



UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DO SEMI-ÁRIDO  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM MANEJO DE SOLO E ÁGUA

MANOEL SIMÕES DE AZEVEDO JUNIOR

**DESEMPENHO DA PALMA FORRAGEIRA EM SEGUNDO CICLO SOB  
IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NAS  
CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

MOSSORÓ – RN  
2017

MANOEL SIMÕES DE AZEVEDO JUNIOR

**DESEMPENHO DA PALMA FORRAGEIRA EM SEGUNDO CICLO SOB  
IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NAS  
CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

Orientador: Miguel Ferreira Neto, Prof. Dr.

Co-orientador: José Francismar de Medeiros, Prof. Dr.

MOSSORÓ – RN  
2017

© Todos os direitos estão reservados a Universidade Federal Rural do Semi-Árido. O conteúdo desta obra é de inteira responsabilidade do (a) autor (a), sendo o mesmo, passível de sanções administrativas ou penais, caso sejam infringidas as leis que regulamentam a Propriedade Intelectual, respectivamente, Patentes: Lei nº 9.279/1996 e Direitos Autorais: Lei nº 9.610/1998. O conteúdo desta obra tomar-se-á de domínio público após a data de defesa e homologação da sua respectiva ata. A mesma poderá servir de base literária para novas pesquisas, desde que a obra e seu (a) respectivo (a) autor (a) sejam devidamente citados e mencionados os seus créditos bibliográficos.

A993d Azevedo Junior, MANOEL SIMÕES DE.  
Desempenho da palma forrageira em segundo ciclo sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições semiáridas / MANOEL SIMÕES DE Azevedo Junior. - 2017.  
92 f. : il.

Orientador: Miguel Ferreira Neto Ferreira Neto.  
Coorientador: José Francismar de Medeiros Medeiros.  
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal Rural do Semi-árido, Programa de Pós-graduação em Manejo de Solo e Água, 2017.

1. Irrigação. 2. Forragem. 3. Opuntia sp. 4. Reuso de água. I. Ferreira Neto, Miguel Ferreira Neto, orient. II. Medeiros, José Francismar de Medeiros, co-orient. III. Título.

MANOEL SIMÕES DE AZEVEDO JUNIOR

**DESEMPENHO DA PALMA FORRAGEIRA EM SEGUNDO CICLO SOB  
IRRIGAÇÃO COMPLEMENTAR COM ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NAS  
CONDIÇÕES SEMIÁRIDAS**

Dissertação apresentada à Universidade Federal Rural do Semiárido como requisito para obtenção do título de Mestre em Manejo de Solo e Água.

APROVADA EM: 30.08.2017

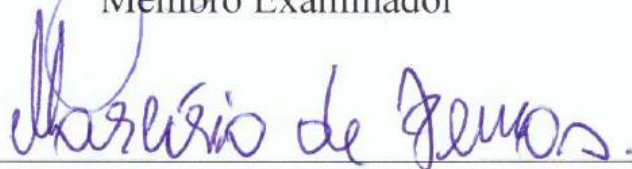
**BANCA EXAMINADORA**



Prof. Dr. Miguel Ferreira Neto (UFERSA)  
Presidente



Pesq.. Dr. José Francismar de Medeiros (UFERSA)  
Membro Examinador



Pesq.. Dr. Marcílio de Lemos, (UFERSA)  
Membro Examinador

## **AGRADECIMENTOS**

A Deus pela vida e pelas oportunidades a mim concedidas.

A minha família pelo apoio que sempre me deu.

A Universidade Federal Rural do Semiárido pela oportunidade de fazer o mestrado.

Ao Programa de Pós-Graduação em Manejo de Solo e Água pelos ensinamentos

Aos professores e servidores da UFRSA por contribuírem com minha formação.

Aos colegas da pós-graduação pelo companheirismo.

Aos agricultores do Assentamento Milagre, Apodi/RN pelo apoio.

Ao Projeto MDA/EMPARN, INCT-Sal e CNPq-PROCAD pelo apoio.

A CAPES pelo auxílio financeiro.

A FAPERN pelo apoio.



## LISTA DE TABELAS

Tabela 1- Principais parâmetros da qualidade da água para reuso.....	31
Tabela 2- Parâmetros de qualidade recomendados para água de irrigação.....	32
Tabela 3- Fatores que afetam a escolha do método de irrigação e medidas de proteção requeridas quando se utiliza água de esgoto... ..	34
Tabela 4- Dados meteorológicos coletados da Estação Automática do INMET em Apodi/RN.....	38
Tabela 5- Quantidade de efluente de esgoto doméstico tratado aplicado na irrigação da palma forrageira durante o experimento.....	40
Tabela 6- Valores médios das características químicas e biológicas das amostras do efluente coletadas antes e após a ETE a cada 30 dias.....	46
Tabela 7- Resultados das análises das amostras de solo coletadas 234 dias após a fertirrigação com esgoto doméstico tratado.....	50
Tabela 8- Valores médios dos nutrientes e metais pesados presentes na palma forrageira após 234 dias do segundo corte.....	54
Tabela 9- Características morfométricas da palma forrageira (número de cladódio primário-NCP, número de cladódio secundário-NCS, altura de plantas-AP, comprimento - CC largura -LC, espessura-EC e perímetro do cladódio-PC), submetida a diferentes frequências de irrigação com esgoto doméstico tratado.....	61
Tabela 10- Valores médios da massa verde (MV), massa seca (MS) e da relação massa seca/verde (MS/MV) dos cladódios da palma forrageira aos 234 dias após o segundo corte.....	66
Tabela 11- Calendário de irrigação utilizado durante o experimento.....	78
Tabela 12- Análises de coliformes totais e termotolerantes do efluente coletado antes e após a ETE do Assentamento Milagre, Apodí-RN.....	78



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Estação de tratamento de esgoto do assentamento Milagre Apodí-RN.....	39
Figura 2- Caixa d'água, mangueira de polietileno e sulco do sistema de irrigação da palma forrageira.....	41
Figura 3- Croqui da área do experimento.....	42
Figura 4- Medição das características morfométricas da palma forrageira orelha de elefante.....	45
Figura 5- Coleta das amostras de cladódios para determinar massas verde e seca da palma forrageira orelha de elefante.....	45
Figura 6- Produção média das massas verde e seca por planta em função do intervalo entre irrigações com lâmina fixa de esgoto doméstico tratado.....	66
Figura 7- Percentuais de MS/MV da palma forrageira em função do intervalo entre irrigações com lâmina fixa de esgoto doméstico tratado.....	68



## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
ANA	Agência Nacional de Águas
C/N	Carbono/ nitrogênio
CAM	Metabolismo ácido crassuláceo
CAPES	Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior
CNPq	Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico
CNRH	Conselho Nacional de Recursos Hídricos
COEMA	Conselho Estadual do Meio Ambiente
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DASC	Dias Após o Segundo Corte
DBO	Demanda Bioquímica de Oxigênio
DQO	Demanda Química de Oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMPARN	Empresa de Pesquisa Agropecuária do Rio Grande do Norte
ETE	Estação de Tratamento de Esgoto
ETo	Evapotranspiração de referência
FAPERN	Fundação de Apoio a Pesquisa do Rio Grande do Norte
IBGE	Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística
INCT-Sal	Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em Salinidade
LACAM	Laboratório de Catálise, Ambientes e Materiais da UERN
LASAP	Laboratório de Análise de Solo Água e Planta
MDA	Ministério do Desenvolvimento Agrário
MMA	Ministério do Meio Ambiente
MO	Matéria Orgânica
MS	Massa seca
MV	Massa verde
OMS	Organização Mundial de Saúde
PROCAD	Programa Nacional de Cooperação Acadêmica
T	Temperatura
UERN	Universidade Estadual do Rio Grande do Norte
UFERSA	Universidade Federal Rural do Semiárido





UFRN	Universidade Federal do Rio Grande do Norte
UR	Umidade Relativa
CTC	Capacidade de troca catiônica
SB	Soma de Bases
PST	Porcentagem de Sódio Trocável
V	Saturação por bases
CE	Condutividade Elétrica
N	Nitrogênio
P	Fósforo
K	Potássio
Ca	Cálcio
Mg	Magnésio
Mn	Manganês
Cu	Cobre
Fe	Ferro
Zn	Zinco
Ni	Níquel
Cd	Cádmio
Pb	Chumbo
AP	Altura de planta
CC	Comprimento do cladódio
LC	Largura do cladódio
NCP	Número de cladódio primário
NCS	Número de cladódio secundário
EC	Espessura do cladódio
PC	Perímetro do cladódio

## LISTA DE SÍMBOLOS

%	Porcentagem
cm	Centímetro
CO <sub>2</sub>	Dióxido de carbono
dm <sup>-3</sup>	Decímetro cúbico
Há	Hectare
Kg	Quilograma
M	Metro
Mg	Mega grama
mm	Milímetro
°C	Graus Celcius
pH	Potencial Hidrogeniônico
L	Litros
mg	Miligrama
g	Gramma

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	15
<b>2 OBJETIVOS</b> .....	17
<b>2.1 Objetivo geral</b> .....	17
<b>2.2 Objetivos específicos</b> .....	17
<b>3 REVISÃO DE LITERATURA</b> .....	18
<b>3.1 A crise hídrica</b> .....	18
<b>3.2 Importância do reuso da água na agricultura</b> .....	19
<b>3.3 Histórico sobre o reuso da água</b> .....	21
<b>3.4 Legislação sobre reuso da água</b> .....	22
3.4.1 Tipos de reuso da água.....	26
3.4.2 Tratamento de esgoto e padrões de qualidade para uso agrícola.....	28
<b>3.5 A palma forrageira e a pecuária no nordeste brasileiro</b> .....	34
<b>4 MATERIAL E MÉTODOS</b> .....	38
<b>4.1 Localização e dados climáticos da área do experimento</b> .....	38
<b>4.2 Estação de tratamento de esgoto do assentamento</b> .....	39
<b>4.3 Implantação da palma forrageira</b> .....	39
<b>4.4 Sistema de irrigação utilizado</b> .....	40
<b>4.5 Delineamento experimental e tratamentos</b> .....	41
<b>4.6 Preparação da área e condução da cultura</b> .....	43
<b>4.7 Coletas das amostras de solo, do efluente e das plantas</b> .....	43
<b>5. RESULTADOS E DISCUSSÃO</b> .....	46
<b>5.1 Análises química e biológica do efluente</b> .....	46
<b>5.2 Análise dos atributos químicos do solo</b> .....	50
<b>5.3 Nutrientes presentes nas plantas após 234 dias do segundo corte da palma forrageira</b> .....	53
5.3.1 Teor de Nitrogênio (N) presente na planta.....	54
5.3.2 teor do fósforo (P) presente na planta.....	55
5.3.3 Teor de potássio (K <sup>+</sup> ) presente na planta.....	55
5.3.4 Teor de cálcio (Ca <sup>+2</sup> ) presente na planta.....	56
5.3.5 Teor de magnésio (Mg <sup>+2</sup> ) presente na planta.....	57
5.3.6 Teor de sódio (Na <sup>+1</sup> ) presente na planta.....	58
5.3.7 Teor de ferro (Fe <sup>+3</sup> ) presente na planta.....	58



5.3.8 Teor de manganês ( $Mn^{+2}$ ) presente na planta.....	59
5.3.9 Teor de zinco ( $Zn^{+2}$ ) presente na planta.....	59
5.3.10 Teor de cobre (Cu) presente na planta.....	60
5.3.11 Teores de níquel (Ni), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) presentes na planta.....	60
<b>5.4 Características morfológicas da palma forrageira orelha de elefante.....</b>	<b>61</b>
5.4.1 Número de cladódio primário – NCP.....	62
5.4.2 Número de cladódio secundário – NCS.....	62
5.4.3 Altura de planta – AP.....	63
5.4.4 Comprimento do cladódio – CC.....	63
5.4.5 Largura do cladódio – LC.....	63
5.4.6 Espessura do cladódio – EC.....	64
5.4.7 Perímetro do cladódio – PC.....	65
<b>5.5 Produções de massa verde e massa seca da palma forrageira.....</b>	<b>65</b>
<b>6. CONCLUSÕES.....</b>	<b>69</b>
<b>7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>70</b>
<b>8. APÊNDICE.....</b>	<b>78</b>

## RESUMO

Devido à limitada oferta de água para a agricultura no semiárido nordestino é necessário utilizar tecnologias de aproveitamento dos recursos hídricos mais eficientes e apropriadas, como o reuso das águas para irrigação e o cultivo de plantas que produzam em situações de pouca oferta hídrica, a exemplo da palma forrageira. Nesse contexto, objetivou-se verificar o desempenho da palma forrageira orelha-de-elefante (*Opuntia sp*) sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado no seu segundo ciclo. O experimento foi realizado no Assentamento Milagre, município de Apodi/RN, no período de junho/2016 a fevereiro/2017. Foram estudados cinco tratamentos, sendo quatro frequências de irrigação (2,3; 7; 14 e 21 dias), para aplicar uma lâmina de 3,5 mm de efluente, e a testemunha, sem irrigação. Utilizou-se o delineamento de blocos casualizados com quatro repetições. A água de esgoto doméstico após passar pelo tratamento preliminar-primário apresentou características químicas e biológicas aceitáveis para a fertirrigação nas condições utilizadas no cultivo da palma. Após 234 dias do corte realizado na palma, foram feitas medições das características morfométricas: altura de planta, comprimento, largura, perímetro, espessura e número de cladódios primário e secundário. As plantas dos tratamentos irrigados com o efluente apresentaram resultados estatisticamente superiores as cultivadas sem irrigação nas características: número de cladódios secundários, altura de plantas, comprimento e perímetro dos cladódios. As características químicas do solo na camada de 0-20 cm após 234 dias de fertirrigação com o efluente apresentaram condições favoráveis à continuação do cultivo da palma. Os tratamentos submetidos às maiores frequências de irrigação apresentaram uma pequena tendência à acidificação e um pequeno aumento da CE. O PST ficou no nível normal para a maioria dos tratamentos e apenas a fertirrigação de 2,3 dias apresentou nível solódico. Os níveis de SB, CTC, V, K, Ca, Mg e P apresentaram pequenas variações entre os tratamentos, com classificação de médio, bom e muito bom. A extração/exportação dos nutrientes N, P, Na, Fe e Zn não apresentou diferença significativa entre os tratamentos, ocorrendo diferença significativa na extração/exportação do Ca, Mg, K, Cu e Mn. As quantidades de massa verde e seca foram maiores nos tratamentos fertirrigados, aumentando seus valores à medida que intensificava-se a frequência de irrigação. O tratamento do esgoto doméstico feito pela ETE foi eficiente, favorecendo a fertirrigação da palma forrageira.

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

## ABSTRACT

Due to the limited supply of water for agriculture in the northeastern semi-arid region, it is necessary to use more efficient and appropriate technologies for the use of water resources, such as the reuse of water for irrigation and the cultivation of plants that produce in situations of low water supply, forage palm. In this context, it was verified the performance of elephant ear palm (*Opuntia* sp) under complementary irrigation with domestic sewage treated in its second cycle. The experiment was carried out in the settlement Miracle, Apodi / RN, from June / 2016 to February / 2017. Five treatments, four irrigation frequencies (2.3, 7, 14 and 21 days) were used to apply a 3.5 mm effluent blade, and the control, without irrigation. A randomized complete block design with four replicates was used. Domestic sewage water after primary-primary treatment presented acceptable chemical and biological characteristics for fertigation under the conditions used in palm cultivation. After 234 days of the palm cut, measurements were made of the morphometric characteristics: plant height, length, width, perimeter, thickness and number of primary and secondary cladodes. The plants of the treatments irrigated with the effluent presented statistically superior results those cultivated without irrigation in the characteristics: number of secondary cladodes, height of plants, length and perimeter of the cladodes. The chemical characteristics of the soil in the 0-20 cm layer after 234 days of fertirrigation with the effluent presented favorable conditions for the continued cultivation of the palm. The treatments submitted to the highest irrigation frequencies showed a slight tendency to acidification and a small increase in EC. The PST remained at the normal level for most treatments and only the 2.3 day fertirrigation presented solubic level. The levels of SB, CTC, V, K, Ca, Mg and P showed small variations among the treatments, with average, good and very good. Extraction / export of N, P, Na, Fe and Zn nutrients showed no significant difference between treatments, with significant difference in Ca / Mg, K, Cu and Mn extraction / export. The amounts of green and dry mass were higher in the fertigation treatments, increasing their values as the frequency of irrigation intensified. The treatment of domestic sewage by TEE was efficient, favoring the fertirrigation of the forage palm.

Key words: Irrigation, forage, *Opuntia* sp., Water reuse

## 1 INTRODUÇÃO

Somente quem sofre as consequências da falta de água, seja nos usos domésticos ou noutras necessidades humanas, é que realmente entende a importância da água no cotidiano das pessoas e os danos que sua escassez pode provocar às atividades produtivas. O crescimento populacional, o uso predatório dos recursos naturais e as mudanças climáticas provocadas pelo efeito estufa, vêm provocando uma crise ambiental em todo o planeta, principalmente em relação à escassez de água. A disponibilidade de água para irrigação está cada vez mais limitada, a ponto de ser proibida a utilização da água dos grandes reservatórios para fins agrícolas em várias áreas do nordeste brasileiro, como é o caso da região do Seridó e do Vale do Açu, ambas no estado do Rio Grande do Norte, que enfrentam, atualmente, a maior crise hídrica das últimas décadas.

Diante da escassez e de problemas relacionados à qualidade da água que afetam várias regiões do Brasil e do mundo, a reutilização da água para vários fins, inclusive para irrigação, que responde por 70% do consumo da água doce no mundo, torna-se uma alternativa com grande potencial de racionalização desse bem natural. Considerando a grande demanda hídrica exigida pela irrigação, o reuso planejado das águas pode ser uma importante alternativa para o suprimento dessa demanda, especialmente para as economias nas quais a agricultura tem grande importância, como também, para as regiões áridas e semiáridas do planeta (POLLICE et al., 2003).

Tendo em vista a pequena quantidade de água requerida pela palma e a limitada disponibilidade de recursos hídricos para irrigação no nordeste brasileiro, torna-se importante buscar fontes alternativas para obtenção de água, como poços de baixa vazão, poços de água salobra, açudes, cisternas, etc. Essas fontes além de mitigar a crise de abastecimento de água, podem servir para irrigar a palma que as vezes necessita de uma complementação hídrica para desenvolver seu potencial produtivo quando cultivada em áreas mais secas do semiárido brasileiro. Outra alternativa muito importante para a manutenção da palma forrageira nas áreas de maior secura, é a utilização do esgoto doméstico tratado na fertirrigação, pois com o fornecimento de um pequeno volume do efluente pode-se evitar a desidratação das plantas e garantir produções satisfatórias.

No caso das microrregiões do Seridó e Sertão Central do estado do Rio Grande do Norte, onde as condições climáticas não permitem o bom desempenho da palma cultivada em sequeiro devido à baixa umidade do ar, as altas temperaturas noturnas e a elevada evapotranspiração no período seco, o aproveitamento das fontes hídricas alternativas pode

diminuir essas adversidades e proporcionar o desenvolvimento satisfatório da palma, aplicando-se pequenas lâminas de água através da irrigação localizada (LIMA et al., 2015).

Muitos produtores rurais do semiárido do Rio Grande do Norte, assim como dos outros estados do nordeste brasileiro, veem na pecuária a possibilidade de obtenção de renda melhor que na agricultura. Por isso insistem em manter seus rebanhos, mesmo enfrentando as dificuldades provocadas pelo clima e pelas limitações de produção de pastagens. Diante dessa realidade a palma forrageira surge como uma alternativa importante por ser uma cactácea que se adapta bem a semiaridez e apresenta grande potencial de produção de biomassa e de alimentos necessários à nutrição dos rebanhos. Mas, como a palma não se desenvolve bem quando cultivada em sequeiro na maior parte do semiárido do RN, é necessário fazer uso da irrigação. Para isso pode-se aplicar pequena quantidade de água utilizando as fontes alternativas e equipamentos de baixo custo. Portanto, mesmo com pouca disponibilidade de recursos hídricos, os produtores rurais podem atender as necessidades hídricas da palma, planejando seus plantios de acordo com a demanda dos seus rebanhos.

A palma forrageira possui características que a tornam importante para a pecuária nordestina, com rusticidade e a fácil aceitação por parte do gado. Além de resistente à seca, possui elevada eficiência no consumo de água, destacando-se por seu alto valor energético, com 63 % de nutrientes digestíveis totais. É um alimento com alto teor de água, rico em carboidratos não fibrosos, embora possua baixos teores de proteína bruta. Essas características permitem que a palma supere o milho na produção de energia, tornando possível sua associação com alimentos de baixo custo, possibilitando uma produção de leite em níveis bastante próximos aos obtidos com alimentos de maior valor comercial. É a cactácea com maior potencial de exploração no Nordeste brasileiro, constituindo-se em importante recurso forrageiro nos períodos de estiagens devido ao seu elevado potencial de produção de fitomassa nas condições ambientais do semiárido e por ser amplamente incorporada ao processo produtivo da região. (MELO et al., 2003 e FERREIRA, 2005).

A palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) apresenta altas produções de matéria seca por unidade de área, superando os cactos nativos, que mesmo se constituindo em reservas forrageiras estratégicas em épocas de estiagens prolongadas, possuem baixa produtividade. Por essa razão a palma vem se consolidando como a base da alimentação dos rebanhos. Entretanto, por ser uma planta que necessita de complementação hídrica para produzir bem no semiárido nordestino, é necessário definir qual a quantidade mínima de água deve ser repostada à palma para que a mesma possa apresentar melhores resultados.



## **2 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GERAL:**

Verificar o desempenho da palma forrageira – orelha de elefante (*Opuntia sp*) no seu segundo ciclo e sob irrigação complementar com esgoto doméstico tratado nas condições do semiárido.

### **2.2 OBJETIVO ESPECÍFICOS:**

Avaliar as diferentes frequências de irrigação com lâmina fixa no desempenho produtivo da palma forrageira em comparação ao cultivo de sequeiro.

Mensurar o crescimento da palma forrageira, considerando suas características morfológicas e a produção de biomassa, após a fertirrigação com água de esgoto doméstico tratada;

Avaliar a qualidade físico-química e biológica do esgoto doméstico depois de passar pelo processo de tratamento do sistema decanto-digestor com filtros anaeróbicos;

Avaliar os efeitos da aplicação da água residuária doméstica tratada nas características químicas do solo e na nutrição da palma forrageira.

### **3.REVISÃO DE LITERATURA**

#### **3.1 A CRISE HÍDRICA**

O consumo de água no mundo entre 1950 e 1995 aumentou mais de 6 vezes – mais que o dobro da taxa de crescimento da população, e continua a crescer com a elevação de consumo em alguns setores produtivos, especialmente o agrícola, seguido pela indústria e pelos usos domésticos (MATTOS, 2003).

