



**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO
UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA NUM SISTEMA AGROFLORESTAL**

SILVANETE SEVERINO DA SILVA

Campina Grande - PB

Agosto - 2019

SILVANETE SEVERINO DA SILVA

**RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO
UTILIZANDO ÁGUA RESDUÁRIA NUM SISTEMA AGROFLORESTAL**

Tese apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande, como parte das exigências para obtenção do título de Doutor em Engenharia Agrícola na Área de Concentração: Irrigação e Drenagem

Orientador: Dr. José Dantas Neto
Orientador: Dr. Salomão de Sousa Medeiros

Campina Grande - PB

Agosto - 2019

S586r

Silva, Silvanete Severino da.

Recuperação de área degradada no semiárido brasileiro utilizando água residuária num sistema agroflorestal / Silvanete Severino da Silva. – Campina Grande, 2019.

108 f. : il. : color.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais, 2018.

"Orientação: Prof. Dr. José Dantas Neto, Prof. Dr. Salomão de Sousa Medeiros".

Referências.

1. Manejo de Água e Solo. 2. Irrigação. 3. Efluente Doméstico. 4. Sistema Irrigado. I. Dantas Neto, José. II. Medeiros, Salomão de Sousa. III. Título.

CDU 631.675(043)

FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECÁRIA MARIA ANTONIA DE SOUSA CRB 15/398



PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA TESE

SILVANETE SEVERINO DA SILVA

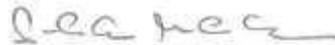
“RECUPERAÇÃO DE ÁREA DEGRADADA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO
UTILIZANDO ÁGUA RESIDUÁRIA NUM SISTEMA AGROFLORESTA”

APROVADO(A): 19 de agosto de 2019

BANCA EXAMINADORA



Dr. José Dantas Neto
Orientador – UAEA/CTRN/UFPA



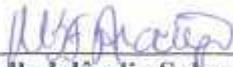
Dr. Salomão de Sousa Medeiros
Orientador – INSA/MCTI



Dra. Claudia Facini dos Reis
Examinadora - UNIPÊ/PB



Dr. José Amilton Santos Júnior
Examinador – UFRPE



Dra. Maria Sallydelândia Sobral de Farias
Examinadora - UAEA/CTRN/UFPA



Dr. Rener Luciano de Souza Ferraz
Examinador – DAA/CCAA/UEPB

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho ao meu filho
Heron Carlos da Silva Santos,
Minha força.
Luz da minha vida

Dedico com todo amor

Aos mestres que contribuíram direta ou indiretamente
para minha formação acadêmica e profissional,
Roberto Vieira Pordeus e
a José Dantas Neto.

Ofereço

“Na vida, nós devemos ter raízes, e não âncoras.

Raiz alimenta, âncora imobiliza.

Quem tem âncoras vive apenas a nostalgia e não a saudade.

Nostalgia é uma lembrança que dói,
Saudade é uma lembrança que alegra”.

Mario Sérgio Cortella

"Entienda sus miedos,
pero nunca deje que ellos suplen sus sueños."

Lewis Carroll

“Todos os dias aprendendo, voltando, errando, fazendo de novo,
tendo que lidar com aquilo que eu não conhecia,
equivocando-me, voltando atrás, corrigindo, aprendendo,
desaprendendo e reaprendendo.”

Silvanete Silva

AGRADECIMENTOS

Ao meu filho, Heron Carlos da Silva Santos, por existir em minha vida, por ser minha vida e por acreditar na minha formação pessoal e profissional. Todas as vezes que tomo uma decisão, não sei o quanto você compreende, mas sempre tem algo a dizer e contribuir. TE AMO.

A minha mãe Maria José Severino pelo esforço de fazer valer a minha vida. Também a minha outra mãe Maria Deusa Severino dos Santos por ter me segurado nos primeiros passos do caminho da educação (sempre lembrarei).

