



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E
TECNOLÓGICA INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS*
GUANAMBI

THAIS CARVALHO CAMELO

**PRODUTIVIDADE E APORTE DE NUTRIENTES EM PALMA FORRAGEIRA
'GIGANTE' IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2018



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DA EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL BAIANO *CAMPUS* GUANAMBI

THAIS CARVALHO CAMELO

**PRODUTIVIDADE E APORTE DE NUTRIENTES EM PALMA FORRAGEIRA
'GIGANTE' IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

Dissertação apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, como parte das exigências do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido, para obtenção do título de Mestre Profissional.

GUANAMBI
BAHIA – BRASIL
2018

Ficha catalográfica elaborada pela Bibliotecária Fabiana Arcanja dos Santos
Campus Guanambi, com dados fornecidos pela autora.

C181p Camelo, Thais Carvalho

Produtividade e aporte de nutriente em palma forrageira
'Gigante' irrigada com água residuária./ Thais Carvalho Camelo.
-- Guanambi, BA, 2018.

36 f.

Orientador: José Alberto Alves de Souza.

Coorientador: Carlos Elízio Cotrim.

Dissertação (Mestrado Profissional em Produção Vegetal no
Semiárido) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia
Baiano - *Campus* Guanambi, 2018.

1. Plantas forrageiras. 2. *Opuntia ficus-indica*. 3. Irrigação.
4. Esgoto doméstico. 5. Semiárido baiano. I. Souza, José Alberto Alves
de. II. Cotrim, Carlos Elízio. III. Título.

CDU: 633.3



MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA
INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA BAIANO
PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E INOVAÇÃO



**TERMO DE APROVAÇÃO
DEFESA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO**

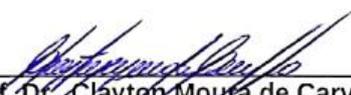
**APORTE DE NUTRIENTES EM PALMA FORRAGEIRA GIGANTE COM APLICAÇÃO
DE ÁGUA RESIDUÁRIA**

por

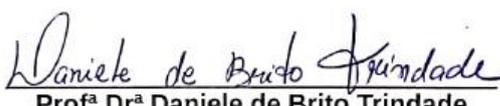
THAÍS CARVALHO CAMELO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado às 08 horas 00 min. do dia 03 de outubro de 2018 como requisito para a conclusão do Curso de Mestrado Profissional em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano – Campus Guanambi. A candidata foi arguida pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho APROVADO.

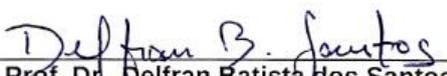
Banca examinadora:



Prof. Dr. Clayton Moura de Carvalho
Membro da Banca – IF Baiano



Prof.ª Dr.ª Daniele de Brito Trindade
Membro da Banca – IF Baiano



Prof. Dr. Delfran Batista dos Santos
Membro da Banca – IF Baiano



Prof. Dr. José Alberto Alves de Souza
Orientador – IF Baiano

AGRADECIMENTOS

À Deus, pelo amparo e apoio em todos os momentos e pelas bênçãos concedidas em minha vida até hoje.

Aos meus pais, Geraldo e Wanderlucia, pelo amor incondicional, incentivo, apoio e dedicação a mim ofertado.

Ao meu orientador e amigo, José Alberto, pelos ensinamentos e incentivo em todas as horas. Agradeço pela dedicação, paciência e colaboração ao longo de todo o trabalho.

A minha família, pelo incentivo e companheirismo nas horas difíceis.

Aos colegas de curso pelo companheirismo e amizade, em especial a Jéssica e ao Giliarde.

Ao Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia Baiano - *Campus* Guanambi, pela oportunidade da realização do curso de mestrado.

A todos os professores do Programa de Mestrado Profissional que contribuíram para minha formação acadêmica e pessoal.

Aos meus amigos Jaíba e Shirley pelo companheirismo e cooperação.

Ao CNPq pelo auxílio financeiro para execução do projeto e concessão da bolsa.

A todos aqueles que, de forma direta ou indireta contribuíram para realização deste trabalho e para a minha formação profissional.

Muito obrigada!

BIOGRAFIA

THAIS CARVALHO CAMELO, natural de Bocaiúva, MG, iniciou o curso de graduação Bacharelado em Engenharia Agrícola e Ambiental pelo Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Norte de Minas, *Campus Januária*, em 2010. Em Janeiro de 2013, transferiu a graduação para a Universidade Federal de Minas Gerais – Instituto de Ciências Agrária, *Campus Montes Claros*, MG. Em Dezembro de 2014, concluiu a graduação. Em Abril de 2016, ingressou no Curso de Mestrado Profissional *Stricto Sensu* em Produção Vegetal no Semiárido do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus Guanambi*, concluindo o curso em Outubro de 2018.

1.	INTRODUÇÃO.....	10
2.	REVISÃO DE LITERATURA	11
2. 1.	Uso de água residuária na agricultura.....	11
2. 2.	Palma forrageira (<i>Opuntia fícus indica</i>)	12
2. 3.	Irrigação com déficit na palma forrageira	13
3.	MATERIAL E MÉTODOS.....	16
4.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	20
5.	CONCLUSÕES.....	30
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	31

RESUMO

CAMELO, Thais Carvalho, Ma. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, Outubro de 2018. **Aporte de nutrientes em palma forrageira ‘Gigante’ pela água residuária.** Orientador: José Alberto Alves de Souza. Coorientador: Carlos Elízio Cotrim.

O experimento foi instalado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi. A palma forrageira é uma planta xerófila, adaptada a temperaturas elevadas e ao déficit hídrico. É um importante recurso forrageiro para regiões semiáridas em período de estiagem. Objetivou-se avaliar a produtividade e o aporte de nutrientes na palma forrageira ‘Gigante’ irrigada com água residuária, comparada com irrigação convencional e adubação com esterco bovino. Os tratamentos foram: sem adubação e sem irrigação (SA_SI); sem adubação e irrigação com água residuária (0,6 L planta⁻¹ semana⁻¹) (AR_0,6); sem adubação e irrigação com água residuária (1,2 L planta⁻¹ semana⁻¹, aplicada uma única vez por semana) (AR_1,2); sem adubação e irrigação com água residuária (1,2 L planta⁻¹ semana⁻¹, fraccionada em duas aplicações semanais) (AR_2X0,6); com adubação orgânica (60 T ha⁻¹ de esterco bovino, aplicadas antes do plantio) e irrigação com água comum (1,2 L planta⁻¹ semana⁻¹) (CA_AP_1,2); e com adubação orgânica (60 T ha⁻¹ de esterco bovino, aplicadas antes do plantio) e sem irrigação (CA_SI). A água residuária utilizada no experimento foi captada na lagoa de estabilização do *campus* e a água comum foi captada em poço tubular do campus. Os tratamentos foram dispostos em delineamento experimental em blocos casualizados, com cinco repetições. Avaliou-se a produtividade de matéria verde e seca, a quantidade de macro e micronutrientes aplicados no solo via água e adubo orgânico, os teores de macro e micronutrientes presentes nos tecidos dos cladódios e os teores de macro e micronutrientes no solo. A produtividade de matéria verde foi superior nos tratamentos irrigados. Em relação à matéria seca, seu valor foi maior no SA_SI e não diferiram estatisticamente nos demais. A aplicação de esterco proporcionou aumentar a extração/exportação de N, P, K e S. A quantidade média de macronutrientes extraídos/exportados, em ordem decrescente, foram o K, o Ca, o N, o Mg, o S e o P.

Palavras-chave: Irrigação, esgoto doméstico, *Opuntia fícus*.

ABSTRACT

CAMELO, Thais Carvalho, Ma. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano *Campus* Guanambi, October de 2018. **Contribution of nutrient in 'Giant' forage palm by wastewater.** Adviser: José Alberto Alves de Souza. Co-adviser: Carlos Elízio Cotrim.

The experiment was installed at the Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, Guanambi *Campus*. The forage palm is a xerophilous plant, adapted to high temperatures and water deficit. It is an important forage resource for semi-arid regions during the dry season. The objective of this study was to evaluate the productivity and the nutrient supply in the 'Giant' forage palm irrigated with wastewater, compared to conventional irrigation and fertilization with bovine manure. The treatments were: without fertilization and without irrigation (SA_SI); without fertilization and irrigation with wastewater (0,6 L plant⁻¹ week⁻¹) (AR_0,6); without fertilization and irrigation with wastewater (1,2 L plant⁻¹ week⁻¹, applied once a week) (AR_1,2); without fertilization and irrigation with wastewater (1,2 L plant⁻¹ week⁻¹, divided in two weekly applications) (AR_2X0,6); with organic fertilization (60 T ha⁻¹ of bovine manure, applied before planting) and irrigation with common water (1,2 L plant⁻¹ week⁻¹) (CA_AP_1,2), and with organic fertilization (60 T ha⁻¹ of bovine manure applied before planting), without irrigation (CA_SI). The wastewater used in the experiment was collected in the stabilization pond of the *campus* and the common water was collected on tubular well installed at the *campus*. The treatments were arranged in a randomized complete block design, with five replicates. The productivity of green and dry matter, the amount of macro and micronutrients applied in the soil by water and organic fertilizer, the macro and micronutrient contents present in the cladodes tissues, and the macro and micronutrient contents in the soil were evaluated. Green matter yield was higher in irrigated treatments. Regarding dry matter, its value was higher in SA_SI and it did not differ statistically in the others. Bovine manure increased the N, P, K and S extraction / export. The average amount of macronutrients extracted / exported in descending order were K, Ca, N, Mg, S and P.

