrigados com ET deixando os CSO. Avaliando pontualmente as plantas com CB nas duas águas, as produções são semelhantes com uma média de 33,79 ton/ha. Para as palmas com CPO e CSO irrigados com ET as produções foram superiores aos irrigados com AB, respectivamente 136,25 e 237,58 ton/ha.

Para o número de cladódios totais por planta (NCT) houve efeito de interação ($p < 0,05$) da água e do corte. Nos três cortes, o maior NCT foram obtidos para as plantas irrigadas com ET e quando foram preservados os CSO. No terceiro corte, houve um aumento no NCT de 823,12% em relação as plantas com o mesmo manejo de corte, irrigadas com AB.

Do primeiro para o terceiro corte quando irrigadas com AB, as plantas com CSO atingiram uma produção de 46,88 ton/ha, enquanto no corte 1 de estabilização as plantas não produziram. Equitativamente ocorreu com as plantas irrigadas com ET e que tiveram os CSO preservados, não produziram no corte 1, mas alcançaram uma produção superior de 237,58 ton/ha.

Tabela 3. Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade Orelha de Elefante (OEM) irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortadas a cada seis meses em diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	CB	CPO	CSO	CB	CPO	CSO
Prod corte 1	14,01Ab	0,0Bb	0,0Bb	37,93Aa	13,33Ba	0,0Cb
Prod corte 2	18,12Ab	11,91Ab	0,0Bb	100,93Ba	124,04ABa	147,28Aa
Prod corte 3	31,54Aa	46,88Ab	0,0Bb	36,05Ca	136,25Ba	237,58Aa
NCT corte 1	2,67Ab	2,78Ab	2,78Ab	8,22Ba	7,22Ba	11,67Aa
NCT corte 2	3,44Ab	4,78Ab	3,89Ab	11,78Ba	18,11Ca	23,00Aa
NCT corte 3	6,33Aa	8,44Ab	4,67Ab	8,11Ba	26,00Ca	43,11Aa

Variáveis	Valores de Probabilidade			
	Água	Corte	água x corte	EPM
Prod corte 1	<0,0001	<0,0001	0,0003	3,90
Prod corte 2	<0,0001	0,5468	0,0516	6,88
Prod corte 3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	9,56
NCT corte 1	<0,0001	0,0113	0,0129	0,43
NCT corte 2	<0,0001	0,0021	0,0054	0,91
NCT corte 3	<0,0001	<0,0001	<0,0001	1,33

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021).

Avaliando a produção do primeiro corte da cultivar Doce Miúda (DM) (Tabela 4) houve efeito ($p < 0,05$) da água e dos manejos de corte, no qual as plantas irrigadas com AB atingiram uma produção 17,81 ton/ha e quando irrigadas com ET chegaram a uma produção média de 24,07 ton/ha. Relativo à produção do corte 2 houve efeito ($p < 0,05$) de água, onde as palmas irrigadas com AB alcançaram uma produção média de 33,87 on/ha e as irrigadas com ET obtiveram uma produção média superior de 59,34 ton/ha. Ainda no corte 2, não houve diferença estatística entre os manejos de corte para as plantas irrigadas com ET.

A produção do terceiro corte teve efeito ($p < 0,05$) na água e do manejo de corte, no entanto, diferente da produção do primeiro corte foram atingidos com as plantas com CPO e CSO em ambas as águas 67,67 ton/ha nas plantas irrigadas com AB e para as plantas com CSO irrigadas com ET a produção foi de 118,64 ton/ha.

Os NCT da cultivar DM tiveram efeito ($p < 0,05$) do manejo de corte e da água de irrigação. Para os cortes 1 e 2 o valor médio do NCT das plantas irrigadas com água bruta foi de 7,74 e 17,41 e quando irrigadas com ET o valor médio do NCT foi de 9,97 e 21,27, respectivamente. No corte 3 as plantas irrigadas com ET apresentaram maior NCT quando foram preservados os CPO e os CSO em ambas as águas de irrigação.

Tabela 4. Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade Doce Miúda (DM) irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortadas a cada seis meses em diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	CB	CPO	CSO	CB	CPO	CSO
Prod corte 1	17,81Aa	5,62Bb	0,0Cb	24,07Aa	13,15Ba	6,51Ca
Prod corte 2	28,18Ab	42,93Ab	30,52Ab	53,27Aa	67,59Aa	57,16Aa
Prod corte 3	13,09Ba	61,64Aa	73,70Ab	15,90Ba	82,22Ca	118,64Aa
NCT corte 1	6,44Aa	7,78Aa	9,00AB	7,56Aa	9,56Aa	12,78Aa
NCT corte 2	10,33Aa	18,11Ab	23,78Aa	16,11Aa	26,44Aba	23,78Ba
NCT corte 3	5,44Ba	17,33Ca	27,00ACa	7,33Ba	24,33Aa	25,78Aa

Variáveis	Valores de Probabilidade			
	Água	Corte	água x corte	EPM
Prod corte 1	0,0006	<0,0001	0,9569	1,86
Prod corte 2	<0,0001	0,0882	0,9883	3,97
Prod corte 3	0,0234	<0,0001	0,2176	6,78
NCT corte 1	0,0246	0,0068	0,5013	0,69
NCT corte 2	0,0165	<0,0001	0,1945	1,31
NCT corte 3	0,2296	<0,0001	0,2812	1,82

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021)

Os valores médios das variáveis morfogênicas correspondem aos cortes realizados a cada seis meses durante um ano de ciclo da palma forrageira. As campanhas biométricas foram feitas aos 90 e 180 dias após o primeiro e o segundo corte.

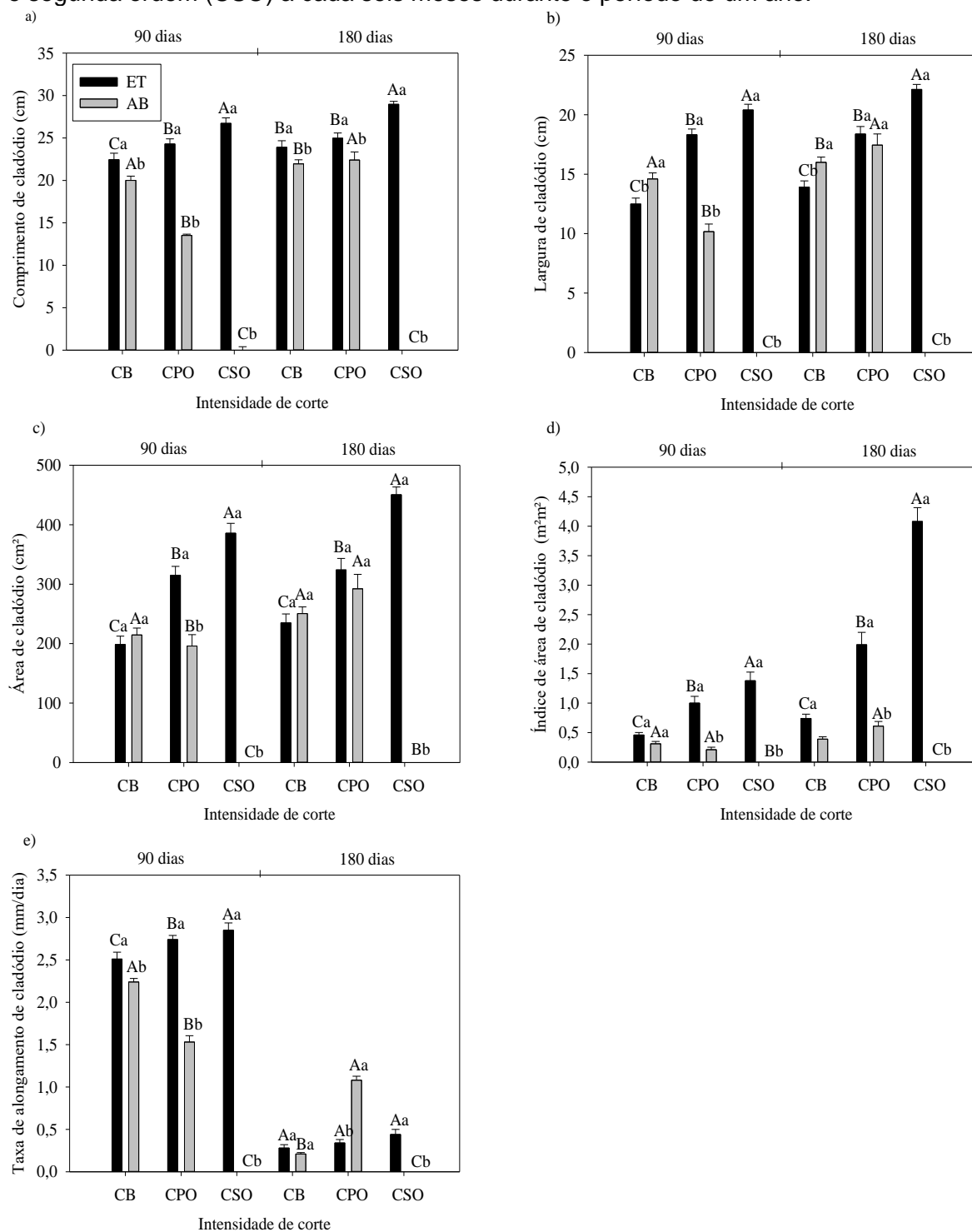
Houve efeito de interação entre o tipo de água e os manejos de corte ($p < 0,05$) para as variáveis analisadas: comprimento do cladódio (CC); largura de cladódio (LC); área de cladódio (AC) e índice de área de cladódio (IAC) para a cultivar Orelha de Elefante Mexicana (OEM).

Tanto aos 90 quanto aos 180 dias os maiores valores de CC, LC, AC e IAC observados, ocorreram com as plantas irrigadas com água residuária de esgoto tratado (ET) e preservando os cladódios de segunda ordem (CSO). Aos 90 dias as plantas irrigadas com água bruta (AB) apresentaram maior CC quando deixados os cladódios basais (CB) e aos 180 dias deixando nas plantas os cladódios de primeira ordem (CPO). As plantas irrigadas com ET aos 90 dias obtiveram um CC de 26,73 cm enquanto as plantas irrigadas com AB não emitiram cladódios de segunda ordem. De modo semelhante, as plantas irrigadas com ET aos 180 dias obtiveram um CC de 28,97 cm e enquanto isso não houve emissão de cladódios de segunda ordem nas plantas irrigadas com AB (Figura 7a).

Para as variáveis LC, AC e IAC o efeito dos resultados é semelhante a variável CC, sendo que tanto aos 90 quanto aos 180 dias os maiores valores de LC, AC e IAC foram obtidos nas plantas irrigadas com ET e preservando os CSO, enquanto as plantas irrigadas com AB e com o mesmo manejo de corte não emitiram cladódios. As plantas irrigadas com ET e com CSO aos 90 dias atingiram uma LC de 20,40 cm, AC de 385,84 (cm²) e IAC de 1,38 (m² m²) e aos 180 dias chegaram a uma LC de 22,13 cm, AC de 450,52 (cm²) e IAC de 4,08 (m² m²) (Figuras 7b, 7c e 7d).

Não houve efeito ($p > 0,05$) de interação para a taxa de alongamento de cladódio (TAIC). Aos 90 e 180 dias as TAIC foram de 2,85 e 0,35 mm/dia, nessa ordem, para as plantas com CSO irrigadas com ET, enquanto as plantas irrigadas com AB não emitiram cladódios de segunda ordem. Quando irrigadas com AB aos 90 dias a maior TAIC ocorreu em plantas com CB e aos 180 dias em plantas com CPO (Figura 7e).

Figura 7. Médias das variáveis morfogênicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm²); d) Índice de área de cladódio (m²m²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade Orelha de Elefante Mexicana (OEM) irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.



**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021).

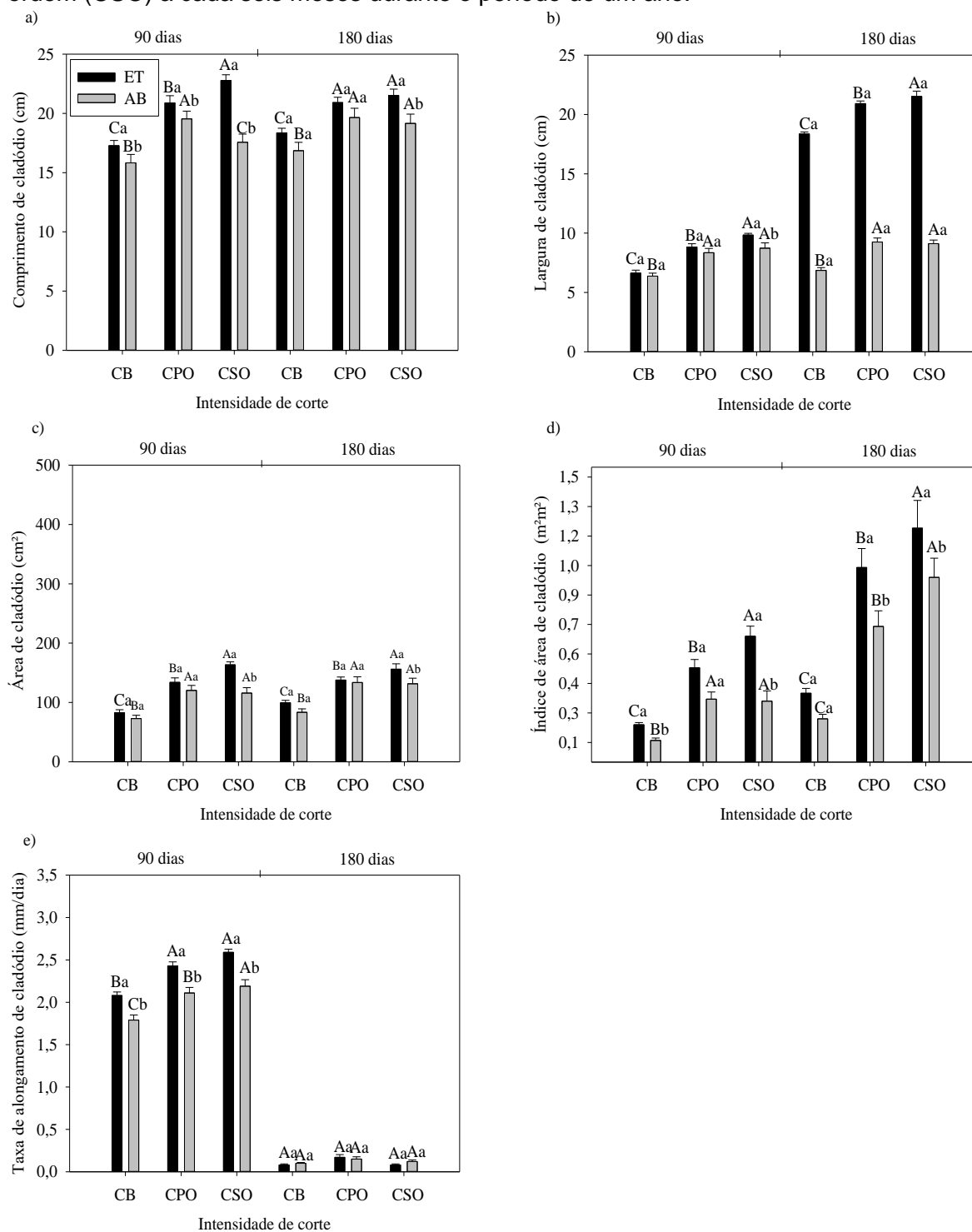
Não houve efeito ($p>0,05$) de interação para nenhuma das variáveis morfológicas avaliadas na cultivar Doce Miúda (DM) aos 90 e 180 dias. Aos 90 dias analisando pontualmente os CC, LC, AC, IAC da DM pode-se observar que as plantas irrigadas com ET apresentaram maiores valores quando os cortes realizados preservaram os CPO e os CSO (Figura 8). Nesse período as plantas irrigadas com ET apresentaram CC de 22,78 cm, LC de 9,84 cm, 163,38 cm² de AC e IAC de 0,64 m² m² (Figuras 8a, 8b, 8c e 8d). Para TAIC diário não houve diferença estatística entre os manejos de corte preservando os CPO e os CSO (Figura 8e).