Aos meus irmãos e, em especial, minha irmã Albaniza Maria da Costa, por ser a pessoa que mais posso contar nessa vida, não sei explicar o tamanho da gratidão que sinto por ter você na minha vida. Você é meu AMULETO DA SORTE.

Não poderia deixar de agradecer àquele que foi responsável pela minha entrada na pós graduação, e também pela profissão que hoje exerço: professor Roberto Vieira Pordeus.

Ao professor Dr. José Dantas Neto pela orientação no presente trabalho e, mais que isso, por ter me apoiado durante todo esse tempo.

À Dra. Claudia Reis pela parceria, amizade e também contribuição durante todo o tempo desse trabalho e tantos outros.

Ao Rener Luciano Ferraz pela amizade e paciência na transição do conhecimento a respeito do apoio para com este trabalho.

Agradeço também pela pré-disposição da banca em aceitar o convite, em nome do Prof. Dr. José Amilton. Muito obrigada pelas contribuições desde a qualificação.

Ao professor Dr. Francisco Guevara Hernandez pelo apoio e conhecimento repassados na estância pela Universidad Autónoma de Chiapas, campus Villaflores. Nunca o esquecerei! A todos envolvidos na pesquisa, como: Eng. Fredy Rui Delgado e o Eng. Franklin B. Martinez Aguilar pela disponibilidade em participar e executar as visitas de campo e análises de água.

A todos que fazem o Instituto Nacional do Semiárido (INSA), inicialmente na pessoa do Dr. Salomão Medeiros. Agradeço a convivência, a disponibilidade dos recursos e toda assistência dada por cada funcionário, em especial a Fátima Silva, Renan da Nobrega, Emanuel Martins, Vanessa Gomes, Cristiano Souza, Mariana Medeiros, Dra. Fabiane, Marilene, Luciano, Bergue, Margaretti, Rodeildo e outros. Foi um ano de muito aprendizado no sentido de trabalho em grupo.

A Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgoto (EXTRABES) da Universidade Estadual da Paraíba (UEPB) pela disponibilidade dos reagentes e análises físico-químicas da água residuária.

Ao servidor José Maria pela disponibilidade e realização das análises físicas do solo no Laboratório de Irrigação e Drenagem na UFCG.

Ao Prof. Luciano Saboya pelo apoio que passa a TODOS que desejam conversar e pedir orientação.

Ao meu amigo Dr. Arsênio Pessoa, sempre presente, sempre dialogando e sempre contribuindo, e, todos que estiveram comigo desde o mestrado, como: André Alisson, Rosiane Lima, Prof. Carlos Azevedo, Profa. Sally, Alberto Calado, Tainara Silva, Joel Medeiros, entre outros.

A Rebeca de Almeida que participou de toda minha formação aqui em Campina Grande-PB (do berço ao túmulo dessa pós-graduação). A Barbara Davis, que me ajudou na fase terminal da minha transição para o profissional. Sempre quero poder contar com a amizade de vocês.

Aos funcionários desta casa, em especial o Roberto Roman, que ampliou a qualidade do serviço da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola. Na sequência, a Michelle, Sr. Geraldo e o Edil (muito obrigada pelo cafezinho).

À Coordenação de Aperfeiçoamento de pessoas do Ensino Superior (CAPES) pelos recursos financeiros concedidos durante todo o curso.

A Universidade Federal de Campina Grande pela importante experiência como discente no ensino superior público.

A todos que, de alguma forma, contribuíram para a conclusão deste trabalho.