Key words: Irrigation, domestic sewage, *Opuntia ficus*.

1. INTRODUÇÃO

O estado da Bahia possui dois terços do seu território na região semiárida (BRASIL, 2005). Esta abrange 11,39% do território nacional e corresponde a 60% da região Nordeste. O clima é caracterizado pelas baixas precipitações e irregularidades das mesmas, excesso de radiação e ventos com velocidade elevada. Essas características constituem fatores de estresse, tanto para a pecuária quanto para a agricultura, tornando a produção de forragens escassas nos períodos prolongados das secas.

Para solucionar o problema da falta de alimentos para os rebanhos dessa região, uma alternativa pode ser a produção de palma forrageira ‘Gigante’ (*Opuntia ficus-indica* Mill). Essa cultura possui elevada eficiência no uso da água, alta produtividade, alta digestibilidade, além de armazenar grandes quantidades de água em seus tecidos, o que se configura em reserva hídrica estratégica para os rebanhos.

Essa cultura tem a característica de fechar os estômatos durante o dia e abri-los à noite, para fixação de CO₂, resultando em economia hídrica. Porém, até mesmo nesta cultura adaptada às condições adversas, em condição de umidade relativa baixa e temperatura noturna elevada, alta evapotranspiração e déficit hídrico, as plantas perdem o vigor e podem morrer no período seco, devido à excessiva perda de água, necessitando da suplementação hídrica nesse período para garantir a produtividade.

Estratégias de manejo na condução e produção do palmar tendem a aumentar a produtividade. Juntamente com essas estratégias, uma alternativa para assegurar essa produtividade ao longo do ano é utilizar a irrigação para suprir, no todo ou em parte, as necessidades hídricas da cultura. Porém, nessa região há a limitação de recursos hídricos. Sendo assim, são necessárias alternativas de uso eficiente desse recurso, para a suplementação hídrica dos palmais.

A palma forrageira necessita de pequena quantidade de água em sua irrigação, se comparada à quantidade de água utilizada por outras culturas tradicionais, o que a torna uma alternativa de reserva forrageira onde os recursos hídricos são limitados.

A utilização de esgoto doméstico pode ser uma alternativa para permitir a irrigação quando os recursos hídricos convencionais são escassos ou inexistentes e é uma prática cada vez mais comum na agricultura, pois possui várias vantagens, como disponibilidade ao longo de todo o ano e aporte de nutrientes para as culturas.

Assim, objetivou-se avaliar a produtividade e o aporte de nutrientes na palma forrageira ‘Gigante’ irrigada com água residuária, comparada com irrigação convencional e adubação com esterco bovino.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Uso de água residuária na agricultura

A água é um recurso natural indispensável para a existência da vida no planeta. Esse recurso está cada vez mais restrito, tanto em qualidade quanto em quantidade, devido a alguns fatores, como o crescimento populacional, a distribuição pluviométrica irregular e o uso desordenado. Na região nordeste do Brasil há maior restrição ainda, devido às baixas precipitações e às elevadas taxas de evapotranspiração ao longo do ano. A agricultura é o setor que mais consome água superficial. Assim, práticas alternativas de cultivo são necessárias para se conseguir suprir a demanda por alimentos da população (LIRA *et al.*, 2015).

A agricultura, atualmente no mundo, está enfrentando problemas, como falta de água para poder produzir e a necessidade de produzir em maior quantidade, devido ao aumento populacional. Problemas esses mais evidenciados no semiárido brasileiro, onde há escassez de água, necessitando assim, de alternativas em curto prazo para suprir as necessidades hídricas das culturas. Uma alternativa é o uso de água residuária na agricultura (SARAIVA e KONIG, 2013).

De acordo com Keraita *et al.* (2008), uma das principais vantagens desta alternativa é que esta água está disponível durante todo o ano, não dependendo de precipitações e das estações do ano. Isso viabiliza o aumento das áreas irrigadas, aumentando a produção anual e a irrigação em locais que “sofrem” pela escassez de água, como as regiões semiáridas.

O uso de águas residuárias também acarreta outros benefícios, como a redução da captação de água de boa qualidade para irrigação, a redução da contaminação de corpos d’água devido à deposição de efluentes, além da água residuária apresentar características fertilizantes. Contudo, o uso desta água na agricultura deve ser feito com critérios, pois há alterações em alguns nutrientes no solo (ANDRADE FILHO *et al.* 2013). Altera, principalmente, o teor de nitrogênio, fósforo e potássio, apresentando grande potencial como fertilizante (AZEVEDO *et al.* 2007).

Souza *et al.* (2015) afirmam que é necessário encontrar um equilíbrio entre o uso dessas águas com a adubação mineral, reduzindo assim, os custos com fertilizantes, aumentando a produtividade, e conseqüentemente, diminuindo os custos com adubos e aumentando o lucro do produtor.

O solo, através de reações químicas e por processos microbiológicos, tem capacidade para decompor ou inativar materiais prejudiciais ao ambiente. As conseqüências da disposição de água residuária no solo só se manifestam após longo período de aplicação, e irá depender das características do solo e do clima (ERTHAL *et al.*, 2010).

A disposição de água deve ser previamente calculada, de acordo com a relação solo-planta.

Esta depende de fatores específicos de cada área, como propriedades físicas e químicas do solo, taxas de absorção pela cultura, e limitações da qualidade da água (LEMOS, 2016).

Após as aplicações, é necessário que se faça o monitoramento das características do solo e da cultura, observando a salinidade, a sodicidade e a alcalinidade, efeitos limitantes para o uso de águas residuárias na irrigação de culturas agrícolas (BARROSO e WOLFF, 2011).

A utilização de águas residuárias resulta em um aumento temporário da salinidade no solo irrigado durante a estação seca, recuperando as características do solo na próxima estação chuvosa (VERGINE *et al.*, 2017).

Culturas agrícolas que não têm utilizações diretas na alimentação humana são mais promissoras para serem irrigadas com águas residuárias, pois os possíveis riscos de contaminação por microrganismos patogênicos presentes são mínimos ou inexistentes (SILVA, 2017).

2. 2. Palma forrageira (*Opuntia fícus indica*)

A *Opuntia fícus indica* é uma planta de diversos usos. Nativa do México, pertence à família cactácea. No Brasil, é cultivada principalmente no Nordeste, sendo considerada a reserva forrageira da região. Uma cultura com mecanismos fisiológicos interessantes, quando se trata de absorção, utilização e perda de água (OLIVEIRA *et al.*, 2010). As variedades mais cultivadas são a redonda, a gigante e a miúda (TORRES, 2009).

Na escolha da cultivar adequada, tem que se levar em conta algumas características, como: hábito de crescimento, produtividade, resistência às pragas e às doenças, palatabilidade, adaptabilidade ambiental e de manejo (SILVA *et al.*, 2017).

A palma forrageira é considerada planta xerófila. Por isso, é adaptada às condições adversas, como temperaturas elevadas, solos pobres em nutrientes e escassez hídrica. Sendo assim, é apropriada ao cultivo em regiões semiáridas. Todavia, seu desenvolvimento e crescimento variam com as oscilações das condições meteorológicas (LEMOS, 2016).

A fisiologia dessa cultura é caracterizada pelo processo fotossintético denominado metabolismo ácido das crassuláceas (CAM), cuja característica principal é o fechamento dos estômatos durante o dia e a abertura à noite, para fixação de CO₂, resultando em economia hídrica. Estratégias de manejo na condução e produção, combinadas com o espaçamento de plantio e a adubação da palma, tendem a aumentar a produtividade (DONATO *et al.*, 2014a).

Por essas características citadas, a forragem de cactáceas ganha destaque na estratégia da alimentação de rebanhos, principalmente no período das secas. Produtividade, resistência e adaptação ao semiárido estimulam os produtores a utilizarem essa forragem, além de suas

características nutricionais, que contribuem no desenvolvimento dos animais (LIMA, 2017).

O espaçamento de plantio menos adensado facilita os tratos culturais e minimiza os riscos de pragas e doenças na cultura, por permitir uma maior exposição de plantas ao sol. Segundo Ramos *et al.* (2011), o espaçamento menos adensado proporciona maior largura do cladódio, maior altura de plantas e maior teor de carboidratos fibrosos. Quanto ao valor nutritivo da palma, os espaçamentos de plantio pouco influenciam (DONATO *et al.*, 2014b).

A palma é um importante recurso forrageiro para regiões semiáridas, pois colabora para atender à demanda de alimentos no período de estiagem, devido a sua rusticidade, elevado potencial de produção, elevada eficiência no uso dos recursos hídricos e alto valor energético, quando comparada a muitas espécies da vegetação nativa (BEZERRA *et al.*, 2015).

Essa forrageira contém, em média, 90% de água, contribuindo, também, para suprir esse líquido para os animais. A palma forrageira, mesmo adaptada às regiões semiáridas, em baixa umidade relativa e elevadas temperaturas noturnas, apresenta baixa produtividade. Em relação às características físico-químicas do solo, são recomendados solos argilo-arenosos. Esses devem possuir boa drenagem, evitando encharcamentos (SANTOS *et al.*, 2006).

O plantio da palma deve ser feito, preferencialmente, no terço final do período seco, pois quando iniciarem-se as chuvas, o palmal já estará estabelecido e diminuirá o apodrecimento dos cladódios e a contaminação por fungos e bactérias (LIRA *et al.*, 2017).

2. 3. Irrigação com déficit na palma forrageira

A utilização eficaz da água, nos dias atuais, está se tornando cada vez mais importante, devido à escassez de recursos hídricos disponíveis, o que torna cada vez mais necessário o uso de metodologias apropriadas ao manejo racional do uso da água. O manejo adequado da irrigação nos permite maximizar a produção agrícola, racionalizando o uso de mão-de-obra, energia e água. (PEIXOTO *et al.*, 2012).