No mundo cerca de 75% dos que vivem nas áreas rurais não tem acesso a água potável e saneamento. Sete em cada dez pessoas sem acesso ao saneamento básico e oito em cada dez pessoas sem acesso a fontes de água potável, vivem em áreas rurais (WORLD HEALTH ORGANIZATION, 2006).

As águas do planeta terra estão distribuídas de maneira que 97,2% são águas salgadas dos oceanos e 2,8 % são de água doce, das quais apenas 1% está disponível para consumo humano. (VICTORINO, 2007). O Brasil possui cerca de 12% da água doce do planeta sendo que 74 % está na bacia hidrográfica amazônica, região habitada por 5 % dos brasileiros (BRASIL, 2007).

A realidade do semiárido brasileiro é bastante diferente da região amazônica no que se refere aos recursos hídricos e ao contingente populacional, pois além do semiárido ter uma quantidade de água consideravelmente menor, tem uma população cerca de três vezes maior. De acordo com IBGE (2010), no semiárido vivem o equivalente a 42,57% da população do nordeste e 11,85% da população nacional, dos quais 8,595 milhões vivem no meio rural, representando 4,51% da população nacional. Dentro deste contexto encontra-se o estado do Rio Grande do Norte, que tem 93,4% do seu território inserido no semiárido.

O semiárido brasileiro, de modo geral, não tem grande disponibilidade de água, apresentando índices pluviométricos baixos, com média anual inferior a 800 milímetros, dificultando a irrigação com água de boa qualidade. Por isso é necessário buscar fontes alternativas para esta atividade, bem como preservar os recursos hídricos disponíveis. É, inclusive, o que recomenda a Organização das Nações Unidas, de que não se deve utilizar água de boa qualidade para usos que toleram águas de qualidade inferior. É o caso da prática da irrigação na região semiárida, que deve fazer uso das águas residuárias para complementar as necessidades hídricas das culturas no período de maior escassez de água.

De acordo com Freire Segundo (2014), Seja em termos quantitativos ou qualitativos, a escassez de água já é realidade em muitos lugares do planeta. O relatório de desenvolvimento humano (UNDP, 2006) informa que aproximadamente 2,6 bilhões de

pessoas no mundo moram em domicílios sem esgoto e cerca de 1,1 bilhões de pessoas não têm acesso à água potável. Em muitos países, principalmente aqueles em desenvolvimento, esse problema está relacionado com a maior parte das mortes e enfermidades. Além disso, a falta de acesso à água potável e saneamento mata uma criança a cada 19 segundos em decorrência da diarreia.

Segundo Sousa (2009), a escassez dos recursos hídricos é um fato atual e crescente, pois está ligada a questões ambientais e as atividades de urbanização, desmatamento, agricultura, pecuária e indústria, promovendo todo tipo de contaminação. O desenvolvimento agrícola depende da disponibilidade de água e de seu uso adequado, constituindo-se em um desafio relevante para as áreas com escassez desse recurso, onde as pressões são maiores devido à baixa oferta de água. Por esta razão muitos estudos são realizados, como administração das bacias hidrográficas locais, aumento no tratamento de esgotos sanitários provenientes de centros urbanos e adaptação do reuso de esgotos tratados para diversas atividades, entre as quais: irrigação, piscicultura, recreação, paisagismo e uso industrial (SOUZA, 2006).

### 3.2 IMPORTÂNCIA DO REUSO DA ÁGUA NA AGRICULTURA

A temática do uso da água na agricultura deve despertar grande interesse entre aquelas pessoas que estão direta e indiretamente envolvidas nesta atividade, já que é a maior consumidora mundial dos recursos hídricos. E se tratando de regiões como o semiárido brasileiro, onde as perdas de água por evapotranspiração são maiores que a precipitação pluvial, levando à ocorrência de déficit hídrico, o consumo de água pela agricultura deve ser do interesse da sociedade como um todo, uma vez que pode haver competição com outros setores que também necessitam enormemente dos recursos hídricos, como o de geração de energia, o industrial, o consumo doméstico, entre outros (BEZERRA SÁ & SILVA, 2010).

Outra importante situação que compete às entidades gestoras de recursos hídricos está associada ao balanço entre oferta e demanda de água para o atendimento das necessidades crescentes da agricultura irrigada. Neste contexto, inserem-se as águas residuárias tratadas, que quando lançadas em determinado corpo d'água ou mesmo infiltradas no solo, sofrem naturalmente diluição e aeração, podendo ser novamente captadas, tratadas e reutilizadas como água potável, pois a água é uma fonte renovável, tanto do ponto de vista qualitativo como quantitativo. Para isso é preciso que haja

planejamento e gerenciamento criterioso para tornar o ciclo da água sustentável (SOUZA et al., 2001).

Segundo Metcalf & Eddy, (2003), a Organização Mundial da Saúde assegura que o tratamento primário de esgotos domésticos já é suficiente para torná-los adequados à irrigação de culturas de consumo indireto. No entanto, recomendam-se tratamentos secundário e terciário quando estas águas forem utilizadas na irrigação das culturas para consumo direto. A utilização de águas de qualidade inferior na irrigação; como as de esgoto doméstico, de drenagem agrícola e águas salinas, deve ser considerada como alternativas de uso. São práticas antigas e mundialmente conhecidas. De acordo com Associação Brasileira de Normas Técnicas (1986), a prática de reuso de águas no Brasil, principalmente na irrigação, está sendo bastante difundida, embora seja um procedimento não constitucionalizado e vem se desenvolvendo sem nenhuma forma de planejamento ou controle.

O reuso das águas para fins de irrigação é uma alternativa viável para o suprimento das necessidades hídricas e em grande parte nutricionais das plantas, sendo amplamente estudada e recomendada por muitos pesquisadores (HESPANHOL, 2003).

Os benefícios do reuso da água na agricultura estão relacionados às questões ambientais, econômicas e de saúde. A alternativa do uso de esgotos domésticos tratados na irrigação de culturas aumentou significativamente nas últimas duas décadas em função da escassez de água para irrigação, do aperfeiçoamento das técnicas de tratamento e do uso agrícola, do elevado custo de fertilizantes e das técnicas de tratamento dos esgotos antes de lançá-los nos corpos hídricos. Outros fatores que contribuíram para o emprego dessa alternativa foram a aceitação sócio-cultural da prática do reuso de esgotos na agricultura e o reconhecimento da sua importância por parte dos órgãos gestores dos recursos hídricos (HESPANHOL, 2008; SOUZA & LEITE, 2008). Os mesmos autores relatam que a utilização de esgoto doméstico tratado na região semiárida do Brasil diminui a poluição dos mananciais e adiciona matéria orgânica, nitrogênio e outros nutrientes ao solo, proporcionando economia com fertilizantes. Pode, ainda, ser uma fonte alternativa de água nos períodos de estiagens prolongadas, assegurando e incrementando a produção agrícola e contribuindo com a permanência do homem no campo, especialmente o agricultor familiar.

O rendimento anual de algumas culturas fertirrigadas com águas residuárias apresentou melhor resultado quando comparadas às culturas irrigadas com água limpa e fertilizadas com adubos químicos (SHENDE, 1985). Neste sentido, a utilização de esgoto

doméstico tratado pode ser uma estratégia interessante para a produção da palma forrageira no semiárido.

Apesar do uso de águas residuárias na agricultura está em crescente valorização é necessário que se tenha uma atenção criteriosa em relação à quantidade de nutrientes requeridos pelas plantas e a quantidade de nutrientes fornecidos via fertirrigação. Esse cuidado, além de proporcionar melhor rendimento às culturas, poderá evitar eventuais prejuízos ao ambiente, como a acumulação de sais no solo e a lixiviação de nutrientes para os lençóis freáticos (LÉON SUEMATSU & CAVALLINI, 1999).

Portanto, o uso agrícola de águas residuárias domésticas deve ser feito por meio de um bom controle, pois não se deve esquecer que as condições sanitárias deste resíduo podem conter microrganismos patogênicos prejudiciais ao homem, aos animais e ao meio ambiente, mesmo que suas características químicas sejam consideravelmente favoráveis à reutilização (HESPANHOL, 2009).

### 3.3 HISTÓRICO SOBRE O REUSO DA ÁGUA

A história do reuso das águas, segundo Liebmann & Meure (1979), foi constatada pelas construções dos sistemas de esgotamento dos palácios e das cidades antigas da Civilização Minóica, na Ilha de Creta, na Grécia Antiga, de 3000 a 1200 a.C. Os chineses já dominavam técnica de gestão de água, realizando obras para aumentar sua disponibilidade, cinco séculos antes da era cristã. Aproveitavam os dejetos dos animais e humanos para fertilizar o solo (BENETTI, 2006).

Na cidade do México, a partir de 1890, os esgotos não tratados eram conduzidos por canais para fazer irrigação próxima das cidades. Com o surgimento do sistema de esgoto sanitário no século IX, as águas residuárias foram utilizadas nas “fazendas de esgotos” e, a partir de 1900, estas fazendas se disseminaram na Europa e Estados Unidos. No México a prática se estende até hoje, onde os esgotos brutos das cidades são conduzidos por canais para irrigar cerca de 90.000 ha de solo árido (METCALF& EDDY, 2003).

Alguns países são exemplos de reuso de água como a Índia, onde a irrigação é o principal método de disposição de esgotos no país, tendo à primeira “fazenda de esgotos” estabelecida em 1895. Existem na Índia 132 projetos de irrigação com esgotos sanitários e muitos outros com efluentes de agroindústrias. Na Alemanha, cerca de 3% dos esgotos sanitários gerados são utilizados para irrigação (SHUVAL, 1987).

Ainda de acordo com Shuval (1987) Israel faz uso extensivo da irrigação com esgotos tratados. Em comunidades de até 40.000 habitantes, o método mais usado de tratamento é a sequência de lagoas anaeróbias e facultativas ou facultativas seguidas por lagoas de maturação. O efluente é aproveitado próximo à comunidade que o gerou. Na zona costeira central de Israel onde há maior densidade populacional, um conduto central coleta e conduz efluentes de tratamento secundário para o sul do país, na região de Negev, onde se irriga uma extensa área. Os esgotos das cidades de Haifa e Jerusalém, após passarem por tratamento com sistemas de lodos ativados, são conduzidos a projetos de irrigação no Vale Ezraelon e Gaza.

Nos Estados Unidos, o estado da Califórnia vem usando efluente tratado de esgotos desde o início do século XX. Em 1935, efluentes de 32 municípios irrigavam plantações com esgotos tratados, sendo que este número elevou-se para 153 em 1977. Na África do Sul a irrigação com efluentes sanitários é prática comum no país, com 25% dos esgotos tratados das cidades utilizados na agricultura. Em algumas cidades, esta proporção atinge 100%. A cidade de Johannesburg usa esgotos para irrigação desde 1914 e é proprietária de fazendas para pecuária e agricultura com o objetivo de disposição de esgotos (SHUVAL, 1987).

No Brasil não existe registro oficial de projetos de reuso de esgotos na irrigação, embora ele ocorra de maneira incontrolada. Segundo a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), no Brasil a prática do reuso de esgotos, principalmente para a irrigação de hortaliças e forrageiras, é, de certa forma, difundida. Entretanto, constitui-se procedimento não institucionalizado e se desenvolve, até agora, sem nenhuma forma de planejamento ou controle (REGO et al., 2005).

### 3.4 LEGISLAÇÃO SOBRE REUSO DA ÁGUA

As legislações sobre reuso de água na agricultura foram elaboradas, tanto por instituições internacionais que tratam das questões relacionadas à preservação das fontes de água doce potável no mundo, como por países que tiveram o cuidado de usar de maneira mais eficiente seus recursos hídricos. Desta forma, foram estabelecidas pela Organização Mundial de Saúde (OMS), em 1989, as diretrizes para o uso de esgotos na agricultura e aquicultura, o valor numérico de 1.000 coliformes fecais por 100 mL (média geométrica durante o período de irrigação), para irrigação irrestrita de culturas ingeridas cruas, campos esportivos e parques públicos. Entretanto, para gramados com os quais o

público tenha contato direto deve ser adotado o valor numérico de 200 coliformes fecais por 100 mL.

A Resolução CONAMA nº 20 de 18 de junho de 1986, apresentou nove classes de corpos hídricos de acordo com os usos preponderantes da água no país, como forma de minimizar a poluição e contaminação desses corpos hídricos, estabelecendo a seguinte classificação das águas doces, salobras e salinas do Território Nacional:

#### Águas doces

I - Classe Especial - águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico sem prévia ou com simples desinfecção b) à preservação do equilíbrio natural das comunidades aquáticas.

II - Classe I - águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico após tratamento simplificado; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (natação, esqui aquático e mergulho). d) à irrigação de hortaliças que são consumidas cruas e de frutas que se desenvolvam rentes ao solo e que sejam ingeridas cruas sem remoção de películas. e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécie destinadas à alimentação humana.

III - Classe 2 - águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à recreação de contato primário (esqui aquático, natação e mergulho); d) à irrigação de hortaliças e plantas frutíferas; e) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécie destinadas à alimentação humana.

IV - Classe 3 - águas destinadas: a) ao abastecimento doméstico, após tratamento convencional; b) à irrigação de culturas arbóreas, cerealíferas e forrageiras; c) à dessedentação de animais.

V - Classe 4 - águas destinadas: a) à navegação b) à harmonia paisagística; c) aos usos menos exigentes.

#### Águas salinas

VI - Classe 5 - águas destinadas: a) à recreação de contato primário; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécie destinadas à alimentação humana.

VII - Classe 6 - águas destinadas: a) à navegação comercial; b) à harmonia paisagista; c) à recreação de contato secundário.

## Águas salobras

VIII - Classe 7 - águas destinadas: a) à recreação de contato primário; b) à proteção das comunidades aquáticas; c) à criação natural e/ou intensiva (aquicultura) de espécie destinadas à alimentação humana.

IX - Classe 8 - águas destinadas: a) à navegação comercial; b) à harmonia paisagística; c) à recreação de contato secundário.

A NBR 13.969-97 (ABNT, 1997) prevê o reuso de água de origem essencialmente doméstica e tratada, para fins nos quais a água não precisa ser necessariamente potável, mas sanitariamente seguro, como a irrigação dos jardins, lavagem de pisos e dos veículos automotivos, na descarga de vasos sanitários, na manutenção paisagística dos lagos e canais com água, na irrigação dos campos agrícolas, pastagens entre outros. Afirma ainda que não deve ser permitido o uso, mesmo desinfetado, para irrigação das hortaliças e frutas de ramos rastejantes (como melão e melancia).

Admite-se seu reuso para plantações de milho, arroz, trigo, café e outras árvores frutíferas, via escoamento no solo, tomando-se o cuidado de interromper a irrigação pelo menos 10 dias antes da colheita. Nesta norma, a água a ser usada na irrigação de jardins, deverá apresentar: turbidez inferior a 5 UNT, coliforme fecal inferior a 500 NMP por 100 mL e cloro residual superior a 0,5 mg L<sup>-1</sup>. A Associação Brasileira de Normas Técnicas – ABNT, confirmou em 28 de janeiro 2008 a NBR 13.969-97, após uma análise sistemática.

Em 5 de janeiro de 2007 foi sancionada a lei 11.445 que estabeleceu a universalização dos serviços de abastecimento de água, rede de esgoto e drenagem de águas pluviais, além da coleta de lixo. Esta lei preencheu uma lacuna na legislação específica para o setor, estabelecendo as diretrizes para a Política Nacional de Saneamento Básico. É definida como o marco regulatório do saneamento básico no Brasil (BRASIL, 2007). Mesmo que a política Nacional de Recursos Hídricos tenha o cuidado de assegurar à atual e as futuras gerações a disponibilidade de água necessária à demanda da população com qualidade adequada, a legislação sobre o reuso de água para fins não potáveis no Brasil ainda é insuficiente.

Em 13 de maio de 2011 foi instituída a Resolução CONAMA nº 430, que estabeleceu as condições e padrões de lançamento de efluentes tratados em corpos hídricos, alterando a Resolução nº 357 de 2005 (BRASIL, 2011). Nessa resolução destacam-se os padrões para lançamento em corpos hídricos de efluentes oriundos de sistemas de tratamento de esgotos sanitários:



- pH entre 5 e 9;
- temperatura: inferior a 40°C, sendo que a variação de temperatura do corpo receptor não deverá exceder a 3°C no limite da zona de mistura;
- materiais sedimentáveis: até 1 mL/ L em teste de 1 hora em cone Imhoff. Para o lançamento em lagos e lagoas, cuja velocidade de circulação seja praticamente nula, os materiais sedimentáveis deverão estar virtualmente ausentes;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO): 5 dias, 20° C: máximo de 120 mg/L , sendo que este limite somente poderá ser ultrapassado no caso de efluente de sistema de tratamento com eficiência de remoção mínima de 60% de DBO, ou mediante estudo de autodepuração do corpo hídrico que comprove atendimento às metas do enquadramento do corpo receptor;
- substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L; e
- ausência de materiais flutuantes.

O estado do Ceará através da Resolução COEMA N° 2 de 2/2/2017, dispõe sobre padrões e condições para lançamento de efluentes líquidos gerados por fontes poluidoras. Nesta Resolução, o Art. 12 diz que os efluentes sanitários, somente poderão ser lançados diretamente no corpo hídrico desde que obedeçam, resguardadas outras exigências cabíveis, as seguintes condições e padrões específicos:

- I - pH entre 5 e 9;
- II - temperatura: inferior a 40°C;
- III - materiais sedimentáveis: até 1 mL/L em teste de 1 hora em cone Imhoff;
- IV - Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO 5 dias, 20°C: até 120 mg/L;
  - a) Para os casos de lagoa de estabilização, nas análises de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO5) a amostra deverá ser filtrada em filtro de fibra de vidro e poro com Ø 0,7 a 1,0 µm;
- V - substâncias solúveis em hexano (óleos e graxas) até 100 mg/L;
- VI - ausência de materiais flutuantes;
- VII - sulfeto: até 1 mg/L;
- VIII - NMP de coliformes termo tolerantes: até 5000 CT/100ml;
- IX - sólidos suspensos totais, da seguinte forma:
  - a) até 150 mg/L para lagoas de estabilização;
  - b) até 100 mg/L, para as demais tecnologias.

Parágrafo único. Poderão ser exigidos aos sistemas de tratamento de esgotos sanitários outros parâmetros, relacionados no Anexo I, em função das características locais, a critério do órgão ambiental competente.

No Art. 39, a Resolução menciona que o reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais deverá obedecer aos seguintes parâmetros específicos:

I - Coliformes termotolerantes, da seguinte forma:

a) Culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação: Não Detectado - ND

b) as demais culturas até 1000 CT/100 mL.

II - Ovos de geohelmintos, da seguinte forma:

a) Culturas a serem consumidas cruas cuja parte consumida tenha contato direto com a água de irrigação: Não Detectado - ND

b) as demais culturas: até 1 ovo geohelmintos/L de amostra

III - Condutividade elétrica: até 3000  $\mu\text{S}/\text{cm}$

IV - pH entre 6,0 e 8,5

V - Razão de Adsorção de Sódio - RAS:  $(15 \text{ mmolcL}^{-1})^{1/2}$

### **3.4.1 Tipos de reúso da água**

O reaproveitamento ou reúso da água é o processo pelo qual a água, tratada ou não, é reutilizada para o mesmo ou outros fins menos nobres, tais como lavagem de vias e pátios industriais, irrigação de jardins e pomares, nas descargas dos banheiros etc.. Essa reutilização pode ser direta ou indireta, decorrente de ações planejadas ou não. Vale ressaltar que se deve considerar o reúso de água como parte de uma atividade mais abrangente que é o uso racional ou eficiente da água, o qual compreende também o controle de perdas e desperdícios, e a minimização da produção de efluentes e do consumo de água.

Segundo a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005, do Conselho Nacional de Recursos Hídricos - CNRH, o reúso de água constitui-se em prática de racionalização e de conservação de recursos hídricos, conforme princípios estabelecidos na Agenda 21, podendo tal prática ser utilizada como instrumento para regular a oferta e a demanda de recursos hídricos. O reúso de água reduz a descarga de poluentes em corpos receptores, conservando os recursos hídricos para o abastecimento público e outros usos mais exigentes quanto à qualidade e reduz os custos associados à poluição e contribui para a

proteção do meio ambiente e da saúde pública. O Conselho estabeleceu modalidades, diretrizes e critérios gerais que regulam e estimulam a prática de reuso direto não potável de água em todo território nacional, dispondo das seguintes definições:

- I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratados ou não;
- II - reuso de água: utilização de água residuária;
- III - água de reuso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;
- IV - reuso direto de água: uso planejado de água de reúso, conduzida ao local de utilização, sem lançamento ou diluição prévia em corpos hídricos superficiais ou subterrâneos;
- V - produtor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reuso;
- VI - distribuidor de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reuso; e
- VII - usuário de água de reuso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reuso.

O reuso direto não potável de água, para efeito desta Resolução, abrange as seguintes modalidades:

- I - reuso para fins urbanos: utilização de água de reuso para fins de irrigação paisagística, lavagem de logradouros públicos e veículos, desobstrução de tubulações, construção civil, edificações, combate a incêndio, dentro da área urbana;
- II - reuso para fins agrícolas e florestais: aplicação de água de reuso para produção agrícola e cultivo de florestas plantadas;
- III - reuso para fins ambientais: utilização de água de reuso para implantação de projetos de recuperação do meio ambiente;
- IV - reuso para fins industriais: utilização de água de reuso em processos, atividades e operações industriais; e
- V - reuso na aquicultura: utilização de água de reúso para a criação de animais ou cultivo de vegetais aquáticos.

De acordo com a Organização Mundial da Saúde, WHO (1973), o reuso da água pode ser indireto não planejado, indireto planejado e direto planejado, com as seguintes definições:

Reuso indireto não planejado da água: ocorre quando a água, utilizada em alguma atividade humana, é descarregada no meio ambiente e novamente utilizada a jusante, em sua forma diluída, de maneira não intencional e não controlada. Percorrendo até o ponto de captação para o novo usuário, estará sujeita às ações naturais do ciclo hidrológico (diluição, autodepuração, etc.).

Reuso indireto planejado da água: pressupõe que exista também um controle sobre as eventuais novas descargas de efluentes no caminho, garantindo assim que o efluente tratado estará sujeito apenas a misturas com outros efluentes que também atendam ao requisito de qualidade do reuso objetivado.

Reuso direto planejado da água: ocorre quando os efluentes, depois de tratados, são encaminhados diretamente de seu ponto de descarga até o local do reuso, não sendo descarregados no meio ambiente. É o caso com maior ocorrência, destinando-se a uso em indústria ou irrigação.