SUMÁRIO

SUMÁRIO DE FIGURAS	XI
SUMÁRIO DE TABELAS	XII
LISTA DE ABREVIATURAS	XV
RESUMO	XVII
ABSTRACT	XVIII
1. INTRODUÇÃO GERAL	19
2. OBJETIVOS	22
2.1 <i>Objetivo geral</i>	22
2.2 <i>Objetivos específicos</i>	22
REVISÃO DE LITERATURA	23
3. REVISÃO DE LITERATURA	24
3.1 <i>Recuperação de área degradada</i>	24
3.2 <i>Sistemas agroflorestais</i>	25
3.3 <i>Palma forrageira</i>	28
3.4 <i>Espécies nativas da Caatinga</i>	30
3.4.1 <i>Sabiá</i>	30
3.4.2 <i>Aroeira</i>	31
3.5 <i>Efluente doméstico</i>	32
3.5.1 <i>No mundo e no Brasil</i>	32
3.5.2 <i>Águas residuárias na agricultura com enfoque no semiárido</i>	35
3.5.3 <i>Uso da irrigação na aplicação do efluente de esgoto doméstico</i>	36
4. LITERATURA CITADA	38
CAPITULO II	47
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM SOLO DEGRADADO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E CULTIVADO EM SISTEMA AGROFLORESTAL	48
RESUMO:	48
1. INTRODUÇÃO	49
2. MATERIAL E MÉTODOS	49
a) <i>Situação e caracterização do ambiente experimental</i>	49
b) <i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	50
c) <i>Histórico da área de cultivo</i>	50
d) <i>Caracterização da área experimental</i>	52
e) <i>Caracterização das águas de irrigação</i>	53
f) <i>Sistema e manejo da água na irrigação</i>	54
g) <i>Variáveis analisadas</i>	54

	<i>h) Análise dos dados</i>	55
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	55
3.1	<i>Características químicas do solo</i>	55
3.2	<i>Características da fertilidade do solo</i>	60
	4. CONCLUSÕES	64
	5. REFERENCIAS	64
CAPITULO III		67
CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO.		69
1.	INTRODUÇÃO	69
2.	MATERIAL E MÉTODOS	70
a)	<i>Situação e caracterização do ambiente experimental</i>	70
b)	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	70
c)	<i>Caracterização da área experimental</i>	71
d)	<i>Caracterização das águas de irrigação</i>	72
e)	<i>Caracterização do manejo e sistema de irrigação</i>	73
f)	<i>Descrição e condução das culturas</i>	73
g)	<i>Variáveis analisadas</i>	73
h)	<i>Análise dos dados</i>	74
3.	RESULTADOS E DISCUSSÃO	75
3.1	<i>Análise do crescimento</i>	75
3.2	<i>Variáveis de Produção</i>	84
	4. CONCLUSÕES	86
	5. REFERÊNCIAS	87
CAPÍTULO IV		90
CRESCIMENTO INICIAL DA AROEIRA E SABIÁ EM ÁREA DEGRADADA SOB GOTEJO COM ÁGUA RESIDUÁRIA.		91
1.	INTRODUÇÃO	92
2.	MATERIAL E MÉTODOS	93
a)	<i>Situação e caracterização do ambiente experimental</i>	93
b)	<i>Delineamento experimental e tratamentos</i>	93
c)	<i>Caracterização da área experimental</i>	94
d)	<i>Caracterização das águas de irrigação</i>	95
e)	<i>Caracterização do manejo e sistema de irrigação</i>	96
f)	<i>Descrição e condução das culturas</i>	96
g)	<i>Monitoramento de variáveis climáticas e problemas fitossanitários</i>	97

<i>h) Variáveis analisadas</i>	97
<i>i) Análise dos dados</i>	97
3. RESULTADOS E DISCUSSÃO	97
4. CONCLUSÕES	102
5. REFERÊNCIAS.....	103
CAPÍTULO V	105
CONSIDERAÇÕES FINAIS	106

LISTA DE FIGURAS

CAPÍTULO I

Figura 1: Tipos de sistemas agroflorestais	25
Figura 2: Quatro adjetivos associados aos Sistemas Agroflorestais.....	27