A irrigação é uma técnica eficiente para aumentar a produtividade da palma. Morais (2016) ressalta que essa irrigação não precisa ser, obrigatoriamente, com água de boa qualidade, pois a palma forrageira tolera águas de baixa a média salinidade, muitas vezes inúteis para outras culturas agrícolas. Para tornar essa técnica eficiente, é preciso saber o quanto e quando irrigar. A produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido apresenta-se como uma atividade promissora e economicamente viável (DANTAS *et al.*, 2017).

Para suprir o déficit hídrico na palma forrageira nas condições climáticas do semiárido, em alguns municípios do Rio Grande do Norte, produtores têm utilizado uma mínima quantidade de

água para irrigação por gotejamento para assegurarem a produtividade (REGO *et al.*, 2014).

De acordo com Lira *et al.* (2017), essa mínima quantidade de água é capaz de promover respostas produtivas positivas. Esse tipo de manejo é conhecido como irrigação deficitária, pois não há a suplementação hídrica total que a cultura requer. Essa estratégia é utilizada onde os recursos hídricos são limitados para a agricultura.

A palma forrageira é uma cultura que possui uma baixa necessidade hídrica, por se tratar de uma planta CAM. Porém, o seu desenvolvimento pode ser prejudicado com a perda excessiva de água, necessitando assim de suprir essa perda através da irrigação (LIMA *et al.*, 2016).

Em estudo realizado por Queiroz *et al.* (2006), no município de Serra Talhada, PE, em relação à demanda hídrica da palma, a evapotranspiração e o coeficiente de cultura apresentaram valores médios iguais a 2,59 mm dia⁻¹ e 0,52, respectivamente.

Consoli, Inglese e Inglese (2013), em estudo com palma realizado no semiárido da Itália, os valores diários médios da evapotranspiração da cultura e o coeficiente de cultura foram na ordem de 2,50 mm dia⁻¹ e 0,50, respectivamente. Já Queiroz *et al.* (2016), em estudo realizado no município de Serra Talhada, PE, obtiveram valores médios de evapotranspiração e coeficiente da cultura iguais a 2,59 mm dia⁻¹ e 0,52, respectivamente.

Em regiões onde não há disponibilidade de água superficial ou subterrânea com qualidade para irrigação, pode-se utilizar água com qualidade inferior para suprir a necessidade hídrica do palmar. Podendo, também, fazer o uso de águas residuárias na irrigação de palmais. Dessa forma, além de suprir a necessidade hídrica da cultura, a água residuária irá contribuir com os nutrientes presentes na mesma (SANTOS *et al.*, 2017).

Segundo Silva (2018), a utilização destas águas com qualidade inferior, de forma racional e controlada, em culturas tolerantes, pode ser uma alternativa viável em regiões semiáridas. A irrigação com esse tipo de água pode ser uma alternativa para agricultores produzirem biomassa vegetal de qualidade para os rebanhos ao longo de todo ano.

De acordo com Medeiros *et al.* (2011), as águas residuárias são ricas em nutrientes, principalmente em nitrogênio (N) e fósforo (P). Muitas vezes estes nutrientes estão presentes em quantidades maiores do que a demanda requerida pela cultura, resultando em problemas de crescimento vegetativo. As águas residuárias também contêm elevados teores de sódio (Na) e potássio (K) (LEMOS, 2016).

Lemos (2016) realizou estudo sobre o uso de água residuária na irrigação de palma forrageira no semiárido, no qual avaliou a influência da irrigação e a absorção de nutrientes pelo palmar. Segundo esse autor, pequenas lâminas de irrigação aplicadas, correspondentes à metade da evapotranspiração da cultura (ETc) média diária, em intervalos não frequentes (9 a 10 dias), com

lâmina fixa, aumentam significativamente o crescimento e a produtividade da forrageira. Em se tratando de absorção de nutrientes, os macronutrientes absorvidos em maior quantidade pela palma forrageira são: nitrogênio (N), potássio (K), cálcio (Ca), magnésio (Mg) e fósforo (P); e os micronutrientes foram: ferro (Fe), manganês (Mn), sódio (Na), zinco (Zn) e cobre (Cu), nesta ordem.

A palma forrageira extrai em maior quantidade Ca, K, Mg, e N, e em menor quantidade os demais nutrientes (SILVA *et al.*, 2012). Nota-se assim que as águas residuárias têm, possivelmente, a capacidade para suprir as necessidades nutricionais desta cultura. Na Tabela 1, demonstra-se a extração média de macronutrientes e micronutrientes pela palma forrageira, avaliada aos 620 dias após o plantio.

Tabela 1: Extração média de macronutrientes e micronutrientes pela palma forrageira, avaliada aos 620 dias após o plantio.

Macronutrientes	Extração (kg ha⁻¹)	Micronutrientes	Extração (kg ha⁻¹)
N	299,95	B	0,38
P	20,52	Cu	0,08
K	425,79	Fe	0,77
S	63,27	Mn	23,16
Ca	458,28	Zn	1,12
Mg	213,75	Na	0,69

Fonte: Silva *et al.* (2012), adaptado.

O uso de água residuária proporciona vários benefícios, principalmente em regiões semiáridas, como o Norte de Minas e o Sudoeste da Bahia. Além de suprir as necessidades hídricas, também supre as necessidades nutricionais, no todo ou em parte, tornando-se uma alternativa viável para agricultores dessas regiões.

3. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia Baiano, *Campus* Guanambi, município de Guanambi, sudoeste da Bahia, Brasil, Latitude 14° 13' 30" S e Longitude 42° 46' 53" W. O clima predominante da região é o semiárido, com médias anuais de precipitação iguais a 663,69 mm e temperatura média igual a 26 °C (SILVA et al., 2012).

No estudo, foram avaliados a produtividade e o aporte de nutrientes pela água residuária de esgoto doméstico bruto na palma forrageira “Gigante” (*Opuntia ficus-indica* Mill). O experimento foi delineado em blocos ao acaso, com seis tratamentos e cinco repetições. Os tratamentos foram:

- T1: sem adubação e sem irrigação (SA_SI);
- T2: sem adubação e irrigação com água residuária (0,6 L planta⁻¹ semana⁻¹) (AR_0,6);
- T3: sem adubação e irrigação com água residuária (1,2 L planta⁻¹ semana⁻¹, aplicada uma única vez por semana) (AR_1,2);
- T4: sem adubação e irrigação com água residuária (1,2 L planta⁻¹ semana⁻¹, fracionada em duas aplicações semanais) (AR_2x0,6);
- T5: com adubação orgânica (60 T ha⁻¹ de esterco bovino, aplicadas antes do plantio) e irrigação com água comum (1,2 L planta⁻¹ semana⁻¹) (CA_AP_1,2); e
- T6: com adubação orgânica (60 T ha⁻¹ de esterco bovino, aplicadas antes do plantio) e sem irrigação (CA_SI).

A parcela experimental foi constituída de três fileiras de plantas, espaçadas de 1 m entre si, com 6 m de comprimento (30 plantas por fileira, espaçadas de 0,2 m entre si), com 30 m² de área (6 m x 5 m – incluindo o carreador), com um stand de 30.000 plantas ha⁻¹. Entre cada bloco havia um carreador de 3 m de largura. Nos blocos, os tratamentos se sucediam, sem espaçamento adicional. Sendo assim, apenas as plantas dos 4 m centrais de cada parcela (20 por fileira, 60 plantas no total) foram avaliadas. As demais funcionaram como bordadura. Sendo assim, cada bloco media 36 m de comprimento por 2 m de largura, espaçados entre si por um carreador de 3 m. Nas laterais externas também havia um carreador de 3 m contornando a área experimental. Na Figura 1 é mostrado o esquema do delineamento experimental em blocos casualizado (a) e detalhe da parcela experimental (b).

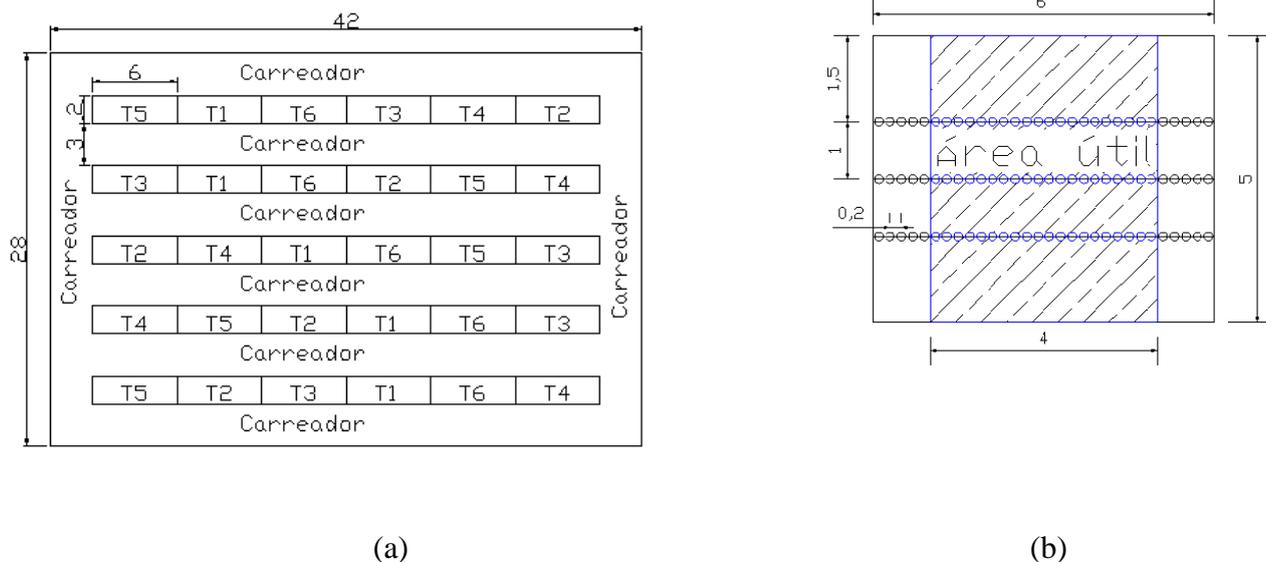


Figura 1: Esquema do delineamento experimental em blocos casualizados (a) e detalhe da parcela experimental (b).