### **3.4.2 Tratamento de esgoto e padrões de qualidade para uso agrícola**

O esgoto sanitário, segundo norma brasileira NBR 9.648 (ABNT, 1986), é o despejo líquido constituído de esgoto doméstico e industrial, água de infiltração e a contribuição pluvial parasitária. Esgoto doméstico é o despejo líquido resultante do uso da água para higiene e necessidades fisiológicas humanas. Ainda pode ser separado em águas “cinzas”, que são águas servidas que foram utilizadas para limpeza (tanques, pias, chuveiros) e águas “negras”, que são águas servidas que foram utilizadas nos vasos sanitários e contém coliformes fecais como indicador recente de contaminação por excretas humanas.

Segundo Souza; Leite (2008), cerca de 0,1%, apenas, da composição dos esgotos domésticos é material sólido, grande responsável pelos problemas de contaminação e poluição. A fração sólida nos esgotos ainda pode ser dividida em sólidos orgânicos, que é a maior parte (proteínas, carboidratos e lipídeos), e sólidos inorgânicos (areia, sais e metais). O restante (99,9%) é água suja e contaminada.

O lançamento de esgoto doméstico bruto em corpos hídricos altera as características naturais da água, a partir do ponto de lançamento e compromete sua qualidade para consumo humano ou mesmo para uso em atividades agropecuárias.

O esgoto de um município contém níveis perigosos de metais pesados, compostos orgânicos industriais e organismos patogênicos prejudiciais à saúde. O uso direto do esgoto bruto sem pré-tratamento e sem aplicação de outro tipo de controle, pode acarretar

sérios riscos à saúde e prejudicar a produtividade do solo ao longo do tempo (BENEVIDES, 2007). Por isso é muito importante aplicar as tecnologias de tratamento de esgoto, que proporcionem efluentes de boa qualidade sanitária e que não representem riscos de transmissão de doenças, seja pelo manejo agrícola ou por ingestão dos alimentos irrigados.

As tecnologias de tratamento de esgoto doméstico usadas pelas companhias de saneamento se tornam inviáveis para as comunidades rurais de baixa renda, em função dos altos custos de implantação e manutenção, como também, pela dispersão populacional dessas comunidades presentes nas regiões semiáridas. Por essa razão é necessário desenvolver tecnologias de baixo custo e de fácil operação para o tratamento de esgoto doméstico, como os tanques sépticos, filtros anaeróbios, sistema alagado e reatores solares (BATISTA et al., 2011).

As principais tecnologias de tratamento de esgotos domésticos usadas pelas companhias de saneamento são, segundo Chernicharo et al. (2006), as seguintes: (1) tratamento preliminar, (2) tratamento primário, (3) tratamento secundário e tratamento terciário (4). A primeira remove as partículas sólidas grosseiras em suspensão nos esgotos através de processos físicos, empregando grades, desarenadores e caixas de gordura; a segunda reduz os sólidos em suspensão através da degradação anaeróbia do material orgânico, empregando tanques sépticos, flotores e filtros anaeróbios; a terceira reduz os sólidos dissolvidos e sólidos suspensos muito pequenos, empregando as lagoas facultativas e os filtros biológicos e a quarta objetiva a redução do nível populacional de bactérias patogênicas, bem como a remoção final da matéria orgânica, nitrogênio, fósforo e outros elementos que ainda persistem das etapas anteriores.

Existem ainda as tecnologias que complementam o tratamento dos esgotos domésticos com baixo custo e boa eficiência, como os reatores solares e os sistemas alagados construídos. Os reatores solares podem ser construídos em alvenaria ou fibra de vidro, armazenando o esgoto de forma que este fique exposto à radiação direta do sol, inativando os microrganismos patogênicos. Esta tecnologia se adapta muito bem a Região Nordeste do Brasil (SANCHES-RAMON et al., 2007).

Os sistemas alagados construídos são estruturas feitas em alvenaria ou com manta impermeabilizante e preenchidas com material poroso e inerte (brita, cascalho, etc). Sobre o meio filtrante são cultivadas plantas com grande capacidade de extração de poluentes presentes nos esgotos domésticos. Neste sistema é recomendável que o esgoto tenha um

fluxo subsuperficial para evitar a presença de insetos e animais peçonhentos, além do surgimento de odores desagradáveis (MATOS, 2007).

No caso do Assentamento Milagres, a tecnologia utilizada para tratar o esgoto coletado das residências e fazer a fertirrigação da palma forrageira, foi o tratamento preliminar-primário por meio de tanque séptico e filtros anaeróbicos.

O maior cuidado que se deve ter na utilização de águas residuárias de esgotos domésticos na agricultura é com o aspecto sanitário, onde é imprescindível o tratamento dos esgotos, pois a qualidade sanitária depende do grau de tratamento. Os principais parâmetros para diagnosticar um esgoto são (SOUZA et al., 2006):

- pH (potencial hidrogênio) – entre 6,0 e 8,0;
- OD (Oxigênio Dissolvido);
- Alcalinidade – quanto maior o valor da alcalinidade, maior será a capacidade da água residuárias manter o pH próximo do neutro;
- Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO);
- Demanda Química de Oxigênio (DQO);
- Sólidos Sedimentáveis (SS);
- Sólidos Totais (ST) e Sólidos Suspensos Totais (SST);
- Sólidos Fixos Totais (SFT) e Sólidos Suspensos Fixos (SSF);
- Sólidos Voláteis Totais (SVT) e Sólidos Suspensos Voláteis (SSV);
- Nitrogênio: orgânico, amoniacal, nitrito e nitrato;
- Fósforo: ortofosfato e pilofosfato;
- Óleos e graxas;
- *E. coli*;
- Coliformes fecais;
- Ovos de helmintos;

Na (Tabela 1) encontram-se os principais parâmetros de qualidade da água de reuso dentro das respectivas faixas aceitáveis para efluentes secundários e águas servidas.

Tabela 1 - Principais parâmetros da qualidade da água para reuso.

Parâmetros	Unidades	Variações de efluentes	Resultados desejados das águas
		secundários	para reuso
Sólidos suspensos	mg L <sup>-1</sup>	5 – 50	< 5,0 - 30
Turbidez	UNT	1 - 30	< 0,1 - 30
DBO5	mg L <sup>-1</sup>	10 – 30	< 10 - 45
DQO	mg L <sup>-1</sup>	50 – 150	< 20 - 90
Coliformes totais	UFC/100mL	< 10 -107	< 1 -200
Coliformes fecais	UFC/100mL	< 1 – 106	< 1 - 103
Ovos de helmintos	Ovo L <sup>-1</sup>	< 1 – 10	< 1 - 0,5
Vírus	Vírus L <sup>-1</sup>	< 1 – 10	< 1 - 0,5
Nitrogênio	mg L <sup>-1</sup>	10 – 30	< 1 - 30
Metais pesados	mg L <sup>-1</sup>	Variável	< 0,001 Hg; 0,01 Cd e 0,02 Ni
Fósforo	mg L <sup>-1</sup>	0,1 – 30	< 1 - 20

Fonte: Adaptado de Fatta; Kythretou (2005)

De acordo com Hespanhol (2003) os parâmetros necessários e que precisam ser estudados para se verificar a aplicabilidade do efluente para irrigação, são: pH; salinidade; problemas de permeabilidade (ou infiltração); toxicidade por íons específicos; desequilíbrio nutricional; DBO; SST; turbidez e cor aparente; coliformes fecais; nematódeos intestinais; elementos traços e problemas de obstrução em gotejadores (irrigação localizada).

A água de esgoto tratada pode ser reutilizada de maneira planejada em diversas finalidades, como na irrigação, tornando-se um método alternativo de tratamento de efluentes no solo via fertirrigação, utilizando a água proveniente das estações de tratamento de esgoto. Entretanto, as águas residuárias devem ser avaliadas, também, quanto à salinidade, sodicidade e toxicidade de íons, variáveis fundamentais na determinação da qualidade agronômica (SOUSA, 2009).

A condutividade elétrica (CE) e à Razão de adsorção de sódio (RAS), classificam as águas quanto à salinidade e sodicidade respectivamente, (Tabela 2).

Tabela 2 - Parâmetros de qualidade recomendados para água de irrigação.

Potencial problema na irrigação	Unidades.	Grau de restrição para uso		
		Nenhuma	Ligeira a moderado	Severo
<b>Salinidade (afeta a disponibilidade da água para a cultura)</b>				
Ce	dS m <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 - 3	> 3
<b>Ou</b>				
SDT	mg L <sup>-1</sup>	< 450	450 - 2000	> 2000
<b>Infiltração (avaliada usando-se CEa e RAS juntas)</b>				
RAS = 0 - 3	CEa= dS m <sup>-1</sup>	> 0,7	0,7 - 0,2	< 0,2
= 3 - 6	= dS m <sup>-1</sup>	> 1,2	1,2 - 0,3	< 0,3
= 6 - 12	= dS m <sup>-1</sup>	> 1,9	1,9 - 0,5	< 0,5
= 12 - 20	= dS m <sup>-1</sup>	> 2,9	2,9 - 1,3	< 1,3
= 20 - 40	= dS m <sup>-1</sup>	> 5	5 - 2,9	< 2,9
<b>Toxicidade de íons específicos (afeta culturas sensíveis)</b>				
<b>Sódio (Na<sup>+</sup>)</b>				
Irrigação por superfície	RAS	< 3	3 - 9	> 9
Irrigação por aspersão	meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	
<b>Cloreto (Cl)</b>				
Irrigação por superfície	meq L <sup>-1</sup>	< 4	4,0 - 10	> 9
Irrigação por aspersão	meq L <sup>-1</sup>	< 3	> 3	> 10
Boro (B)	mg L <sup>-1</sup>	< 0,7	0,7 - 3,0	> 3
<b>Outros (afetam culturas sensíveis)</b>				
Nitrogênio (NO <sub>3</sub> - N)	mg L <sup>-1</sup>	< 5,0	5,0 - 30	> 3
Bicarbonato (HCO <sub>3</sub> ) (apenas aspersão convencional)	meq L <sup>-1</sup>	< 1,5	1,5 - 8,5	> 8,5
pH	Faixa normal		6,5 - 8,4	

Fonte: Ayres e Westcot (1999)

A irrigação com água salina provoca salinização pelo acúmulo de sais no solo, ocorrendo redução da disponibilidade de água para as plantas, em função do incremento no potencial osmótico. Ocorre, também, toxicidade provocada pelos íons de sais no solo, ambos causando diminuição da produtividade das plantas (LEMOS,2011).

A infiltração da água no solo é diminuída pelo aumento do teor de sódio (RAS) em relação ao cálcio e magnésio. Por outro lado, a infiltração aumenta com a redução da RAS.



Portanto, para avaliar a qualidade da água, deve-se considerar esses dois fatores. Quando a proporção Ca/Mg na água de irrigação é menor que a unidade, os efeitos potenciais do sódio são ligeiramente maiores em virtude da concentração de sódio elevar o valor da RAS. Isso significa que determinado valor de RAS é ligeiramente mais prejudicial quando a proporção Ca/Mg é menor que a unidade, e quanto mais baixa for a relação Ca/Mg, maior o impacto da RAS. (AYERS e WESTCOT, 1999).

Segundo Ayers e Westcot (1999), os íons cloretos presente na água de irrigação, provocam toxicidade nas culturas. Em solos com predominância de cargas negativas, esses íons não são adsorvidos pelas partículas do solo e por esse motivo ficam muito móveis na solução do solo, sendo facilmente absorvidos pelas raízes das plantas e transportados até as folhas pelo efeito da transpiração, onde se acumulam. Quando a concentração do cloreto excede a tolerância da planta, produzem danos como necroses e queimaduras nas folhas.

Em relação ao PH, as águas com pH anormal podem criar desequilíbrios nutricionais nas plantas. No caso das águas de irrigação, o pH normal situa-se entre 6,5 e 8,4 (AYERS e WESTCOT, 1999) .

A utilização de água proveniente de reuso deve ser direcionada para a irrigação de plantas não comestíveis (silvicultura, pastagens, fibras e sementes), porém para plantas comestíveis essas águas necessitam de um nível maior de qualidade, principalmente em relação às questões sanitárias. Nesse sentido, o sistema de irrigação por gotejamento, minimiza o problema em relação à aspersão. No que se refere aos patógenos, vetores de doenças ao ser humano, é preciso destacar que o solo ou o substrato atuam como redutor do período de sobrevivência dos mesmos (BERNARDI, 2003).

Segundo Puig-Bargues et al. (2010), a aplicação de água residuária por meio do sistema de irrigação localizada tem sido usada em razão da alta eficiência na distribuição do efluente e do baixo risco de contaminação do produto agrícola e do operador do sistema em campo. O sistema bubbler além de apresentar essas características, tem, ainda, a vantagem do baixo custo dos equipamentos (MEDEIROS et al. 2014). Os sistemas de irrigação localizada se adaptam muito bem às condições de pouca disponibilidade de água no semiárido, principalmente quando se trata do aproveitamento de água proveniente de esgoto doméstico tratado.

Bastos (2003) afirma que qualquer método de irrigação pode ser empregado na aplicação de esgotos sanitários na agricultura, desde que observadas as devidas particularidades. E ao selecionar o método é indispensável observar os critérios econômicos, topográficos, características físicas do solo, tipos de culturas agrícolas,

disponibilidade de mão-de-obra, qualidade da água e tradição do cultivo das propriedades rurais. Na (Tabela 3) abaixo estão os métodos de irrigação, os fatores que afetam suas escolhas e as medidas de proteção requeridas ao se trabalhar com água de esgotos.

Tabela 3 - Fatores que afetam a escolha do método de irrigação e medidas de proteção requeridas quando se utiliza água de esgoto.

Métodos de irrigação	Fatores que afetam a escolha	Medidas de proteção
<b>Inundação</b>	Menos custo.	Proteção completa para operários agrícola, consumidores e manuseadores de culturas.
	Não é necessário nivelamento preciso do terreno	
<b>Sulcos</b>	Menos custo.	Proteção para operários agrícolas. Possivelmente necessário para consumidores e manuseadores de culturas.
	Nivelamento pode ser necessário	
<b>Aspersão</b>	Eficiência, média do uso da água.	Algumas da categoria B, principalmente árvores frutíferas são excluídas
	Não há necessidade nivelamento	
<b>Subsuperficial ou Localizada</b>	Custos elevados.	Distância mínima de 100 m de casas e estradas.
	Elevada eficiência do uso da água.	Filtração para evitar entupimento de orifícios (exceto irrigação bubblers)
	Alta produtividade agrícola	

Fonte: Adaptado de Mancuso; Santos (2003)

### 3.5 A PALMA FORRAGEIRA E A PECUÁRIA NO NORDESTE BRASILEIRO

A palma forrageira, originada do México, é a cactácea de maior importância econômica no mundo (HOFFMANN, 1995). No Nordeste do Brasil são cultivadas duas espécies, conhecidas como *Opuntia ficus-indica* (L.) Mill e *Nopalea cochenilifera* (L.) Salm Dyck (FARIAS et al., 2005).

Sobre a introdução da palma forrageira no Brasil, especialmente no Nordeste, existem algumas versões como a que defende que a palma foi inicialmente cultivada por volta do século XVIII com o objetivo de hospedar a cochonilha do carmim (*Dactylopius opuntiae* Cockerell), inseto produtor do carmim vermelho, corante extraído dessa cochonilha que se desenvolve na palma. Porém, pelo fato da produção do corante não ter tido sucesso, a palma passou a ser cultivada para fins ornamentais, quando por acaso, verificou-se sua importância como forrageira, despertando o interesse dos criadores que passaram a cultivá-la intensamente até a década de 90, quando ocorreram as secas prolongadas. (SIMÕES et al., 2005).

É uma espécie vegetal de fácil cultivo, apropriada às regiões semiáridas por apresentar condições de suportar pouca disponibilidade de água, altas temperaturas e solos pobres, pouco exigente em insumos e de fácil manejo. Apresenta a vantagem de produzir cosméticos, remédios e alimentos para o consumo humano e animal, sendo seus produtos bem apreciados e valorizados. A palma forrageira pode ser utilizada para fins paisagísticos,

energéticos, além de servir de cerca viva e contribuir com a conservação dos solos. Seu cultivo no Brasil se destina principalmente à produção de forragem (BARBERA et al., 2001).

Estima-se que há no Brasil, aproximadamente 600 mil hectares de palma forrageira cultivada (DUBEUX JUNIOR. et al., 2013), participando como um dos principais alimentos de várias importantes bacias leiteiras no Nordeste (PEREIRA & LOPES, 2013). Essas informações mostram que a palma é bastante difundida no nordeste brasileiro, principalmente para a alimentação animal.

As palmas desenvolveram adaptações para controlar a perda de água, realizando as trocas gasosas durante a noite. Elas possuem características morfofisiológicas que resultam em grande resistência às variações edafoclimáticas do semiárido, pois todo processo evolutivo da fotossíntese dessas plantas teve como resultado uma maior eficiência no uso da água (SAMPAIO, 2005). São chamadas de plantas CAM, cuja fisiologia é caracterizada pelo processo fotossintético denominado Metabolismo Ácido Crassuláceo, em que a captação de CO<sub>2</sub> e a abertura dos estômatos ocorrem durante a noite (FARIAS et al., 2000).

A suculência da palma está relacionada, morfológicamente, aos seus grossos cladódios e anatomicamente aos seus grandes vacúolos, células fotossintéticas e as diversas células armazenadoras de água, como o parênquima. A manutenção da água na palma está ligada ao reduzido número de estômatos e na abertura noturna dessas células, evitando a perda de água durante a noite quando as temperaturas são mais amenas e a umidade relativa do ar é mais alta. Dessa forma, as plantas CAM trocam CO<sub>2</sub> com a atmosfera num horário em que as plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> estão com seus estômatos fechados (NOBEL, 2003).

Segundo Pimenta et al. (1992), os poros dos estômatos da *O. ficus-indica* ocupam apenas 0,5 % da superfície da planta, mesmo quando estão completamente abertos, enquanto que os estômatos das folhas de plantas altamente produtivas do tipo C<sub>3</sub> ou C<sub>4</sub> ocupam duas ou três vezes mais sua área foliar.

A eficiência no uso da água (kg de água/ kg de matéria seca) pelas plantas CAM é superior às plantas de metabolismo C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub>, pois enquanto uma planta CAM perde de 50 a 100 g de água para cada grama de CO<sub>2</sub> obtido, as plantas de metabolismo C<sub>4</sub> e C<sub>3</sub> perdem, respectivamente, entre 250 a 300 g e 400 a 500 g de água para cada grama de CO<sub>2</sub> obtido. Portanto, as plantas CAM são mais competitivas em ambientes secos quando comparadas as plantas que desempenham outros metabolismos (TAIZ & ZEIGER, 2009). Segundo os mesmos autores, na ausência de estresse hídrico a palma pode atuar como CAM facultativa, ajustando ao padrão de captação de CO<sub>2</sub>, como ocorre com outras cactáceas,

crassuláceas e bromeliáceas. De acordo com Sampaio (2005), essa eficiência é de aproximadamente 50 kg de água para cada 1 kg de matéria seca formada, enquanto as plantas C<sub>3</sub> e C<sub>4</sub> apresentam essa relação por volta de 1000:1 e 500:1, respectivamente.

As condições climáticas essenciais ao cultivo da palma forrageira são, principalmente: temperatura, umidade relativa do ar e precipitação. Por isso, as áreas do semiárido situadas a altitudes superiores a 300 metros apresentam melhores condições de produção por terem noites mais úmidas e temperatura mais amenas (DUQUE, 2004). O crescimento da palma é também mais favorecido em áreas que dispõem de precipitações acima de 400 mm/ano. Segundo Lira et al. (2006), o bom desempenho da palma no agreste pernambucano deve-se ao fato de que geralmente as noites são frias e com alta umidade, contrastando com o sertão onde as noites são quentes e de baixa umidade, o que provoca a murcha dos cladódios por ocasião da abertura dos estômatos durante a noite.

Conseqüentemente, as áreas do semiárido consideradas limitadas para o cultivo da palma forrageira, são aquelas que apresentam baixas altitudes, elevadas temperaturas noturnas e baixas precipitações (FARIAS et al., 2005). Daí a grande importância de irrigar a palma forrageira reutilizando água de esgoto doméstico nessas áreas de maior seca do semiárido, pois com o fornecimento de um pequeno volume de água, pode-se evitar a desidratação da palma e garantir produções satisfatórias. Então, uma pequena quantidade de água passa a ser significativa quando atende as necessidades hídricas de uma cultura como a palma forrageira, hoje muito difundida no semiárido brasileiro por ser uma grande alternativa na alimentação animal.

O cultivo da palma incrementa a produção de forragem nas propriedades rurais, tornando-as menos vulneráveis nos períodos de seca. Outro fator positivo resultante do aumento da oferta de forragem para os rebanhos está relacionado à diminuição da pressão de pastejo nos períodos de estiagens, contribuindo com a preservação da vegetação nativa (ALMEIDA, et al., 2012). Quando bem manejadas, as variedades *Opuntia* e *Nopalea* podem produzir 50-60 vezes mais forragem por unidade de área que as pastagens nativas em ambientes semiáridos (DUBEUX JUNIOR. et al., 2015).

Segundo Lima et al. (2006), a pecuária tem sido apontada através dos tempos como uma das poucas atividades com potencial para viabilizar negócios rurais sustentáveis e competitivos para a agricultura familiar da região semiárida do nordeste. Todavia a produção de animais é apontada como inviável no semiárido para pequenas propriedades, especialmente a bovinocultura, devido à baixa capacidade de suporte forrageiro da caatinga, sendo necessários de 12 a 15 ha para manutenção de uma unidade animal (LIRA

et al., 2009). Em secas severas esse suporte forrageiro cai pela metade (DUBEUX JUNIOR. Et al., 2015).

Lima et al. (2013) apontam a falta de planejamento e de assistência técnica dos programas dos governos como responsáveis pela fragilidade do suporte forrageiro no semiárido brasileiro. Para os autores, com apenas a produção de um hectare de palma forrageira ( 25 Mg/ha ano de MS) e dois de sorgo forrageiro para produção de silagem (21 Mg/ha ano de MS), é possível um agricultor familiar manter 20 vacas ou 200 cabras ou ovelhas em produção, durante um período de 180 dias de seca.

## 4 MATERIAL E MÉTODOS

### 4.1 LOCALIZAÇÃO E DADOS CLIMÁTICOS DA ÁREA DO EXPERIMENTO

O experimento foi realizado no período de junho/2016 a fevereiro/2017, na área comunitária de uso agrícola localizada ao lado da Estação de Tratamento de Esgoto (ETE) do Assentamento Milagres, zona rural de Apodi/RN, cujas coordenadas geográficas são: 5° 35' 22" de latitude sul e 37° 54' 09" de longitude oeste e altitude de 153 metros. O clima da região é, segundo Koppen, do tipo BSw'h', caracterizado como muito quente e semiárido, com estação chuvosa no verão se atrasando para o outono. Os dados meteorológicos dos anos de 2015, 2016 e 2017, estão na Tabela 4.