As plantas irrigadas com AB obtiveram o maior CC de 19,54 cm quando preservados os CPO (Figura 8a). Já para as variáveis LC, AC e IAC não houve diferença estatística para as plantas com CPO e CSO com valores médios de 8,54 cm, 68,05 cm² e 0,32m² m², respectivamente (Figuras 8b, 8c e 8d). O maior valor de TAIC foi de 2,19 mm/dia e ocorreu quando foi preservado o CSO das plantas sob irrigação com AB (Figura 8e).

Aos 180 dias para as plantas irrigadas com ET não houve efeito ($p>0,05$) entre o CC das plantas com CPO e com CSO, com valor médio de 21,22 cm (Figura 8a). Nesse mesmo período as plantas irrigadas com ET apresentaram os maiores valores de LC de 9,95 cm, AC de 155,98 cm² e IAC de 1,19 m² m² quando preservados os CSO das plantas (Figuras 8b, 8c e 8d).

Nas plantas irrigadas com AB aos 180 dias, não houve diferença estatística entre as CPO e CSO para o CC, LC e AC com valores médios de 19,41 cm, 9,18 cm e 132,56 m² m², respectivamente (Figura 8a, 8b e 8c). O maior valor médio de IAC ocorreu quando os CSO foram preservados na planta. Não houve diferença estatística entre os manejos de corte para TAIC/dia tanto nas plantas irrigadas com ET quanto nas plantas irrigadas com AB (Figura 8e).

Figura 8. Médias das variáveis morfogênicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm²); d) Índice de área de cladódio (m²m⁻²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade Doce Miúda (DM) irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.



**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021).

Os teores médios da composição bromatológica das variedades Orelha de Elefante Mexicana (OEM) e Doce Miúda (DM) irrigadas com água bruta (AB) e água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB), de primeira ordem (CPO) e de segunda ordem (CSO) correspondem ao corte realizado após um ano de cultivo do palmar.

Para a variedade OEM houve efeito ($p < 0,05$) do tipo de água para os teores de matéria seca (MS); material mineral (MM) e fibra em detergente ácido (FDA). Quando as plantas foram irrigadas com AB não houve efeito ($p > 0,05$) para as variáveis MS e MM, sendo obtido em média $84,85 \text{ g kg}^{-1}$ e $191,4 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente. Ao serem irrigadas com ET, não houve diferença estatística para MS com um teor médio de $71,83 \text{ g kg}^{-1}$. Já com relação ao teor de MM foi obtido $227,2 \text{ g kg}^{-1}$ quando preservados os CPO.

Não houve efeito ($p > 0,05$) para o teor de fibra em detergente neutro (FDN) em ambas as águas de irrigação e nos diferentes manejos de corte, com um teor médio de 257 g kg^{-1} nas plantas irrigadas com AB e 258 g kg^{-1} nas plantas irrigadas com ET. Houve efeito ($p < 0,05$) do tipo de água para os teores de FDA, sendo que o teor de $117,3 \text{ g kg}^{-1}$ foi obtido ao preservar os CPO nas plantas irrigadas com AB e já para as plantas irrigadas com ET não houve diferença estatísticas com um teor médio de $128,46 \text{ g kg}^{-1}$. Não houve produção para as plantas que tiveram os CSO preservados e que foram irrigadas com AB nesse período de cultivo.

Tabela 5. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) da palma Orelha de Elefante Mexicana (OEM) irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante o período de um ano em g/kg^{-1} .

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	Basal	1 ^a	2 ^a	Basal	1 ^a	2 ^a
MS	88,7Aa	81,0Aa	0,0Bb	79,4Aa	66,0Ab	70,1Aa
MM	192,1Aa	190,7Ab	0,0Bb	180,9Ba	227,2Aa	183,5Ba
FDN	248,8Aa	265,2Aa	0,0Bb	258,6Aa	263,8Aa	251,6Aa
FDA	89,4Bb	117,3Aa	0,0Cb	125,6Aa	122,0Aa	137,8Aa

Variáveis	Valores de Probabilidade			
	Água	Corte	água x corte	EPM
MS	0,0117	0,0540	0,8024	2,35
MM	0,2658	0,0745	0,0505	10,73
FDN	0,8554	0,8416	0,8105	23,27
FDA	0,0445	0,2255	0,1085	8,93

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021)

Para a variedade Doce Miúda (DM) (Tabela 6) houve efeito ($p < 0,05$) da água e do manejo de corte para os teores MS. Quando as plantas foram irrigadas com AB, o teor de MS ($100,1 \text{ g kg}^{-1}$) foi obtido preservando CSO e quando foram irrigadas com ET não houve diferença estatística nas plantas que foram preservados os CB e os CSO com um teor médio de MS de $81,9 \text{ g kg}^{-1}$.

Houve efeito de interação entre o tipo de água e os manejos de cortes ($p < 0,05$) quando se analisou os teores de MM e FDN da variedade DM. Ao preservar os CB foi verificado que o teor de MM foi 24,43% maior nas plantas irrigadas com AB em relação às plantas irrigadas com ET. Diferentemente, as plantas que tiveram os CPO e os CSO preservados e foram irrigadas com ET obtiveram teores de MM 10,28% e 11,20% maiores do que as plantas com o mesmo manejo de corte e que foram irrigadas com AB.

Para o teor de FDN não houve diferença estatísticas para as plantas com CB e CPO preservados nas duas águas de irrigação, no entanto, as plantas que tiveram os CSO preservados e foram irrigadas com AB apresentaram teor de FDN superior ($307,7 \text{ g kg}^{-1}$) ao das plantas irrigadas com ET.

Não houve efeito ($p > 0,05$) para os teores de FDA em ambas as águas de irrigação e nos diferentes manejos de corte. Não houve diferença estatística na FDA para as plantas com CB e CPO irrigadas com AB e não houve diferença estatística para as plantas irrigadas com ET nos diferentes manejos de corte, com teores médios de 128,8 e $199,9 \text{ g kg}^{-1}$, respectivamente.

Tabela 6. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) em (%) da palma Doce Miúda (DM) irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante o período de um ano em g/kg⁻¹.

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	Basal	1 ^a	2 ^a	Basal	1 ^a	2 ^a
MS	85,9Ba	88,8Ba	100,1Aa	84,3Aa	70,0Bb	79,5Ab
MM	238,8Aa	214,0ABb	200,8Bb	191,9Bb	236,1Aa	223,3ABa
FDN	251,4Ba	272,4Ba	307,7Aa	274,3Aa	277,4Aa	269,9Ab
FDA	127,7Aa	129,8Aa	100,3Bb	115,3Ba	142,4Aa	131,8ABa

Variáveis	Valores de Probabilidade			
	Água	Corte	água x corte	EPM
MS	<0,0001	0,0186	0,0569	2,86
MM	0,9383	0,5849	0,0273	14,65
FDN	0,7075	0,0852	0,0373	21,87
FDA	0,1362	0,0757	0,0576	7,88

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021).

4. DISCUSSÃO

Características estruturais como altura e largura do dossel, número e índice de área dos cladódios são informações relevantes para avaliar a capacidade produtiva da palma forrageira e compreender as respostas da planta as condições do ambiente de cultivo (NUNES *et al.* 2019; PINHEIRO *et al.* 2014).

A palma forrageira OEM cortada aos seis meses após o plantio e adubada com esterco alcançou as maiores médias de produção (ton/ha) nos três cortes quando foram preservados os CSO principalmente sob irrigação com ET em relação a AB. Júnior *et al.* (2019) avaliaram a mesma variedade irrigada com água de esgoto tratado e uma lâmina fixa de 3,5mm com um turno de rega de 2,3 dias constataram uma produção média de 90,23 ton/ha e com um turno de rega de 7 dias uma produção de 89,26 ton/ha aos 234 dias após a realização do primeiro corte com uma altura de 20 cm do solo e densidade de 33.333 plantas/ha..

Pereira *et al.* (2020) avaliaram a palma OEM com um intervalo de corte de 12 meses após seu terceiro ciclo produtivo, adubada com 40 ton/ha de esterco bovino e irrigada com água bruta e obtiveram produções de 273,8 ton/ha nas plantas preservando os CSO. Além disso, para a variável IAC os autores encontraram média

de 1,69 m²m² quando preservados os CSO. Esses valores são inferiores aos encontrados na presente pesquisa, o que denota que o menor intervalo de tempo entre um corte e outro apresenta vantagens, no que tange o adiantamento da alimentação animal, sem que haja perda na produtividade e/ou diminuição dos cladódios.

Lemos (2016) avaliando as mesmas características morfológicas da palma OEM, bem como NCT por planta aos 150 e 225 dias após o plantio, irrigada com esgoto tratado, obteve médias semelhantes as que foram encontradas no presente estudo referentes ao CC de 26,80 e 29,51, LC de 20,97 e 21,96, respectivamente e médias de NCT de 13,08 e 23,89.

Durante a condução do experimento a palma OEM não emitiu cladódios de segunda ordem que pudessem ser analisadas a produtividade ou as características bromatológicas, isso devido essa variedade ter sido acometida por um fungo que causava a podridão dos cladódios e posteriormente os deixava secos levando a senescência. Foi constatado que, a possível causa para o surgimento do fungo seria a lâmina de irrigação constante aplicada no estabelecimento das plantas, ocasionando alta umidade no solo e logo em seguida ter coincidido com o período chuvoso, o que é propício para o desenvolvimento de fungos.

Diferentemente das demais variedades avaliadas a palma DM apresentou CSO nas plantas irrigadas com ET no primeiro corte, o que denota a precocidade da emissão de novos cladódios dessa variedade e a influência da água de irrigação ET e corrobora com os resultados encontrados por Silva *et al.* (2015) afirmando que os CSO correspondem à maior concentração de cladódios encontrados na planta.

No segundo corte, todos os manejos de corte apresentaram valores de produção e no terceiro as plantas com CSO irrigadas com ET se sobressaíram. Conforme Nunes *et al.* (2019) uma justificativa para maior emissão de cladódios de segunda ordem em relação aos de primeira ordem é a posição desses na parte mais apical da planta onde recebem maior incidência de radiação, possuindo maiores áreas de luz e, conseqüentemente, maior produção de fotoassimilados.

Resultados inferiores as plantas irrigadas com ambas as águas e com CSO foram encontrados por Rego *et al.* (2014) avaliaram a produção de matéria verde da palma forrageira DM aos 12 meses após a rebrota com dose de esterco bovino de 37,47 ton/ha juntamente com adubação química e com lâmina de irrigação de 10 mm/mês, obtiveram uma produção equivalente a 92,67 ton/ha com CB; 152,33

ton/ha com CPO e 254,58 ton/ha com CSO. Rocha *et al.* (2017) realizaram cortes deixando apenas o CB na variedade DM em diferentes intervalos de cortes, sendo dois destes 4 e 8 meses após o plantio e encontraram de 102,50 e 218,15 ton/MV/ha. Deve-se levar em consideração que esses autores recorreram a uma densidade de plantas de 50.000 plantas/ha e realizaram adubações químicas mensalmente.

A variedade DM atingiu uma das maiores médias de número de cladódios por planta quando irrigada com ET, o que pode ser atribuído além da maior quantidade de nutrientes na água de irrigação, a característica dessa planta possuir o caule muito ramificado que possibilita a maior emissão de pequenos cladódios devido ao seu tamanho (CASTRO *et al.*, 2020).

Rocha (2016) ao estudar a variedade DM em condições irrigadas no Semiárido nordestino aos 16 meses após o plantio encontrou valores de IAC de 2 m²m². O IAC máximo para a cultivar DM aos 360 dias após o plantio sem a realização de nenhum corte foi de 6,53 m² m² (CASTRO *et al.*, 2020). Apesar dos valores desses autores serem superiores aos encontrados na presente pesquisa, cabe ressaltar que ao longo desses experimentos não foi realizado cortes, ou seja, as plantas não passaram por nenhum tipo de injúria ou estresse, o que pode interferir na área dos cladódios e quantidade de emissão dos cladódios, fatores que estão atrelados ao IAC.

Cunha *et al.* (2012) estudaram a variedade Doce Miúda durante dois anos, adubada com nitrogênio, obtiveram uma média de taxa de alongamento de cladódio (TAIC/cm/dia) de 0,36 cm/dia. Farias (2018) avaliou as características morfogênicas das variedades do gênero *Opuntia* e *Nopalea* e obteve TAIC de 0,044 e 0,058 cm/dia, respectivamente. Resultados encontrados por Lemos (2016) denotam que o maior alongamento no comprimento da palma forrageira ocorre na fase inicial do crescimento da palma, alcançando mais de dois terços do que no comprimento final aos 375 dias após o plantio.

De maneira semelhante, as médias de TAIC encontradas nessa pesquisa diminuiriam aos 180 dias após a rebrota. Isso ocorre devido ao fato da planta em um primeiro momento do seu desenvolvimento desprender energia para emissão de novos cladódios e para aumentar de tamanho suas raquetes, e por conseguinte investir em reservas o que pode ser notado devido ao aumento da espessura da raquete.