Após limpeza da área, realizou-se uma subsolagem, a 50 cm de profundidade, aração e gradagem. Posteriormente a essas etapas, foram feitas as adubações nas parcelas dos tratamentos CA_AP_1,2 e CA_SI, e realizado o plantio em todas as parcelas, em sulcos com profundidade de 25 a 30 cm e distância de um metro entre as fileiras de plantio e os cladódios espaçados entre si em 20 cm. O plantio foi concluído no final de outubro de 2015.

A água residuária utilizada no experimento foi captada na lagoa de estabilização do *campus*, que recebe o esgoto doméstico coletado das instalações do *campus* (prédios pedagógicos, administrativos, refeitório e alojamento de alunos), e, posteriormente, era armazenada em uma caixa de 5000 L. Essa água era utilizada após 24 horas da sua captação, para que as partículas maiores sedimentassem, a fim de minimizar os problemas de entupimento.

A água comum foi captada em um poço tubular instalado no *campus* e era armazenada em uma caixa de 500 L. Ambas as irrigações foram feitas por sistema de irrigação por gotejamento, com bomba submersa tipo “sapo” e filtro de disco, e gotejadores com vazão nominal igual a $1,5 \text{ L h}^{-1}$, e pressão de serviço igual a 150 KPa, espaçados entre si na linha lateral por 0,5 m. Esse espaçamento permitiu formar uma faixa molhada com largura igual a 0,5 m ao longo da linha de plantio. Essa largura, dividida pela largura média representada por cada linha de plantio (1,67 m), configurou uma porcentagem de área molhada igual a 30%.

A irrigação iniciou-se na terceira semana de abril de 2016, após o final do período chuvoso,

e durou até a segunda semana de agosto de 2017. No tratamento AR_0,6, o tempo de irrigação foi igual a 1,0 h, uma vez por semana; nos tratamentos AR_1,2 e CA_AP_1,2, o tempo de irrigação foi igual a 2,0 h, uma vez por semana; no tratamento AR_2x0,6, o tempo de irrigação foi igual a 1,0 h, duas vezes por semana.

Sendo assim, o tempo de irrigação total foi igual a 1,0 h semana⁻¹ em AR_0,6 e igual a 2,0 h semana⁻¹ nos tratamentos AR_1,2, AR_2x0,6 e CA_AP_1,2. Os tratamentos SA_SI e CA_SI não foram irrigados. Esses tempos de irrigação, combinados com a vazão dos emissores e o stand de plantio, configuraram um volume médio semanal por planta igual a 0,6 L em AR_0,6 e 1,2 L nos tratamentos AR_1,2, AR_2x0,6 e CA_AP_1,2. As irrigações foram suspensas no período chuvoso, conforme Balanço Hídrico Climatológico (BHC).

O esterco bovino utilizado na adubação das parcelas dos tratamentos CA_AP_1,2 e CA_SI foi obtido no curral da área experimental de bovinocultura de leite do *campus* e foi analisado em laboratório para determinação dos teores de macro e micronutrientes.

Foram realizadas cinco avaliações para determinar a quantidade de nutrientes presentes na água residuária e a quantidade de nutrientes que as plantas absorveram da água residuária. As avaliações foram feitas em intervalos de quatro meses, desde dois meses após o plantio até a colheita. Essa foi realizada aos 18 meses após o plantio. Foram mensuradas seis plantas, ao acaso, de cada parcela útil, resultando em um total de 180 plantas. A água residuária (AR) utilizada apresentou pH igual a 7,10 e condutividade elétrica igual a 1,02 dS m⁻¹.

Os teores médios de macro e micronutrientes presentes na água residuária e no esterco bovino (MO) estão apresentados na Tabela 2. A partir das características do esterco mostradas na Tabela 2, foi calculado o quanto o esterco contribuiu em nutrientes para os tratamentos nos quais foi utilizado o mesmo. Foram aplicadas 60 Mg ha⁻¹ de esterco para um stand de 30.000 plantas ha⁻¹, ou seja, 2 Kg de esterco planta⁻¹.

Tabela 2: Teores de macro e micronutrientes presentes na água residuária (AR) e no esterco bovino (MO).

Macrionutrientes	AR	MO	Micronutrientes	AR	MO
	mg L ⁻¹	mg Kg ⁻¹		mg L ⁻¹	mg Kg ⁻¹
N	7,98	5200,00	Cu	0,006	45,2
P	4,7	4700	Fe	4,6	1932,4
K	65,6	2500	Mn	0,002	391,8
S	-	2300	Zn	0,002	200,5
Ca	200	1700	Na	338,4	-
Mg	30	200			

Fonte: Da autora, 2018.

Em cada avaliação da água residuária, também foi avaliado o sistema de irrigação, para aferir a lâmina média aplicada e a uniformidade de distribuição de água. Com isso e com o tempo de irrigação em cada tratamento e a quantidade de dias irrigados, obteve-se o volume total de água residuária aplicada e, a partir dos teores de nutrientes da mesma, mostrados na Tabela 2, foi calculado o aporte de nutrientes para as plantas dos tratamentos nos quais foi utilizada.

Nos tratamentos que receberam adubação orgânica, os teores médios (mg Kg^{-1}) de cada nutriente no esterco bovino, mostrados na Tabela 2, foram multiplicados por 60.000 Kg, e os resultados também foram convertidos em Kg ha^{-1} .

Dados de precipitação e de evapotranspiração de referência (ET_o) foram obtidos de uma estação meteorológica instalada na área experimental do *campus*. Com esses dados, foi possível fazer o Balanço Hídrico da Cultura, pelo método do Balanço Hídrico Climatológico proposto por Thornthwaite e Mather (1955), para todo o período experimental e determinar o déficit hídrico da cultura em todos os tratamentos.

Para determinação da produtividade, todas as 60 plantas da área útil de cada parcela foram colhidas e pesadas. A produtividade (Kg ha^{-1}) foi determinada dividindo-se a massa total de cada parcela pela área representativa da parcela (20 m^2) e multiplicando-se por $10.000 \text{ m}^2 \text{ ha}^{-1}$.

Os dados obtidos foram submetidos à análise de variância, adotando-se 5% como nível crítico de significância. Foram realizados os testes para determinação de normalidade e homocedasticidade, que são condições para adoção de alguns testes, como o de Tukey. Como não houve normalidade no tratamento AR_0,6, este não pode ser adotado. As médias foram agrupadas pelo critério de Skott-Knott, a 5% de significância. Para realizar a análise estatística utilizou-se o programa estatístico “Sisvar” (FERREIRA, 2014).

A avaliação do sistema de irrigação foi realizada analisando-se as vazões médias dos gotejadores, o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e a lâmina média semanal aplicada, por tratamento irrigado. O cálculo da lâmina média levou em consideração a vazão média do gotejador em cada tratamento, dividida pela área molhada do emissor ($0,25 \text{ m}^2$). O Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) foi calculado conforme equação 1 abaixo:

$$\text{CUD} = \frac{\text{Lq}_{25} * 100}{\text{Lm}} \quad (1)$$

em que:

CUD = Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (%);

Lq₂₅ = média de 25% das lâminas (mm) ou vazões (L h^{-1}) com menores valores; e

Lm = lâmina média (mm) ou vazão média (L h^{-1}) de todas as observações.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

As vazões médias dos gotejadores, o Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e a lâmina média semanal aplicada, por tratamento irrigado, após cinco avaliações do sistema de irrigação, são mostrados na Tabela 3.

Tabela 3: Vazão média dos gotejadores (q), Coeficiente de Uniformidade de Distribuição (CUD) e lâminas médias semanais aplicadas (L), por tratamento.

Tratamento	q (L h ⁻¹)	CUD (%)	L (mm)
AR_0,6	1,495	95	5,98
AR_1,2	1,441	94	11,53
AR_2x0,6	1,443	94	11,53
CA_AP_1,2	1,470	93	11,76

Fonte: Da autora, 2018.

Observando-se a Tabela 3, percebe-se que a uniformidade de distribuição de água, com o CUD variando de 93 a 95%, pode ser considerada como excelente em todos os tratamentos, segundo o critério de avaliação proposto por Mantovani (2001) (Excelente: CUD > 84%). Percebe-se que o uso de água residuária durante todo o experimento não afetou negativamente a uniformidade de distribuição de água, nem a vazão média dos emissores, que ficou próxima da vazão nominal informada pelo fabricante (1,5 L h⁻¹) em todos os tratamentos.

A partir das lâminas médias aplicadas nos tratamentos irrigados, montou-se o Balanço Hídrico da Cultura (BHC). Para isso considerou-se o Coeficiente de Cultura (Kc) igual a 0,5, conforme Consoli, Inglese e Inglese (2013). A Capacidade Total de Armazenamento de Água do Solo (CTA) foi igual a 50,4 mm, calculada com base na Capacidade de Campo (CC = 15%), no Ponto de Murcha Permanente (PMP = 6%), na densidade do solo (Da = 1,4) e na Profundidade do Sistema Radicular (Z = 40 cm).