Tabela 4 - Dados meteorológicos coletados da Estação Automática do INMET em Apodi/RN.

2015												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuvas (mm)	0,1	110,8	97,9	25,3	25,0	15,2	3,5	0,2	0,0	0,0	0,0	15,5
Temperatura má (°C)	36,4	35,2	33,7	33,5	34,9	33,9	33,4	34,6	35,5	36,2	36,5	36,5
Temperatura mín (°C)	24,1	24,1	24,0	23,9	24,1	23,5	23,5	23,0	23,2	23,5	23,8	24,4
UR média (%)	60,7	66,9	74,9	74,9	65,9	66,2	60,0	55,6	57,0	56,5	57,2	58,5
Vel. média do vento (mps)	2,0	1,7	1,5	1,2	1,8	2,0	2,7	2,7	2,6	2,4	2,7	2,5
Insolação (hs)	293,9	229,5	268,3	271,2	304,8	259,6	251,3	324,5	305,5	323,0	323,1	285,3
Eto (mm)	193,3	159,2	164,7	152,9	174,8	154,6	160,1	168,6	165,3	182,9	186,5	204,5
2016												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuvas (mm)	292,1	40,9	69,9	36,9	28,3	0,1	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	54,4
Temperatura máx (°C)	33,0	33,4	35,0	34,1	34,6	34,4	34,3	35,1	35,9	36,5	36,7	35,8
Temperatura mín (°C)	24,2	24,0	25,1	24,7	24,5	23,9	23,5	23,2	24,2	24,0	24,2	24,6
UR média (%)	75,5	74,0	70,1	71,2	66,6	62,3	57,2	58,7	65,0	64,5	68,3	67,6
Vel. média do vento (mps)	1,7	2,0	1,8	1,8	1,8	2,4	3,4	2,9	2,6	2,7	2,5	2,3
Insolação (hs)	179,1	261,3	289,9	236,9	275,1	274,4	284,1	331,7	322,2	323,5	317,7	254,3
Eto (mm)	161,2	155,9	191,8	173,3	184,6	165,8	169,4	171,0	174,8	198,6	199,6	196,4
2017												
Ano	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Meses	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez
Chuvas (mm)	15,3	217,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura máx (°C)	35,8	33,9	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Temperatura mín(°C)	24,9	24,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
UR média (%)	59,9	67,4	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Vel. média do vento (mps)	2,3	1,7	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Insolação (hs)	284,6	249,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
Eto (mm)	204,0	157,0	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-

INMET- Instituto Nacional de Meteorologia

## 4.2 ESTAÇÃO DE TRATAMENTO DE ESGOTO DO ASSENTAMENTO

A estação de tratamento de esgoto (ETE) fica localizada a aproximadamente 200 metros ao norte da comunidade, onde recolhe os afluentes das 28 residências da agrovila do Assentamento. Depois de recolhido por uma rede coletora, o esgoto chega à estação de tratamento por gravidade, onde passa por um tratamento preliminar/primário denominado decanto-digestor. O sistema é constituído por um tanque séptico de duas câmaras e dois filtros anaeróbicos de fluxo descendente. Ao sair da estação, a água segue por gravidade para duas cisternas, com capacidades para acumular, juntas, em torno de 70 mil litros de efluente, que são destinados à irrigação da área agrícola comunitária. A ETE (Figura 1) foi dimensionada para tratar um volume de 20 m<sup>3</sup> de esgoto por dia, sendo a retirada do lodo feita a cada dois anos (BATISTA et al., 2013).

Figura 1 - Estação de tratamento de esgoto do assentamento Milagre, Apodi/RN.



Arquivo próprio (2016)

## 4.3 IMPLANTAÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA

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

diferentes frequências de irrigação, os impactos químicos sobre o solo e as plantas, além da qualidade da água antes e após a ETE.

#### 4.4 SISTEMA DE IRRIGAÇÃO UTILIZADO

A distribuição da água se deu por um sistema de irrigação localizado, com linhas laterais de polietileno de 16 mm de diâmetros, espaçadas 3 metros entre si, e emissores de micro-tubos de 5 mm de diâmetro, com vazão nominal de 80 L.h<sup>-1</sup>, espaçados de 2,5 metros. O sistema de irrigação chamado “bubbler modificado,” que segundo (Medeiros et al., 2014), é uma derivação do sistema bubbler americano, foi instalado para fazer a distribuição da água a baixa pressão e em pequenos sulcos nivelados de 2,5 metros de comprimento. O efluente depois de bombeado por um eletrobomba de 1 cv para uma caixa d’água plástica com capacidade para 1000 litros e localizada no meio da área de plantio a uma altura de 1,5 metro, foi distribuído por gravidade até os sulcos de irrigação pelas mangueiras de polietileno (Figura 2).

O sistema “bubbler modificado” apresenta as vantagens de utilizar equipamentos de baixo custo, economizar energia e evitar as constantes obstruções dos emissores, como ocorre com o sistema por gotejamento. A lâmina de água aplicada em cada irrigação foi de 3,5 mm, correspondendo a metade da ETo média diária historicamente registrada em anos anteriores ao experimento. Esta lâmina foi mantida conforme a pesquisa feita com a palma anteriormente, embora a ETo durante este experimento tenha apresentado valores superiores aos 7 mm diários. A Tabela 5 apresenta as quantidades de efluente de esgoto doméstico tratado aplicado na irrigação da palma forrageira durante o experimento.

Tabela 5 - Quantidade de efluente de esgoto doméstico tratado aplicado na irrigação da palma forrageira durante o experimento.

Tratamentos	Lâmina aplicada por irrigação (mm)	Dias de Irrigação	Lâmina total aplicada no ciclo (mm)	Volume por hectare (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume médio mensal (m <sup>3</sup> ha <sup>-1</sup> )	Volume médio diário (m <sup>3</sup> . há <sup>-1</sup> )
2,3 dias	3,5	93	325,5	3.255	465	15,5
7 dias	3,5	32	112	1.120	160	5,3
14 dias	3,5	16	56	560	80	2,7
21 dias	3,5	10	35	350	50	1,7
Sequeiro	-	-	-	-	-	-



Observa-se (Figura 2) uma vista parcial da área experimental destacando-se o reservatório com capacidade de  $1\text{m}^3$ , utilizado para acumular o efluente bombeado da cisterna e distribuído por gravidade através das mangueiras laterais de polietileno com bitola de 16 mm de diâmetro.

Figura 2 - Caixa d'água, mangueira de polietileno e sulco do sistema de irrigação da palma forrageira.



Arquivo próprio (2016)

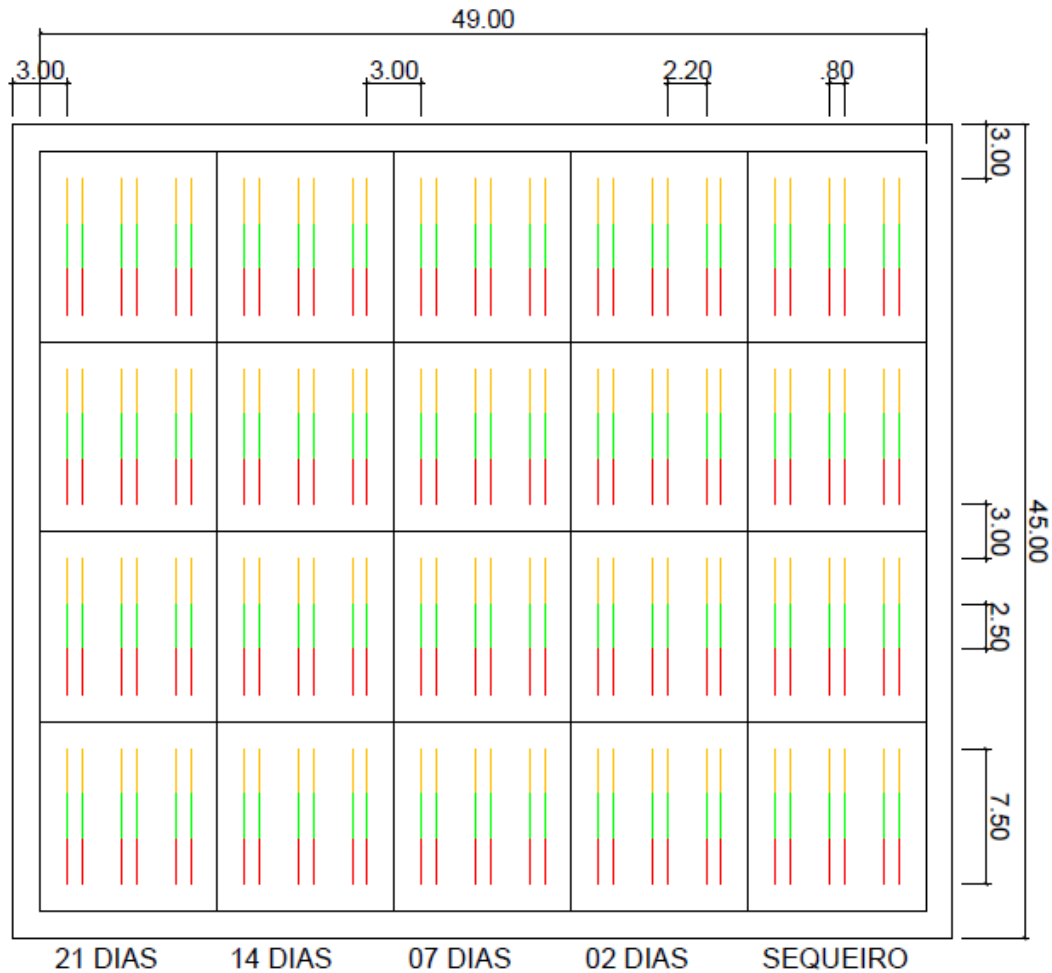
#### 4.5 DELINEAMENTO EXPERIMENTAL E TRATAMENTOS

O delineamento experimental empregado foi de blocos casualizados, com 5 tratamentos e 4 repetições, totalizando 20 parcelas, que foram convertidas como tal, a partir das subparcelas centrais do experimento anterior, preservando o croqui original da área. O número de plantas por parcela foi uniformizado de modo que ficaram 12 plantas de cada lado do sulco de irrigação, totalizando 24 plantas irrigadas pelo mesmo sulco. Desta maneira, o espaçamento médio entre plantas ficou em torno de 0,20 m, equivalendo ao espaçamento de fileiras duplas de 2,2 x 0,8 x 0,2 m (33.333 plantas/ha). A Figura 3 apresenta o croqui da área do experimento.

Os tratamentos foram constituídos da fertirrigação com esgoto doméstico tratado, aplicando-se uma lâmina fixa de 3,5 mm, distribuída em quatro diferentes frequências de irrigação, equivalentes a  $35\text{ m}^3.\text{ha}^{-1}$  (T1=2,3 dias, T2=7 dias, T3=14 dias e T4=21 dias) e a testemunha T5=cultivo sem irrigação (sequeiro). A análise de variância entre as médias dos tratamentos foi feita através do teste Tukey a 5% de probabilidade. Para realizar as

análises estatísticas, utilizou-se o programa computacional SISVAR, versão 5,0 (FERREIRA, 2008),

Figura 3 - Croqui da área do experimento



**Legenda:**

- Densidade de plantas/hectare: 33.333
- Densidade de plantas/hectare: X
- Densidade de plantas/hectare: Y

**Tratamentos**

- Sequeiro - Sem irrigação
- 2 dias - Frequência de irrigação de 2,3 dias
- 7 dias - Frequência de irrigação de 7 dias
- 14 dias - Frequência de irrigação de 14 dias
- 21 dias - Frequência de irrigação de 21 dias

#### 4.6 PREPARAÇÃO DA ÁREA E CONDUÇÃO DA CULTURA

No mês de junho de 2016, foi realizada uma limpeza geral da área que estava totalmente tomada por ervas daninhas, desenvolvidas durante o período das chuvas no primeiro semestre do mesmo ano. A limpeza foi feita com enxada e roçadeira costal. Depois foi revisado e recuperado todo sistema de irrigação. Preparada a área de cultivo, procedeu-se o segundo corte da palma, no mesmo mês de junho de 2016, a uma altura de aproximadamente 20 cm do solo, de maneira uniforme para todos os tratamentos. Em seguida, foi realizado o desbaste de plantas em algumas parcelas, enquanto noutras, foi feito replantio, com a finalidade de deixá-las com mesmo número de plantas. Para o controle da cochonilha-de-escama (*Diaspis echinocacti*) foi utilizado óleo de algodão com detergente neutro na proporção de 250 ml de óleo e 150 ml de detergente, diluídos em 10 litros de água e aplicados quinzenalmente. Para o controle das ervas daninhas, foram feitas capinas manuais com auxílio de enxada, de acordo com a necessidade da limpeza. A retomada da irrigação com o efluente se deu em julho/2016 e foi realizada obedecendo a um calendário de irrigação em função das frequências estabelecidas, estendendo-se até o início de fevereiro de 2017, por ocasião da conclusão da pesquisa em campo.

#### 4.7 COLETAS DAS AMOSTRAS DE SOLO, DO EFLUENTE E DAS PLANTAS

No intuito de analisar a fertilidade do solo cultivado com a palma forrageira fertirrigada com o efluente de esgoto doméstico tratado por um período de 234 dias após o segundo corte, foram coletadas amostras de solo a uma profundidade de 0-20 cm. Foram feitas cinco amostras compostas, sendo que cada uma foi formada a partir de quatro amostras simples coletadas das quatro parcelas de cada tratamento. As amostras foram obtidas logo após a realização do experimento e encaminhadas ao Laboratório de Análise de Solo, Água e Planta-LASAP da Universidade Federal Rural do Semiárido (UFERSA), para serem analisadas conforme metodologia recomendada pela Donagema (2011).

A cada 30 dias, aproximadamente, durante os meses de setembro a dezembro de 2016, foram coletadas amostras do esgoto doméstico para análises química e biológica em três pontos localizados antes e após a estação de tratamento (ETE). O primeiro ponto de coleta se deu na última caixa de passagem antes da ETE; o segundo ponto de coleta foi na primeira caixa de passagem após a ETE e o terceiro ponto foi na cisterna que acumula o efluente, localizada após ETE. As amostras destinadas às análises microbiológicas foram colocadas em frascos esterilizados e preservadas em caixas isotérmicas com gelo à 4° C e

encaminhadas ao Laboratório de Inspeção de Produtos de Origem Animal da UFERSA, para quantificação dos níveis populacionais de coliformes totais e termotolerantes.

As amostras destinadas a análises de demanda química de oxigênio (DQO) e demanda bioquímica de oxigênio (DBO), foram acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento da UFERSA. As amostras para análises de óleos e graxas também foram acondicionadas em caixas isotérmicas com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Catálise, Ambientes e Materiais (LACAM), da Universidade Estadual do Rio Grande do Norte (UERN). Já as amostras para análises de macronutrientes, micronutrientes e metais pesados foram encaminhadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UFERSA.

Após um período de 110, 170 e 230 dias do segundo corte da palma, (outubro/2016, dezembro/2016 e fevereiro/2017, respectivamente), ou seja, a cada 60 dias, foram feitas as mensurações dos parâmetros de crescimento da palma forrageira em cinco plantas representativas de cada parcela, sendo as mesmas selecionadas ao acaso e identificadas. Foram analisadas as seguintes variáveis morfométricas: altura de planta (AP), número de cladódios (NC) (primário e secundário), comprimento (CC), largura (LC), espessura (EC) e perímetro dos cladódios (PC). Para as medições de altura de plantas, comprimento, largura e perímetro dos cladódios, foram utilizadas régua e fita métrica; já para medir a espessura do cladódio, utilizou-se paquímetro digital (Figura 4).

Em fevereiro/2017, além da coleta de dados sobre os parâmetros de crescimento da palma, foram colhidas e pesadas todas as cinco plantas selecionadas no início da pesquisa, mantendo-se no campo os troncos-base destas plantas para futuras brotações. Colheram-se, portanto, cinco plantas por parcela, totalizando 20 plantas por tratamento para obtenção da massa verde da palma forrageira, expressa em quilogramas.

Entre as cinco plantas selecionadas inicialmente em cada parcela, foram escolhidas três delas para a retirada de amostras de cladódios, com a finalidade de determinar a matéria seca da palma. Para isso foram coletados dois discos de cada planta, sendo um do cladódio primário e outro do cladódio secundário. Os discos foram retirados com serracopo de 4,1 cm de diâmetro, acoplado a uma furadeira elétrica (Figura 5). Estes discos foram pesados verdes e em seguida desidratados em estufa a 65°C. Depois foram pesados totalmente secos. Com estes dados, obteve-se a percentagem de matéria seca em relação à matéria verde. Dispondo-se dos pesos (verde e seco) e da densidade de plantas, foi possível calcular as massas verde e seca da palma, em quilogramas por hectare.

Figura 4 - Medição das características morfométricas da palma forrageira orelha de elefante.



Arquivo próprio (2016)

As amostras dos cladódios após desidratadas foram trituradas e utilizadas para determinar macronutrientes, micronutrientes e metais pesados contidos nas mesmas. Essas análises foram feitas no Laboratório de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas da UFERSA.

Figura 5 - Coleta das amostras de cladódios para determinar massas verde e seca da palma forrageira orelha de elefante.



Arquivo próprio (2016)

## 5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 5.1 ANÁLISES QUÍMICA E BIOLÓGICA DO EFLUENTE

A Tabela 6 apresenta os valores médios e os desvios padrão (Dp) dos resultados das análises das amostras de esgoto doméstico utilizado na irrigação da palma forrageira, coletadas durante quatro meses seguidos. Foram analisadas as características físico-químicas e biológicas das amostras do esgoto coletadas mensalmente, antes (ponto 1) e após (pontos 2 e 3) a estação de tratamento (ETE).

Tabela 6 - Valores médios das características químicas e biológicas das amostras do efluente coletadas antes e após a ETE a cada 30 dias.

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

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

Os valores médios de pH foram de 7,07; 6,97 e 7,40 nos pontos 1, 2 e 3, respectivamente. Esses valores atendem ao padrão da Resolução CONAMA n° 430 que estabelece limites para lançamento de esgotos domésticos tratados em corpos hídricos (BRASIL, 2011). Os valores de pH estão dentro da faixa normal para as águas utilizadas na irrigação de acordo com a tabela do grau de restrição de uso para irrigação (AYERS

&WESTCOT, 1999) e segundo Resolução COEMA Nº 2 de 2017 do Estado do Ceará, que estabelece que o reúso externo de efluentes sanitários para fins agrícolas e florestais, deve ter pH entre 6,0 e 8,5. É importante ressaltar que o pH fora da faixa normal estipulada para irrigação provoca acidificação ou alcalinização dos solos, podendo criar desequilíbrios na nutrição das plantas.

A condutividade elétrica do esgoto doméstico tratado teve médias de 1,03, 1,12 e 1,09 ds m<sup>-1</sup>, respectivamente, para os pontos 1, 2 e 3, de acordo com Tabela 6. Esses valores, além de estarem abaixo do limite de 3 dS m<sup>-1</sup> estabelecido pela Resolução COEMA Nº 2 de 2017 que regula o reúso de efluentes sanitários para fins agrícolas, apresentam grau de restrição moderado para uso na irrigação de culturas, segundo Ayers e Westcot (1999).

A Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO) das amostras coletadas nos pontos 1, 2 e 3 foram de 258,5 mg L<sup>-1</sup>, 41,50 mg L<sup>-1</sup> e 18,75 mg L<sup>-1</sup>, respectivamente, apresentando uma redução de 92,75 % entre os pontos 1 e 3. O valor da DBO no ponto 3 está muito abaixo dos 120 mg L<sup>-1</sup> estabelecido pela Resolução COEMA Nº 2, que regula o lançamento de efluentes sanitários em corpos hídricos.

De acordo com a tabela 6, a Demanda Química de Oxigênio (DQO) decresceu de 618,00 mg L<sup>-1</sup> (ponto 1) para 143,00 mg L<sup>-1</sup> (ponto 2) e 94,00 mg L<sup>-1</sup> (ponto 3), apresentando uma redução de 84,79 % na comparação entre os pontos 1 e 3. A Resolução COEMA Nº 2 de 2017, determina que os efluentes advindos de lavagem de filtro de estações de tratamento de água deverão apresentar uma DQO de até 200 mg L<sup>-1</sup> para poder ser lançada diretamente em corpo hídrico. Desta forma a DQO do efluente da ETE objeto deste estudo está dentro do limite estabelecido pela Resolução acima citada.

As médias dos teores de óleos e graxas (TOG) decresceram de 19,43 mg L<sup>-1</sup> (ponto 1), para 1,81 mg L<sup>-1</sup> (ponto 3), sofrendo uma redução de 90,68 %, de acordo com a tabela 6. Estes valores se enquadram na Resolução CONAMA Nº 430 (BRASIL, 2011), que estabelece um limite de até 100 mg L<sup>-1</sup> para que o efluente de esgoto doméstico tratado possa ser lançado em corpo hídrico receptor. Resultados mais eficientes foram obtidos por Batista et al.(2013), analisando o desempenho de sistema alagado construído e reator solar no tratamento do esgoto doméstico primário da mesma estação de tratamento utilizada neste experimento.

De acordo com a tabela 6, as médias dos teores de fósforo (P) apresentaram pequena variação entre os pontos de coleta antes e após a ETE, com valores de 6,73 mg L<sup>-1</sup>, 7,85 mg L<sup>-1</sup> e 7,82 mg L<sup>-1</sup> para os pontos 1, 2 e 3, respectivamente. A ETE não reduziu os teores



de fósforo presentes no esgoto doméstico durante o período do experimento, pelo contrário, ocorreu um pequeno aumento de  $1,09 \text{ mg L}^{-1}$  entre os pontos 1 e 3. Segundo Almeida (2010) a faixa recomendável de fósforo para água de irrigação é de  $0-2 \text{ mg L}^{-1}$ , de modo que o efluente apresentou teor de fósforo acima do recomendável. Entretanto, doses maiores que o recomendável podem ser benéficas para os solos quando estes apresentarem baixos teores de fósforo, requerendo adubações pesadas deste elemento para atender as necessidades das culturas.