CAPÍTULO II

Figura 1: Relação das médias de precipitação e temperaturas trimestrais no período de junho de 2015 a junho de 2017	50
Figura 2: Croqui da experimental denominada de Reúso III	51
Figura 3. Mapa de relevo planialtimétrico de área experimental	52
Figura 4. Projeção bidimensional dos tratamentos (A): A1: 0,5 L de água de abastecimento público; A2: 1,0 L da água residuária tratada; A3: 0,5 L da com água residuária tratada; E1: Antes do experimento; E2: Após o experimento; P1: Profundidade 0-15 cm; e P2: Profundidade 15-30 cm e; as oito variáveis originais (B): Ca: Cálcio; Mg ²⁺ : Magnésio; Al ³⁺ : Alumínio; P: Fósforo; Na: Sódio; K ⁺ : Potássio; MOS: Matéria orgânica do solo; e N: Nitrogênio	56
Figura 5: Projeção bidimensional dos tratamentos (A): A1: 0,5 L de água de abastecimento público; A2: 1,0 L do volume irrigado com água residuária tratada; A3: 0,5 L do volume irrigado com água residuária tratada; E1: Antes do experimento; E2: Após o experimento; P1: Profundidade 0-15 cm; e P2: Profundidade 15-30 cm e; as oito variáveis originais (B): C/N: Relação carbono nitrogênio; PST: Porcentagem de sódio trocável; V (%): Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; Valor de S: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; Ca:Mg: Relação cálcio com alumínio; e H + Al: Acidez potencial.....	57

CAPÍTULO III

Figura 1. Variáveis de crescimento da palma forrageira: altura da planta (A); número de cladódio (B); largura do cladódio (C); comprimento do Cladódio (D); espessura do cladódio (E) e perímetro do cladódio (F) em função do volume de água aplicado quando avaliada após o plantio (DAP). Campina Grande, PB, 2019.	70
Figura 2. Variáveis de crescimento da palma forrageira: altura da planta (A); número de cladódio (B); largura do cladódio (C); comprimento do Cladódio (D); espessura do cladódio (E) e perímetro do cladódio (F) em função dos dias após o plantio (DAP). Campina Grande, PB, 2019.	77
Figura 3. Variáveis de crescimento da palma forrageira: altura da planta (A); número de cladódio (B); largura do cladódio (C); comprimento do Cladódio (D); e espessura do cladódio (E) em função do volume de água aplicado quando avaliada após o corte (DAC). Campina Grande, PB, 2019.....	79

Figura 4. Variáveis de crescimento da palma forrageira: altura da planta (A); número de cladódio (B); largura do cladódio (C); comprimento do Cladódio (D); e espessura do cladódio (E) em função dos dias após o corte (DAC). Campina Grande, PB, 2019	81
Figura 5. Crescimento do Perímetro do cladódio da palma forrageira OEM sob (A): o volume de água aplicado; e (B) quando avaliada após o corte (DAC). Campina Grande, PB, 2019.	83
Figura 6. Crescimento do Perímetro do cladódio da palma forrageira OEM sob (A): o volume de água aplicado; e (B) quando época avaliada, após o corte (DAC). Campina Grande, PB, 2019.	84
Figura 7: Variáveis produtivos (A) massa seca dos cladódios; (B) umidade dos cladódios; (C) Produtividade dos cladódios; (D) Produtividade da água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana no primeiro (360 dias após o plantio) e no segundo (360 dias após o corte) ano produtivo irrigado com água residuária	86

CAPÍTULO IV

Figura 1: Relação das médias de precipitação e temperaturas trimestrais no período de junho de 2015 a junho de 2017	93
Figura 2. Mapa de relevo planialtimétrico de área experimental	94
Figura 3. Altura de planta em função dos dias após o transplante: (A) sabiá; (B) aroeira desdobrado em cada idade da planta. Campina Grande, PB, 2019.	100
Figura 4. Diâmetro caulinar de espécies arbóreas da Caatinga em função da água de irrigação: (A) sabiá; (B) aroeira desdobrado dentro em cada idade da planta. Campina Grande, PB, 2019.	101
Figura 5. Diâmetro caulinar de espécies arbóreas da Caatinga em função da idade da planta: (A) sabiá; (B) aroeira desdobrado dentro de cada tratamento com água. Campina Grande, PB, 2019.	102