Na Tabela 4, são mostrados os resumos dos BHCs para a cultura em todos os tratamentos, referentes ao período compreendido entre a terceira semana de janeiro de 2016, último período em que o solo encontrava-se em capacidade de campo (CTA do solo completa) em todos os tratamentos, e a quarta semana de agosto de 2017, quando foi realizada a última irrigação na cultura.

Tabela 4: Resumos dos Balanços Hídricos da Cultura (BHC) em todos os tratamentos, referentes aos 18 meses do experimento.

Tratamento	ETo (mm)	Kc	ETpc (mm)	P (mm)	I+P-ETpc (mm)	ETc (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	I (mm)	ETc/ETpc
SA_SI					-793,13	455,65	-1261,01	567,75	0,00	0,27
AR_0,6					-923,52	769,80	-946,85	586,60	382,72	0,45
AR_1,2	3433,30	0,50	1716,65	923,52	-55,00	1146,37	-570,28	613,01	738,13	0,67
AR_2X0,6					-55,00	1146,37	-570,28	613,01	738,13	0,67
CA_AP_1,2					-40,49	1110,00	-606,66	614,19	752,64	0,65
CA_SI					-793,13	455,65	-1261,01	567,75	0,00	0,27

Fonte: Da autora, 2018.

Na Tabela 5, são apresentadas as médias de produtividades de matéria seca e matéria verde (kg ha^{-1}), além do teor de matéria seca em cada tratamento. As médias da produtividade de matéria verde do palmar diferiram significativamente entre si ($p < 0,05$) em função da irrigação e da adubação orgânica. Nos tratamentos não irrigados, as produtividades foram menores que nos demais tratamentos.

Tabela 5: Médias das produtividades de matéria verde (MV) e de matéria seca (MS), em Kg ha^{-1} , e teor de matéria seca (Teor MS), em %, da palma forrageira em cada tratamento.

Tratamentos	Produtividade (Kg ha^{-1})		Teor MS (%)
	MV	MS	
SA_SI	91.350 A	11.049 A	11,98 B
AR_0,6	179.000 B	13.818 A	7,77 A
AR_1,2	186.550 B	13.173 A	6,98 A
AR_2X0,6	171.450 B	12.238 A	7,13 A
CA_AP_1,2	258.700 C	16.821 B	6,75 A
CA_SI	104.850 A	11.378 A	10,92 B

Fonte: Da autora, 2018.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento, pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância.

Observando-se a Tabela 4, percebe-se que, mesmo a cultura apresentando uma baixa demanda hídrica ($Kc = 0,5$), nos tratamentos não irrigados (SA_SI e CA_SI), o déficit hídrico foi igual a 73% ($1 - ETc/ETpc$). Isso significa que a cultura deixou de transpirar uma quantidade potencial quase três vezes maior do que transpirou. Se levarmos em consideração uma função de produção ($1 - Yr/Yp$) proporcional à transpiração, a cultura deixou de produzir, aproximadamente, três quartos do seu potencial.

Em contrapartida, o tratamento com adubação orgânica e suplementação hídrica com água comum ($1,2 \text{ L semana}^{-1} \text{ planta}^{-1}$) obteve a maior produtividade (Tabela 5). Observando-se

novamente a Tabela 4, percebe-se que o déficit hídrico nesse tratamento (CA_AP_1,2) foi igual a 35%. Isso significa que a cultura deixou de transpirar uma quantidade potencial pouco maior que um terço da evapotranspiração potencial.

Comparando-se apenas CA_AP_1,2 e CA_SI, a ETc do primeiro foi igual a 2,44 vezes a do segundo e a produtividade de matéria verde igual a 2,47 vezes, com a mesma adubação. Uma relação quase linear entre a ETc e a produtividade relativas, mostrando o efeito benéfico da irrigação na produtividade, mesmo com apenas 1,2 L semana⁻¹ planta⁻¹.

Na Tabela 5, em relação à produtividade de matéria verde, percebe-se que não houve diferença estatística entre os tratamentos com irrigação com água residuária (AR_0,6, AR_1,2 e AR_2x0,6), sendo que estes apresentaram média superior à dos tratamentos sem irrigação, com ou sem adubação orgânica, CA_SI e SA_SI, respectivamente, que também não diferiram entre si.

Esses resultados nos permitem inferir duas coisas: 1) mesmo sem adubação orgânica, a irrigação com água residuária foi fundamental para o aumento da produtividade da cultura; e, 2) na ausência de irrigação, a adubação com 60 Mg ha⁻¹, realizada em CA_SI, não contribuiu para o aumento da produtividade em relação a SA_SI, provavelmente, devido ao intenso déficit hídrico da cultura em ambos os tratamentos, o que prejudicou a mineralização da matéria orgânica em CA_SI e a conseqüente absorção de nutrientes pelas plantas.

Padilha Júnior et al. (2016), testando doses de adubação orgânica em palma forrageira não irrigada, concluíram que a produção de matéria verde sem adubação ou com apenas 60 Mg ha⁻¹ ano⁻¹ de esterco, em duas aplicações anuais, não proporcionaram diferença estatística na produtividade da palma gigante.

Mesmo no tratamento AR_0,6, com aplicação de apenas 0,6 L semana⁻¹ planta⁻¹, o que diminuiu o déficit hídrico para 55%, a água residuária aplicada foi fundamental no aumento da produtividade de matéria verde, mesmo sem adubação orgânica. Comparando-se apenas AR_0,6 e SA_SI, a ETc do primeiro foi igual a 1,69 vezes a do segundo e a produtividade igual a 1,96 vezes. Uma relação até maior que a linearidade ocorrida na comparação feita entre CA_AP_1,2 e CA_SI. Como em nenhum dos dois tratamentos houve adubação orgânica, aqui se configura o efeito benéfico na produtividade, não só da irrigação, mas também dos nutrientes contidos na água residuária, mesmo com apenas 0,6 L semana⁻¹ planta⁻¹.

Fonseca (2017), cultivando palma 'Gigante' em diferentes lâminas de água salina e diferentes turnos de rega, obteve uma produtividade máxima de 218,20 Mg ha⁻¹ irrigando com 100% da ETo diariamente. Essa produtividade é inferior à obtida em CA_AP_1,2, no qual houve déficit hídrico igual a 35%, mas com aplicação de 60 Mg ha⁻¹ de esterco. Importante notar que 100% da ETo equivalem a 200% da ETc da cultura, o que talvez possa ter prejudicado a

produtividade da cultura, ainda mais considerando-se água salina.

Em relação à produtividade de matéria seca, não houve diferença estatística, considerando um nível de 5% de significância, entre os tratamentos não irrigados (SA_SI e CA_SI) e os irrigados com água residuária (AR_0,6, AR_1,2 e AR_2x0,6), com o irrigado e adubado (CA_AP_1,2) sendo superior a todos os demais. No entanto, numericamente, a diferença entre os tratamentos AR_1,2 e SA_SI (estatisticamente iguais) é quase a mesma que entre CA_AP_1,2 e AR_1,2 (CA_AP_1,2 estatisticamente maior que AR_1,2). Como os teores de matéria seca nos tratamentos não irrigados foram superiores aos dos tratamentos irrigados, a produtividade de matéria seca foi estatisticamente idêntica na maioria dos tratamentos, apesar da grande diferença em produtividade de matéria verde. A irrigação atuou mais na manutenção da turgidez das plantas do que no acúmulo de matéria seca.

Na Tabela 6 são apresentados os valores dos aportes, em Kg ha⁻¹, de macro e micronutrientes no solo nos tratamentos que receberam irrigação com água residuária (AR_0,6, AR_1,2 e AR_2x0,6) e nos tratamentos que receberam adubação orgânica com 60 Mg ha⁻¹ de esterco bovino. Nos tratamentos com água residuária, o volume total de água aplicada (L) por há, durante o experimento, foi multiplicado pelos teores médios (mg L⁻¹) de cada nutriente da água residuária, mostrados na Tabela 2, e os resultados foram convertidos em Kg ha⁻¹.

Tabela 6: Quantidade de macro e micronutrientes aplicados no solo, via água residuária (AR_0,6, AR_1,2 e AR_2x0,6) e via adubação com esterco bovino com 60 Mg ha⁻¹ (CA_AP_1,2 e CA_SI)

Tratamento	K	Ca	P	Mg	Fe (Kg ha ⁻¹)	Cu	Zn	Mn	N
AR_0,6	100,2	234,0	5,5	35,1	5,4	0,007	0,002	0,002	9,3
AR_1,2	189,6	443,0	10,4	66,4	10,2	0,013	0,004	0,004	17,7
AR_2x0,6	189,6	443,0	10,4	66,4	10,2	0,013	0,004	0,004	17,7
CA_AP_1,2	150,0	102,0	282,0	12,0	115,9	2,712	12,030	23,508	312,0
CA_SI	150,0	102,0	282,0	12,0	115,9	2,712	12,030	23,508	312,0

Fonte: Da autora, 2018.

O tratamento CA_AP_1,2 foi o que apresentou a maior produtividade, mesmo tendo sido aplicada a mesma quantidade de água que nos tratamentos AR_1,2 e AR_2x0,6. Provavelmente, isso se explica pela quantidade maior de nutrientes aplicados via adubação com 60 Mg ha⁻¹ de esterco do que com a carga orgânica contida na água residuária. Como pode ser observado na Tabela 6, apenas em relação a K, Ca e Mg, os aportes foram superiores nos tratamentos com água residuária do que com esterco, mas na mesma ordem de grandeza. Em relação a todos os demais nutrientes, o aporte via adubação com esterco foi muito superior ao da água residuária para o P, N e todos os micronutrientes.