As médias dos teores de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ) e nitrato ( $\text{NO}_3^-$ ) do efluente praticamente não sofreram modificações quando se compara seus teores antes e após a ETE. Segundo os dados da tabela 6, enquanto o amônio passou de  $28,58 \text{ mg L}^{-1}$  no ponto 1 para  $29,91 \text{ mg L}^{-1}$  no ponto 3, apresentando um pequeno aumento, o nitrato variou de  $15,88 \text{ mg.L}^{-1}$  no ponto 1 para  $14,58 \text{ mg L}^{-1}$  no ponto 3, tendo uma pequena redução de  $8,19 \%$ . Tendência contrária foi encontrada por (Batista, 2013), que analisando o efluente tratado nesta mesma ETE, observou uma remoção de nitrato de  $0 \%$  a  $63 \%$  ao longo do seu experimento.

Segundo Almeida (2010) os teores recomendáveis de amônio e nitrato para água de irrigação são  $0-5$  e  $0-10 \text{ mg L}^{-1}$ , respectivamente. Portanto, mesmo que o efluente tenha apresentado teores de amônio e nitrato acima do recomendável não significa que venha prejudicar as condições do solo ou das plantas, pelo contrário, a aplicação da água de irrigação rica em nutrientes nas quantidades adequadas, serve para adubar a cultura com esses elementos através da fertirrigação.

As médias dos teores de potássio ( $\text{K}^+$ ), sódio ( $\text{Na}^+$ ), cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ), magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ), cloreto ( $\text{Cl}^-$ ), bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ) e da relação de adsorção de sódio (RAS), apresentaram oscilações muito pequenas entre os pontos 1 e 3, conforme se observa na Tabela 6. A pequena oscilação verificada nas médias dos elementos químicos antes e após a ETE demonstra que praticamente não houve remoção da carga desses elementos contidos no esgoto doméstico, ao passar pela estação de tratamento. Segundo Almeida (2010), os teores recomendáveis para água de irrigação são: potássio ( $0-2 \text{ mg L}^{-1}$ ), sódio ( $0-40 \text{ meq L}^{-1}$ ), cálcio ( $0-20 \text{ meq L}^{-1}$ ), magnésio ( $0-5 \text{ meq L}^{-1}$ ), cloretos ( $0-30 \text{ meq L}^{-1}$ ), bicarbonatos ( $0-10 \text{ meq L}^{-1}$ ) e RAS ( $0-15 \text{ mmol}_c \text{ L}^{-1}$ ). De acordo com essas faixas, os teores de cálcio, magnésio, sódio, cloro, bicarbonato e RAS do efluente são recomendáveis para água de irrigação. Apenas o teor de potássio está acima do recomendável, mas para a fertirrigação, esse teor é benéfico à cultura da palma que é exigente em potássio.

De acordo com a Tabela 6, entre os micronutrientes analisados nas amostras do efluente de esgoto doméstico, apenas o ferro ( $\text{Fe}^{3+}$ ) apresentou redução do seu valor,



quando se compara as médias entre dos pontos localizados antes e após a ETE. Os demais: cobre ( $\text{Cu}^{2+}$ ), manganês ( $\text{Mn}^{3+}$ ) e zinco ( $\text{Zn}^{2+}$ ), praticamente mantiveram seus valores. Contudo, todos os elementos apresentaram teores bem abaixo dos limites de concentração capazes de causar intoxicação às plantas. Segundo Ayers & Westcot (1999), os microelementos ferro, cobre, manganês e zinco podem apresentar concentrações máximas recomendáveis para a água de irrigação de até 5,0; 0,20; 0,20 e 2,0  $\text{mg.L}^{-1}$ , respectivamente. De acordo com Almeida (2010), a água apresentando essas características pode ser considerada satisfatória para a irrigação continuada de qualquer tipo de cultivo e em qualquer tipo de solo. O ferro apresentou teor de 0,24  $\text{mg L}^{-1}$  após a ETE, que segundo Ayers & Westcot (1999), o teor de ferro variando de 0,1 - 1,5  $\text{mg L}^{-1}$  apresenta grau de restrição de uso ligeira a moderada nos casos de problemas de obstrução nos sistemas de irrigação localizada.

Os microelementos níquel ( $\text{Ni}^{3+}$ ), cádmio ( $\text{Cd}^{2+}$ ) não foram encontrados nas amostras de água, enquanto que o chumbo ( $\text{Pb}^{2+}$ ) apresentou valores 0,05; 0,17 e 0,03, respectivamente, nos pontos 1, 2 e 3. Segundo Almeida (2010), os microelementos níquel, cádmio e chumbo podem estar presentes na água de irrigação em concentrações de até 0,20; 0,01 e 5,0  $\text{mg L}^{-1}$ , respectivamente, sem causar fitotoxicidade.

## 5.2 ANÁLISE DOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO

A Tabela 7 apresenta os resultados das análises químicas do solo coletado 234 dias após o segundo corte da palma forrageira, submetida a diferentes frequências de irrigação (2,3; 7; 14 e 21 dias) com efluente de esgoto doméstico tratado e a testemunha de sequeiro.

Tabela 7 - Resultados das análises das amostras de solo coletadas 234 dias após a fertirrigação com esgoto doméstico tratado.

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

Tratamentos: frequências de irrigação de 2,3 ; 7; 14 e 21 dias e testemunha de sequeiro.

Observa-se na Tabela 7 que as análises das amostras de solo obtidas após 234 dias de fertirrigação com a água de esgoto doméstico tratado, apresentaram uma tendência de diminuição do pH à medida que a frequência de irrigação foi aumentando, ou seja, o pH variou de 6,25 para 5,22 nos intervalos de irrigação de 21 a 2,3 dias, respectivamente. Esta tendência de acidificação mais acentuada nas parcelas dos tratamentos de maior frequência de irrigação ratifica a constatação feita por Lemos (2016), que também estudou o efeito da aplicação do efluente de esgoto doméstico tratado sobre as características físico-química do solo. Segundo o mesmo autor, diversos fatores podem provocar o aumento da acidez do

solo, entre eles as adubações feitas com matéria orgânica e fertilizantes nitrogenados. A mineralização da matéria orgânica aumenta a liberação de amônio ( $\text{NH}_4^+$ ), de ácidos orgânicos e gás carbônico ( $\text{CO}_2$ ), que contribuem para a acidificação do solo. A secreção ácida provocada pelas raízes das plantas ao absorverem cátions básicos que são utilizados pelas culturas e exportados nas colheitas, resulta no aumento de formas trocáveis de hidrogênio e alumínio no complexo sortivo, contribuindo, também, para aumentar a acidez do solo.

De acordo com Sousa (2009), estudando o uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do capim Tifton, o aumento da lâmina de esgoto resultou na acidez do solo, devido à nitrificação do nitrogênio adicionado ao solo via irrigação, uma vez que as águas residuárias de esgoto são ricas em nitrogênio nas formas de nitrito, nitrato e amônio.

Com o aumento da frequência de irrigação de 14 para 2,3 dias, houve uma tendência de aumento dos valores da condutividade elétrica, que variaram de 0,08 para 0,13  $\text{dS m}^{-1}$ . A tendência do aumento da CE em função do aumento da frequência de irrigação foi também constatada por Sousa (2009), que pesquisando a irrigação do Capim Tifton com efluente de esgoto doméstico tratado, verificou que houve um aumento da CE na camada de 0-20 cm do solo à medida que aumentou a lâmina de irrigação, fato esse atribuído à adição de sais via efluente usado na irrigação.

Embora os valores da CE tenham apresentado uma tendência de aumento, não representam nenhum grau de restrição de uso para a irrigação, de acordo com Ayers & Westcot (1999). Os baixos valores de CE verificados nas amostras de solo dos diferentes tratamentos podem ser consequência das chuvas caídas nos últimos dois meses do período experimental, que contribuíram para lixiviar parte dos sais antes presentes na camada de 0-20 cm do solo.

Os resultados dos teores de sódio (Na) contidos na Tabela 7 demonstram que houve um aumento da concentração desse elemento no solo com o aumento da frequência de irrigação, sendo que o tratamento submetido a maior frequência (2,3 dias) a concentração de sódio foi bem maior que os demais, principalmente em relação ao tratamento que não recebeu fertirrigação. Consequentemente a percentagem de sódio trocável (PST) foi maior no tratamento mais fertirrigado, apresentando PST de 6%, classificado como solódico, enquanto que os demais tratamentos foram classificados como normal pelo Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (2013). Resultado semelhante foi observado por Lemos (2016), que também verificou o aumento do teor de sódio nas parcelas que receberam mais efluente via fertirrigação.

De acordo com a Tabela 7, os valores da soma de bases (SB) e da capacidade de troca de cátions (CTC) entre os tratamentos analisados não apresentaram grandes diferenças. Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), os valores da SB de todos os tratamentos são classificados com o nível “bom”, enquanto os resultados da CTC para os tratamentos fertirrigados aos 21; 14; 2,3 dias e o de sequeiro, são classificados com nível “médio” e apenas o tratamento fertirrigado aos 7 dias, com nível “bom”. Ainda segundo a mesma Comissão, os teores de cálcio ( $\text{Ca}^{+2}$ ) de todos os tratamentos são classificados com o nível “médio”, enquanto que os teores de magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) são classificados como “muito bom”. Já os teores de potássio ( $\text{K}^+$ ) dos tratamentos fertirrigados aos 21, 14 e 2,3 dias e o de sequeiro, são classificados com nível “médio” e apenas o tratamento fertirrigado a cada 7 dias, com nível “bom”. A maior quantidade de magnésio em relação à de cálcio verificada na análise de solo se deve, possivelmente, as diferentes adições desses nutrientes via fertirrigação, uma vez que a análise do efluente apresentou teores de magnésio bem maiores que o de cálcio.

Observa-se na Tabela 7 que não houve grandes variações nos teores de cálcio, magnésio e potássio entre os tratamentos analisados, embora o tratamento com frequência de irrigação de 7 dias tenha apresentado teores de potássio e magnésio maiores que os outros tratamentos, contribuindo, conseqüentemente, para que a soma de bases (SB) e a capacidade de troca de cátions (CTC) desse tratamento apresentasse valores maiores que os demais. De acordo com a Tabela 7, na maior frequência de irrigação (2,3 dias), os teores de potássio ( $\text{K}^+$ ) e magnésio ( $\text{Mg}^{+2}$ ) foram diminuídos enquanto o teor de sódio ( $\text{Na}^+$ ) aumentou. Provavelmente o aumento da aplicação do efluente fez com que o  $\text{Na}^+$  substituísse o  $\text{K}^+$  e o  $\text{Mg}^{+2}$ , que antes adsorvidos ao colóides, passaram para a solução do solo, fazendo com que uma parte desses cátions ( $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^{+2}$ ) fosse lixiviada e outra parte absorvida pelas plantas, motivo pelo qual foram encontradas altos teores de  $\text{K}^+$  e  $\text{Mg}^+$  nos cladódios da palma.

A saturação por bases (V) segundo a Comissão de Fertilidade do Solo de Minas Gerais (1999), foi classificada como “média” para os tratamentos de sequeiro e os fertirrigados aos 14, 7 e 2,3 dias. Somente o tratamento fertirrigado aos 21 dias apresentou classificação com nível “bom”. A pequena diminuição da saturação por bases nos tratamentos com maiores frequências de irrigação (7 e 2,3 dias) se deu, provavelmente, devido a acidificação do solo provocada pela presença do Alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) e o aumento dos teores de H + Al nesses tratamentos.

A matéria orgânica (MO), segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), foi classificada com nível “bom” para todos os tratamentos, apresentando variação de 4,99 a 6,24 g.kg<sup>-1</sup>. Verifica-se na Tabela 7, que houve uma pequena diferença nas quantidades de MO dos tratamentos fertirrigados em relação à testemunha de sequeiro, sendo que esta diferença foi ainda menor entre os tratamentos que receberam fertirrigação, de modo que todos os tratamentos foram enquadrados no mesmo nível de classificação. Portanto, pode-se concluir que o aumento da frequência da fertirrigação não elevou a MO do solo.

Após a aplicação do efluente durante o experimento, os valores de fósforo variaram de 73,80; 48,00; 87,00 e 50,60 mg dm<sup>-3</sup> nos tratamentos irrigados aos 21, 14, 7 e 2,3 dias, respectivamente. Observa-se que o teor de fósforo aumentou na frequência de irrigação de 21 dias em relação à testemunha de sequeiro, depois diminuiu na irrigação de 14 dias, voltou a aumentar na irrigação de 7 dias e novamente diminuiu na frequência de irrigação de 2,3 dias. Segundo a Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (1999), os teores de fósforo de todos os tratamentos são classificados com nível “muito bom”. Provavelmente às adubações orgânica e mineral feitas no experimento anterior e a aplicação de fósforo feita através da fertirrigação por ocasião desta pesquisa, adicionaram grandes quantidades de fósforo, que por sua vez foram adsorvidos ao solo argiloso da área experimental e por esta razão o solo apresentou altos teores desse elemento.

### 5.3 NUTRIENTES PRESENTES NAS PLANTAS APÓS 234 DIAS DO SEGUNDO CORTE DA PALMA FORRAGEIRA

Na Tabela 8 estão às quantidades médias de macronutrientes, micronutrientes e metais pesados encontrados nas plantas da palma forrageira após 234 dias do segundo corte e submetidas à fertirrigação com esgoto doméstico tratado em diferentes frequências de irrigação.

Tabela 8 - Valores médios dos nutrientes e metais pesados presentes na palma forrageira após 234 dias do segundo corte.

Tratamentos	Variáveis						
	N	P	K	Na	Ca	Mg	-
	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	g kg <sup>-1</sup>	-
<b>2,3 Dias</b>	19,79 a	0,17 a	28,62 b	0,37 a	10,16 a	24,90 a	-
<b>7 Dias</b>	20,67 a	0,24 a	31,12 b	0,32 a	6,90 b	20,74 ab	-
<b>14 Dias</b>	18,81 a	0,25 a	38,22 ab	0,30 a	5,27 bc	17,40 b	-
<b>21 Dias</b>	21,87 a	0,27 a	37,42 ab	0,30 a	5,49 cd	15,56 b	-
<b>Sequeiro</b>	19,69 a	0,25 a	58,42 a	0,29 a	3,88 d	24,82 a	-
<b>Média</b>	<b>20,17</b>	<b>0,24</b>	<b>38,76</b>	<b>0,32</b>	<b>6,34</b>	<b>20,68</b>	-
<b>CV (%)</b>	<b>11,69</b>	<b>21,81</b>	<b>27,04</b>	<b>14,29</b>	<b>10,8</b>	<b>13,62</b>	-

Tratamentos	Variáveis						
	Cu	Mn	Fe	Zn	Ni	Cd	Pb
	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg kg <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>	mg l <sup>-1</sup>
<b>2,3 Dias</b>	7,31 b	1408,75 ab	365,53 a	41,53 a	0,04 a	0,0054 a	0,070 a
<b>7 Dias</b>	6,63 b	2149,37 ab	324,62 a	48,10 a	0,03 a	0,0053 a	0,073 a
<b>14 Dias</b>	7,40 b	2427,81 a	304,62 a	49,35 a	0,04 a	0,0056 a	0,075 a
<b>21 Dias</b>	8,37 b	2853,12 a	227,31 a	48,94 a	0,04 a	0,0058 a	0,081 a
<b>Sequeiro</b>	20,56 a	473,43 b	300,09 a	54,45 a	0,02 b	0,0032 b	0,040 b
<b>Média</b>	<b>10,05</b>	<b>1862,5</b>	<b>304,43</b>	<b>48,47</b>	<b>0,03</b>	<b>0,0051</b>	<b>0,068</b>
<b>CV (%)</b>	<b>20,49</b>	<b>46,03</b>	<b>28,03</b>	<b>33,33</b>	<b>6,87</b>	<b>10,4</b>	<b>8,45</b>

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

### 5.3.1 Teor de Nitrogênio (N) presente na planta

Observa-se na Tabela 8 que as médias dos teores de nitrogênio nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos irrigados e destes em relação à testemunha de sequeiro. De acordo com as médias obtidas, os teores de nitrogênio na matéria seca da palma variaram de 18,81 a 21,87 g.kg<sup>-1</sup>, com média geral de 20,17 g.kg<sup>-1</sup>, o que equivale a 12,5 % de proteína bruta na matéria seca dos cladódios da palma. Levando em consideração a produção de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de nitrogênio exportados foram: 112,13; 117,11; 105,95; 102,76 e 24,92 kg.ha<sup>-1</sup> de N, respectivamente, para as irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro. Como a quantidade média de nitrogênio exportado pela palma neste experimento foi de 20,17 g.kg<sup>-1</sup> de MS, se aproxima da média de 26,33 g.kg<sup>-1</sup> da extração/exportação de N encontrada por Lemos (2016), aos 375 dias após o plantio da palma forrageira.

### 5.3.2 Teor de fósforo (P) presente na planta

Observa-se na Tabela 8 que as médias dos teores de fósforo nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), não apresentaram diferença significativa entre os tratamentos irrigados e destes em relação à testemunha de sequeiro. De acordo com as médias obtidas, os teores de fósforo variaram de 0,17 a 0,27 g.kg<sup>-1</sup>, respectivamente para as fertirrigações de 2,3 e 21 dias, com média geral de 0,24 g.kg<sup>-1</sup>.

Levando em consideração a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de fósforo exportados foram: 0,96; 1,35; 1,40; 1,26 e 0,31 kg.ha<sup>-1</sup> de P, respectivamente, para as irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro.

Resultado semelhante foi encontrado por Lemos (2016) que também não verificou diferença significativa para os teores de fósforo entre as diferentes frequências de irrigação e destas em relação à testemunha de sequeiro, utilizando efluente de esgoto doméstico tratado na irrigação da palma forrageira. Segundo o mesmo, o baixo teor de fósforo verificado nas plantas em todos os tratamentos, pode ter sido resultado da precipitação desse elemento no solo e as diferentes frequências de irrigação não foram suficientes para disponibilizá-lo. O mesmo pode ter acontecido neste experimento que, embora os teores de fósforo no solo se encontrassem a níveis considerados como muito bom, apresentaram baixos teores nas plantas.

### 5.3.3 Teor de potássio (K<sup>+</sup>) presente na planta

De acordo com a Tabela 8, as médias dos teores de potássio nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), apresentaram diferença significativa entre os tratamentos irrigados e de algumas destes em relação à testemunha de sequeiro. As médias dos teores de potássio para os tratamentos irrigados variaram de 28,62 a 38,22 g.kg<sup>-1</sup>. A testemunha de sequeiro apresentou teor médio de K<sup>+</sup> de 58,42 g.kg<sup>-1</sup>, estatisticamente maior que as médias dos tratamentos irrigados aos 2,3 e 7 dias. Estes, por sua vez, não diferiram significativamente dos outros tratamentos submetidos à irrigação. A maior quantidade de K<sup>+</sup> presente nas plantas do tratamento sem irrigação pode ter sido consequência da grande quantidade de K<sup>+</sup> deixada no solo no término do experimento anterior, quando o solo das parcelas em condições de sequeiro apresentou teor de potássio na camada de 0-20 cm de 266,22 mg dm<sup>-3</sup>, significativamente maior que o teor de K<sup>+</sup> no solo dos tratamentos irrigados. Por essa razão o potássio que estava adsorvido aos colóides

do solo foi disponibilizado e rapidamente absorvido pelas plantas por ocasião das boas chuvas caídas dois meses anteriores à colheita da palma desse experimento.

Considerando a produção de matéria seca por hectare para os diferentes tratamentos, os valores de potássio exportados foram: 162,16; 176,32; 215,29; 175,83 kg ha<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup>, respectivamente para as frequências de irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e 73,95 kg ha<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> para a testemunha de sequeiro.

Lemos (2016) não encontrou diferença significativa entre os tratamentos fertirrigados com esgoto doméstico tratado em relação à testemunha de sequeiro para os teores de potássio exportados aos 375 dias após o plantio da palma forrageira, e, embora tenha obtido altos valores de K<sup>+</sup> exportados, a média por planta desse elemento foi de 22,99 g kg<sup>-1</sup>, menor que a média de 38,76 g kg<sup>-1</sup> de K<sup>+</sup> obtida neste experimento. Ainda de acordo com o mesmo autor, houve uma grande extração de K<sup>+</sup> pela palma no seu trabalho, inclusive quando comparada a outros macronutrientes avaliados, fato este também constatado neste trabalho. Segundo Dubeux Junior (2005), a elevada extração de potássio do solo pela palma forrageira se deve as diversas funções exercidas por este elemento nas plantas, como a participação nos processos fotossintéticos, de respiração e ativação dos sistemas enzimáticos.

#### **5.3.4 Teor de cálcio (Ca<sup>+2</sup>) presente na planta**

De acordo com a Tabela 8, as médias dos teores de cálcio nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), apresentaram diferença significativa entre os tratamentos irrigados e destes em relação à da testemunha de sequeiro. A média do tratamento com frequência de irrigação de 2,3 dias foi estatisticamente superior as demais, enquanto que a média do tratamento com frequência de irrigação de 7 dias foi significativamente maior que a média do tratamento irrigado aos 21 dias e ao de sequeiro.

O tratamento cuja frequência de irrigação se deu a cada 14 dias apresentou valor intermediário, que o fez estatisticamente semelhante aos tratamentos irrigados aos 7 e 21 dias, e superior ao tratamento de sequeiro. Considerando a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de cálcio exportados foram: 57,56; 39,09; 29,68; 25,79 e 4,91 kg ha<sup>-1</sup> de Ca<sup>+</sup>, respectivamente, para as frequências de irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro. Esses dados indicam que



houve uma diminuição dos teores de cálcio nas plantas à medida que foi diminuindo a frequência da fertirrigação.

Apesar dos teores de cálcio por planta encontrado por Lemos (2016) terem sido bem maiores que os desse experimento, apresentaram a mesma tendência de crescimento em função do aumento da frequência da irrigação, podendo-se atribuir esse incremento ao adicionamento proporcionado pelo cálcio contido no efluente utilizado na irrigação da palma forrageira e à absorção de cálcio pelo fluxo de massa nos tratamentos fertirrigados.

### **5.3.5 Teor de magnésio ( $Mg^{+2}$ ) presente na planta**

De acordo com a Tabela 8 as médias dos teores de magnésio nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), apresentaram diferença significativa entre os tratamentos irrigados e de algumas destas em relação à da testemunha de sequeiro. O tratamento com frequência de irrigação de 2,3 dias e a testemunha de sequeiro foram estatisticamente semelhantes e superiores aos tratamentos irrigados aos 14 e 21 dias.