Pode-se observar que o manejo de corte adotado (CSO) proporcionou aumento na produtividade e no NCT, principalmente quando utilizada a ET na irrigação. Isso pode ser explicado devido o maior número de cladódios remanescentes nas plantas representarem uma maior área fotossintética e fonte de reserva, o que contribuiu para o vigor da rebrota. Além disso, a água residuária de esgoto tratado apresenta maiores valores de nutrientes (Figura 4) que são importantes para o desenvolvimento e crescimento da cultura da palma forrageira e que são totalmente exportados a partir do momento que os cortes são realizados.

A análise de solo realizada após a irrigação (Tabela 2), mostra o pH abaixo de cinco, o que dificulta a disponibilidade desses nutrientes para a planta. Lemos (2016) encontrou resultados semelhante no qual a acidificação do solo ocorreu nos intervalos de irrigação mais frequente com esgoto tratado, devido à oxidação biológica da matéria orgânica, depender de água para o crescimento dos microrganismos, gerando assim mais acidez. Ainda de acordo com esse autor, as bactérias que mineralizam os nutrientes da matéria orgânica para as plantas trabalham em pH próximo da neutralidade.

Face ao exposto, cabe um acompanhamento mais prolongado do comportamento da microbiota e dos nutrientes no solo para verificar até qual ponto o uso da ET pode ser administrado na irrigação, tendo que essa água é uma fonte de nutriente e uma alternativa que proporciona ganhos na produtividade e desenvolvimento da palma forrageira.

Os valores de MS obtidos pela variedade OEM nessa pesquisa para as plantas irrigadas com AB e ET foram inferiores ao encontrado por Oliveira (2019) de 88,6 g kg⁻¹ com irrigação suplementar, após um ano de cultivo adubado com NPK (34, 50 e 69 Kg ha⁻¹) e esterco bovino (40 ton/ha). Os teores de MM encontrados nessa pesquisa foram superiores aos encontrados por Pessoa *et al.* (2020) em diferentes fases fenológicas da palma OEM, sendo que para as plantas irrigadas com ET e com CPO o teor de MM foi 89,33% maior que o encontrado por esses autores de 120 g kg⁻¹ nos cladódios intermediários.

Os teores de MS e MM para a palma DM encontrados nessa pesquisa são superiores aos teores encontrados por Cavalcante *et al.* (2014) após 24 meses do cultivo da mesma variedade em condições com adubação orgânica e NPK, com valores de MS (77,6 g kg⁻¹) e MM (175,3 g kg⁻¹). De acordo com Costa (2018)

conforme há um aumento de MS na planta há também uma redução do MM, possivelmente pela distribuição dos minerais na planta.

Os baixos teores de MS da palma indicam que essa cactácea apresenta altos teores de umidade, característica importante principalmente para as regiões semiáridas, pois além de ser uma fonte de alimento a palma é uma excelente reserva de água para os animais no período de estiagem. Em contrapartida, para a variedade DM que apresentou aumento no teor de MS, esse fato também pode ser visto como algo positivo, já que a palma é tida como uma cactácea com baixo teor de MS e por esse motivo desse ser ofertada aos animais com outros alimentos concentrados.

O manejo de corte menos intenso, ou seja, que preservou os CPO e os CSO permitiu que os cladódios remanescentes pudessem se desenvolver e crescer por mais tempo na planta e assim aumentar o teor de lignina e a parede celular, o que ocasionou o aumento do teor de fibra. A FDN é constituída principalmente por celulose, hemicelulose e lignina e esses elementos são encontrados principalmente na parede celular dos vegetais e conforme a maturação da planta ocorre o espessamento dessa parede e o aumento desses constituintes, por essa razão a FDN em tecidos mais jovens tende a ser menor (PESSOA, 2017; SILVA, 2019).

Silva (2019) encontrou um teor de FDN ($310,56 \text{ g kg}^{-1}$) em cladódios maduros semelhante ao encontrado na presente pesquisa para as plantas e com CSO e irrigadas com AB. O mesmo autor obteve um teor médio de FDA de $147,18 \text{ g kg}^{-1}$ para os cladódios em diferentes fases fenológicas superior aos encontrados nessa pesquisa, para as plantas nos diferentes manejos de corte irrigadas com AB e inferior as plantas irrigadas com ET.

5. CONCLUSÕES

O uso da água residuária de esgoto tratado e o manejo de corte preservando os cladódios de segunda ordem (CSO) contribuíram para ganhos na produção e nas características morfogênicas e bromatológicas das variedades de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana e Doce Miúda.

REFERÊNCIAS

- AIRES, J. T. *et al.* Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, Paraíba, v. 68, n.262, p. 268-273. 2019.
- ALLEN R. G.; PEREIRA, L.; RAES, D.; SMITH, M. Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements. Rome: FAO, 1998. (FAO: Irrigation and Drainage Paper, 56).
- ALVES, R. N. *et al.* Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, vol. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.
- AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. ed., Washington, 2002.
- AZEVEDO JUNIOR, M. S. **Desempenho da palma forrageira em segundo ciclo sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições semiáridas**. 2017. 91f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte.
- CASTRO, I. N. *et al.* Agronomic performance and water use efficiency of irrigated cactus pear cultivars, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 529 – 540, 2020.
- CAVALCANTE, L. A. D. *et al.* Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.
- COSTA, P. S. **Composição bromatológica de variedades de palma forrageira fertirrigadas com nitrogênio no semiárido brasileiro**. 2018. 60f. Dissertação (Mestre em Zootecnia – Produção e Sanidade Animal) – Universidade Federal de Campina Grande, Patos, PB.
- CUNHA, D. N. F. V. *et al.* Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.13, n.4, p.1156-1165, 2012.
- DANTAS, F. D. G. **Sistemas de cultivo da palma forrageira irrigada no semiárido potiguar**. 2019. 135f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.
- FARIAS, L. L. **Palma forrageira: morfometria e silagem na forma de ração completa**. 2018. 46f. Monografia (Graduação em zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.
- GOMES, H. P. **Sistemas de irrigação: Eficiência energética**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. 281p.
- JÚNIOR, M. S. A. Produtividade e teor de nutrientes em palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico. **Irriga**, Botucatu, v. 24, p. 830-842 n. 4, 2019.

KELLER, J.; BLIESNER, D.R. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

LEMOS, M. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro**. 2016. 244f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água no Semiárido) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte.

LIMA, G. F. C. *et al.* Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 481 – 488, 2016.

MARQUES, O. F. C. *et al.* Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, Janaúba, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/56145069/materia-organica-do-solo-e-os-metodos-de-analise>>. Acesso em: 6 nov. 2019.

NUNES, J. S. L. *et al.* Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Revista agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.367-375, 2019.

OLIVEIRA, J. F. F. **Crescimento e composição químico-bromatológica da palma forrageira e do algodão sob irrigação suplementar**. 137f. 2019. Dissertação (Mestre em Ciências Animal e Pastagens) – Garanhuns, PE.

PEREIRA, J. S. *et al.* Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.21, p. 01-10, 2020.

PEREIRA, P. C. *et al.* Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184 – 195, 2015.

PESSOA, D. V. *et al.* **Composição mineral e bromatológica de genótipos de palma forrageira dos gêneros opuntia e nopalea em diferentes estádios fenológicos**. 2017. 96f. Dissertação (Mestre em Ciência animal e pastagens) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Garanhuns, PE.

PESSOA, D. V. *et al.* Forage cactus of the genus Opuntia in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, Garanhuns, v. 181, 2020.

PINHEIRO, K. M. *et al.* Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, p.939-947, n.12, 2014.

QUEIROZ, M. G *et al.* Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015.

QUEIROZ, M. G. **Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana, no semiárido brasileiro.** 2014. 67f. Dissertação (Pós-graduação em Meteorologia Agrícola) – Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

REGO, M. M. T. *et al.* Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. **Revista Científica Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014.

ROCHA, R. S. **Caracterização estrutural e produtividade de genótipos da palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte.** 2016. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Pernambuco.

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**, vol. 66, n. 25, p. 365-373, 2017.

SENGER, C. C. D. *et al.* Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology** v. 146, 169-174, 2008.

SILVA, D. D. **Composição mineral e bromatológica de genótipos de palma forrageira dos gêneros opuntia e nopalea em diferentes estádios fenológicos.** 2019. 46f. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

SILVA, F. C. *et al.* **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. 2009. 574 p.

SILVA, K. A. *et al.* Levantamento de solos usando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina – PE. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.8, n.1, p.175-180, 2017.

SILVA, T. G. F. *et al.* Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014.

SILVA, T. G. F. *et al.* Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p. 10 – 18, 2015.

SOUZA, J. T. A. *et al.* Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 2, p. 64-71, 2019.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. & LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

ARTIGO 2 – DESEMPENHO AGRONÔMICO E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DE CLONES DE PALMAS IPA SOB DIFERENTES MANEJOS DE CORTE E TIPOS DE ÁGUA DE IRRIGAÇÃO

Jéssica Vanessa Góis de Siqueira *et al.*

RESUMO

A palma forrageira (*Opuntia* sp. ou *Nopalea* sp.) se destaca como uma das plantas com maior potencial forrageiro e de produção nas condições climáticas encontradas no Semiárido. Alguns manejos adotados como uso da irrigação e a realização da colheita em intervalos menores podem aumentar a produção e antecipar a oferta de alimentos aos animais. Nesse sentido, esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características morfogênicas e a produção das palmas IPA 20 (*Opuntia ficus indica* L. Mill) e IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) irrigadas com água residuária e água bruta com diferentes manejos de corte em Petrolina – PE. O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF. De forma independente o delineamento experimental adotado foi o inteiramente casualizado (DIC) para a variedade IPA 20 e IPA Sertânia com nove repetições sendo os fatores fixos (parcela) os efeitos de água de irrigação “água bruta (AB) e água residuária do esgoto tratado (ET)”; a (subparcela) os três manejos de corte “preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO)” e como (sub-subparcelas) os tempos de corte “60, 90 e 180 dias após o corte”. A composição bromatológica foi expressa por meio dos teores de matéria seca, matéria mineral, proteína bruta, fibra em detergente neutro e fibra detergente ácido. Foram mensurados o comprimento e a largura dos cladódios que originaram as taxa de alongamento diário; área do cladódio e o índice de área do cladódio. Os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk e analisados pelo procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (v. 9.4; SAS Institute, 2004), considerando como significativos valores de probabilidade inferiores a 5% ($p < 0,05$). Os resultados apontaram que o uso de ET e o manejo de corte preservando os CSO proporcionaram a variedade IPA 20 uma produção superior de 33,69% as plantas irrigadas com AB. Os NCT obtidos nas plantas irrigadas com AB foi 21,33% maior do que as plantas irrigadas com ET. Não houve efeito ($p > 0,05$) ao preservar os CPO e os CSO aos 180 dias para o IAC, em ambas as variedades. Aos 90 dias a TAIC para as plantas com CPO irrigadas com ET superou em 89,94% as plantas irrigadas com AB. Os teores de MS e FDN foi de 68,3g/kg e 310,5g/kg, respectivamente, para as plantas irrigadas com ET, a medida que as plantas com CSO irrigadas AB não produziram. Avaliando a variedade IPA Sertânia não houve efeito ($p > 0,05$) para a produção e NCT ao preservar os CPO em ambas as águas de irrigação. Aos 90 dias a TAIC para as plantas com CPO irrigadas com ET superou em 87,09% as plantas irrigadas com AB. As plantas irrigadas com AB e com CSO obtiveram valores de MS de 74,4g/kg e FDA de 134,1g/kg, a medida que não houve emissão de CSO nas plantas irrigadas com ET.

Palavras-chave: Esgoto tratado. Irrigação. Manejo de corte. *Nopalea*. *Opuntia*. Semiárido.

ABSTRACT

The forage palm (*Opuntia* sp. Or *Nopalea* sp.) Stands out as one of the plants with the greatest forage and production potential in the climatic conditions found in the Semi-Arid. However, the use of irrigation and some management practices adopted as use of irrigation and the accomplishment of the harvest in smaller intervals can increase the production and anticipate the supply of food to the animals. In this sense, this study was carried out to evaluate the morphogenic characteristics and the production of the palms IPA 20 (*Opuntia ficus indica* L. Mill) and IPA Sertânia (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) irrigated with wastewater and raw water with different management of cut in Petrolina - PE. The experiment was conducted at the Federal University of Vale do São Francisco - UNIVASF. Independently, the experimental design adopted was the completely randomized (DIC) for the variety IPA 20 and IPA Sertânia, with nine repetitions being the fixed factors (plot) the effects of irrigation water "raw water (RW) and wastewater treated sewage (TS) "; the (subplot) the three cutting managements "preserving the: basal cladode (BC); first order (CFO) and second-order (CSO) "and how (sub-subplots) the cutting times" 60, 90 and 180 days after cutting ". The chemical composition was expressed through the contents of dry matter, mineral matter, crude protein, neutral detergent fiber, and acid detergent fiber. The length and width of the cladodes that gave rise to the daily stretching rate were measured; cladode area and the cladode area index. The data were submitted to the Shapiro-Wilk test and analyzed by the PROC MIXED procedure of the SAS statistical package (v. 9.4; SAS Institute, 2004), considering significant probability values below 5% ($p < 0.05$). The results showed that the use of TS and the management of cut preserving the CSO provided for the IPA 20 variety a production superior of 33.69% to the plants irrigated with RW. The NCT obtained from plants irrigated with RW was 21.33% higher than plants irrigated with TS. There was no effect ($p > 0.05$) when preserving the CFO and CSO at 180 days for the IAC, in both varieties. At 90 days, the TAIC for plants with CFO irrigated with TS was 89.94% higher than plants irrigated with RW. The levels of DM and NDF were 68.3g / kg and 310.5g / kg, respectively, for plants irrigated with TS, as the plants with CSO irrigated RW did not produce. Evaluating the IPA Sertânia variety, there was no effect ($p > 0.05$) for the production and NCT when preserving the CFO in both irrigation waters. At 90 days the TAIC for plants with CFO irrigated with TS was 87.09% higher than plants irrigated with RW. Plants irrigated with RW and CSO obtained DM values of 74.4g / kg and FAD of 134.1g / kg, as there was no CSO emission in plants irrigated with TS.

Keywords: Cutting management. Irrigation. *Nopalea* sp. *Opuntia* sp. Semiarid. Treated sewage.

1. INTRODUÇÃO

O semiárido nordestino é caracterizado pela rigidez dos elementos meteorológicos, sobretudo, com baixos índices pluviométricos, elevada evaporação anual e solos rasos com baixa capacidade de retenção de água; fatores que influenciam na disponibilidade e qualidade da forragem (SILVA *et al.*, 2014). A palma forrageira é uma cactácea adaptada às condições climáticas dessa região e tem como uma das principais características o metabolismo ácido das crassuláceas (CAM) com elevada eficiência no uso da água sendo assim um excelente recurso forrageiro (CAMELO *et al.*, 2018; ROCHA *et al.*, 2017).