Foram avaliados os teores de macro e micronutrientes presentes nos tecidos dos cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes adubações e irrigações, para quantificarmos a extração/exportação de nutrientes. Na Tabela 7 são mostrados os teores de macronutrientes nos cladódios e na Tabela 8, a quantidade extraída pela cultura em cada tratamento.

Tabela 7: Teores de macronutrientes presentes nos tecidos dos cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes adubações e irrigações

Tratamentos	Macronutrientes (dag kg ⁻¹)					
	N	P	K	S	Ca	Mg
SA_SI	0,974 A	0,068 A	4,098B	0,172 B	4,338 A	1,260 A
AR_0,6	0,948 A	0,108 B	3,682 A	0,120 A	3,752 A	0,982 A
AR_1,2	1,014 A	0,080A	3,634 A	0,140 A	3,744 A	1,006 A
AR_2X0,6	0,904 A	0,074 A	3,170 A	0,116 A	3,140 A	1,070 A
CA_AP_1,2	1,306 B	0,118 B	4,320B	0,194 B	3,616 A	1,144 A
CA_SI	1,430 B	0,110B	4,380 B	0,234 B	3,796 A	1,032 A
Média	1,096	0,093	3,881	0,158	3,731	1,082
CV (%)	11,21	26,17	12,93	24,06	13,08	17,80

Fonte: Da autora, 2018.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 8: Extração de macronutrientes pela cultura de palma forrageira cultivada sob diferentes adubações e irrigações

Tratamentos	Macronutrientes (kg ha ⁻¹)					
	N	P	K	S	Ca	Mg
SA_SI	107,2 A	7,3 A	452,2 A	19,0 A	475,6 A	140,6 A
AR_0,6	130,8 A	16,4 B	498,5 A	16,9 A	515,8 A	134,9 A
AR_1,2	137,1 A	10,7 A	486,3 A	15,4 A	495,2 A	133,5 A
AR_2X0,6	110,2 A	9,1 A	389,7 A	14,2 A	382,9 A	130,7 A
CA_AP_1,2	228,7 B	20,4 B	745,8 B	33,7 B	623,3 A	195,8 B
CA_SI	158,4 A	12,9 A	505,0 A	26,8 B	433,3 A	117,9 A
Média	145,4	12,8	512,9	21,0	487,7	142,3
CV (%)	29,09	51,21	26,42	35,24	25,69	27,62

Fonte: Da autora, 2018.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância.

Para a maioria dos macronutrientes, com exceção de Ca e Mg, os teores foram maiores nos tratamentos adubados. Isso é decorrente do aporte muito maior feito através da adubação orgânica do que via água residuária. Em relação ao Ca e ao Mg, como os aportes foram semelhantes, os teores não diferiram estatisticamente, nem mesmo em relação a SA_SI, que não recebeu nenhum aporte. Segundo Silva et al. (2012) o N atua reduzindo a absorção de Ca e Mg. Considerando o grande aporte de N em CA_AP_1,2 e CA_SI, isso talvez explique que os teores de Ca e Mg nos cladódios das plantas desses tratamentos se assemelhem aos do tratamento SA_SI, a despeito do aporte de Ca e Mg feito em CA_AP_1,2 e CA_SI.

A quantidade média de macronutrientes extraídos/exportados, em ordem decrescente, foram o K, Ca, N, Mg, S e P (Tabela 8). Resultados semelhantes foram encontrados por Donato et al. (2017a) utilizando diferentes espaçamentos e doses de adubações, diferindo apenas na extração/exportação do P, que possivelmente está relacionado com a adubação orgânica. De acordo com Donato et al., (2017), para assegurar a produtividade do palmar ao longo do tempo, é necessário repor os nutrientes extraídos/exportados, principalmente K, Ca e Mg.

O tratamento que obteve a maior produtividade de matéria verde também obteve a maior extração/exportação de nutrientes, ficando evidente a necessidade da suplementação nutricional para assegurar a produtividade nos próximos anos. Considerando a extração de N nos tratamentos irrigados com água residuária, muito superiores ao aporte desse nutriente pela água residuária (Tabela 6), percebe-se que apenas o aporte desse nutriente pela água residuária não é suficiente para sustentar a produtividade da cultura no longo prazo, necessitando-se de suplementação com outra fonte desse nutriente.

Os teores de N, conforme a tabela 7, nos tecidos dos cladódios de palma forrageira, com média de 1,096 dag kg⁻¹, variaram significativamente ($p < 0,05$) com a adubação orgânica. Os maiores valores foram observados nos tratamentos com adubação orgânica. Segundo Donato et al. (2016), a adição de esterco bovino acarreta em uma maior extração desse nutriente pelas plantas.

Os teores de P nos cladódios, conforme a tabela 7, variaram significativamente ($p < 0,05$) e foram superiores nos tratamentos com a adubação orgânica e no tratamento com irrigação com 0,6 L semana⁻¹ de água residuária. De acordo com Silva et al. (2012), a palma forrageira responde pouco à adição desse nutriente, justificando a semelhança dos teores nesses tratamentos.

Embora os teores de K, conforme a tabela 7, tenham variado significativamente ($p < 0,05$) entre os tratamentos, quando se observa a quantidade extraída pela cultura, só o tratamento CA_AP_1,2 se difere e é superior aos demais tratamentos. Isso se deve à maior produtividade no tratamento CA_AP_1,2. No entanto, também não houve diferença significativa para o tratamento não adubado e não irrigado (SA_SI). Talvez a absorção de K também tenha sofrido a mesma

interferência do N já citada em relação ao Ca e ao Mg. Silva et al. (2012), também citam essa inibição competitiva na presença de altas concentrações de K, Ca, Mg e N no meio de cultivo.

Em relação à extração de S, conforme a tabela 7, os tratamentos adubados também se mostraram superiores aos demais, devido ao grande aporte desse elemento através da adubação orgânica. Esses resultados são equivalentes aos encontrados por Silva et al. (2016), quando foi aplicado enxofre, indiretamente, via adubação com fontes de NPK, e as extrações foram superiores nos tratamentos adubados.

Na Tabela 9 são mostrados os teores de micronutrientes nos cladódios e na Tabela 10, a extração desses nutrientes pela cultura.

Tabela 9: Teores de micronutrientes presentes nos tecidos dos cladódios de palma forrageira cultivada sob diferentes adubações e irrigações.

Tratamentos	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
SA_SI	30,120 A	2,112 A	110,110 A	339,266 A	34,140 A	37,508 A
AR_0,6	24,938 A	3,198 A	188,674 A	362,820 A	37,730 A	32,334 A
AR_1,2	29,934 A	2,132 A	89,190 A	464,602 B	37,044 A	32,372 A
AR_2X0,6	28,642 A	2,810 A	157,886 A	519,890 B	39,788 A	32,312 A
CA_AP_1,2	28,958 A	4,572 A	218,998 A	358,678 A	45,428 A	52,806 B
CA_SI	26,662 A	2,486 A	235,388 A	256,328 A	43,126 A	25,794 A
Média	28,209	2,885	166,707	383,597	39,543	35,521
CV (%)	17,72	51,63	68,42	30,29	23,54	26,00

Fonte: Da autora, 2018.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância.

Tabela 10: Extração de Micronutrientes pela cultura de palma forrageira cultivada sob diferentes adubações e irrigações

Tratamentos	Micronutrientes (kg ha ⁻¹)					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
SA_SI	0,328 A	0,023 A	1,135 A	3,71 A	0,382 A	0,407 A
AR_0,6	0,329 A	0,053 A	2,459 A	4,70 A	0,498 A	0,436 A
AR_1,2	0,405 A	0,031 A	1,234 A	6,19 B	0,490 A	0,423 A
AR_2X0,6	0,349 A	0,034 A	2,090 A	6,25 B	0,491 A	0,412 A
CA_AP_1,2	0,504 A	0,079 A	3,985 A	6,20 B	0,790 B	0,940 B
CA_SI	0,309 A	0,028 A	2,399 A	3,00 A	0,483 A	0,302 A
Média	0,371	0,041	2,217	5,01	0,546	0,487
CV (%)	29,06	74,78	67,36	34,69	48,95	39,75

Fonte: Da autora, 2018.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância.

Observando-se as Tabelas 9 e 10, percebe-se que não houve diferença estatística ao nível de 5% de significância, entre os tratamentos para a maioria dos micronutrientes, exceto para o Mn e o Na o quanto aos teores e extração dos micronutrientes e, também, para o Zn somente quanto à extração.

Embora o aporte de Mn tenha sido muitas vezes superior nos tratamentos com adubação orgânica (CA_AP_1,2 e CA_SI) do que nos demais, os tratamentos que apresentaram teores de Mn superior aos demais foram AR_1,2 e AR_2X0,6. Já quanto à extração de Mn, além desses dois tratamentos, o tratamento CA_AP_1,2 também foi superior a SA_SI, AR_0,6 e CA_SI e, estatisticamente, igual a AR_1,2 e AR_2X0,6. A disponibilidade de Mn está diretamente relacionada ao pH do solo. A elevação do pH diminui a concentração no solo deste nutriente (SILVA et al. 2012). O pH do solo não diferiu significativamente nos tratamentos (Tabela 11), mas os tratamentos AR_1,2 e AR_2X0,6 foram onde se observou os menores valores de pH e os únicos abaixo de 6,0. Mínimas alterações nos valores de pH influenciam na absorção desse nutriente.