O tratamento irrigado aos 7 dias apresentou teor intermediário de magnésio que o fez estatisticamente semelhante aos dois de maior teor (irrigação aos 2,3 dias e sequeiro) e ao mesmo tempo semelhante aos outros dois (irrigação aos 14 e 21 dias), que apresentaram teores menores. Considerando a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de magnésio exportados foram: 141,08; 117,51; 98,01; 73,11 e 31,42 kg ha<sup>-1</sup> de  $Mg^{+2}$ , respectivamente, para as frequências de irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro. Assim como ocorreu com o cálcio, os teores médios de magnésio nas plantas aumentaram de acordo com o aumento da frequência de irrigação, indicando que pode ter ocorrido um incremento do magnésio nas plantas devido sua presença no efluente usado na irrigação da palma forrageira e a sua maior disponibilidade na solução do solo, quando substituído pelo sódio nos colóides do solo.

Normalmente os teores de cálcio nas plantas são maiores que o de magnésio, sendo que neste experimento ocorreu o contrário, ou seja, os teores de magnésio presentes nas plantas foram maiores que o de cálcio, o que pode ser atribuído a maior concentração do  $Mg^{+2}$  no solo e no efluente usado na irrigação da palma.

### **5.3.6 Teor de sódio ( $\text{Na}^{+1}$ ) presente na planta**

Observa-se na Tabela 8 que as médias dos teores de sódio nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), não apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados e destas em relação à testemunha de sequeiro. Os teores de sódio variaram de 0,29 a 0,37  $\text{g kg}^{-1}$  com média geral de 0,32  $\text{g kg}^{-1}$ .

Levando em consideração a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de sódio exportados foram: 2,09; 1,81; 1,69; 1,41 e 0,36  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{Na}^{+}$ , respectivamente, para as irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro. Apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, pode-se constatar que os teores de sódio aumentaram em função do aumento da frequência de irrigação, demonstrando que o sódio presente no efluente contribuiu para o incremento do mesmo no solo e, conseqüentemente, nas plantas.

A média de extração/exportação de sódio aqui encontrada foi de 3,20  $\text{kg ha}^{-1}$  para cada 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  de matéria seca, menor que a média de 4,52  $\text{kg ha}^{-1}$  para cada 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  de MS encontrada por Lemos (2016) e bem maior que a média de 0,45  $\text{kg ha}^{-1}$  para cada 10  $\text{Mg ha}^{-1}$  de MS obtida por Donato (2011).

### **5.3.7 Teor de ferro ( $\text{Fe}^{+3}$ ) presente na planta**

Observa-se na tabela 8 que as médias dos teores de ferro nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), não apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados e destas em relação à testemunha de sequeiro. Os teores de ferro variaram de 227,31 a 365,53  $\text{mg kg}^{-1}$  de MS, apresentando um valor médio de 304,43  $\text{mg.kg}^{-1}$  de MS. Levando em consideração a produção média de matéria seca por hectare para os tratamentos, os valores de ferro exportados foram: 2,07; 1,83; 1,71; 1,06 e 0,38  $\text{kg ha}^{-1}$  de  $\text{Fe}^{+3}$ , respectivamente, para as irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro.

Apesar de não ter ocorrido diferença significativa entre os tratamentos, pode-se constatar que os teores de ferro aumentaram em função do aumento da frequência de irrigação, indicando que houve uma influência do efluente para o aumento do teor de ferro na planta. Lemos (2016), em sua pesquisa de produção de palma forrageira irrigada com efluente de esgoto doméstico tratado, encontrou uma média geral para o conteúdo de ferro

exportado via cladódios de 396,69 mg kg<sup>-1</sup> de MS, superior aos 304,43 mg kg<sup>-1</sup> deste experimento.

### **5.3.8 Teor de manganês (Mn<sup>+2</sup>) presente na planta**

De acordo com a tabela 8 os teores médios de manganês nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), não apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos submetidos à irrigação, sendo que os tratamentos irrigados aos 14 e 21 dias apresentaram médias significativamente maiores que a de sequeiro, que por sua vez, não diferiu significativamente das médias dos tratamentos com frequências de irrigação de 2,3 e 7 dias.

Os teores de manganês variaram de 473 a 2.853 mg kg<sup>-1</sup> da MS, apresentando um valor médio de 1.862 mg.kg<sup>-1</sup> da MS.

Levando em consideração a produção média de matéria seca por hectare para esses tratamentos, os valores de manganês exportados foram: 7,98; 12,17; 13,67; 13,40 e 0,59 kg ha<sup>-1</sup> de Mn, respectivamente, para as irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro. Observa-se que os teores médios de manganês foram aumentando na planta à medida que diminuía a frequência de irrigação.

Os teores de manganês encontrados nas plantas cultivadas em condições de sequeiro, tanto neste experimento como no de Lemos (2016), foram bem menores que os teores desse mesmo elemento encontrados nas plantas fertirrigadas, demonstrando que a aplicação do efluente adicionou manganês ao solo e conseqüentemente nas plantas.

### **5.3.9 Teor de zinco (Zn<sup>+2</sup>) presente na planta**

Observa-se na Tabela 8 que os teores de zinco nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), não apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados e destas em relação à testemunha de sequeiro. Os teores de zinco variaram de 41,53 a 54,45 mg kg<sup>-1</sup> de MS, apresentando um valor médio de 48,47 mg kg<sup>-1</sup> de MS.

Levando em consideração a produção média de matéria seca por hectare para os diferentes tratamentos, os valores de zinco exportados foram: 0,23; 0,27; 0,28; 0,23 e 0,07 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro.

Observando-se os teores médios do zinco na palma forrageira, percebe-se que houve uma tendência de aumento dos teores desse elemento nas plantas à medida que diminuía a frequência de irrigação, de modo que o maior teor de zinco entre os tratamentos irrigados foi de 48,94 mg kg<sup>-1</sup> na menor frequência de irrigação (21 dias). Resultado semelhante foi encontrado por Lemos (2016), que também observou que a irrigação de menor frequência com esgoto doméstico tratado, proporcionou maior absorção de Zn pela palma.

### **5.3.10 Teor de cobre (Cu) presente na planta**

Observa-se na Tabela 8 que os teores de cobre nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados e a testemunha de sequeiro.

Levando-se em consideração a produção média de matéria seca por hectare para os diferentes tratamentos, os valores de cobre exportados foram 0,04; 0,03; 0,04; 0,03 e 0,02 kg.ha<sup>-1</sup>, respectivamente, para as irrigações de 2,3; 7; 14; 21 dias e a testemunha de sequeiro. O teor médio de cobre nas plantas sem irrigação foi significativamente maior que os teores médios nas plantas irrigadas e estas não apresentaram diferença significativa entre si.

Analisando os valores médios dos tratamentos que receberam irrigação, observa-se que houve uma tendência de aumento dos teores de cobre à medida que a frequência de irrigação foi diminuindo, demonstrando que o aumento da intensidade de irrigação com o efluente de esgoto doméstico tratado, não contribuiu para adicionar mais cobre na palma forrageira. Por outro lado, observa-se que os teores de cobre no solo após fertirrigação com o efluente, aumentaram com o aumento da frequência de irrigação.

A média do teor de cobre obtida neste experimento foi de 10,05 mg kg<sup>-1</sup>, pouco abaixo da média de 12,60 mg kg<sup>-1</sup> obtida por Lemos (2016) e superior aos 6,5 mg kg<sup>-1</sup> obtido por Dubeux Junior et al. (2010).

### **5.3.11 Teores de níquel (Ni), cádmio (Cd) e chumbo (Pb) presentes na planta**

De acordo com a Tabela 8 os teores de níquel, cádmio e chumbo nos cladódios da palma forrageira colhida aos 234 dias após o segundo corte (DASC), apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados em relação à testemunha de sequeiro. Todos os tratamentos que foram submetidos à irrigação com efluente de

esgoto doméstico tratado apresentaram concentrações de níquel, cádmio e chumbo significativamente maiores que o tratamento de sequeiro. Esses elementos químicos tidos como metais pesados, apresentaram teores médios na palma forrageira de 0,03; 0,0051 e 0,068 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, para níquel, cádmio e chumbo.

Mesquita (2016) analisando o estado nutricional das folhas de capim elefante irrigado com proporções de água de abastecimento e de percolado de aterro sanitário no semiárido aos 83 dias do plantio, encontrou teores médios de 0,01; 0,006 e 0,03 mg.kg<sup>-1</sup>, respectivamente, de níquel, cádmio e chumbo, valores esses considerados abaixo da faixa normal.

#### 5.4 CARACTERÍSTICAS MORFOMÉTRICAS DA PALMA FORRAGEIRA ORELHA DE ELEFANTE

As médias de altura de planta (AP), número de cladódio primário (NCP), número de cladódio secundário (NCS), comprimento de cladódio (CC), largura de cladódio (LC), espessura de cladódio (EC) e perímetro de cladódio (PC) da palma forrageira orelha-de-elefante, medidas aos 110, 170 e 234 dias após o segundo corte (DASC), são apresentadas na Tabela 9.

Tabela 9 - Características morfométricas da palma forrageira (número de cladódio primário-NCP, número de cladódio secundário-NCS, altura de plantas-AP, comprimento -CC largura -LC, espessura-EC e perímetro do cladódio-PC), submetida a diferentes frequências de irrigação com esgoto doméstico tratado.

Tratamentos	Variáveis						
	NCP	NCS	AP	CC	LC	EC	PC
	Unid.	Unid.	Cm	.....cm.....		.....cm.....	
	<b>Dados</b>		<b>De</b>	<b>Outubro/2016</b>		<b>(110 DASC)</b>	
<b>2,3 Dias</b>	5,0 a	-	42,0 a	25,5 a	13,3 a	0,8 a	60,5 a
<b>7 Dias</b>	6,2 a	-	42,1 a	23,7 ab	12,7 a	0,7 b	56,5 ab
<b>14 Dias</b>	5,5 a	-	41,4 a	22,8 b	12,0 ab	0,5 c	54,0 b
<b>21 Dias</b>	6,2 a	-	37,5 a	19,7 c	10,4 b	0,3 d	47,0 c
<b>Sequeiro</b>	3,3 a	-	27,6 b	11,2 d	7,4 c	0,1 e	28,8 d
<b>Média</b>	<b>5,27</b>	-	<b>38,15</b>	<b>20,62</b>	<b>11,21</b>	<b>0,5</b>	<b>49,4</b>
<b>CV (%)</b>	<b>24,08</b>	-	<b>8,17</b>	<b>5,52</b>	<b>7,09</b>	<b>6,77</b>	<b>5,30</b>
	<b>Dados</b>		<b>De</b>	<b>Dezembro/2016</b>		<b>(170 DASC)</b>	
<b>2,3 Dias</b>	5,0 a	3,0 a	46,9 a	26,1 a	14,0 a	0,9 a	62,7 a
<b>7 Dias</b>	6,2 a	0,3 b	43,0 a	24,5 ab	13,2 ab	0,7 b	58,7 ab
<b>14 Dias</b>	5,5 a	1,0 b	41,6 a	23,1 bc	12,4 ab	0,6 bc	54,3 bc
<b>21 Dias</b>	6,1 a	0,0 b	39,9 a	21,4 c	11,6 b	0,5 c	51,6 c
<b>Sequeiro</b>	3,5 a	0,0 b	27,7 b	10,9 d	7,4 c	0,2 d	28,1 d
<b>Média</b>	<b>5,28</b>	<b>0,89</b>	<b>39,84</b>	<b>21,24</b>	<b>11,77</b>	<b>0,6</b>	<b>51,1</b>
<b>CV (%)</b>	<b>22,94</b>	<b>100,13</b>	<b>8,72</b>	<b>5,50</b>	<b>5,89</b>	<b>11,70</b>	<b>4,75</b>

	Dados	De	Fevereiro/17	(234 DASC)			
<b>2,3 Dias</b>	5,3 a b	8,0 a	62,0 a	26,9 a	14,7 a	1,1 a	64,4 a
<b>7 Dias</b>	6,4 a	8,4 a	62,2 a	27,1 a	15,5 a	0,7 b	64,8 a
<b>14 Dias</b>	5,8 a b	9,3 a	58,1 a	27,4 a	15,4 a	0,6 bc	64,0 a
<b>21 Dias</b>	6,2 a b	7,1 a	55,3 a	24,8 a	14,1 a	0,5 cd	60,1 a
<b>Sequeiro</b>	3,6 b	0,7 b	31,0 b	16,7 b	15,3 a	0,4 d	41,6 b
<b>Média</b>	<b>5,48</b>	<b>6,74</b>	<b>53,75</b>	<b>24,60</b>	<b>15,05</b>	<b>0,7</b>	<b>59,0</b>
<b>CV (%)</b>	<b>21,9</b>	<b>36,44</b>	<b>11,72</b>	<b>8,14</b>	<b>10,43</b>	<b>8,30</b>	<b>7,03</b>

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

#### 5.4.1 Número de cladódio primário - NCP

Observa-se na Tabela 9 que não houve diferença significativa do NCP entre os tratamentos analisados por ocasião das contagens feitas aos 110 e 170 dias após o segundo corte (DASC), quando as médias do número de cladódios primários por planta foram de 5,27 e 5,28, respectivamente.

Aos 234 DASC, apenas as plantas irrigadas a cada sete dias apresentaram média estatisticamente superior às plantas de sequeiro. Entre as diferentes frequências de irrigação não houve diferença significativa no NCP nas três épocas observadas.

Embora tenha sido pouco expressiva a diferença do NCP verificada entre as contagens feitas no início e no final da pesquisa, observa-se que houve uma tendência de aumento do NCP ao longo do tempo. O mesmo foi constatado por Ramos et al.(2015), quando verificaram aumento linear do número total de cladódios com o passar do tempo, pois segundo eles, a medida que a planta cresce, há um aumento do número de cladódios.

#### 5.4.2 Número de cladódio secundário - NCS

De acordo com a Tabela 9, constata-se ausência de cladódio secundário nas plantas aos 110 DASC. A partir dos 170 DASC foi verificada a presença de cladódios secundários nas plantas dos tratamentos irrigados com frequências de 2,3; 7 e 14 dias, enquanto que as plantas irrigadas a cada 21 dias e as de sequeiro não apresentaram cladódios secundários. Neste período o tratamento irrigado a cada 2,3 dias apresentou NCS significativamente maior que os demais tratamentos.

Somente aos 234 DASC constatou-se a existência de cladódios secundários nas plantas em todos os tratamentos e que as plantas irrigadas apresentaram NCS significativamente maior que a testemunha de sequeiro. Segundo Queiroz et al. (2015), a

palma responde mais rapidamente à emissão de cladódios de primeira e segunda ordens quando irrigada, mostrando que a eficiência no uso da água pela planta se reflete no aumento do seu crescimento e desenvolvimento.

#### **5.4.3 Altura de planta – AP**

As médias da altura de plantas dos tratamentos que receberam irrigação foram estatisticamente superiores às médias da testemunha de sequeiro em todos os períodos analisados (110, 170 e 234 DASC). Observa-se na Tabela 9 que houve uma pequena variação na altura média das plantas, de apenas 1,69 cm, entre a primeira (38,15 cm) e a segunda (39,84 cm) medição, proporcionalmente menor que a variação verificada entre a segunda e a terceira medição, que foi de 13,91 cm, quando a média da altura de plantas atingiu 53,75 cm aos 234 DASC. Resultado semelhante foi encontrado por (Lemos, 2016), quando verificou que as mudanças no crescimento da palma forrageira são lentas na fase inicial da condução da cultura para todas as variáveis estudadas.

#### **5.4.4 Comprimento do cladódio - CC**

Pelos dados da Tabela 9 constata-se que as médias dos comprimentos dos cladódios foram aumentando com o passar do tempo, apresentando médias de 20,62 cm, 21,24 cm e 24,60 cm nas medições feitas aos 110, 170 e 234 DASC, respectivamente. As medições realizadas aos 110 e 170 DASC apresentaram diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados e entre estas em relação à testemunha de sequeiro.

Nas primeira e segunda medições, o tratamento irrigado a cada 2,3 dias apresentou comprimentos de cladódios estatisticamente semelhante ao tratamento irrigado a cada 7 dias e superior aos tratamentos irrigados aos 14 e 21 dias. Já o tratamento irrigado aos 7 dias foi superior ao de 21 dias e semelhante ao de 14 dias. Entretanto, nessas duas medições, todos os tratamentos submetidos à irrigação tiveram comprimento de cladódio estatisticamente superior ao de sequeiro.

Na medição realizada aos 234 DASC, todos os tratamentos irrigados apresentaram comprimento de cladódio estatisticamente semelhante entre si e superior à testemunha de sequeiro.

#### **5.4.5 Largura do cladódio - LC**

A característica largura do cladódio foi semelhante ao comprimento do cladódio no que se refere ao incremento das suas medidas com o passar do tempo, apresentando médias

de 11,21 cm, 11,77 cm e 15,05 cm, nas medições feitas aos 110, 170 e 234 DASC, respectivamente. Segundo Lemos (2016), existe uma relação direta da largura com o comprimento do cladódio na fase inicial de crescimento da palma forrageira, havendo um alongamento longitudinal e transversal do cladódio simultaneamente.

Observando-se os dados referentes à largura dos cladódios (Tabela 9), constata-se que houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados e destas em relação à testemunha de sequeiro nas medições realizadas aos 110 e 170 dias após o segundo corte (DASC). Nessas duas medições os tratamentos irrigados foram estatisticamente maiores que o de sequeiro e apresentaram pequenas variações entre si, embora as plantas irrigadas a cada 2,3 dias tenham apresentado largura de cladódio superior às irrigadas aos 21 dias.

Aos 234 DASC constata-se que houve um acentuado aumento na largura dos cladódios das plantas sem irrigação, chegando a ser estatisticamente semelhante à largura dos cladódios das plantas irrigadas, ocasionado pelas precipitações que ocorreram durante os meses de dezembro /2016 e janeiro/2017, que contribuíram para o rápido crescimento da palma em condições de sequeiro.

A média de 15,05 cm da largura dos cladódios verificada nas plantas deste experimento aos 234 DASC se assemelha a média de 15,63 cm da largura dos cladódios observada por Nascimento (2008) aos 330 dias após plantio da palma forrageira, cultivada no espaçamento mais adensado.

#### **5.4.6 Espessura do cladódio - EP**

Observa-se na Tabela 9 que a espessura média dos cladódios foi de 0,5, 0,6 e 0,7 cm, medidas aos 110, 170 e 234 dias após o segundo corte (DASC), respectivamente. Nas três medições houve diferença significativa entre os tratamentos. No caso da medição feita aos 110 dias, verificou-se que todos os tratamentos diferiram estatisticamente, seguindo uma ordem na qual o tratamento que recebeu mais água teve espessura de cladódio superior ao que recebeu menos água, ou seja, a irrigação feita a cada 2,3 dias > 7 dias > 14 dias > 21 dias > sequeiro.

Resultados semelhantes foram obtidos por Lemos (2016), que percebeu a tendência de ocorrência de maior espessura para os cladódios que receberam maior quantidade de água aos 75 DAP. Seguindo a mesma lógica, as mensurações realizadas aos 170 e 234 DASC deste experimento, mostraram que as médias dos tratamentos, apresentando



diferenças significativas ou não, seguiram a mesma tendência na qual as plantas que receberam maior quantidade de água, apresentaram maior espessura do cladódio.

#### **5.4.7 Perímetro do cladódio - PC**

Os valores dos perímetros dos cladódios que estão na Tabela 9 apresentam médias de 49,4 cm, 51,1 cm e 59,0 cm, correspondentes às mensurações realizadas aos 110, 170 e 234 dias após o segundo corte (DASC), respectivamente. Nas três medições realizadas, todos os tratamentos irrigados apresentaram médias significativamente superiores à testemunha de sequeiro.

Nas medidas feitas aos 110 e 170 DASC, os tratamentos irrigados com água de esgoto tratada apresentaram diferença significativa entre si, o que não ocorreu aos 234 DASC, quando os tratamentos irrigados tiveram suas médias estatisticamente semelhantes. Nas leituras feitas aos 110 e 170 DASC, observa-se que os tratamentos irrigados aos 2,3 e 7 dias foram estatisticamente superiores a irrigação de 21 dias.

Assim como nas outras características morfológicas analisadas, os tratamentos que receberam maiores volumes de água apresentaram valores médios dos perímetros dos cladódios maiores que os tratamentos menos irrigados. Esta situação corrobora com a constatação de Ramos et al. (2015), de que o crescimento vegetativo da palma está fortemente relacionado ao conteúdo de água no solo, devido aos principais processos fisiológicos e bioquímicos serem dependentes da água.

### **5.5 PRODUÇÕES DE MASSA VERDE E MASSA SECA DA PALMA FORRAGEIRA**

A Tabela 10 apresenta as médias, por tratamento, de massa verde (MV) e massa seca (MS) da palma forrageira, em quilograma por planta ( $\text{kg pl}^{-1}$ ) e quilograma por hectare ( $\text{kg há}^{-1}$ ). Apresenta, também, a quantidade de massa seca em relação à massa verde, em percentagem. Esses dados foram obtidos aos 234 dias após o segundo corte da palma forrageira (DASC).

Pode-se verificar na massa verde por planta (MV), que houve diferença significativa entre as médias dos tratamentos irrigados a cada 2,3; 7 e 14 dias em relação à testemunha de sequeiro, na avaliação realizada aos 234 DASC. Os tratamentos irrigados apresentaram resultados significativamente maiores que o tratamento de sequeiro.

Tabela 10 - Valores médios da massa verde (MV), massa seca (MS) e da relação massa seca/verde (MS/MV) dos cladódios da palma forrageira aos 234 dias após o segundo corte.

Tratamentos	MV		MS		MS/MV
	kg pl <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	kg pl <sup>-1</sup>	kg ha <sup>-1</sup>	%
<b>2,3 Dias</b>	2,707 a	90.232	0,170 a	5.666	6,28
<b>7 Dias</b>	2,678 a	89.265	0,170 a	5.666	6,34
<b>14 Dias</b>	2,123 a	70.765	0,169 a	5.633	7,96
<b>21 Dias</b>	1,518 ab	50.599	0,141 a	4.699	9,28
<b>Sequeiro</b>	0,411 b	13.699	0,038 b	1.266	9,24
<b>Média</b>	<b>1,88</b>	<b>62.912</b>	<b>0,13</b>	<b>4.586</b>	<b>7,82</b>
<b>CV (%)</b>	<b>29,05</b>		<b>23,61</b>	-	-

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

O tratamento irrigado aos 21 dias, embora não diferindo dos outros tratamentos irrigados, também não diferiu estatisticamente da testemunha de sequeiro. Para a variável massa seca por planta (MS), todos os tratamentos irrigados foram significativamente superiores à testemunha de sequeiro, enquanto que entre eles não houve diferença significativa. Entretanto, apesar de estatisticamente não existir diferença entre as médias dos tratamentos irrigados com água de esgoto doméstico tratado, houve uma tendência de diminuição do peso médio da MS por planta à medida que aumentava o intervalo de dias entre uma irrigação e outra, ou seja, à medida que diminuía a frequência de irrigação. Essa tendência também se verificou na produção de massa verde por planta. Pelo gráfico do modelo de regressão abaixo (Figura 6), observa-se a tendência de diminuição das massas verde e seca da palma forrageira em função do aumento do intervalo entre as irrigações.