Nesse sentido a palma é uma cactácea com água em abundância na sua composição e fonte de alimento para os animais o ano todo. A capacidade produtiva dessa planta pode ainda ser melhorada com o suprimento de água por intermédio da irrigação, o que proporciona alterações na dinâmica do crescimento da palma em comparação do cultivo em sequeiro, ocasionando maior produtividade por unidade de área e antecipação do fornecimento de forragens para os animais (SANTOS *et al.*, 2017; ROCHA, 2016).

A irrigação é um fator limitante para algumas regiões do semiárido nordestino, sendo assim o incentivo do uso de águas de qualidade inferior na irrigação pode ser considerada como fonte alternativa de uso (LEMOS, 2016). De acordo com Coelho (2019) o uso de água residuária proveniente do tratamento de esgotos na agricultura pode aumentar a produtividade, por ocasião da irrigação ou proporcionar redução na quantidade de fertilizantes a serem aplicados, tendo em vista a elevada concentração desses elementos presentes nessa água.

De acordo com Pinheiro *et al.* (2014) informações sobre as características morfogênicas auxiliam a entender a resposta da palma forrageira aos ambientes de cultivo, as quais podem ser melhoradas com a adequação das práticas de manejo ao longo do ciclo da cultura. A palma é rica em mucilagem e se caracteriza por ser uma forrageira de alta digestibilidade; baixo teor de proteína bruta e fibra em detergente neutro, devendo ser associada a outro alimento fibroso e protéico, no momento da oferta aos animais. Essas características podem variar de acordo com a época do ano, idade da planta, ordem do cladódio, cultivar, adubação, entre outros (COSTA, 2018; DUBEUX JÚNIOR *et al.*, 2010).

Esse estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características morfogênicas e a produção das palmas IPA 20 (*Opuntia ficus indica* L. Mill) e IPA Sertânia/Mão-de-moça (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) irrigadas com água residuária e água bruta do Rio São Francisco com diferentes manejos de corte em Petrolina – PE.

2. MATERIAL E MÉTODOS

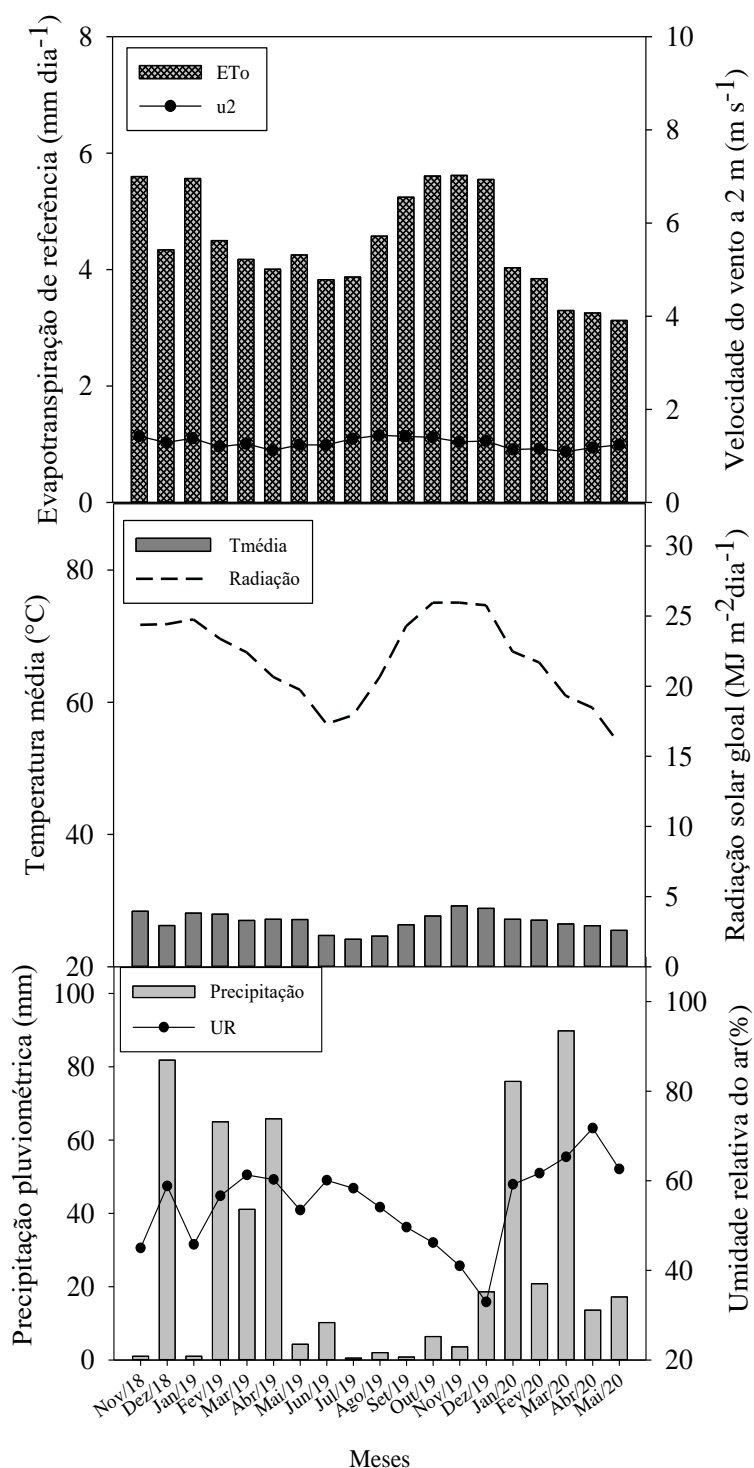
2.1. ÁREA DE ESTUDO

O experimento foi conduzido na Universidade Federal do Vale do São Francisco – UNIVASF, *Campus* Ciências Agrárias com as coordenadas geográficas (latitude: 9°19'23.2"S, longitude: 40°33'03.9"W e altitude: 380m), localizado na cidade de Petrolina – PE, na região do Submédio do Vale do São Francisco, entre junho de 2018 e junho de 2020. De acordo com a classificação climática de Köppen-Geiger, o clima da região é do tipo BSh', semiárido quente e seco, onde comumente são observadas altas temperaturas em torno de 33,6 °C e precipitação pluviométrica acumulada inferior a 500 mm (SILVA, *et al.*, 2017).

2.2. CLIMA E CONDIÇÕES METEOROLÓGICAS

Ao longo do experimento foram monitoradas as condições atmosféricas vigentes por meio de uma estação meteorológica automática, localizada a cerca de 500 metros da unidade experimental, pertencente à UNIVASF, na qual foram obtidos dados de temperatura média, máxima e mínima do ar (°C), umidade relativa máxima e mínima do ar (%), precipitação pluviométrica (mm), velocidade do vento (m s^{-1}) e radiação solar global ($\text{MJ m}^{-2} \text{d}^{-1}$) usados para calcular a evapotranspiração de referência (ET_o) (Figura 1).

Figura 1. Elementos meteorológicos correspondentes ao período experimental com palmas forrageiras submetidas a irrigações com água bruta e água residuária de esgoto tratado, durante um ano e meio de cultivo, em Petrolina – PE.



Fonte: Autoria própria (2021)

2.3. CARACTERIZAÇÃO DO SOLO DA ÁREA EXPERIMENTAL

Para caracterização inicial da área, foram coletadas amostras de solo na profundidade de 0-20 cm, para análise química e física e estão apresentados na tabela a seguir (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química e física do solo antes do plantio da palma forrageira no período de agosto de 2018.

Camada Cm	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺	H+Al cmolc dm ⁻³ /T.F.S.A	Ca ²⁺	Mg ²⁺	Al ³⁺	SB
0-20	5,0	7,86	0,21	0,02	2,97	1,2	0,4	0,15	1,83
Camada Cm	MO g/kg	Densidade		C.E./25°C		Areia	Silte	Argila	Textura
		Real	Apar.	ds/m		dag kg ⁻¹			
0-20	7,2	2,70	1,56	0,20		86	6	8	Areia franca

Laboratório Soloagri. Metodologia: Embrapa. Extratores: * P,K e Na --> Mehlich 1; H+Al – Acetato de Cálcio.

A partir dos resultados da análise, foi realizada a calagem nas devidas proporções para correção do pH do solo, sendo utilizado calcário agrícola com PRNT (Poder real de neutralização total) de 57%. Posteriormente, foi realizado o preparo convencional do solo.

Foi feita uma segunda amostragem de solo na área cultivada com palma forrageira um ano após a primeira coleta na profundidade de 0-20 cm para análise química e física do solo. A amostra foi enviada ao laboratório de química analítica da UNIVASF (Tabela 2).

Tabela 2. Caracterização química e física do solo após o plantio da palma forrageira no período de outubro de 2019.

Solo irrigado com água bruta						
Camada (cm)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺ cmol _c /dm ⁻³	Al ³⁺	MO (g/Kg)
0-20	4,77	7,12	0,16	0,06	13,26	10,12
Solo irrigado com água residuária						
Camada (cm)	pH (H ₂ O)	P mg dm ⁻³	K ⁺	Na ⁺ cmol _c /dm ⁻³	Al ³⁺	MO (g/Kg)
0-20	4,33	25,71	0,14	0,15	18,03	9,99

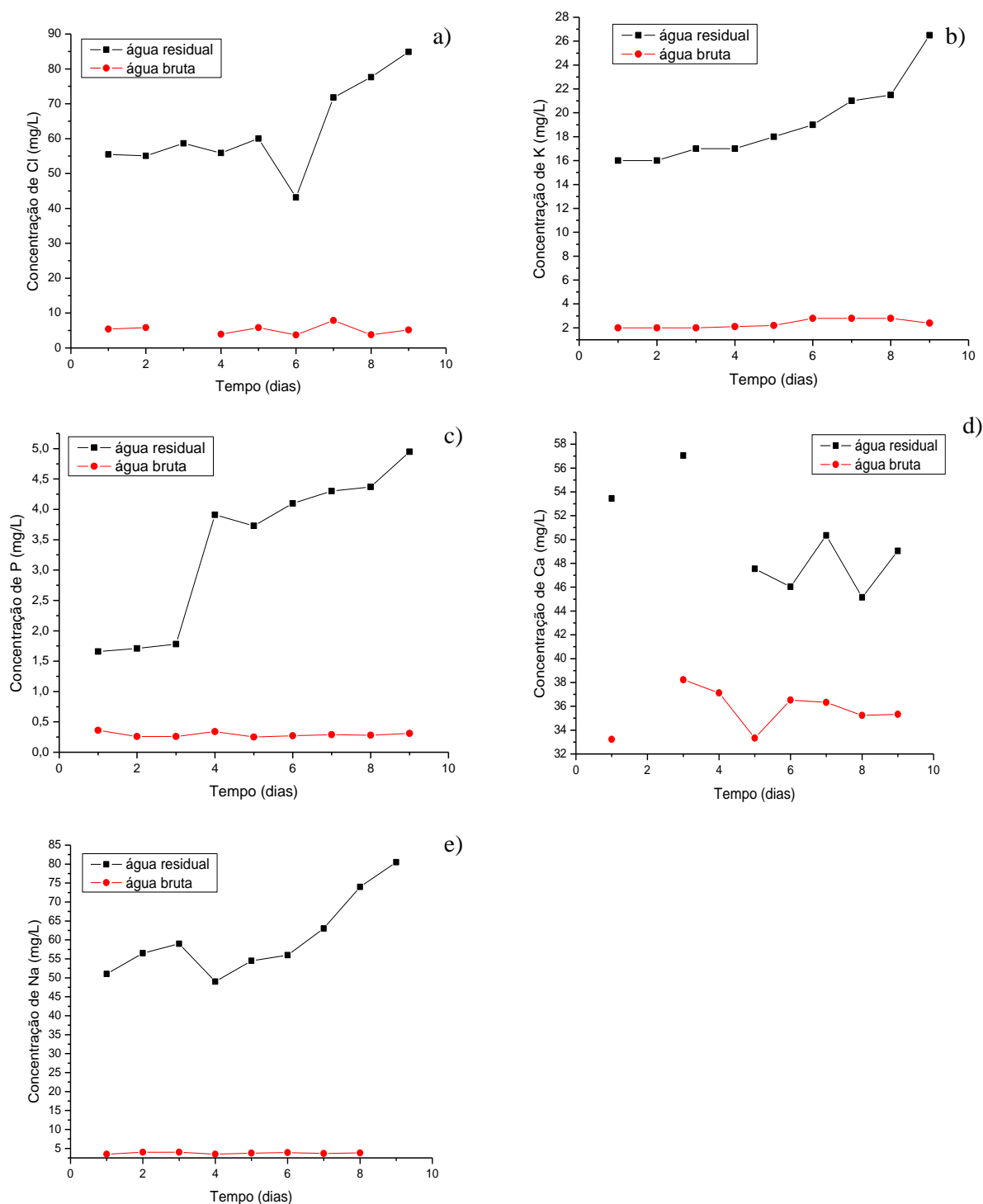
pH em água relação (1:2,5); P, K e Na – fósforo disponível, potássio e sódio trocável, extraídos com Mehlich 1; Al – alumínio trocável, extraído com KCl 1 mol L⁻¹ e determinados conforme (SILVA *et al.*, 2009); MO: Matéria orgânica determinada pelo método de Walkley-Black (MENDOÇA & MATOS, 2005). Fonte: Autoria própria (2021).