LISTA DE TABELAS

CAPÍTULO II

Tabela 1. Fração granulométrica e classe textural do solo na área experimental, Campina Grande, PB.....	53
Tabela 2. Caracterização do esgoto doméstico utilizado na irrigação da área experimental	53
Tabela 3. Caracterização da água convencional utilizada na irrigação da área experimental	54
Tabela 4. Autovalores, porcentagem da variância total explicada, correlação entre as oito variáveis químicas originais e os Componentes Principais	56
Tabela 5. Autovalores, porcentagem da variância total explicada, correlação entre as oito variáveis originais da fertilidade do solo e os Componentes Principais	60

CAPITULO III

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental. Campina Grande, PB	71
Tabela 2. Caracterização média da química e condutividade elétrica da água residuária utilizada na irrigação da área experimental. Campina Grande, PB	72
Tabela 3. Caracterização do esgoto doméstico utilizado na irrigação da área experimental	72
Tabela 4. Caracterização da água convencional utilizada na irrigação da área experimental	72
Tabela 5. Volume de água aplicado via irrigação por gotejo por planta por ano durante dois ciclos de produção da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana. Campina Grande, PB	73
Tabela 6. Resumo das análises de variância para variáveis de crescimento: altura de planta total (AP), número de cladódios (NC), comprimento de cladódios (CC), largura de cladódios (LC), perímetro do cladódio (PC) e a espessura de cladódios (EC) de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana em função da água irrigada aos 240, 300 e 360 dias após o plantio (DAP). Campina Grande, PB. 2019.	75
Tabela 7. Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento: altura de planta total (AP), número de cladódios (NC), comprimento de cladódios (CC), largura de cladódios (LC), perímetro do cladódio (PC) e a espessura de cladódios (EC) de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana em função da água irrigada aos 240, 300 e 360 dias após o corte (DAC). Campina Grande, PB. 2019.	80

CAPITULO IV

Tabela 1. Caracterização do esgoto doméstico utilizado na irrigação da área experimental	95
Tabela 2. Caracterização da água convencional utilizada na irrigação da área experimental	96
Tabela 3. Volume de água aplicado via irrigação por gotejo por planta, descrição dos tratamentos e volume total de água durante o período de crescimento avaliado das espécies nativas da Caatinga	96
Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC) de espécies nativas da Caatinga irrigadas com água residuária tratada e de abastecimento público no período de 300, 420, 540, 660, 780 e 900 dias após o transplântio. Campina Grande, PB, 2019.	98
Tabela 5. Médias da altura de planta em função da água de irrigação em espécies da Caatinga: sabiá e aroeira. Campina Grande-PB, 2019.	99

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ACP: Análise de componentes principais
Ca: Cálcio
Ca:Mg: Relação cálcio com magnésio
CE: Condutividade elétrica
cmol_c: Centimol de carga
COT: Carbono orgânico total
Cl: Cloro
cm: Centímetros
DAC: Dias após o corte
DAP: Dias após o plantio
DQO: Demanda química de oxigênio
dS: Decisiemens
E1: Antes do experimento
E2: Após o experimento
EMBRAPA: Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
FAO: Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura
Fe: Ferro
g: Gramas
ha: Hectare
H+Al: Acidez potencial
ICMBio: Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade
INSA: Instituto Nacional do Semiárido
INMET: Instituto Nacional de Meteorologia
K⁺: Potássio
L: Litro
m: Metro
MANOVA: Análise da multivariada da variância
Mg⁺²: Magnésio
mg: Miligramas
Mn: Magnésio
M.O: Matéria orgânica do solo
mm: Milímetro
Na⁺: Sódio
N: Nitrogênio total
NH₄⁺: Amônia
NO₃⁻: Sódio
OEM: Orelha de Elefante Mexicana
P: Fósforo
pH: Potencial hidrogeniônico
PST: porcentagem de sódio trocável
PO₄³⁻: Ortofosfato
SDT: Sais dissolvidos totais
Mg:SO₄²⁻: Sulfato de magnésio
kg: Quilogramas
SB: Soma de bases
SAF: Sistema agroflorestal
SAF's: Sistemas agroflorestais