Na Tabela 11 são mostrados o pH do solo e os teores de P, K, Ca e Mg do solo em todos os tratamentos.

Tabela 11: Valores de pH e teores de fósforo, potássio, cálcio e magnésio do solo

Tratamentos	pH	Macronutrientes (dag kg ⁻¹)			
		P	K	Ca	Mg
SA_SI	6,180 A	71,840 A	125,600 A	2,740 A	0,760 A
AR_0,6	6,040 A	29,400 A	100,000 A	2,140 A	0,520 A
AR_1,2	5,980 A	26,800 A	105,600 A	2,040 A	0,560 A
AR_2X0,6	5,860 A	22,060 A	100,800 A	1,940 A	0,540 A
CA_AP_1,2	6,040 A	42,520 A	106,600 A	2,240 A	0,840 A
CA_SI	6,200 A	45,920 A	164,800 B	1,540 A	1,260 B
Média	6,050	39,757	117,233	2,107	0,747
CV (%)	3,93	94,27	18,10	27,51	32,35

Fonte: Da autora, 2018.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância.

O teor e a extração de Na pela cultura foram superiores no tratamento com adubação e irrigado com água comum (CA_AP_1,2), apesar do grande aporte de Na promovido pela irrigação com água residuária não foi feita análise do teor de Na no esterco bovino aplicado. A água utilizada na irrigação no tratamento CA_AP_1,2 tem cerca de 30 mg L⁻¹. Sendo assim, não dá para afirmar qual a quantidade desse micronutriente que foi disponibilizada via adubação orgânica.

Damatto Júnior (2005), avaliando teores de nutrientes em esterco bovino para produção de composto orgânico, encontraram teor de sódio no esterco igual a 4,2 g kg⁻¹. Considerando a aplicação de 60 Mg ha⁻¹ de esterco, a quantidade de sódio aplicada via esterco seria da ordem de 252 Kg ha⁻¹ e via irrigação seria de 68 Kg ha⁻¹, totalizando 320 Kg ha⁻¹. Considerando o teor de sódio na água residuária e o volume de água aplicada nos tratamentos AR_1,2 e AR_2X0,6, a quantidade de Na aplicada via água residuária foi igual a 749,5 Kg ha⁻¹. Sendo assim, era de se esperar maior extração nos tratamentos irrigados com água residuária, mas não foi o que aconteceu. Provavelmente, uma adubação mais equilibrada no tratamento CA_AP_1,2, com boa disponibilidade de todos os nutrientes, possa ter contribuído para a maior absorção de Na nesse tratamento.

Quanto ao Zn, embora não tenha havido diferença estatística nos teores desse elemento entre os tratamentos, a extração deste foi maior no tratamento CA_AP_1,2, devido a sua maior produtividade.

Não houve diferença estatística, ao nível de 5% de significância, em relação ao pH do solo nem em relação quanto aos teores de P e Ca disponíveis no solo. Quanto aos teores de Mg e o K,

estes foram maiores no tratamento CA_SI, com adubação orgânica e sem irrigação, que nos demais tratamentos. O aporte desses nutrientes foi o mesmo nos tratamentos CA_AP_1,2 e CA_SI. Porém, a extração desses nutrientes foi superior em CA_AP_1,2 (Tabela 8). Essa maior extração, provavelmente, se deve à maior disponibilidade dos nutrientes na solução do solo no tratamento irrigado (CA_AP_1,2). Sendo assim, o que não foi extraído no tratamento CA_SI, permaneceu no solo em maior quantidade.

Na Tabela 12 são mostrados os teores de micronutrientes disponíveis no solo em todos os tratamentos.

Tabela 12: Teores de micronutrientes do solo

Tratamentos	Micronutrientes (mg kg ⁻¹)					
	B	Cu	Fe	Mn	Zn	Na
SA_SI	0,320 A	0,320 A	20,040 A	85,760 A	7,700 A	0,140 A
AR_0,6	0,280 A	0,300 A	20,240 A	87,200 A	10,920 A	0,160 A
AR_1,2	0,320 A	0,260 A	19,400 A	88,380 A	13,160 A	0,240 A
AR_2X0,6	0,300 A	0,280 A	21,020 A	89,100 A	8,340 A	0,160 A
CA_AP_1,2	0,320 A	0,260 A	18,160 A	98,120 A	11,180 A	0,200 A
CA_SI	0,540 B	0,360 A	16,920 A	89,720 A	8,220 A	0,120 A
Média	0,347	0,297	19,297	89,713	9,920	0,170 A
CV (%)	37,94	40,64	17,16	8,02	66,43	41,18

Fonte: Da autora, 2018.

Médias seguidas pelas mesmas letras maiúsculas nas colunas pertencem ao mesmo agrupamento pelo critério de Scott-Knott a 5% de significância.

Não houve diferença nos teores da maioria dos micronutrientes disponíveis no solo, exceto o B. Estes foram maiores no tratamento CA_SI, com adubação orgânica e sem irrigação, que nos demais tratamentos. Não foi avaliado o aporte desse nutriente, nem pela água residuária nem pelo esterco e não houve diferença estatística entre os tratamentos quanto à extração desse nutriente pela cultura, porém, numericamente, a extração no tratamento CA_AP_1,2 foi maior. Como os dois tratamentos receberam a mesma quantidade de esterco, provavelmente, com menor extração de B no tratamento CA_SI, maior quantidade restou no solo. Resultados semelhantes foram encontrados por Silva et al. (2012), que relatam que os teores de Cu, Fe, Zn e Na não diferiram ($p > 0,05$) em função das adubações, aos 390 dias após o plantio (DAP). Os autores também relatam situação semelhante aos 620 DAP para os teores de B, Fe e Zn.

5. CONCLUSÕES

A produtividade de matéria verde foi maior no tratamento irrigado com 1,2 L planta⁻¹semana⁻¹ com água limpa e adubação com 60 Mg ha⁻¹ de esterco bovino que nos demais tratamentos; e foi maior nos tratamentos irrigados com água residuária, com 0,6 e 1,2 L planta⁻¹semana⁻¹, sem adubação, do que nos tratamentos não irrigados, adubado e sem adubação.

A produtividade de matéria seca foi maior no tratamento irrigado com 1,2 L planta⁻¹semana⁻¹ com água limpa e adubação com 60 Mg ha⁻¹ de esterco bovino que nos demais tratamentos, que foram estatisticamente iguais entre si.

Os teores de N, P, K e S no tecido vegetal da palma foram maiores nos tratamentos que receberam 60 Mg ha⁻¹ de esterco bovino do que nos tratamentos não adubados. Os teores de Ca e Mg não diferiram estatisticamente entre os tratamentos.

A quantidade média de macronutrientes extraídos/exportados, em ordem decrescente, foram o K, o Ca, o N, o Mg, o S e o P.

Os tratamentos irrigados com 1,2 L planta⁻¹semana⁻¹ de água residuária, sem adubação, apresentaram os maiores teores de Mn no tecido vegetal; e o tratamento irrigado com 1,2 L planta⁻¹semana⁻¹ com água limpa e adubação com 60 Mg ha⁻¹ de esterco bovino apresentou maior teor de Na no tecido vegetal.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ANDRADE FILHO, J.; SOUSA NETO, O. N.; DIAS, N. S.; NASCIMENTO, I. B.; MEDEIROS, J. F.; COSME, C. R. Atributos químicos de solo fertirrigado com água residuária no semiárido brasileiro. **Irriga**, Botucatu, v. 18, n. 4, p. 661-674, outubro-dezembro, 2013.

AZEVEDO, M. R. Q. A.; KONIG, A.; BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, C. A. V.; TAVARES, T. L.; SOARES, F. A. L. Efeito da irrigação com água residuária tratada sobre a produção de milho forrageiro. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, vol. 2, núm. 1, 2007, pp. 63-68. Pernambuco, Brasil.

BARROSO, L. B.; WOLFF, D. B. REÚSO DE ESGOTO SANITÁRIO NA IRRIGAÇÃO DE CULTURAS AGRÍCOLAS. **Engenharia Ambiental** - Espírito Santo do Pinhal, v. 8, n. 3, p. 225-236, 2011.

BEZERRA, S.A.F.; SILVA, T.G.F.; SOUZA, L.S.B.; MOURA, M.S.B.; MORAIS, J.E.F.; DINIZ, W.J.S.; QUEIROZ, M.G. Demanda hídrica bruta da Palma Forrageira em cenários futuros de mudanças climáticas no Estado de Pernambuco. **Revista Brasileira de Geografia Física**, vol. 08, n.06 p. 1628-1643, 2015.

BRASIL. Ministério da Integração Nacional - MI. Relatório final, grupo de trabalho interministerial para redelimitação do Semi-Árido nordestino e do polígono das secas. Brasília: MI, 2005. 118p.

CONSOLI, S.; INGLESE, G.Ph.D.; INGLESE, P. Determination of Evapotranspiration and Annual Biomass Productivity of a Cactus Pear [*Opuntia ficus-indica* L. (Mill.)] Orchard in a Semiarid Environment. **JOURNAL OF IRRIGATION AND DRAINAGE ENGINEERING**. 2013, 139(8): 680-690.

DAMATTO JÚNIOR, E. R. Efeitos da adubação com composto orgânico na fertilidade do solo, desenvolvimento, produção e qualidade de frutos de bananeira 'Prata-Anã' (*Musa* AAB). **Dissertação** (Mestrado – Agronomia – Área de Concentração em Energia na Agricultura. Botucatu-SP, 2005.

DANTAS, S. F. de A.; LIMA, G. F. da C., MOTA, E. P. da. Viabilidade econômica da produção de palma forrageira irrigada e adensada no semiárido Potiguar. **Revista iPecege** 3(1):59-74, 2017.