2.4. CARACTERIZAÇÃO DAS ÁGUAS USADAS NA IRRIGAÇÃO

Para caracterização das águas utilizadas na irrigação foram realizadas coletas durante o decorrer do experimento. Os parâmetros químicos foram avaliados

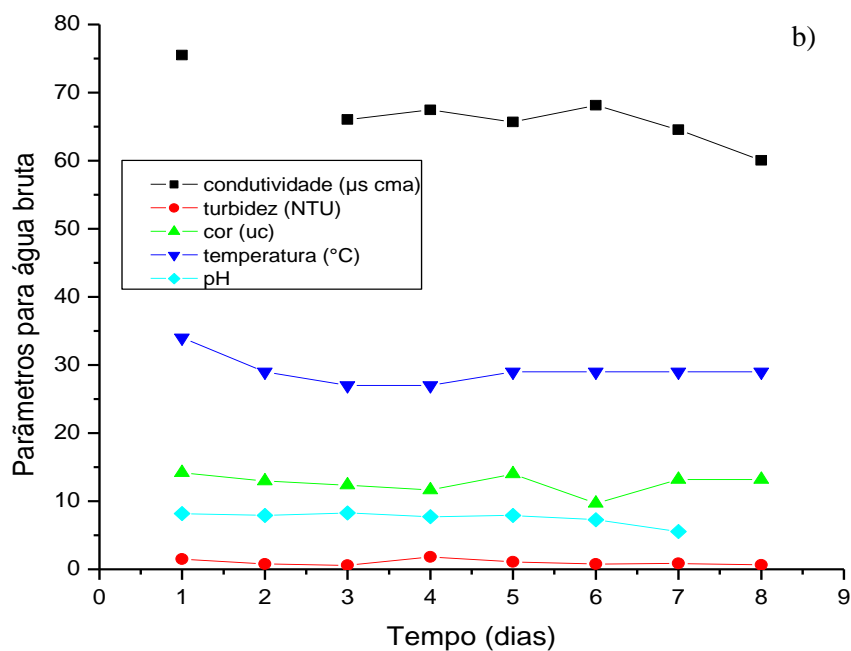
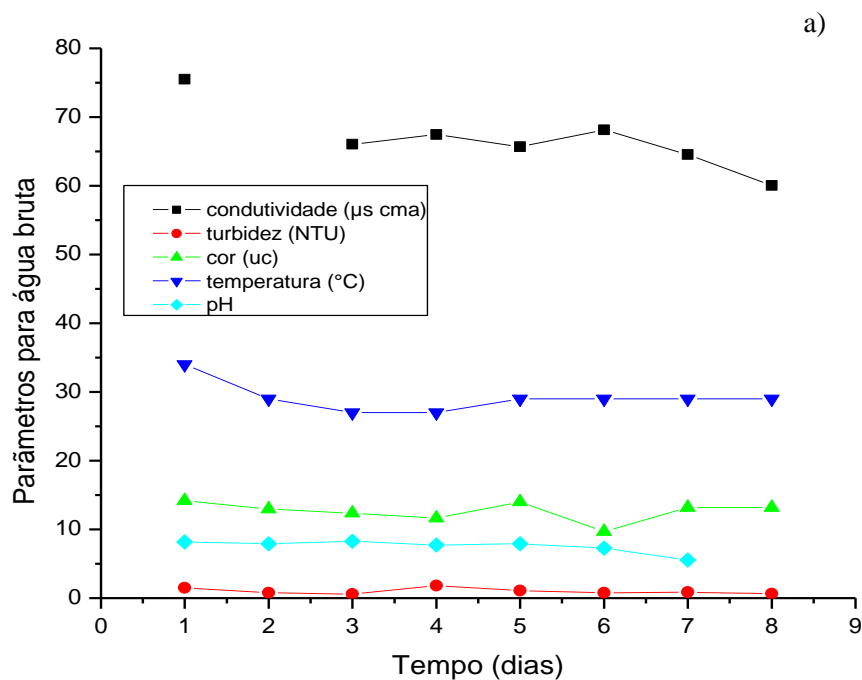
durante o mês de Abril de 2019 (Figura 2) e para caracterização dos parâmetros físicos foram feitas duas coletas, a primeira no mês de Abril de 2019 e a segunda em agosto de 2020 (Figura 3).

Figura 2. Características químicas das águas de irrigação: água bruta do rio São Francisco (AB) e da água residuária de esgoto tratado (ET) no mês de Abril de 2019. a) concentrações de Cloreto (mg/L); b) concentrações de Potássio (mg/L); c) concentrações de Fósforo (mg/L); d) concentrações de Cálcio (mg/L); e) concentrações de Sódio (mg/L).



Fonte: Autoria própria (2021)

Figura 3. Características físicas da água bruta do rio São Francisco (a) e da água de esgoto tratado (b) durante o mês de Abril de 2019.

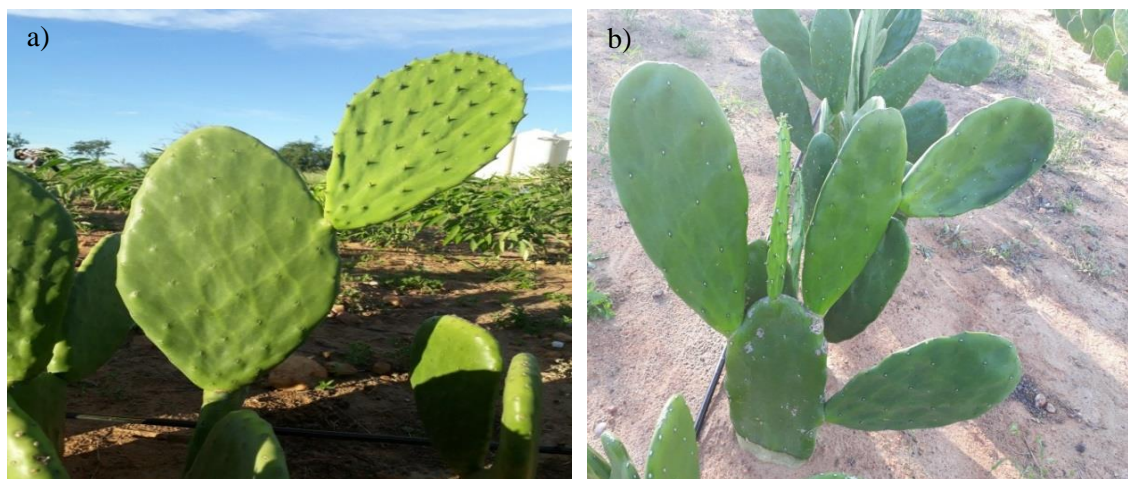


Fonte: Autoria própria (2021)

2.5. IMPLANTAÇÃO DA ÁREA

O plantio da palma foi realizado em outubro de 2018 e para este foram utilizadas duas variedades de palma forrageira IPA 20 (*Opuntia ficus indica* L. Mill) e mão-de-moça, IPA Sertânia ou Baiana (*Nopalea cochenillifera* Salm Dyck) (Figura 4). Os cladódios popularmente chamados de raquetes, foram comprados de produtores locais e passaram por um processo de desidratação e cicatrização a sombra durante 10 a 15 dias. Após esse período foi feita a seleção prévia dos cladódios mais vigorosos e propícios à pega. Os cladódios foram plantados em sulcos e enterrados até a metade na posição vertical.

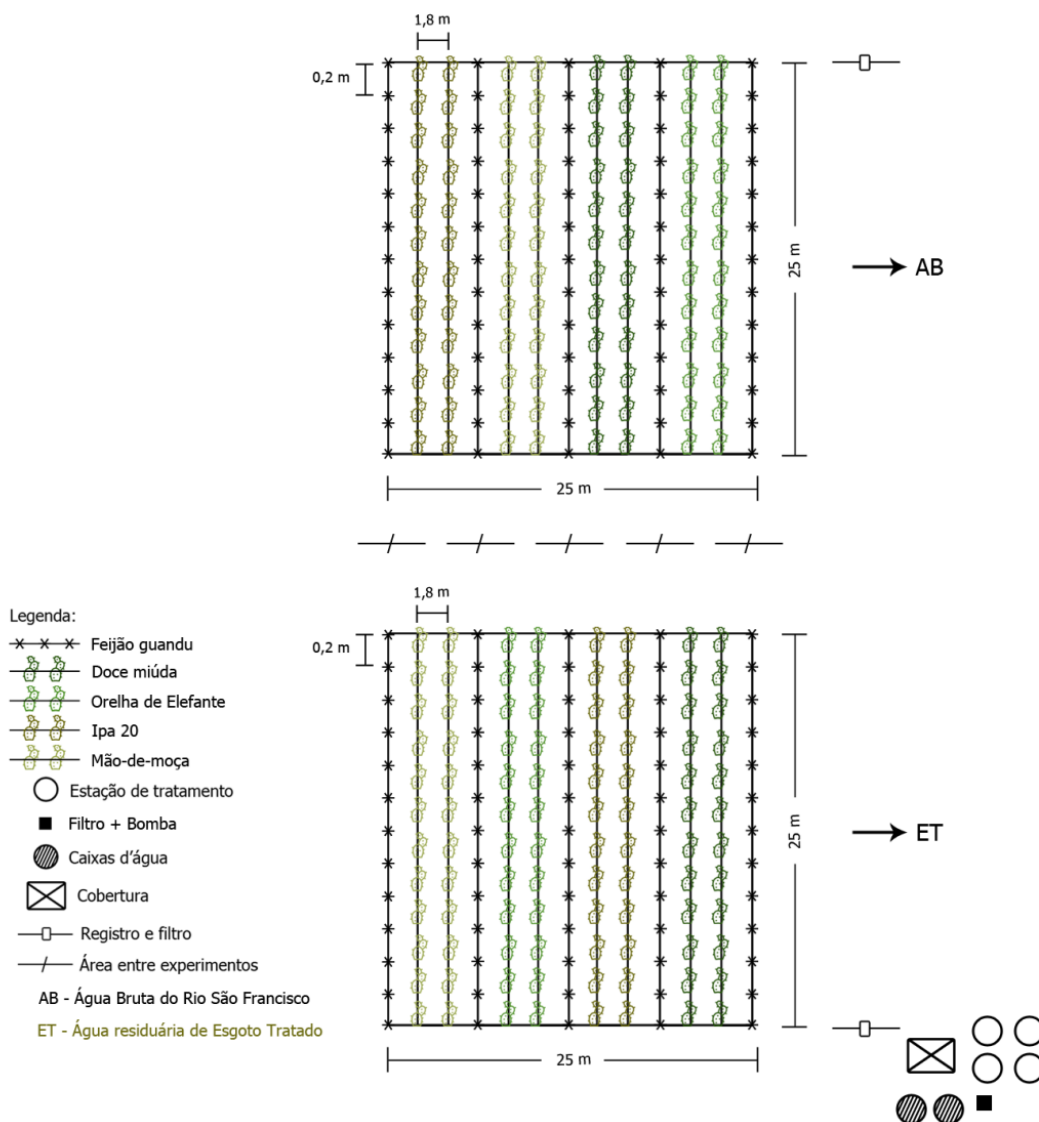
Figura 4. Diferentes variedades de palma forrageira: a) IPA 20; b) IPA Sertânia/mão-de-moça.



Fonte: Autoria própria (2021)

A área irrigada com (AB) e a área irrigada com (ET) possuem dimensões iguais de 25x25 metros. Os cladódios foram plantados no espaçamento de 0,20 m entre plantas e 1,80 m entre linhas, com uma densidade de 27.777 plantas por hectare; dispostos na posição conhecida como “dominó”, totalizando oito fileiras de plantio para ambas as áreas, com 125 plantas por linha, sendo a cada duas fileiras a mesma variedade. A cada duas linhas e na extremidade do plantio foi usado feijão guandu cultivar BRS Mandarin, apenas como bordadura. Cabe ressaltar que não houve sombreamento do feijão guandu nas variedades de palma e que sempre que necessário foi realizada a poda manual (Figura 5).

Figura 5. Croqui da palma forrageira no Campus Ciências Agrárias (UNIVASF) em Petrolina – PE.



Fonte: Autoria própria (2021)

2.6. DELINEAMENTO EXPERIMENTAL

De forma independente cada variedade de palma forrageira “Orelha de Elefante Mexicana ou Doce Miúda” foi distribuída em delineamento experimental inteiramente casualizado (DIC) com parcelas sub-subdivididas. e os dados analisados pelo procedimento PROC MIXED do pacote estatístico SAS (v. 9.4; SAS Institute, 2004). Inicialmente, os dados foram submetidos ao teste Shapiro-Wilk para verificar a distribuição normal dos resíduos e homogeneidade das variâncias utilizando o procedimento PROC UNIVARIATE.

O modelo estatístico considerou como fatores fixos (parcela) os efeitos de água de irrigação “água bruta do Rio São Francisco (AB) e água residuária do

esgoto tratado (ET)". E (subparcela) os três manejos de corte "preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO)" e por fim como (sub-subparcelas) os tempos de corte "60, 90 e 180 dias após o corte". Totalizou-se nove repetições. Os efeitos aleatórios (erro da parcela) e (erro das subparcelas) e interações foram definidos pelo comando RANDOM. Os resultados foram expressos como média \pm erro padrão da média e as diferenças foram consideradas significativas quando $P < 0,05$.

2.7. MANEJO DE IRRIGAÇÃO

Para o manejo de irrigação a água bruta do rio foi captada da adutora e a água residuária foi captada das caixas d'água da estação de tratamento de esgoto (UASB) da UNIVASF por meio de uma bomba de 1/3 CV. Nos primeiros seis meses e nos últimos quatro meses finais do período experimental, a irrigação foi realizada a cada cinco dias durante duas horas. Após esse período manteve-se o mesmo turno de rega sendo a evapotranspiração de referência (ET_o) calculada diariamente pelo método de Penman-Monteith padrão FAO56 (ALLEN *et al.*, 1998).

A evapotranspiração da cultura da palma (ET_c) foi calculada pelo produto da ET_o com o coeficiente da cultura (K_c) de 0,52 de acordo com Queiroz, *et al.*, 2014. A lâmina (mm) e o tempo de irrigação (h) foram calculados em função desses fatores e levando em consideração o percentual de área molhada (PAM) e o modelo proposto por Keller e Bliesner (1990) para o cálculo do coeficiente de localização em sistemas de irrigação por gotejamento.

Foi utilizado um sistema de irrigação por gotejamento, espaçados a cada 0,3 m, ou seja, uma planta e meia por gotejo, com uma vazão de 1,44 L h⁻¹ para ambas as áreas e de acordo com Pizarro (1990) com uniformidade de distribuição de 90% (*apud* GOMES, 2013, p.88). Durante cada ciclo, com duração de seis meses foram aplicados 200,67mm, totalizando 602 mm para os três ciclos. Os valores de precipitações pluviométricas foram descontados ao longo dos ciclos.

2.8. TRATOS CULTURAIS

Com relação aos tratos culturais das áreas irrigadas com (AB) e (ET), para o controle de plantas daninhas e manutenção da umidade do solo foi usado resto de capineira entre as fileiras e entre as plantas. A palma e o feijão guandu, usado

apenas como bordadura, foram adubados aos seis meses após o plantio com esterco caprino e ovino curtido equivalente a 27 t ha^{-1} .

Para o controle da cochonilha de escama (*Diaspis echinocacti* Bouché) na palma foi utilizada uma solução fitossanitária seguindo a recomendação de Lemos (2016) e para o controle da lagarta *Aricoris campestris* (H. Bates) foi aplicado um extrato aquoso de mamona (*Ricinus communis* L.). O feijão guandu também foi acometido pelo percevejo de renda (*Vatiga manihotae*) e para o controle dessa praga utilizou-se o defensivo orgânico Piretron na dosagem de 100 mL para uma bomba costal de 20L, realizando-se três aplicações. Quando necessário, foi realizado o controle de plantas daninhas manualmente entre plantas e com auxílio de enxada entre fileiras.