SUDEMA: Superintendência de Administração do Meio Ambiente

CTC: Capacidade de troca catiônica

t: Toneladas

X= Média

USDA: Departamento de Agricultura dos Estados Unidos

V (%): Saturação de bases

Zn: Zinco

σ^2 : Variância

λ : Autovalores

RESUMO GERAL

SILVA, S. S. da. **Recuperação de área degradada no semiárido brasileiro utilizando água residuária num sistema agroflorestal**. 2019. 108 p. Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola com área de concentração em Irrigação e Drenagem). Universidade Federal de Campina Grande. Centro de Tecnologia e Recursos Naturais. Campina Grande, PB.

O estabelecimento de um sistema agroflorestal, baseado no cultivo de aroeira, sabiá e palma forrageira é uma forma de uso ou manejo de terras e quando associado com a água residuária pode recuperar áreas degradadas e proporcionar benefícios socioeconômicos e ambientais. O presente trabalho foi desenvolvido com o objetivo de avaliar o potencial de um sistema agroflorestal irrigado com água residuária tratada na recuperação de uma área degradada no semiárido nordestino. A pesquisa foi realizada na sede administrativa do Instituto Nacional do Semiárido, município de Campina Grande, PB, Brasil, em área degradada pela remoção dos horizontes A e B, cuja região fisiográfica e Cariris Velhos possuem coordenadas geográficas de latitude 07° 27' S, longitude 35° 95' W e altitude média de 550 m, durante os anos de 2015 a 2018. Para a determinação das características químicas do solo distribuiu-se os tratamentos em blocos ao acaso, avaliando-se três tratamentos (0,5 L de água de abastecimento; 0,5 e 1,0 L água residuária fornecidas em irrigação por gotejo), em duas épocas (antes e após dois anos de aplicação dos tratamentos com água), com duas profundidades (0-15 e 15-30 cm) e repetições. Quanto a avaliação do crescimento e produção da palma forrageira var. Orelha de Elefante Mexicana irrigada com água residuária tratada repetiu-se o fator água irrigada em função de três épocas (240, 300 e 360 dias após o plantio). Esse mesmo delineamento foi avaliado no segundo ano de cultivo do experimento após o corte das plantas. No primeiro e segundo ano avaliou-se a altura total da planta, comprimento, largura, perímetro e espessura média do cladódio e as variáveis de produção: massa seca da planta, teor de umidade, produtividade da planta e produtividade da água irrigada. A avaliação do crescimento inicial das espécies arbóreas sabiá e aroeira foi num esquema fatorial com dois fatores (água residuária e idade da planta com dez blocos) sendo cada unidade experimental composta por três plantas. O fator água de irrigação foi constituído por três níveis aplicação semanal em plantas nativas da Caatinga (0,5 L de água de abastecimento; 0,5 e 1,0 L água residuária). O fator idade constituído de seis níveis (300, 420, 540, 660, 780 e 900 dias após o transplantio). Foram avaliadas as variáveis de crescimento diâmetro caulinar e altura de planta. Constatou-se que o aumento da lâmina de efluente doméstico proporcionou redução no teor de Na, Ca e Mg no solo. Tanto o volume de 1,0 L quanto o de 0,5 L de água residuária reduzem o carbono do solo. O gotejo semanal de 0,5 L de água residuária por planta proporcionou ganhos nas variáveis biométricas das plantas em relação à aplicação de água de abastecimento. Houve aumento da massa seca, teor de água, produtividade de massa fresca e da água no segundo corte. O gotejo semanal de 0,5 L de efluente doméstico proporcionou maior altura e diâmetro de caule no sabiá e na aroeira em relação ao gotejo de 0,5 L com água de abastecimento. A altura e diâmetro do caule das plantas de sabiá e a aroeira cresceram linearmente no período avaliado.