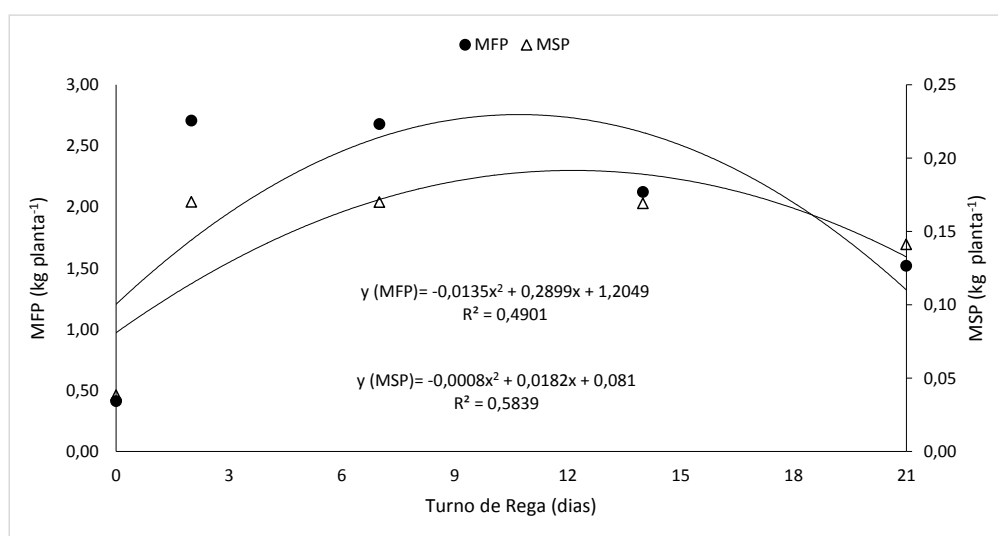


Figura 6 - Produção média das massas verde e seca por planta em função do intervalo entre irrigações com lâmina fixa de esgoto doméstico tratado.

A mesma constatação foi feita por Lemos (2016) quando observou que as maiores produções de matéria verde ocorreram proporcionalmente as maiores lâminas aplicadas do efluente, pelo fato da palma, através do metabolismo CAM, absorver melhor o CO<sub>2</sub> captado da atmosfera durante os períodos mais frios do dia (início das manhãs e final das tardes) para utilizá-lo na fotossíntese.

Como a estimativa da produção de massa verde por hectare (MV.ha<sup>-1</sup>) foi proporcional aos valores de produção de massa verde por planta (MV.pl<sup>-1</sup>), conseqüentemente a maior produção de massa verde por hectare foi verificada na maior frequência de irrigação de 2,3 dias, seguida pelas frequências de 7, 14 e 21 dias, respectivamente, e pela produção de sequeiro, ambas obtidas aos 234 dias após o segundo corte. A maior produção média de massa verde por hectare (90,232 toneladas) obtida neste experimento aos 234 DASC, se aproximou da produção média da palma forrageira estimada por Nascimento (2008), que aos 330 dias após plantio obteve a maior produção de matéria verde por hectare (92,79 toneladas), pesquisando diferentes arranjos populacionais e doses de fósforo.

A produção estimada de massa seca por hectare (MS ha<sup>-1</sup>) seguiu a mesma tendência da produção de massa seca por planta (MS pl<sup>-1</sup>), apresentando valores médios decrescentes em função da diminuição da oferta de água por tratamento. Desta forma, as maiores produções ocorreram nas irrigações de 2,3 e 7 dias, que tiveram a mesma produção média de MS, seguidas das médias obtidas aos 14 e 21 dias e da produção de sequeiro. Segundo Lemos (2016), de maneira geral, a matéria seca das plantas é influenciada pela disponibilidade de nutrientes e água que proporcionam maior acúmulo de matéria seca através da fotossíntese. No seu experimento, as adubações química e orgânica feitas na fundação por ocasião do plantio da palma forrageira e a fertirrigação com a água de esgoto doméstico tratado, possibilitaram maior disponibilidade de nutrientes, de forma que as plantas acumularam quantidades maiores de matéria seca.

Pode-se observar na Tabela 10 que o percentual de massa seca em relação à massa verde foi aumentando à medida que foi aumentando o intervalo de dias entre as irrigações, ou seja, à medida que foi diminuindo a frequência de irrigação. Assim, os tratamentos irrigados com frequências de 2,3; 7; 14 e 21 dias, apresentaram percentuais de MS/MV de 6,28%, 6,34%, 7,96% e 9,28%, respectivamente. Pelo gráfico do modelo de regressão abaixo (Figura 7), observa-se a tendência de aumento dos percentuais de MS/MV da palma forrageira em função do aumento do intervalo entre as irrigações.

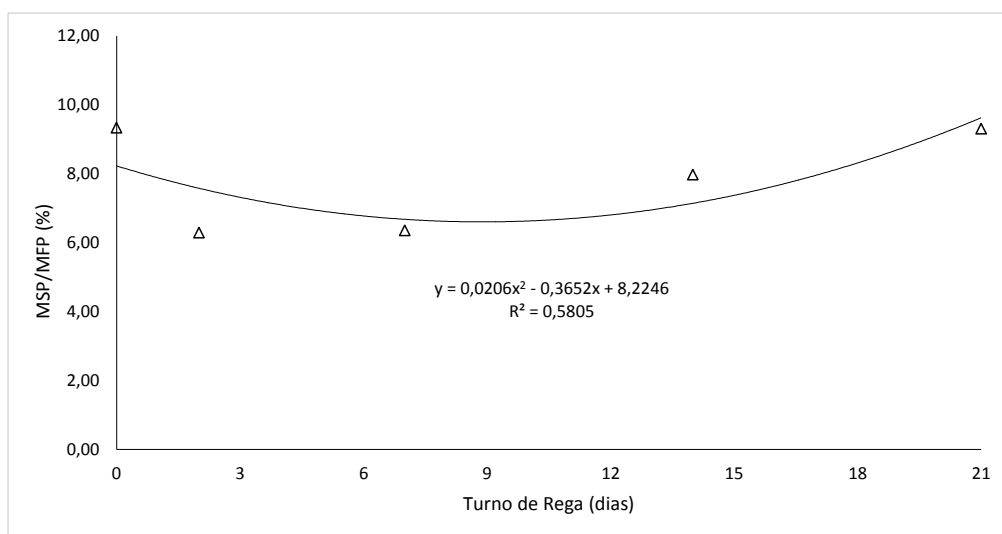


Figura 7 - Percentuais de MS/MV da palma forrageira em função do intervalo entre irrigações com lâmina fixa de esgoto doméstico tratado.

A testemunha de sequeiro teve um percentual de 9,24%, embora ligeiramente menor que o percentual da irrigação de 21 dias, confirmou a tendência de quanto menor a quantidade de água aplicada na palma forrageira, maior é o teor de matéria seca em relação à matéria verde. Segundo Lemos (2016), havendo menor disponibilidade de água no cladódio, maior será a concentração de nutrientes e conseqüentemente maior será seu percentual de matéria seca em relação à matéria verde.

## 6. CONCLUSÕES

A complementação hídrica realizada com água de esgoto doméstico tratado aplicando-se 3,5 mm por irrigação com intervalos de 2,3 a 21 dias, viabilizou o bom desenvolvimento da palma forrageira orelha de elefante em área do sertão semiárido nordestino, que sem Irrigação não teve condições de apresentar um crescimento satisfatório no período seco.

O desempenho da palma forrageira orelha de elefante em condições de sequeiro foi significativamente inferior às plantas fertirrigadas com esgoto doméstico tratado na maioria das características morfométricas analisadas.

As produções de massa verde e seca foram maiores nos tratamentos submetidos à fertirrigação com efluente de esgoto doméstico tratado, de maneira que os valores de MV e MS foram aumentando à medida que intensificava a frequência de irrigação.

O tratamento do esgoto doméstico feito pela ETE foi eficiente, reduzindo a carga orgânica (DBO, DQO e TOG) e favorecendo a fertirrigação da palma forrageira.

## 7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 9.648-86:** Estudo de concepção de sistemas de esgoto sanitário. Rio de Janeiro: ABNT, 1986.
- ABNT – ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13969-97:** Tanques sépticos – Unidades de tratamento complementar e disposição dos efluentes líquidos – Projeto, construção e operação. Rio de Janeiro 60 p. ABNT, 1997.
- Almeida, J.; Peixoto, C. P.; Ledo, C. A. S. **Desempenho vegetativo e produtivo da palma forrageira.** Enciclopédia Biosfera, Goiânia, v. 8, n. 15, p.571, 2012.
- Almeida, O. A. Qualidade da Água de Irrigação. Cruz das Almas: EMBRAPA, Mandioca e Fruticultura, 1<sup>a</sup> ed. 227 p., 2010.
- Ayers, R.S.; Westcot, D.W. A qualidade da água na agricultura. Traduzida por GHEYI, H.R.; Mereiros, J.F.; Damaceno, F.A.V.. Campina Grande: UFPB, 1999. 153 p. (Estudos FAO 29, 1999).
- Barbera, Guiseppe. **História e importância econômica e agroecologia.** In: BARBERA, Guiseppe; INGLESE, Paolo (Eds.). Agroecologia, cultivos e usos da palma forrageira. Paraíba: SEBRAE/PB, 2001. p.1-11.
- Bastos, R. K. X. (Org.) **Utilização de esgotos tratados em fertirrigação, hidroponia e psicultura.** PROSAB 3. Rio de Janeiro: ABES, 2003. 267p.
- Batista, R. O.; Sartori, M. A.; Soares, A. A.; Moura, F. N.; Costa Paiva, M. R. F. **Potencial da remoção de poluentes bioquímicos em biofiltros operando com esgoto doméstico.** Revista Ambiente & Água, v. 6, n. 3, p. 152-164, 2011.
- Batista, R.O.; Reinaldo, G.P.B.; Freire Segundo, J.M.; Lemos Filho, L.C.A; SILVA, P.C.M.; Santos, D.B. **Sistema ecológico para tratamento de esgoto primário em assentamentos rurais do semiárido brasileiro.** Revista Agrarian, v.6, n.22, p.438-447, 2013.
- Benetti, A. D. A aplicação de irrigação para a produção de alimentos prosseguiu através dos séculos até a idade contemporânea. In: **II Simpósio Nacional sobre o Uso da Água na Agricultura.** Universidade de Passo Fundo, 2006. Disponível em: < <http://www.upf.br/coaju/download/reusoaguasII.pdf> >. Acesso em: 10 abr. 2017.
- Benevides, R. M. **Aspectos sanitários e agrônômicos do uso de esgotos tratados na irrigação do capim Tanzânia (*Panicum maximum* Jacq. cv. Tanzânia) – Aquiraz, Ceará.** 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil), Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, 2007.

- Bernardi, C. C. **Reuso de água para agricultura**. Monografia (Especialização Lato Sensu, com área de concentração em Planejamento Estratégico) – ISEA/FGV/ECOBUSINESS SCHOOL, BRASÍLIA, 2003. 625p.
- Bezerra SÁ, I.; SILVA, P. C. G. (Eds.) **Semiárido brasileiro: pesquisa, desenvolvimento e inovação**. Petrolina: EMBRAPA, 2010. 402p.
- BRASIL (2007a). **GEO Brasil recursos hídricos**: Componente da série de relatórios sobre o estado e perspectivas do meio ambiente no Brasil. Resumo executivo. Brasília: ANA/MMA, Imprensa Nacional, 2007a, 60 p.
- BRASIL (2007b). **Lei nº 11.445, de 5 de janeiro de 2007**. Estabelece diretrizes nacionais para o saneamento básico; altera as Leis nos 6.766, de 19 de dezembro de 1979, 8.036, de 11 de maio de 1990, 8.666, de 21 de junho de 1993, 8.987, de 13 de fevereiro de 1995; revoga a Lei no 6.528, de 11 de maio de 1978; e dá outras providências. Diário Oficial, Brasília, 2007b.
- BRASIL (2011). **Resolução nº 430, de 13 de maio de 2011**. Dispõe sobre as condições e padrões de lançamento de efluentes, complementa e altera a Resolução no 357, de 17 de março de 2005, do Conselho Nacional do Meio Ambiente-CONAMA. Diário Oficial, Brasília, 2011.
- Chernicharo, C. A. L.; Florencio, L.; Bastos, R. K. X.; Piveli, R. P.; Von Sperling, M; monteggia, L. O. Tratamento de esgotos e produção de efluentes adequados a diversas modalidades de reúso da água. In: FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (Coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABEAS, 2006, cap. 3, p. 63 - 110. (Projeto PROSAB).
- Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes 1999 em Minas Gerais - 5ª Aproximação**, Viçosa, MG, 1999. 359p
- CONAMA – CONSELHO NACIONAL DE MEIO AMBIENTE. Resolução nº 20/1986. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 18 Jun. 1986.
- COEMA – CONSELHO ESTADUAL DO MEIO AMBIENTE. Resolução nº 2/2017. **Diário Oficial do Estado**. Fortaleza, CE, 21 Fev. 2017.
- CNRH – CONSELHO NACIONAL DE RECURSOS HÍDRICOS. Resolução nº 54/2005. **Diário Oficial da União**. Brasília, DF, 09 Mar. 2006.

- Donato, P.E.R. Avaliação bormatológica, morfológica, nutricional e de rendimento de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e doses de esterco bovino. Itapetinga-BA: UESB, 2011. 134f. Tese (Doutorado em zootecnia, área de concentração em produção de ruminantes).
- Donagema, G.K.; Campos, D.V.B. de; Calderano, S.B.; Teixeira, W.G.; Viana, J.H.M. Manual de métodos de análise de solo. 2.ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p. (Embrapa Solos. Documentos, 132).
- Duque, G. **O Nordeste e as lavouras xerófilas**. 4ª Ed. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil, 2004. 330 p.
- Dubeux Junior., J.C.B. Santos, M.V.F. 2005. Exigências nutricionais da palma forrageira. In: Meneses, R.S.C., Simões, D.A., Sampaio, E.V.S.B. (eds), A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Editora Universitária da UFPE, Recife, pp. 105-128.
- Dubeux Junior., J. C. B.; Araújo Filho, J. T.; Santos, M. V. F. dos.; Lira, M. A.; Santos, D. C. dos.; Pessoa, R. A. S. Adubação mineral no crescimento e 77 composição mineral da palma forrageira—Clone IPA-20. Revista Brasileira de Ciências Agrárias, Recife, v. 5, p. 129-135. 2010.
- Dubeux Junior., J. C. B.; Santos, M. V. F.; Cavalcante, M. et al. **Potencial da palma forrageira na América do Sul**. In: Reunión para el Aprovechamiento Integral de la Tuna y otras Cactáceas. 2. Reunión Sudamericana. 1. 2013. *Actas...* Santiago del Estero. Cactusnet FAO-ICARDA. Cactusnet Newsletter. Special Issue. p. 29-40, 2013.
- Dubeux Junior., J. C. B.; Santos, M. V. F.; Mello, A. C. L. et al. Forage potential of cacti on drylands. *Acta Horticulturae (ISHS)*. v. 1067, 2015.
- Farias, I.; Lira, M.A.; Santos, D.C. et al. Manejo de colheita e espaçamento da palma forrageira, em consorcio com sorgo granífero, no Agreste de Pernambuco. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, n.2, 2000.
- Farias, I.; Santos, D.C.; Dubeux Jr., J.C.B. Estabelecimento e manejo da palma forrageira. In: Menezes, R.S.C.; Simões, D.A.; Sampaio, E.V.S.B. (EE.) **A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso**. Universitária: UFPE, 2005, p.81-103.



- Fatta, D.; Kythreotou, N. Wastewater as valuable water resource – concerns, constraints and requirements to reclamation, recycling, and reuse. In: **IWA INTERNATIONAL CONFERENCE ON WATER ECONOMICS, AND FINANCE**. Rethymno, Greece, p. 8 – 11, 2005.
- Ferreira, D.F., SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. Revista Symposium (Lavras), v. 6, p. 36-41, 2008.
- Ferreira, M.A. **Palma forrageira na alimentação de bovinos leiteiros**. Recife: Imprensa Universitária, 2005. 68 p.
- Freire Segundo, J.M. **Desempenho de sistema para tratamento de água residuária doméstica em assentamento da Chapada do Apodi-RN**. Mossoró, RN: UFERSA, 2014. 51 p. Dissertação (Mestrado em Irrigação e Drenagem) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2014.
- Hespanhol, I. **Potencial de reuso de água no Brasil: agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. In: MANCUSO, P.C.S.; SANTOS, H.F.(Ed.). Reuso de água. São Paulo: MANOLE, 2003. Cap.2, p.37-95.
- Hespanhol, I. **Um novo paradigma na gestão de recursos hídricos**. Estudos Avançados, São Paulo, v. 22, n.63, p. 131-158, 2008.
- Hespanhol, I. **Viabilidade de um AVAD não superior a 10-4 por pessoa por ano para reuso agrícola de água em países em desenvolvimento**. Ambi-Água, Taubaté, v.4, n.2, p. 124-134, 2009.
- Hoffmann, W. Etnobotânica. In: Agroecologia, cultivo e usos da palma forrageira. Roma: FAO, Produção e proteção vegetal, 1995. Tradução (SEBRAE/PB), Paper 132
- IBGE. **Pesquisa nacional de saneamento básico 2008**. Rio de Janeiro: MPOG, MC, 2010. 219p.
- Leon Suematsu, G.; Cavallini, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Campina Grande: UFPB, 1999. 109p.
- Lemos, M. **Sistema modular para tratamento de esgoto doméstico em assentamento rural e reuso para produção de girassol ornamental**. Mossoró, RN: UFERSA, 2011. 172 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do solo) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2011.
- Lemos, M. **Uso de esgoto doméstico tratado na produção de palma forrageira em assentamento rural do semiárido brasileiro**. Mossoró, RN: UFERSA, 2016. 244 p. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2016.

- Liebmann, H. e & Meure, F. **Terra. Um planeta inabitável – Da antiguidade até os nossos dias, toda a trajetória poluidora da humanidade.** Biblioteca do Exército Editora, Rio de Janeiro – RJ, Brasil, 1979.
- Lima, G. F. C.; Holanda JR., E. V.; Maciel, F. C. et al. **Criação familiar de caprinos e ovinos no Rio Grande do Norte: orientações para viabilização do negócio rural.** (Orgs). Natal: EMATER-RN, EMPARN, Embrapa Caprinos, 2006. 426 p.
- Lima, G. F. C; Rêgo, M. M. T.; Aguiar, E. M. et al. **Effect of different cutting intensities on morphological characteristics and productivity of irrigated *Nopalea* forage cactus.** Acta Horticulturae (ISHS). v. 1067. p. 253-258, 2015.
- Lima, G. F. C.; Rêgo, M. M. T; Silva, J. G. M. et. al. **Situación actual de las técnicas de producción de nopal forrajero en Brasil: avances y limitaciones.** In: MONDRAGÓNJACOBO, C. (Ed). Simposio Internacional Tuna Nopal. 1. 2013. Puebla: *Resumos...*SAGARPA, 2013. p. 94-105.
- Lira, M. A.; Farias, I.; SANTOS, D. C. et al. **Cactus forage and semiarid sustainability.** Acta Horticulturae, v. 811, p. 327-331. 2009.
- Lira, M. A.; Santos, M. V. F.; Dubeux, J. C. B.; Farias, I.; Cunha, M. V.; Santos, D. C. Meio século de pesquisa com a palma forrageira (*Opuntia* e *Nopalea*) - Ênfase em Manejo. In: Guim, A.; Verás, A. S. C.; Santos, M. V. F. In: Zootec, 4, 2006.
- Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. (editores). **Reuso de águas.** São Paulo: Faculdade de Saúde Pública/USP, Barueri, São Paulo, 2003.
- Matos, A. T. **Disposição de águas residuárias no solo.** Viçosa, MG: AEAGRI, 2007. 140 p. (Caderno didático n. 38).
- Mattos, K. M. da C., **Viabilidade da irrigação com água contaminada por esgoto doméstico na produção hortícola.** Tese Doutorado; Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu/SP, 168 páginas, 2003.
- Medeiros, J. F. de; Ferreira M. N.; Lemos, M.; Lira R. B. Sistema localizado de baixa pressão para irrigação de palma forrageira utilizando água de esgoto tratada. 2014. DOI: <<http://dx.doi.org/10.12702/ii.inovagri.2014-a170>. > Acesso em maio de 2017.
- Melo,A.A.S.; **Substituição parcial do farelo de soja por uréia e palma forrageira (*Opuntia ficus indica* Mill) em dietas para vacas em lactação: I. Desempenho.** Revista Brasileira de Zootecnia, Viçosa, MG, v. 32, p.727-736, 2003.

- Mesquita, F.O. **Desempenho de gotejadores e produção de capim elefante *Pennisetum purpureum* Schum com percolado de aterro sanitário no semiárido.** Mossoró, RN: UFERSA, 2016. 149 p. Tese (Doutorado em Manejo de Solo e Água) – Universidade Federal Rural do Semiárido, 2016.
- Metcalf; Eddy. *Wastewater engineering treatment disposal reuse.* 4. ed. Revised by G. Tchobanoglous, F. Burton e D. Stensel. New York: McGraw Hill Book, 2003.
- Nascimento, J. P. **Caracterização morfométrica e estimativa da produção de *Opuntia ficus-indica* Mill, sob diferentes arranjos populacionais e doses de fósforo no semiárido da Paraíba, Brasil,** Patos, PB:CSTR/UFCG, 2008. 47 p. Dissertação (Mestrado em Zootecnia) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande.
- Nobel, P. S. **Ecofisiología de *Opuntia* como forraje em México.** In: El nopal (*Opuntia spp.*) como forraje. In: JACOBO, C. M.; GONZÁLES, S. P. (Eds). Rome: FAO. 2003. p. 17- 24.
- OMS. **Organização Mundial de Saúde. Directrices sanitárias sobre el uso de águas residuales em agricultura e aquicultura.** 778p. OMS, Genebra, 1989.
- Pereira, E. F. P.; Lopes, P. S. Q. **Palma – ouro verde do semiárido.** João Pessoa. SENAR/PB. 2013, 72 p.
- Pimienta, B. E.; Loera, Q.; López, A. Estudio anatómico comparativo em morfoespecies Del subgénero *Opuntia*. Actas. III congreso internacional de tuna y cochinilla. Santiago de Chile, 1992.
- Pollice A., Lopez A ,Laera G, Rubido P, Lonigro A. Tertiary filtered municipal wastewater as alternative water source in agriculture: a field investigation in Southern Italy. **Science of the total environment**, Elsevier, 2003. Disponível em <http://www.elsevier.com/locate/scitotenv>. Acesso em: 10 maio de 2017.
- Puig-Barques, J.; Arbat, G.; Elbana, M.; Duran-Ros, M.; Barragan, J.; Ramirez De Cartagena, F.; Lamm, F. R. Effect of flushing frequency on emitter clogging in microirrigation with effluents. *Agricultural Water Management*, v.97, p.883- 891, 2010.
- Queiroz, M. G., Silva, T. G. F.; Zolnier, S.; Silva, S. M. S.; Lima, L. R.; Alves, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n.10, p.931-938, 2015.