2.9. VARIÁVEIS MEDIDAS E ANALISADAS

Foram realizados três cortes durante a condução do experimento aos 180, 360 e 540 dias após o plantio (DAP), sendo que o primeiro corte foi realizado para os manejos de cortes adotados. Aos 60, 90 e 180 dias após o primeiro e o segundo corte, contabilizando um ano de ciclo, foram obtidas medidas lineares de comprimento (CC) e largura dos cladódios (LC) com auxílio de uma fita métrica (Figura 6).

Figura 6. a) corte da palma forrageira variedade IPA Sertânia b) mensuração do comprimento de cladódio da variedade IPA 20 c) mensuração da largura de cladódio com auxílio de fita métrica da variedade IPA Sertânia.



Fonte: Autoria própria (2021)

Os dados originaram as médias das características morfogênicas: taxa de alongamento diário (TAIC/dia) de acordo com a metodologia proposta por Cunha *et al.* (2012); área do cladódio (cm^2) e o índice de área do cladódio (IAC) em (m^2/m^2)

de acordo com os modelos matemáticos propostos por Silva *et al.* (2014) para as palmas forrageiras clone IPA 20 e IPA Sertânia/Mão-de-moça.

Para o número de cladódios total por planta (NCT) foi realizado no dia de cada corte a contagem total dos cladódios de acordo com a ordem na planta. Os cladódios cortados por planta eram pesados ainda em campo em uma balança eletrônica e os dados foram extrapolados para ton/ha por meio da multiplicação da massa fresca de cada planta pela densidade de plantio por hectare.

Para as análises bromatológicas, as amostras foram pré-secas em estufa de 55°C por 72 horas e processadas em moinho do tipo Willey com peneira de um mm e armazenadas em potes plásticos identificados, para posteriormente dar sequência às análises. Para determinação da matéria seca a 105°C (MS) (Método 950.15) e material mineral (MM) (Método 942.05) (AOAC, 2002).

Os teores de fibra em detergente neutro (FDN) e fibra em detergente ácido (FDA) foram realizados de acordo com a metodologia de Van Soest *et al.* (1991) adaptado por Senger *et al.* (2008).

3. RESULTADOS

A produção e o número de cladódios total (NCT) correspondem aos cortes realizados a cada seis meses durante o ciclo de um ano e meio do palmar. No primeiro corte, seis meses após o plantio, para a cultivar IPA 20 (Tabela 3) houve efeito de interação ($p < 0,05$) do manejo de corte, as plantas irrigadas com água residuária de esgoto tratado (ET) e ao preservar os CB obtiveram uma produção 65,62% superior as plantas irrigadas com AB e com mesmo manejo de corte.

No segundo corte houve efeito ($p < 0,05$) da água e do manejo de corte. Para as plantas irrigadas com AB e com ET foram obtidas produções médias de 14,87 e 41,05 ton/ha, respectivamente, obtidas nas plantas em que os cladódios basais (CB) e com cladódios de primeira ordem CPO.

No terceiro corte houve efeito ($p < 0,05$) apenas do manejo de corte. As plantas irrigadas com AB quando se preservou os CPO e os CSO obteve uma produção média de 44,40 ton/ha e as plantas irrigadas com ET quando se preservou os CPO obtiveram uma produção média de 56,80 ton/ha.

Para a variável NCT por planta no corte 1 em ambas as águas de irrigação não houve efeito ($p > 0,05$). No corte 2, houve efeito de interação ($p < 0,05$) e no corte

3 houve efeito ($p < 0,05$) do manejo de corte. No corte 2, as plantas irrigadas com água bruta apresentaram maior NCT quando foram preservados os cladódios de segunda ordem (CSO), por mais que a maior produção também tenha sido obtida com cladódios de primeira ordem (CPO). Diferentemente, as palmas irrigadas com ET apresentaram NCT superiores quando preservados CPO e CSO.

Tabela 3. Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade IPA 20 irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	CB	CPO	CSO	CB	CPO	CSO
Prod corte 1	28,92Ab	10,46Bb	0,0Ca	47,90Aa	23,98Ba	0,0Ca
Prod corte 2	16,91Ab	12,84Ab	0,0Bb	42,38Aa	39,72Aa	12,16Ba
Prod corte 3	23,40Ba	66,54Aa	43,27Aba	23,02Ba	89,52Aa	57,85Ca
NCT corte 1	4,56Aa	4,89Aa	6,22Aa	4,00Aa	4,22Aa	4,78Aa
NCT corte 2	3,44Ba	7,00Ca	11,67Aa	5,33Ba	8,56Aa	8,44ACb
NCT corte 3	3,56Ba	7,11Ca	12,00Aa	3,22Ba	9,89Aa	9,89Aa

Variáveis	Valores de Probabilidade			
	Água	Corte	água x corte	EPM
Prod corte 1	0,0012	<0,0001	0,0483	7,32
Prod corte 2	<0,0001	<0,0001	0,1652	9,57
Prod corte 3	0,0967	<0,0001	0,4248	11,23
NCT corte 1	0,0889	0,1349	0,7433	0,68
NCT corte 2	0,9271	<0,0001	0,0209	1,33
NCT corte 3	0,8961	<0,0001	0,0678	1,48

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021).

Para a produção do corte 1 da variedade IPA Sertânia (Tabela 4) houve efeito ($p < 0,05$) do manejo de corte. As plantas irrigadas com AB atingiram uma produção de 20,99 ton/ha e as plantas irrigadas com ET uma produção de 21,70 ton/há, quando foram preservados os CB. Em ambas as águas de irrigação as plantas com CPO e CSO não produziram.

No corte 2 houve efeito de interação ($p < 0,05$) no qual as plantas irrigadas com AB e ET com CB preservados apresentaram uma média de produção de 36,77 ton/há. As plantas irrigadas com ET e com CPO irrigados com ET apresentaram produção maior do que as plantas irrigadas com AB.

Para o terceiro corte houve efeito ($p < 0,05$) do manejo de corte, as plantas com CSO apresentaram valores superiores em relação aos outros manejos de corte

adotados com produções de 86,08 ton/ha quando irrigada com AB e 85,56 ton/ha quando irrigadas com ET, o que diferiu do primeiro corte que não apresentou produção. As plantas com CSO irrigadas com ET não obtiveram produção durante um ano e meio.

Para o NCT por planta no corte 1 e 2 em ambas as águas de irrigação não houve efeito ($p > 0,05$). No corte três houve efeito ($p < 0,05$) do manejo de corte; quando irrigada com AB os NCT das plantas com CPO foi 12, valor superior aos demais manejos, o que ocorreu semelhantemente nas plantas irrigadas com ET com NCT de 11,33.

Do corte 2 para o corte 3 é possível observar que ao preservar o CPO irrigado com AB há um aumento de 359% na produção, o mesmo que ocorre com as plantas irrigadas com ET com um aumento de 177%. A produção das plantas com CPO no corte 2 irrigadas com AB foi inferior as das plantas irrigadas com ET, entretanto, no terceiro corte essas plantas obtiveram a mesma produção.

Tabela 4. Valores médios de produção de matéria verde (ton/ha) e número de cladódios total (NCT) por planta de palma forrageira variedade IPA Sertânia irrigada com diferentes tipos de água (água bruta ou água residuária de esgoto tratado) cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO).

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	CB	CPO	CSO	CB	CPO	CSO
Prod corte 1	20,99Aa	0,0Ba	0,0Ba	21,70Aa	0,0Ba	0,0Ba
Prod corte 2	35,71Aa	18,73Bb	12,69Ba	37,84Aa	30,86Aa	0,0Bb
Prod corte 3	34,54Ba	86,08Aa	19,81Ba	39,75Ba	85,56Aa	0,0Cb
NCT corte 1	3,33Aa	3,22Aa	3,22Aa	2,56Aa	3,11Aa	3,44Aa
NCT corte 2	6,56Aa	7,11Aa	7,22Aa	6,44Aa	7,22Aa	7,22Aa
NCT corte 3	6,00Ba	12,00Aa	7,44Ba	7,44Ba	11,33Aa	10,33Ba

Variáveis	Valores de Probabilidade			
	Água	Corte	água x corte	EPM
Prod corte 1	0,8629	<0,0001	0,9703	4,78
Prod corte 2	0,8743	<0,0001	0,0129	6,77
Prod corte 3	0,5392	<0,0001	0,4285	6,88
NCT corte 1	0,5994	0,7515	0,6161	0,82
NCT corte 2	1,0000	0,7958	0,9956	1,30
NCT corte 3	0,2235	0,0008	0,3460	1,45

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021)

Os resultados obtidos para as variáveis morfogênicas correspondem aos cortes realizados a cada seis meses durante um ano de ciclo do palmar, sendo que foram realizadas aos 90 e 180 dias após o primeiro e o segundo corte.

Para a variedade IPA 20 (Figura 7) houve efeito ($p < 0,05$) de interação para as variáveis morfogênicas avaliadas: CC, LC, AC e IAC. Aos 90 dias os maiores valores de CC, LC, AC e IAC, foram obtidos para as plantas com CPO irrigadas com ET e quando irrigadas com AB as plantas que apresentaram maiores CC, LC e AC foram as plantas com CB. Não houve efeito ($p > 0,05$) do IAC para as palmas irrigadas com ET com diferentes manejos de corte aos 90 dias.

Avaliando pontualmente aos 90 dias as variáveis CC, LC, AC e IAC das plantas com CPO nas duas águas nota-se que os valores das plantas irrigadas com ET são maiores do que os das plantas irrigadas com AB. As plantas irrigadas com ET obtiveram CC de 29,27 cm, LC de 14,64 cm, AC de 162,76 cm² e IAC 0,18 m²m² ao mesmo tempo que as plantas irrigadas com AB apresentam um CC de 15,21 cm, LC de 8,40 cm, AC de 87,72 cm² e IAC 0,12 m²m² (Figuras 7a, 7b, 7c e 7d).

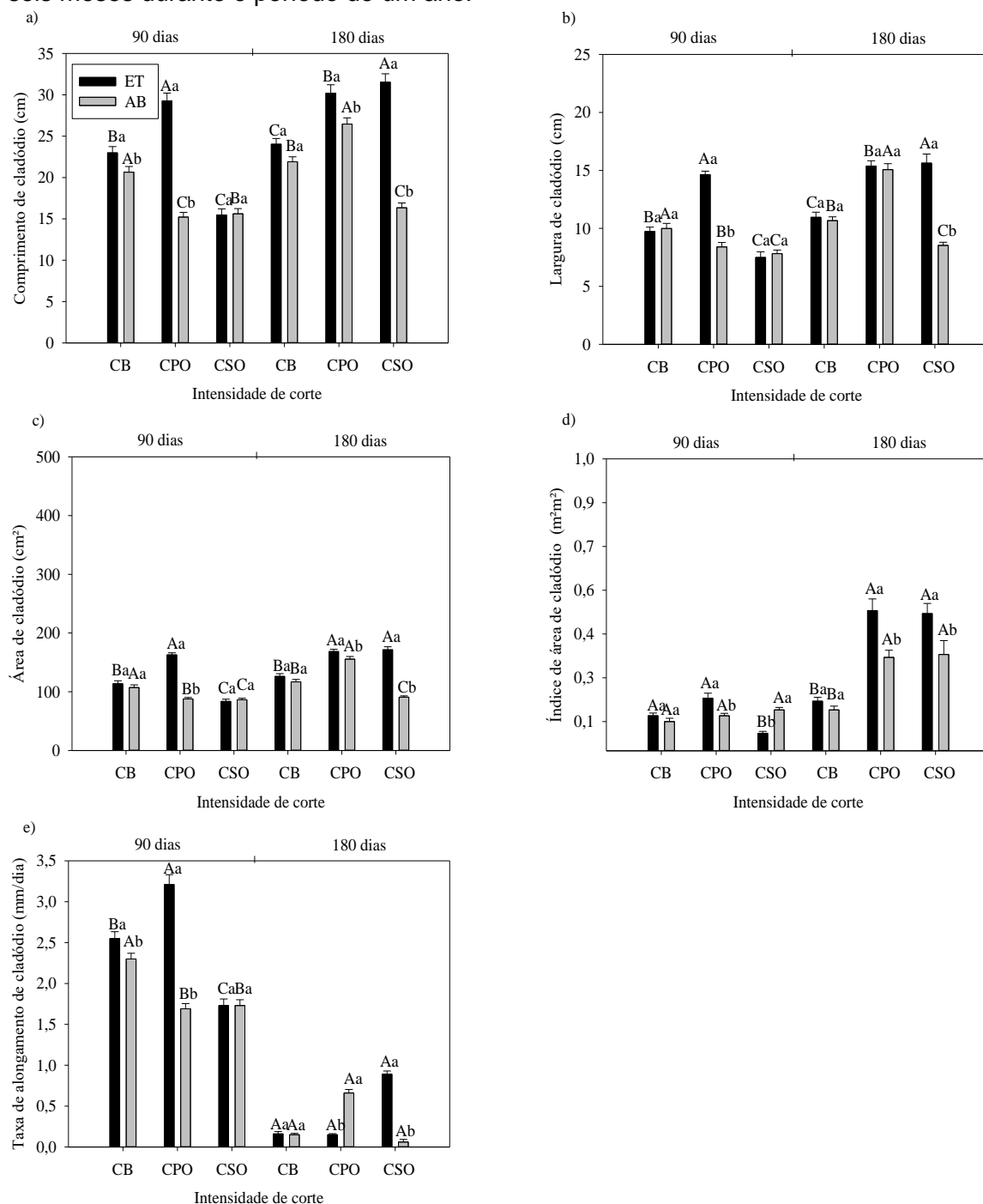
Aos 180 dias quando a cultivar IPA 20 foi irrigada com ET os maiores valores para o CC, LC, AC e IAC foram alcançados com o corte preservando os CSO. Já para as plantas irrigadas com AB nesse mesmo período os maiores valores foram obtidos preservando os CPO (Figuras 7a, 7b, 7c e 7d). A média do CC das plantas irrigadas com ET foi 14,13% maior que a das plantas irrigadas com AB quando preservados os CPO, do mesmo modo que as plantas com CSO apresentaram uma média maior de 92,85% quando irrigadas com ET (Figura 7a). Para a LC as plantas irrigadas com ET com CSO a média foi 83,24% maior do que as plantas irrigadas com AB (Figura 7b).

Para a AC e o IAC tanto as plantas com CPO quanto as plantas com CSO irrigadas com água de ET apresentaram maiores valores em relação às plantas irrigadas com AB. As plantas com CSO obtiveram uma média de AC 89,05% maior que as plantas irrigadas com AB e um IAC 42,43% maior do que as plantas irrigadas com ET (Figura 7c e 7d).