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

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; BONOMO, P.; SILVA, J. A.; AQUINO, A. A. Morfometria e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes espaçamentos e doses de adubação orgânica. **Agrária - Revista Brasileira de Ciências Agrárias**. V.9, n.1, p.151-158, 2014.

DONATO, P. E. R.; PIRES, A. J. V.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da, AQUINO, A. A. de. VALOR NUTRITIVO DA PALMA FORRAGEIRA ‘GIGANTE’ CULTIVADA SOB DIFERENTES ESPAÇAMENTOS E DOSES DE ESTERCO BOVINO. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 1, p. 163 – 172, 2014.

DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da; DONATO, P. E. R.; RODRIGUES, M. G. V.; RUFINO, L. D. A.; SILVA JÚNIOR, A. A. **Exigências nutricionais e manejo de adubação em palma forrageira**. Informe Agropecuário – v. 38 – n. 296 . Belo Horizonte – MG : EPAMIG, 2017.

ERTHAL, V. J. T.; FERREIRA, P. A.; MATOS, A. T. de; PEREIRA, O. G. Alterações físicas e químicas de um Argissolo pela aplicação de água residuária de bovinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.467–477, 2010.

FERREIRA, D. F.. Sisvar: a Guide for its Bootstrap procedures in multiple comparisons. *Ciênc. agrotec.* [online]. 2014, vol.38, n.2 [citado 2015-10-17], pp. 109-112. Disponible en: ISSN 1413-7054.

FONSECA, V. A. Estratégia de utilização de água salina no cultivo de palma forrageira ‘Gigante’. **Dissertação** (Mestrado – Produção Vegetal no Semiárido). Guanambi – BA, 2017.

KERAITA, B.; JIMENEZ, B.; DRECHSEL, P. Extent and implications of agricultural reuse of untreated, partly treated and diluted wastewater in developing countries. **CAB Reviews: Perspectives in Agriculture, Veterinary Science, Nutrition and Natural Resources**, 2008 3, No. 058.

LEMOS, M. USO DE ESGOTO DOMÉSTICO TRATADO NA PRODUÇÃO DE PALMA FORRAGEIRA EM ASSENTAMENTO RURAL DO SEMIÁRIDO BRASILEIRO. **Tese** (Doutorado – Manejo de solo e água no semiárido). UFERSA, Mossoró – RN, 2016.

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

LIMA, I. S. S. Valor nutritivo da palma forrageira submetida à adubação nitrogenada. **Dissertação** (Mestrado – Ciência Animal). UFPI – Teresina –PI, 2017.

LIRA, M. A.; SANTOS, M. V. F.; DIAS, F. M.; FERRAZ, A. P. F.; SILVA, M. C.; CINHA, M. V. da; MELLO, A. C. L. de; DUBEUX JÚNIOR, J. C. B.; SANTOS, D. C. dos; FREITAS, E. V.; ARRUDA, D. M. P. de. **Palma forrageira: cultivo e usos**. Recife: CREA, 2017. 76 p. (Caderno Semiárido 7).

LIRA, R. M. de; SANTOS, A. N. dos; SILVA, J. S. da; BARNABÉ, J. M. C.; BARROS, M. S.; RAMALHO E SOARES, H. A utilização de águas de qualidade inferior na agricultura irrigada. **Revista GEAMA**, v.1, n.3, dezembro – 2015.

MANTOVANI, E. C. AVALIA: Programa de Avaliação da Irrigação por Aspersão e Localizada. Viçosa, MG: UFV, 2001.

MEDEIROS, S. S.; GHEYI, H. R.; GALVÃO, C. O.; PAZ, V. P. S. **Recursos hídricos em regiões áridas e semiáridas**. Instituto Nacional do Semiárido. Campina Grande – PB, 2011.

MORAIS, J. E. F. de. Evapotranspiração real efetiva e indicadores agrometeorológicos e econômicos em cultura de palma forrageira irrigada. **Dissertação** (Mestrado – Produção Vegetal). UFRPE – Serra Talhada – PE, 2016.

OLIVEIRA, F. T de; SOUTO, J. S.; SILVA, R. P. da; ANDRADE FILHO, F. C. de; PEREIRA JÚNIOR, E. B. PALMA FORRAGEIRA: ADAPTAÇÃO E IMPORTÂNCIA PARA OS ECOSSISTEMAS ÁRIDOS E SEMIÁRIDOS. **Revista Verde** (Mossoró – RN – Brasil) v.5, n.4, p. 27 – 37, 2010.

PADILHA JÚNIOR, M. C.; DONATO, S. L. R.; SILVA, J. A. da; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S. Características morfométricas e rendimento da palma forrageira ‘Gigante’ sob diferentes adubações e configurações de plantio. **Revista Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável**. V. 11, Nº 1, p.67-72, 2016.

PEIXOTO, T. D. C.; LEVIEN, S. L. A.; BEZERRA, A. H.F.; SILVA, S. T. A.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. **Coefficiente do Tanque Classe A para a região de Mossoró, RN**. INOVAGRI International Meeting. Fortaleza, 2012.

QUEIROZ, M. D. de; SILVA, T. G. F. da; ZOLNIER, S. SIQUEIRA E SILVA, S. M.; SOUZA, C. A. A. de; CARVALHO, H. F. S. RELAÇÕES HÍDRICO-ECONÔMICAS DA PALMA FORRAGEIRA CULTIVADA EM AMBIENTE SEMIÁRIDO. **Irriga**, Botucatu, Edição Especial, Irrigação, p. 141-154, 2016.

RAMOS, J. P. F.; LEITE, M. L. M. V.; OLIVEIRA JUNIOR, S.; NASCIMENTO, J. P.; SANTOS, E. M. Crescimento vegetativo de opuntia ficus-indica em diferentes espaçamentos de plantio. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 24, n. 3, p. 41-48, 2011.

REGO, M. M. T. do; LIMA, G. F. C.; SILVA, J. G. M. da; GUEDES, F. X.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B. Morfologia e Rendimento de Biomassa da Palma Miúda Irrigada sob Doses de Adubação Orgânica e Intensidades de Corte. **Revista Científica de Produção Animal**, v.16, n.2, p.118-130, 2014.

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

SANTOS, M. R. dos; SILVA, A. J. P. da; FONSECA, V. A.; CAMPOS, A. R. F.; LISBOA, M. A. **Irrigação na palma forrageira**. Informe Agropecuário – v. 38 – n. 296 . Belo Horizonte – MG :

EPAMIG, 2017.

SARAIVA, V. M.; KONIG, A. PRODUTIVIDADE DO CAPIM-ELEFANTE-ROXO IRRIGADO COM EFLUENTE DOMÉSTICO TRATADO NO SEMIÁRIDO POTIGUAR E SUAS UTILIDADES. **HOLOS**, vol. 1, 2013, pp. 28-46. Natal, Brasil.

SILVA, R. H. DIAS. Crescimento da palma forrageira irrigada com água salina. **Tese** (Doutorado – Zootecnia). UVF. Viçosa – MG, 2018.

SILVA, J. A. da; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; SOUZA, E. S.; PADILHA JÚNIOR, M. C.; SILVA JÚNIOR, A. A. Extraction/export of nutrients in *Opuntia ficus-indica* under different spacings and chemical fertilizers. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.20, n.3, p.236–242, Campina Grande – PB, 2016.

SILVA, J. A. da; DONATO, S. L. R.; DONATO, P. E. R.; RODRIGUES, M. G. V. **Cultivares e manejo de palma forrageira**. Informe Agropecuário – v. 38 – n. 296 . Belo Horizonte – MG : EPAMIG, 2017.

SILVA, J. A.; BONOMO, P.; DONATO, S. L. R.; PIRES, A. J. V.; ROSA, R. C. C.; DONATO, P. E. R. Composição mineral em cladódios de palma forrageira sob diferentes espaçamentos e adubações química. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.7, p.866-875, 2012.

SILVA, J. G. D. BIOTECNOLOGIA DO USO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA EM SOLO DO CERRADO NO CULTIVO DO CAPIM *Brachiaria brizantha* cv MARANDU. **Tese** (Doutorado - Biotecnologia e Biodiversidade da Rede Bionorte). UFT – Palmas – TO, 2017. Documentos, 30).

SOUZA, D. P. de; QUELUZ, J. G. T.; SILVA, A. O. da; ROMÁN, R. M. S. INFLUÊNCIA DA FERTIRRIGAÇÃO POR SULCO UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA E DIFERENTES NÍVEIS DE ADUBAÇÃO NA PRODUTIVIDADE DO FEIJOEIRO. **Irriga**, Botucatu, v. 20, n. 2, p. 348-362, março - junho, 2015.

THORNTHWAITE, C.W.; MATHER, J.R. **The water balance**. Centerton, NJ: Drexel Institute of Technology - Laboratory of Climatology, 1955. 104p. (Publications in Climatology, vol. VIII, n.1).

TORRES, L. C. L.; FERREIRA, M. A.; GUIM, A.; VILELA, M. S.; GUIMARÃES, A. V.; SILVA, E. C. da. Substituição da palma-gigante por palma-miúda em dietas para bovinos em crescimento e avaliação de indicadores internos. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Brasília, DF, v. 38, n. 11, p. 2264-2269, 2009.

VERGINE, P.; SALERNO, C.; LIBUTTI, A.; BENEDUCE, L.; GATTA, G.; BERARDI, G.; POLLICE, A. Closing the water cycle in the agro-industrial sector by reusing treated wastewater for irrigation. **Journal of Cleaner Production** 164 (2017) 587 e 596.