- Ramos, J. P. F.; Santos, E. M.; Pinho, R. M. A.; Bezerra, H. F. C.; Pereira, G. A.; Beltrão, G. R.; Oliveira, J. S. Crescimento da palma forrageira em função da adubação orgânica. **Revista eletrônica de Veterinária**. v.16 , n.12, 2015. Disponível em: <http://www.veterinaria.org/revistas/redvet/n121215/121501.pdf>. Acesso em: 03 jun. 2017.
- Rego, J.L; Oliveira, E.L.L.; Chaves, A.F.; Araújo, A.P.B.; Bezerra, F.M.L.; Santos, A.B.; Mota, S. **Uso de esgoto doméstico tratado na irrigação da cultura da melancia**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v.9, suplemento, p.155-159, 2005.
- Sampaio, E. V. S. B. Fisiologia da palma. In: Menezes, R. S. C.; Simões, A. S. (Ed.). A palma no nordeste do Brasil: conhecimento e perspectiva. Recife: Editora Universitária da UFPE, 2005.
- Sanches-Ramon, R.; Soares, A. A.; Matos, A.T; Sediyaama, G. C.; Souza, O.; Mounteer, H. A. Domestic wastewater disinfection using solar radiation for agricultural reuse. **Transactions of the ASABE**, St. Joseph, v. 50, n.1, p. 65-71, 2007.
- Shende, G. B. **Status of wastewater treatment and agricultural reuse with special reference to Indian experience and research and development needs**. In: FAO Regional Seminar on the Treatment and Use of Sewage Irrigation. Rome: FAO, 1985. P.157-182.
- Shuval, H.I. Wastewater reuse for irrigation: evolution of health standards. **Water Quality Bulletin**, 12 (2), 69-83+90, 1987.
- Simões, D. A.; Santos, D. C.; Dias, F. M. **Introdução da palma forrageira no Brasil**. In: Menezes, R. S. C.; Simões, D. A.; Sampaio, E. V.S.B. (Eds). A palma no Nordeste do Brasil: conhecimento atual e novas perspectivas de uso. Recife. 2º Ed. UFPE, 2005. p. 13-26.
- Sistema Brasileiro de Classificação de Solos/ Humberto Gonsalves dos Santos...[et.al.] – Ed.rev. ampl. – Brasília,DF: Embrapa, 2013.
- Sousa, C.C.M., **Avaliação do uso de esgoto doméstico tratado na irrigação do capim tifton 85**. Fortaleza, CE: UFC, 2009. 117 p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal do Ceará, 2009.
- Souza, J. T.; Leite, V. D.; Luna, J. G. Desempenho da cultura do arroz irrigado com esgotos sanitários previamente tratados. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v. 5, n. 1. p. 107 – 110, 2001.

Souza, J. T. et al. Tratamento de águas residuárias: uma proposta para a sustentabilidade ambiental. **Revista de Biologia e Ciência da Terra**, n. 1, suplemento especial, p. 90 – 97, 2006.

Souza, J. T.; Leite, V. D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. 2. Ed. Campina Grande: UEPB, 2008. 135p.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. **Fisiologia vegetal**. 4 ed. Porto Alegre. Artmed Editora S. A. p. 203–242. 2009.

UNITED NATIONS DEVELOPMENT PROGRAMME - UNDP. **Human evelopment report 2006: power, poverty and the global water crisis**. New York, 2006. 440p.

Victorino, C. J. A. **Planeta água morrendo de sede: uma visão analítica na metodologia do uso e abuso dos recursos hídricos**. Porto Alegre: EDIPUCRS, 2007. 231p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO (OMS). **Preventing disease through healthy environments: towards an estimate of the environmental burden of disease**. Geneve, 2006.

WORLD HEALTH ORGANIZATION – WHO (OMS) **Reuse of effluents: methods of wastewater treatment and health safeguards**. Of a WHO meeting of experts. Technical report series. N° 517. Genebra, 1973.

## 8. APÊNDICE

Tabela 11 - Calendário de irrigação utilizado durante o experimento.

Tratamentos	Ano 2016						Ano 2017	
	Jul	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev
<b>Sequeiro</b>	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----	-----
<b>Irrigação: 2,3 dias (Dias irrigados)</b>	2ª feira 4ª feira 6ª feira	2ª feira 4ª feira 6ª feira	2ª feira 4ª feira 6ª feira	2ª feira 4ª feira 6ª feira	2ª feira 4ª feira 6ª feira	2ª feira 4ª feira 6ª feira	2ª feira 4ª feira 6ª feira	2ª feira 4ª feira 6ª feira
<b>Irrigação: 07 dias (Dias irrigados)</b>	4, 11 18, 25	1, 8, 15 22, 29	5, 12 19, 26	3,10,17, 24, 31	7, 14 21, 28	5, 12 19, 26	2, 9 16, 23, 30	6, 13 20, 27
<b>Irrigação: 14 dias (Dias irrigados)</b>	12, 26	9, 23	6, 20	4, 18	1, 15, 29	13, 27	10, 24	7, 21
<b>Irrigação: 21 dias (Dias irrigados)</b>	19	9, 30	20	11	1, 22	13	3, 24	14

Tabela 12 - Análises de coliformes totais e termotolerantes do efluente coletado antes e após a ETE do Assentamento Milagre Apodí-RN.

Coletas	Coliformes Totais	Coliformes Termotolerantes
Set/2016	Ponto1: > 110 NMP ml	Ponto1: > 110 NMP ml
	Ponto2: > 110 NMP ml	Ponto2: > 9,3 NMP ml
	Ponto3: > 110 NMP ml	Ponto3: > 9,3 NMP ml
Out/2016	Ponto1: > 110 NMP ml	Ponto1: > 110 NMP ml
	Ponto2: > 110 NMP ml	Ponto2: > 4,3 NMP ml
	Ponto3: > 110 NMP ml	Ponto3: > 2,4 NMP ml
Nov/2016	Ponto1: > 110 NMP ml	Ponto1: > 110 NMP ml
	Ponto2: > 110 NMP ml	Ponto2: > 2,1 NMP ml
	Ponto3: > 110 NMP ml	Ponto3: > 1,5 NMP ml
Dez/2016	Ponto1: > 110 NMP ml	Ponto1: > 110 NMP ml
	Ponto2: > 110 NMP ml	Ponto2: > 110 NMP ml
	Ponto3: > 110 NMP ml	Ponto3: > 110 NMP ml

\*NMP: Número mais provável.

## Relatório das análises estatísticas das características morfométricas da palma em outubro de 2016

### Variável analisada: Altura de Planta (AP)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	606.622280	151.655570	15.604	0.0001
BLOCO	3	63.231760	21.077253	2.169	0.1447
erro	12	116.626040	9.718837		
Total corrigido	19	786.480080			
CV (%) =	8.17				
Média geral:	38.1540000	Número de observações:	20		

### Variável analisada: Número de Cladódio Primário (NCP)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	22.172000	5.543000	3.441	0.0429
BLOCO	3	0.198000	0.066000	0.041	0.9885
erro	12	19.332000	1.611000		
Total corrigido	19	41.702000			
CV (%) =	24.08				
Média geral:	5.2700000	Número de observações:	20		

### Variável analisada: Comprimento Longitudinal da Folha (CLF)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	511.994730	127.998683	98.953	0.0000
BLOCO	3	9.004260	3.001420	2.320	0.1270
erro	12	15.522390	1.293533		
Total corrigido	19	536.521380			
CV (%) =	5.52				
Média geral:	20.6210000	Número de observações:	20		

**Variável analisada: Comprimento Transversal da Folha (CTF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	88.801870	22.200468	35.059	0.0000
BLOCO	3	3.990420	1.330140	2.101	0.1536
erro	12	7.598730	0.633227		
Total corrigido	19	100.391020			
CV (%) =	7.09				
Média geral:	11.2170000	Número de observações:		20	

**Variável analisada: Espessura da Folha (EF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	1.315130	0.328783	244.297	0.0000
BLOCO	3	0.014575	0.004858	3.610	0.0458
erro	12	0.016150	0.001346		
Total corrigido	19	1.345855			
CV (%) =	6.77				
Média geral:	0.5415000	Número de observações:		20	

**Variável analisada: Perímetro da Folha (PF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	2495.584270	623.896068	91.187	0.0000
BLOCO	3	65.745160	21.915053	3.203	0.0621
erro	12	82.103690	6.841974		
Total corrigido	19	2643.433120			
CV (%) =	5.30				
Média geral:	49.3980000	Número de observações:		20	



## Relatório das análises estatísticas das características morfométricas da palma em Dezembro 2016

### Variável analisada: Altura de Planta (AP)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	839.409280	209.852320	17.394	0.0001
BLOCO	3	95.766140	31.922047	2.646	0.0967
erro	12	144.772960	12.064413		
Total corrigido	19	1079.948380			
CV (%) =	8.72				
Média geral:	39.8490000	Número de observações:	20		

### Variável analisada: Número de Cladódio Primário (NCP)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	19.252000	4.813000	3.279	0.0492
BLOCO	3	0.208000	0.069333	0.047	0.9858
erro	12	17.612000	1.467667		
Total corrigido	19	37.072000			
CV (%) =	22.94				
Média geral:	5.2800000	Número de observações:	20		

### Variável analisada: Número de Cladódio Secundário (NCS)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	26.543000	6.635750	8.356	0.0018
BLOCO	3	0.826000	0.275333	0.347	0.7922
erro	12	9.529000	0.794083		
Total corrigido	19	36.898000			
CV (%) =	100.13				
Média geral:	0.8900000	Número de observações:	20		

**Variável analisada: Comprimento Longitudinal da Folha (CLF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	579.092570	144.773143	106.231	0.0000
BLOCO	3	15.436735	5.145578	3.776	0.0406
erro	12	16.353790	1.362816		
Total corrigido	19	610.883095			
CV (%) =	5.50				
Média geral:	21.2405000	Número de observações:		20	

**Variável analisada: Comprimento Transversal da Folha (CTF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	106.690020	26.672505	55.461	0.0000
BLOCO	3	6.740975	2.246992	4.672	0.0219
erro	12	5.771100	0.480925		
Total corrigido	19	119.202095			
CV (%) =	5.89				
Média geral:	11.7705000	Número de observações:		20	

**Variável analisada: Espessura da Folha (EF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	1.192170	0.298043	53.072	0.0000
BLOCO	3	0.049535	0.016512	2.940	0.0763
erro	12	0.067390	0.005616		
Total corrigido	19	1.309095			
CV (%) =	11.70				
Média geral:	0.6405000	Número de observações:		20	

**Variável analisada: Perímetro da Folha (PF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	2920.370500	730.092625	123.741	0.0000
BLOCO	3	74.961415	24.987138	4.235	0.0294
erro	12	70.801860	5.900155		
Total corrigido	19	3066.133775			
CV (%) =	4.75				
Média geral:	51.1425000	Número de observações:		20	

## Relatório das análises estatísticas das características morfológicas da palma em Fevereiro 2017

Variável analisada: **Altura de Planta (AP)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	2702.427000	675.606750	17.015	0.0001
BLOCO	3	420.393500	140.131167	3.529	0.0486
erro	12	476.469000	39.705750		
Total corrigido	19	3599.289500			
CV (%) =	11.72				
Média geral:	53.7550000	Número de observações:		20	

Variável analisada: **Número de Cladódio Primário (NCP)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	20.012500	5.003125	3.464	0.0421
BLOCO	3	0.707375	0.235792	0.163	0.9191
erro	12	17.329500	1.444125		
Total corrigido	19	38.049375			
CV (%) =	21.90				
Média geral:	5.4875000	Número de observações:		20	

Variável analisada: **Número de Cladódio Secundário (NCS)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	189.703250	47.425812	7.858	0.0024
BLOCO	3	14.401375	4.800458	0.795	0.5197
erro	12	72.426750	6.035562		
Total corrigido	19	276.531375			
CV (%) =	36.44				
Média geral:	6.7425000	Número de observações:		20	

Variável analisada: **Comprimento Longitudinal da Folha (CLF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	326.281250	81.570313	20.352	0.0000
BLOCO	3	11.447680	3.815893	0.952	0.4465
erro	12	48.095470	4.007956		
Total corrigido	19	385.824400			
CV (%) =	8.14				
Média geral:	24.6000000	Número de observações:		20	

Variável analisada: **Comprimento Transversal da Folha (CTF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	6.153170	1.538293	0.624	0.6541
BLOCO	3	13.068215	4.356072	1.768	0.2067
erro	12	29.566310	2.463859		
Total corrigido	19	48.787695			
CV (%) =	10.43				
Média geral:	15.0555000	Número de observações:		20	

Variável analisada: **Espessura da Folha (EF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	0.993830	0.248457	70.702	0.0000
BLOCO	3	0.020280	0.006760	1.924	0.1796
erro	12	0.042170	0.003514		
Total corrigido	19	1.056280			
CV (%) =	8.30				
Média geral:	0.7140000	Número de observações:		20	

Variável analisada: **Perímetro da Folha (PF)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	1571.023770	392.755942	22.818	0.0000
BLOCO	3	71.534820	23.844940	1.385	0.2947
erro	12	206.553830	17.212819		
Total corrigido	19	1849.112420			
CV (%) =	7.03				
Média geral:	59.0130000	Número de observações:		20	

## **Relatório das análises estatísticas dos teores de massas verde e massa seca da palma.**

Variável analisada: **Massa verde (MV)**

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	14.676078	3.669020	12.196	0.0003
BLOCO	3	1.865630	0.621877	2.067	0.1582
erro	12	3.609950	0.300829		
Total corrigido	19	20.151658			
CV (%) =	29.05				
Média geral:	1.8878200	Número de observações:		20	

-----  
 Teste Tukey para a FV TRATAMENTO  
 -----

DMS: 1,23659982472007 NMS: 0,05  
 -----

Média harmônica do número de repetições (r): 4  
 Erro padrão: 0,274239466525152  
 -----

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	0.411300	a1
21	1.518400	a1 a2
14	2.123500	a2
7	2.678400	a2
2	2.707500	a2

-----

-----  
 Regressão para a FV TRATAMENTO  
 -----

Média harmônica do número de repetições (r): 4  
 Erro padrão de cada média dessa FV: 0,274239466525152  
 -----

b1 : X  
 b2 : X^2  
 -----

Modelos reduzidos sequenciais  
 -----

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	1.808913	0.18513629	9.771	0.0000
b1	0.008967	0.01575985	0.569	0.5799

-----

R^2 = 0.66%  
 -----

Valores da variável independente	Médias observadas	Médias estimadas
0.000000	0.411300	1.808913
2.000000	2.707500	1.826846
7.000000	2.678400	1.871680
14.000000	2.123500	1.934447
21.000000	1.518400	1.997214

-----

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	1.204896	0.22303440	5.402	0.0002
b1	0.289859	0.05994763	4.835	0.0004
b2	-0.013535	0.00278702	-4.856	0.0004

-----

R^2 = 49.01%  
 -----

Valores da variável independente	Médias observadas	Médias estimadas
0.000000	0.411300	1.204896
2.000000	2.707500	1.730474
7.000000	2.678400	2.570692
14.000000	2.123500	2.610055
21.000000	1.518400	1.322983

Somas de quadrados seqüenciais - Tipo I (Type I)

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
b1	1	0.097383	0.097383	0.324	0.580
b2	1	7.095100	7.095100	23.585	0.000
Desvio	2	7.483595	3.741797	12.438	0.001
Erro	12	3.609950	0.300829		

Variável analisada: Massa seca (MS)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRATAMENTO	4	0.051859	0.012965	12.249	0.0003
BLOCO	3	0.007898	0.002633	2.487	0.1103
erro	12	0.012701	0.001058		
Total corrigido	19	0.072457			
CV (%) =	23.61				
Média geral:	0.1378050	Número de observações:	20		

Arquivo analisado:

C:\Users\jeffe\Desktop\Planilhas Manoel\MV e MS. dbf

Teste Tukey para a FV TRATAMENTO

DMS: 0,0733494676365187 NMS: 0,05

Média harmônica do número de repetições (r): 4

Erro padrão: 0,016266635715476

Tratamentos	Médias	Resultados do teste
0	0.038400	a1
21	0.141225	a2
14	0.169175	a2
7	0.170000	a2
2	0.170225	a2

-----  
Regressão para a FV TRATAMENTO  
-----

Média harmônica do número de repetições (r): 4  
Erro padrão de cada média dessa FV: 0,016266635715476  
-----

b1 : X  
b2 : X^2  
-----

Modelos reduzidos sequenciais  
-----

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	0.114520	0.01098144	10.429	0.0000
b1	0.002646	0.00093480	2.831	0.0152

-----

R^2 = 16.35%  
-----

Valores da variável independente	Médias observadas	Médias estimadas
0.000000	0.038400	0.114520
2.000000	0.170225	0.119812
7.000000	0.170000	0.133042
14.000000	0.169175	0.151564
21.000000	0.141225	0.170086

-----

Parâmetro	Estimativa	SE	t para H0: Par=0	Pr> t
b0	0.081043	0.01322938	6.126	0.0001
b1	0.018214	0.00355582	5.122	0.0003
b2	-0.000750	0.00016531	-4.538	0.0007

-----

R^2 = 58.38%  
-----

Valores da variável independente	Médias observadas	Médias estimadas
0.000000	0.038400	0.081043
2.000000	0.170225	0.114471
7.000000	0.170000	0.171785
14.000000	0.169175	0.189009
21.000000	0.141225	0.132717

-----

Somas de quadrados seqüenciais - Tipo I (Type I)

Causas de Variação	G.L.	S.Q.	Q.M.	Fc	Pr>F
b1	1	0.008480	0.008480	8.012	0.015
b2	1	0.021795	0.021795	20.592	0.001
Desvio	2	0.021584	0.010792	10.196	0.003
Erro	12	0.012701	0.001058		

-----

## Relatório das análises estatísticas dos teores de nutrientes e metais pesados na palma.

Variável analisada: Nitrogênio (N)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	21.492970	5.373242	0.967	0.4607
BLO	3	4.789975	1.596658	0.287	0.8337
erro	12	66.686150	5.557179		
Total corrigido	19	92.969095			
CV (%) =	11.69				
Média geral:	20.1705000	Número de observações:	20		

Variável analisada: Fósforo (P)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	0.025250	0.006313	2.305	0.1180
BLO	3	0.003880	0.001293	0.472	0.7073
erro	12	0.032870	0.002739		
Total corrigido	19	0.062000			
CV (%) =	21.81				
Média geral:	0.2400000	Número de observações:	20		

Variável analisada: Potássio (K)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	2199.168000	549.792000	5.003	0.0132
BLO	3	82.185500	27.395167	0.249	0.8603
erro	12	1318.652000	109.887667		
Total corrigido	19	3600.005500			
CV (%) =	27.04				
Média geral:	38.7650000	Número de observações:	20		

Variável analisada: Sódio (NA)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	0.016180	0.004045	1.916	0.1725
BLO	3	0.004935	0.001645	0.779	0.5280
erro	12	0.025340	0.002112		
Total corrigido	19	0.046455			
CV (%) =	14.29				
Média geral:	0.3215000	Número de observações:	20		



Variável analisada: Cálcio (Ca)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	91.429230	22.857308	48.694	0.0000
BLO	3	3.889495	1.296498	2.762	0.0880
erro	12	5.632930	0.469411		
Total corrigido	19	100.951655			
CV (%) =	10.80				
Média geral:	6.3435000	Número de observações:		20	

Variável analisada: Magnésio (Mg)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	287.744870	71.936217	9.058	0.0013
BLO	3	55.557940	18.519313	2.332	0.1258
erro	12	95.302810	7.941901		
Total corrigido	19	438.605620			
CV (%) =	13.62				
Média geral:	20.6870000	Número de observações:		20	

Variável analisada: Cobre (Cu)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	558.128370	139.532092	32.853	0.0000
BLO	3	9.031880	3.010627	0.709	0.5651
erro	12	50.966270	4.247189		
Total corrigido	19	618.126520			
CV (%) =	20.49				
Média geral:	10.0580000	Número de observações:		20	

Variável analisada: Manganês (Mn)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	14074388.281250	3518597.070313	4.788	0.0153
BLO	3	2607064.375000	869021.458333	1.183	0.3574
erro	12	8818000.468750	734833.372396		
Total corrigido	19	25499453.125000			
CV (%) =	46.03				
Média geral:	1862.5000000	Número de observações:		20	

Variável analisada: Ferro (Fe)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	40427.630330	10106.907583	1.388	0.2959
BLO	3	8555.731900	2851.910633	0.392	0.7612
erro	12	87370.489750	7280.874146		
Total corrigido	19	136353.851980			
CV (%) =	28.03				
Média geral:	304.4390000	Número de observações:	20		

Variável analisada: Zinco (Zn)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	340.131870	85.032968	0.326	0.8554
BLO	3	523.435375	174.478458	0.668	0.5875
erro	12	3132.429250	261.035771		
Total corrigido	19	3995.996495			
CV (%) =	33.33				
Média geral:	48.4795000	Número de observações:	20		

Variável analisada: Níquel (Ni)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	0.000925	0.000231	34.603	0.0000
BLO	3	0.000040	0.000013	1.987	0.1698
erro	12	0.000080	0.000007		
Total corrigido	19	0.001045			
CV (%) =	6.87				
Média geral:	0.0376100	Número de observações:	20		

Variável analisada: Cádmio (Cd)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	0.000018	0.000004	15.563	0.0001
BLO	3	2.055000000E-0007	6.85000000E-0008	0.242	0.8654
erro	12	0.000003	2.83083333E-0007		
Total corrigido	19	0.000021			
CV (%) =	10.40				
Média geral:	0.0051150	Número de observações:	20		

Variável analisada: Chumbo (Pb)

TABELA DE ANÁLISE DE VARIÂNCIA

FV	GL	SQ	QM	Fc	Pr>Fc
TRAT	4	0.004060	0.001015	30.517	0.0000
BLO	3	0.000044	0.000015	0.440	0.7289
erro	12	0.000399	0.000033		
Total corrigido	19	0.004503			
CV (%) =	8.45				
Média geral:	0.0682150	Número de observações:		20	