Não houve efeito ($p > 0,05$) de interação para a TAIC/dia. Aos 90 dias as plantas irrigadas com ET apresentaram uma maior TAIC ao preservar os CSO com 3,21 mm/dia. Já as plantas irrigadas com AB obtiveram uma maior TAIC de 2,30mm/dia ao manter os CB nas plantas. Não houve efeito ($p > 0,05$) entre os

manejos de corte para as plantas irrigadas com ET ou com AB aos 180 dias (Figura 7e).

Figura 7. Médias das variáveis morfogênicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm²); d) Índice de área de cladódio (m²m⁻²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade IPA 20 irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.



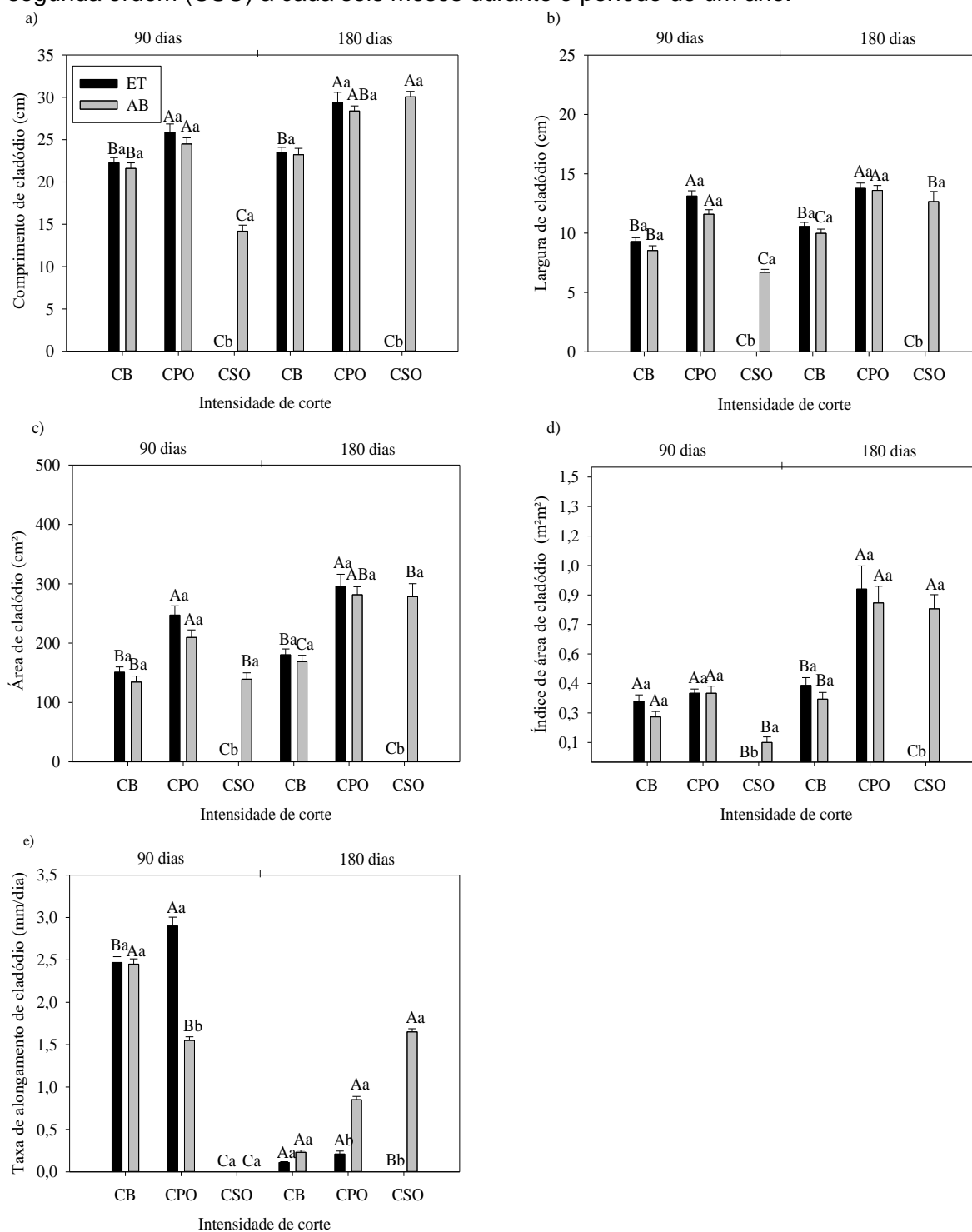
**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021).

Houve efeito de interação ($p < 0,05$) para as variáveis morfogênicas avaliadas da variedade IPA Sertânia. Não houve efeito ($p > 0,05$) para os valores de CC, LC e AC aos 90 e 180 dias ao serem preservados os CB e os CPO em ambas as águas de irrigação (Figuras 8a, 8b, 8c e 8d). Aos 90 dias as plantas obtiveram um CC, LC e AC médio de 25,17 cm; 12,36 cm e 228,37 cm², respectivamente. Aos 180 dias não houve efeito ($p > 0,05$) para as plantas com CB e CPO em ambas as águas de irrigação, com CC, LC e AC médio de 23,38 cm; 10,27 cm e 174,55 cm², respectivamente, para as plantas com CB e com CC, LC e AC médio de 28,87 cm; 13,69 cm e 288,66 cm² (Figuras 8a, 8b, 8c).

Houve efeito de interação ($p < 0,05$) para o IAC entre os manejos de corte e a água. Para o IAC aos 90 e 180 dias não houve efeito ($p > 0,05$) entre os manejos de corte CB e CPO, com valores médios de 0,27 m²m² e 0,35 m²m² aos 90 e 180 dias com CB, respectivamente e com CPO valores médios de 0,35 m²m² e 0,84 m²m². As plantas irrigadas com AB em relação às irrigadas com ET e com CSO, não emitiram cladódios (Figura 8c).

Não houve efeito ($p > 0,05$) de interação para a taxa de alongamento de cladódio (TAIC). Aos 90 dias as plantas irrigadas com ET a TAIC diário das plantas com CPO foi de 2,90mm e para as plantas irrigadas com AB a TAIC diário foi de 1,55mm. Aos 180 dias a TAIC diário das plantas irrigadas com ET com CPO foi de 0,21mm e as plantas com CSO que antes não haviam emitido obtiveram uma TAIC de 1,65mm/dia dentre todos os manejos de corte adotados na AB (Figura 8e).

Figura 8. Médias das variáveis morfogênicas: a) Comprimento de cladódio (cm); b) Largura de cladódio (cm); c) Área de cladódio (cm²); d) Índice de área de cladódio (m²m⁻²); e) Taxa de alongamento de cladódio (mm/dia) de palma forrageira variedade IPA Sertânia/Mão-de-moça irrigadas com água bruta (AB) ou água residuária de esgoto tratado (ET) com diferentes manejos de corte preservando o: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) a cada seis meses durante o período de um ano.



**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021).

A composição bromatológica das variedades de palma forrageira IPA 20 e IPA Sertânia correspondem ao corte realizado após um ano de cultivo do palmar. Houve efeito ($p < 0,05$) do tipo de água para o teor de matéria seca (MS) da palma IPA 20 (Tabela 5). Não houve efeito ($p > 0,05$) para as plantas irrigadas com AB e que tiveram os CB e os CPO preservados, com um teor médio de MS de $75,45 \text{ g kg}^{-1}$. Para as plantas irrigadas com ET não houve diferença estatística, com um teor médio de MS de $69,6 \text{ g kg}^{-1}$.

Com relação ao teor de MM não houve efeito ($p > 0,05$) em ambas as águas de irrigação e nos diferentes manejos de corte, com um teor médio de 220 g kg^{-1} para as plantas irrigadas com AB com CB e CPO e para as plantas irrigadas com ET um teor de $209,37 \text{ g kg}^{-1}$.

Foi verificado efeito de interação entre o tipo de água e os manejos de corte ($p < 0,05$) para a variável fibra em detergente neutro (FDN). Não houve efeito ($p > 0,05$) entre as plantas que tiveram os CB preservados nas duas águas de irrigação. O teor de FDN foi de $319,8 \text{ g kg}^{-1}$ foi obtido para as plantas com CPO irrigadas com AB e para as plantas com CSO irrigadas com ET, o teor de FDN foi de $310,5 \text{ g kg}^{-1}$, à medida que as plantas irrigadas com AB não produziram.

Para o teor de FDA houve efeito dos manejos de corte ($p < 0,05$). Não houve efeito ($p > 0,05$) para as plantas com CB e CPO preservados e irrigados com AB com um teor de $135,1 \text{ g kg}^{-1}$ e para as plantas irrigadas com ET não houve efeito ($p > 0,05$) para os três manejos de corte com teor médio de $148,56 \text{ g kg}^{-1}$.

A variedade IPA 20 irrigada com AB e que foram preservados os CSO não emitiram cladódios subsequentes após os cortes realizados a cada seis meses durante um ano de ciclo.

Tabela 5. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) da palma IPA 20 irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses em diferentes com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante um ano em g/kg⁻¹.

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	Basal	1 ^a	2 ^a	Basal	1 ^a	2 ^a
MS	74,6Aa	76,3Aa	0,0Bb	73,6Aa	66,9Ab	68,3Aa
MM	215,5Aa	224,6Aa	0,0Bb	216,4Aa	204,9Aa	206,8Aa
FDN	259,5Ba	319,8Aa	0,0Cb	271,0Ba	268,9Bb	310,5Aa
FDA	127,0Aa	143,2Aa	0,0Bb	139,7Ba	146,5Aba	159,5Aa

Variáveis	Valores de Probabilidade			
	Água	Corte	água x corte	EPM
MS	0,0017	0,1256	0,0506	6,22
MM	0,3571	0,9424	0,3134	16,58
FDN	0,0332	0,0009	0,0029	21,54
FDA	0,2003	0,0370	0,4380	9,57

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021)

Para os teores de MS para a variedade IPA Sertânia (Tabela 6) foi verificado efeito de interação entre o tipo de água e os manejos de cortes ($p < 0,05$). Não houve diferença estatística para as variáveis MS e FDA nas plantas que tiveram os CB preservados nas diferentes águas de irrigação. As plantas que tiveram os CPO preservados e quando foram irrigadas com ET apresentaram teor de MS de 85,6 g kg⁻¹. De modo diferente, as plantas com CSO irrigadas com AB obtiveram teor de MS de 74,4 g kg⁻¹ enquanto as plantas irrigadas com ET não produziram.

Foi verificado efeito do tipo de água e dos manejos de cortes ($p < 0,05$) para a variável MM na palma forrageira IPA Sertânia. Foram obtidos teores de MM de 287,3 g kg⁻¹ para as plantas irrigadas com AB e 243,3 g kg⁻¹ nas plantas irrigadas com ET (Tabela 6).

Não houve efeito de ($p > 0,05$) para os teores de FDN, com teores médios de 332,36 g kg⁻¹ para as plantas irrigadas com AB e 339,1 g kg⁻¹ para as plantas irrigadas com ET e que tiveram os CB e CPO. Foi verificado efeito de interação entre o tipo de água e os manejos de cortes ($p < 0,05$) para os teores de FDA (Tabela 6). Quando preservados os CB não houve efeito ($p > 0,05$) nos teores de FDA, já quando preservados os CPO e os CSO as plantas irrigadas com AB apresentaram teor de FDA com 136,7 e 134,1 g kg⁻¹, respectivamente.

Tabela 6. Teores de matéria seca (MS), matéria mineral (MM), fibra em detergente neutro (FDN), fibra em detergente ácido (FDA) da palma IPA Sertânia irrigada com diferentes tipos de água e cortada a cada seis meses com diferentes manejos: cladódio basal (CB); primeira ordem (CPO) e segunda ordem (CSO) durante o período de um ano em g/kg⁻¹.

Variáveis	Águas de irrigação					
	Água bruta			Água de esgoto tratado		
	Basal	1 ^a	2 ^a	Basal	1 ^a	2 ^a
MS	78,3Aa	76,4Ab	74,4Aa	72,5Ba	85,6Aa	0,0Cb
MM	287,3Aa	246,4Ba	209,3Ca	234,3Ab	178,4Bb	0,0Cb
FDN	335,0Aa	316,5Aa	345,6Aa	334,0Aa	344,2Aa	0,0Bb
FDA	126,6Aa	136,7Aa	134,1Aa	114,5Aa	100,0Ab	0,0Bb
Valores de Probabilidade						
Variáveis	Água	Corte	água x corte	EPM		
MS	0,0198	0,0618	0,0052	7,12		
MM	0,0001	0,0002	0,4601	19,42		
FDN	0,2091	0,2883	0,1806	26,54		
FDA	0,0010	0,8552	0,0428	9,25		

**Médias seguidas por letras maiúsculas distintas diferem entre si para cortes dentro da água de irrigação ($p < 0,05$). **Médias seguidas por letras minúsculas distintas diferem entre si para águas de irrigação dentro do corte ($p < 0,05$). Fonte: Autoria própria (2021)

4. DISCUSSÃO

As características estruturais de uma planta, como altura e largura, no caso da palma forrageira, número e índice de área do cladódio são informações importantes que auxiliam o entendimento das respostas da planta as condições de cultivo (NUNES *et al.* 2019; PINHEIRO *et al.* 2014).

A variedade IPA 20 aos seis meses após o plantio não emitiu CPO e CSO quando irrigadas com ambas as águas de irrigação, sendo que na produção para esses dois manejos de corte só foram evidenciadas no terceiro corte quando irrigadas com AB e no segundo corte quando irrigadas com ET. Rocha *et al.* (2017) avaliaram a variedade IPA 20 e obtiveram aos 4 e 8 meses após o plantio produções de 142 e 252 ton/ha, respectivamente. Esses valores são inferiores aos encontrados na presente pesquisa, além do que as plantas estudadas nesse artigo receberam adubação com Ureia, MAP e Sulfato de Potássio e foram irrigadas.

Lima *et al.* (2016) avaliaram a cultivar Gigante (*Opuntia ficus-indica* Mill) doze meses após a rebrota, em condições irrigadas e com os mesmos manejos de corte da presente pesquisa alcançou maior NCT ao preservar os CSO, resultados que corroboram com as plantas irrigadas com AB, contudo divergem das plantas irrigadas com ET, onde o maior NCT foram obtidos com CPO. Ainda segundo esse autor, as características morfológicas mais importantes foram influenciadas

positivamente pelas menores intensidades de corte, o que se assemelha aos resultados no presente trabalho.

De acordo com os resultados, foi possível avaliar que as plantas com CPO e com CSO apresentaram aumento na produtividade e no NCT, o que pode estar relacionado com a resposta das plantas a menor injúria sofrida pelo corte de maior intensidade, já que os cladódios remanescentes são fonte de reserva, estrutura e maior área fotossintética para planta, ocasionando uma rebrota com maior vigor em comparação a uma planta que foram preservados no corte apenas os CB. O aumento da produtividade tem relação com o peso dos cladódios, quantidade de cladódios e a densidade de plantas por área, por esse motivo, o aumento do NCT resultam no aumento da produtividade.

Na variedade IPA Sertânia foi observado que as plantas apresentam maiores NCT e demais variáveis morfológicas ao preservar os CPO em ambas as águas de irrigação aos 90 e 180 dias. Nunes *et al.* (2019) obtiveram as maiores médias de NCT para a variedade IPA Sertânia desde o início da aplicação do regime hídrico associado ao uso de cobertura morta. Pereira *et al.* (2015) avaliaram o clone IPA Sertânia em condições irrigadas no Semiárido nordestino e adubadas mensalmente com 50 kg/ha⁻¹ de NPK (14-0-18) durante um ano, observaram um NCT de 9,89 inferior aos encontrados nas plantas que tiveram os CPO preservados quando irrigadas com ET e AB nos três cortes da presente pesquisa.

De acordo com PINHEIRO *et al.* (2014) o clone IPA Sertânia não apresenta muitos cladódios em relação a outras variedades, contudo, o seu hábito de crescimento semiaberto proporciona maior aproveitamento da luz, o que garante maior crescimento e evita o auto sombreamento. Além disso, por vezes o menor número de cladódios de uma variedade pode ser compensado pelo seu tamanho.

Os valores de IAC encontrados nessa pesquisa para a variedade IPA Sertânia foram inferiores aos 4,8 m²/m² encontrado por Dantas (2019) no segundo ciclo da cultura adubada com superfosfato simples e com irrigação com água salina. Esse fato pode implicar no menor crescimento da planta, tendo em vista a redução da captação de Co₂ e menor interceptação da radiação. Os CC, LC e AC obtidos por esse autor, também são superiores as médias encontradas na presente pesquisa.

De acordo com Taiz *et al.* (2017) o alongamento de folhas e raízes, bem como a divisão celular, são processos sensíveis ao déficit hídrico. No caso da palma forrageira, algumas apresentam sinais visíveis de murchamento e curvatura do

cladódio. Desse modo, o suporte hídrico atua como fator principal na produção de massa de forragem e crescimento das plantas.

Na presente pesquisa, pode-se notar que a água residuária apresentou maiores concentrações de nutrientes importantes para o crescimento e desenvolvimento da palma forrageira. Entretanto, após o uso da irrigação com ambas as águas o pH do solo diminuiu, o que corrobora com os resultados encontrados por Lemos (2016) no qual a acidificação do solo ocorreu nos intervalos de irrigação mais frequente com esgoto tratado, devido a oxidação biológica da matéria orgânica depender de água para o crescimento dos microrganismos, gerando assim mais acidez.

Dessa maneira, faz-se necessário acompanhar as características do solo, com relação a microbiota e disponibilidade de nutrientes para as plantas, conforme o uso contínuo da água residuária de esgoto tratado na irrigação. Camelo (2018) avaliando a palma do gênero *Opuntia* obteve a maior produtividade de matéria verde quando essa palma forrageira extraiu/exportou também a maior quantidade de nutrientes, o que evidencia a necessidade de suplementação nutricional para garantia de produção nos próximos ciclos.

Pessoa *et al.* (2020) obtiveram a composição bromatológica da variedade IPA 20 em diferentes fases fenológicas encontrou teor de MS superior. Esses resultados podem ocorrer devido ao fato de que, ao realizar o corte, a amostra foi escolhida aleatoriamente e por consequência, nas plantas que eram preservados os CPO e CSO eram coletadas raquetes mais jovens e nas plantas que tinham os CB preservados, eram coletados cladódios de todas as fases fenológicas.

De acordo Rocha *et al.* (2017) com a continuidade do crescimento da planta, os cladódios das primeiras ordens envelhecem, aumentam a porção fibrosa e a lignina e isso gera um incremento nos teores de MS da planta. Assim, ao cortar a planta preservando apenas os CB há um aumento da seleção de cladódios mais fibrosos, que são justamente aqueles mais próximos a base da planta e que dão suporte a geração de novas ordens de cladódios.

Segundo Sales (2018) devido aos baixos teores de MS o ideal é que a palma seja fornecida aos animais com fenos ou concentrados. Entretanto, os animais tendem a diminuir o consumo de água, devido ao alto teor de água presente na palma, o que se torna algo viável em períodos de déficit hídrico.

Cavalcante *et al.* (2014) obtiveram a composição bromatológica de variedades do gênero *Opuntia* sp. e *Nopalea* sp. adubadas com insumos químicos e esterco e cortadas 24 meses após o plantio e encontraram teores de MM e FDN menores e teor de FDA maior que os encontrados nessa pesquisa para a variedade IPA 20 e IPA Sertânia. Os teores de MS, FDN e FDA encontrados nesse trabalho para as variedades IPA 20 e IPA Sertânia estão de acordo com os descritos por Frota *et al.* (2015).

Costa (2018) avaliou a palma IPA Sertânia e a variedade Orelha de Elefante Mexicana, pertencente ao gênero *Opuntia* sp., adubadas com insumos químicos, obteve teores semelhantes de FDN, maiores teores de FDA aos encontrados nessa pesquisa. Segundo Sales (2018) a fibra é a fração menos digestível do alimento e isso acaba diminuindo a sua qualidade, no entanto, a palma é caracterizada por possuir baixos teores de FDN e FDA, o que faz com que essas concentrações mais elevadas encontradas nas variedades estudadas nessa pesquisa sejam um ponto positivo.

Conforme a planta cresce e se desenvolve, há um aumento no teor de fibra, lignina e a espessamento da parede celular. No caso da palma forrageira, quanto mais tempo o cladódio permanece na planta mais tempo tem para apresentar determinadas características e isso influencia no aumento do teor de fibra em sua composição, como obtido nas plantas que foram preservados os CPO e os CSO nas duas variedades estudadas.

5. CONCLUSÕES

O uso da água residuária e o manejo de corte adotado preservando os cladódios de primeira ordem (CPO) foram os que proporcionaram ganhos em produção e aumentos nas características morfológicas e bromatológicas das variedades de palma forrageira IPA 20 e IPA Sertânia.

REFERÊNCIAS

AIRES, J. T. *et al.* Rendimento quântico e eficiência de uso da água de genótipos de palma forrageira no Semiárido brasileiro. **Archivos de Zootecnia**, Paraíba, v. 68, n.262, p. 268-273. 2019.

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

ALVES, R. N. *et al.* Produção de forragem pela palma após 19 anos sob diferentes intensidades de corte e espaçamentos. **Revista Caatinga**, vol. 20, n. 4, p. 38-44, 2007.

AOAC. ASSOCIATION OF OFFICIAL ANALYTICAL CHEMISTS. **Official methods of analysis of AOAC international**. 17. ed., Washington, 2002.

AZEVEDO JUNIOR, M. S. **Desempenho da palma forrageira em segundo ciclo sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições semiáridas**. 2017. 91f. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água) - Universidade Federal Rural do Semiárido, Mossoró, Rio Grande do Norte.

CAMELO, T. C. **Produtividade e aporte de nutrientes em palma forrageira 'gigante' irrigada com água residuária**. 2018. 36f. Dissertação (Mestre Profissional em Produção Vegetal no Semiárido). Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano.

CASTRO, I. N. *et al.* Agronomic performance and water use efficiency of irrigated cactus pear cultivars, **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 33, n. 2, p. 529 – 540, 2020.

CAVALCANTE, L. A. D. *et al.* Respostas de genótipos de palma forrageira a diferentes densidades de cultivo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 44, n. 4, p. 424-433, 2014.

COELHO, A. P. **Desempenho agrônômico de aveia-branca, avaliado por sensoriamento remoto, sob aplicação de efluente de esgoto tratado e níveis de irrigação**. 2019. 76 p. Dissertação (Mestre em Agronomia – Produção vegetal). Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, São Paulo.

COSTA, P. S. **Composição bromatológica de variedades de palma forrageira fertirrigadas com nitrogênio no semiárido brasileiro**. 2018. 60f. Dissertação (Mestre em Zootecnia – Produção e Sanidade Animal). Universidade Federal de Campina Grande, Patos – PB.

CUNHA, D. N. F. V. *et al.* Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira Saúde Produção Animal**, Salvador, v.13, n.4, p.1156-1165, 2012.

DANTAS, F. D. G. **Sistemas de cultivo da palma forrageira irrigada no semiárido potiguar**. 2019. 135f. Tese (Doutorado em Zootecnia) - Universidade Federal Rural de Pernambuco.

DUBEUX JÚNIOR, J. C. B. *et al.* Adubação mineral no crescimento e composição mineral da palma forrageira – Clone IPA-201. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 5, n. 1, p. 129-135, 2010.

FARIAS, L. L. **Palma forrageira: morfometria e silagem na forma de ração completa**. 2018. 46f. Monografia (Graduação em zootecnia) – Universidade Federal da Paraíba, Areia.

FROTA, M. N. L. *et al.* **Palma forrageira na alimentação animal**. Teresina: EMBRAPA, 2015. 48p. (EMBRAPA. Documento 233).

GOMES, H. P. **Sistemas de irrigação: Eficiência energética**. João Pessoa: Editora da UFPB, 2013. 281p.

JÚNIOR, M. S. A. Produtividade e teor de nutrientes em palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico. **Irriga**, Botucatu, v. 24, p. 830-842 n. 4, 2019.

KELLER, J.; BLIESNER, D.R. **Sprinkler and trickle irrigation**. New York: van Nostrand Reinhold, 1990. 652 p.

LEMOS, M. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro**. 2016. 244f. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água no Semiárido) - Universidade Federal Rural do Semi-Árido, Rio Grande do Norte.

LIMA, G. F. C. *et al.* Morphological characteristics and forage productivity of irrigated cactus pear under different cutting intensities. **Rev. Caatinga**, Mossoró, v. 29, n. 2, p. 481 – 488, 2016.

MARQUES, O. F. C. *et al.* Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Caderno de Ciências Agrárias**, Janaúba, v. 9, n. 1, p. 75-93, 2017.

MENDONÇA, E. S.; MATOS, E. S. Matéria orgânica do solo: Métodos de análises. Disponível em: <<https://www.passeidireto.com/arquivo/56145069/materia-organica-do-solo-e-os-metodos-de-analise>>. Acesso em: 6 nov. 2019.

NUNES, J. S. L. *et al.* Morfogênese da palma forrageira sob modificação do ambiente de crescimento. **Revista agrometeoros**, Passo Fundo, v.27, n.2, p.367-375, 2019.

PEREIRA, J. S. *et al.* Morphological and yield responses of spineless cactus Orelha de Elefante Mexicana under different cutting intensities. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, Salvador, v.21, p. 01-10, 2020.

PEREIRA, P. C. *et al.* Morfogênese da palma forrageira irrigada por gotejamento. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 3, p. 184 – 195, 2015.

PESSOA, D. V. *et al.* Forage cactus of the genus *Opuntia* in different with the phenological phase: Nutritional value. **Journal of Arid Environments**, Garanhuns, v. 181, 2020.

PINHEIRO, K. M. *et al.* Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.49, p.939-947, n.12, 2014.

QUEIROZ, M. G *et al.* Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.10, p.931–938, 2015.

QUEIROZ, M. G. **Desempenho produtivo e parâmetros agrometeorológicos da palma forrageira, clone Orelha de Elefante Mexicana, no semiárido brasileiro.** 2014. 67f. Dissertação (Pós-graduação em Meteorologia Agrícola). Universidade Federal de Viçosa, Minas Gerais.

REGO, M. M. T. *et al.* Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. **Revista Científica Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014.

ROCHA, J. P. F. Crescimento e Produtividade de *Nopalea Cochenillifera* em função de diferentes densidades de plantio em cultivo com e sem capina. **Revista eletrônica de Veterinária**, vol. 18, n. 8, p. 1-12, 2017.

ROCHA, R. S. **Caracterização estrutural e produtividade de genótipos da palma forrageira irrigada em diferentes intervalos de corte.** 2016. 46f. Dissertação (Mestrado em Ciência Animal) – Universidade Federal do Vale do São Francisco, Petrolina, Pernambuco.

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**, vol. 66, n. 25, p. 365-373, 2017.

SALES, T. B. **Caracterização químico-bromatológica, digestibilidade e produção de gases *in vitro* da palma forrageira dos gêneros *Opuntia* e *Nopalea* em diferentes estádios fenológicos.** 2018. 55f. Dissertação (Mestre em Zootecnia). Universidade Federal da Paraíba, Areia – PB.

SANTOS, M. R. *et al.* Irrigação na palma forrageira. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.38, n.296, p.00-00, 2017.

SENGER, C. C. D. *et al.* Evaluation of autoclave procedures for fiber analysis in forage and concentrate feedstuffs. **Animal Feed Science and Technology** v. 146, 169-174, 2008.

SILVA, F. C. *et al.* **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes.** 2. ed. rev. e ampl. Brasília, DF: Embrapa. 2009. 574 p.

SILVA, K. A. *et al.* Levantamento de solos usando geoestatística em uma área de experimentação agrícola em Petrolina – PE. **Comunicata Scientiae**, Bom Jesus, v.8, n.1, p.175-180, 2017.

SILVA, L. M. *et al.* Produtividade da palma forrageira cultivada em diferentes densidades de plantio. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 44, n. 11, p. 2064-2071, 2014.

SILVA, T. G. F. *et al.* Área do cladódio de clones de palma forrageira: modelagem, análise e aplicabilidade. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 4, p. 633-641, 2014.

SOUZA, J. T. A. *et al.* Caracterização técnico-produtiva do sistema de cultivo de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista de Agricultura Neotropical**, Cassilândia-MS, v. 6, n. 2, p. 64-71, 2019.

TAIZ, L. *et al.* **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**.6.ed. Porto Alegre: Artmed, 2017. 888 p.

VAN SOEST, P. J., ROBERTSON, J. B. & LEWIS, B. A. Methods for dietary fiber, neutral detergent fiber, and non starch polysaccharides in relation to animal nutrition. **Journal of Dairy Science**, v. 74, p. 3583-3597, 1991.

VIVAS, M. *et al.* Maternal environment regulates morphological and physiological traits in *Eucalyptus grandis*. **Forest Ecology and Management**, v. 432, p. 631-636, 2019.