PALAVRAS-CHAVE: manejo de água e solo, irrigação, efluente doméstico, sistema integrado

SUMMARY GENERAL

SILVA, S. S. da. **Recovery of degraded area in the Brazilian semiarid using wastewater in an agroforestry system.** 2019. 108 p. Thesis (Doctorate in Agricultural Engineering with area of concentration in Irrigation and Drainage). Federal University of Campina Grande. Center for Technology and Natural Resources. Campina Grande, PB.

The establishment of an agroforestry system based on the cultivation of aroeira, sabiá and forage palm is a form of land use or management and when associated with wastewater can recover degraded areas and provide socioeconomic and environmental benefits. The present work was developed with the objective of evaluating the potential of an agroforestry system irrigated with treated wastewater in the recovery of a degraded area in the northeastern semiarid. The research was conducted at the administrative headquarters of the National Institute of Semiarid, Campina Grande, PB, Brazil, in a degraded area by the removal of horizons A and B, whose physiographic region and Cariris Velhos have geographical coordinates of latitude 07° 27 'S, longitude 35 ° 95 'W and average altitude of 550 m, from 2015 to 2018. To determine the chemical characteristics of the soil, the treatments were randomized blocks, and three treatments (0.5 L of water) were evaluated. 0.5 and 1.0 L wastewater supplied in drip irrigation), in two seasons (before and after two years of application of water treatments), with two depths (0-15 and 15-30 cm) and repetitions. Regarding growth and yield evaluation of forage palm var. Mexican Elephant ear irrigated with treated wastewater, the irrigated water factor was repeated as a function of three seasons (240, 300 and 360 days after planting). This same design was evaluated in the second year of cultivation of the experiment after cutting the plants. In the first and second year, the total plant height, length, width, perimeter and average thickness of the cladode were evaluated and the production variables: plant dry mass, moisture content, plant productivity and irrigated water productivity. The initial growth evaluation of the sabiá and aroeira tree species was based on a factorial scheme with two factors (wastewater and plant age with ten blocks), each experimental unit consisting of three plants. The irrigation water factor was constituted by three levels weekly application in native plants of Caatinga (0,5 L of supply water; 0,5 and 1,0 L wastewater). The age factor consisted of six levels (300, 420, 540, 660, 780 and 900 days after transplantation). The growth variables were evaluated: stem diameter and plant height. It was found that the increase of the domestic effluent blade provided reduction in Na, Ca and Mg content in the soil. Both 1.0 L and 0.5 L volume of wastewater reduce soil carbon. The weekly drip of 0.5 L of wastewater per plant provided gains in the biometric variables of the plants in relation to the application of water supply. There was an increase in dry mass, water content, fresh mass and water yield in the second cut. The weekly drip of 0.5 L of domestic effluent provided greater height and stem diameter in the thrush and aroeira compared to the drip of 0.5 L with water supply. The height and diameter of the stem plants of the thrush and mastic plants grew linearly during the evaluated period.

KEYWORDS: water and soil management, irrigation, forage palm, domestic effluent, integrated system

1. INTRODUÇÃO GERAL

A reutilização de água ou a utilização de águas de esgoto não é uma prática recente e tem sido efetuada em todo o mundo há muitos anos. Essa prática de aproveitamento de água planejada ou não planejada foi bem documentada na Europa, África, América do Norte, Ásia e Oceania (D'ANDREA et al., 2015) e garante a disponibilidade de água para o mesmo ou outro fim. Apesar de existir amplo registro sobre a prática do reuso das águas residuárias, a busca por este recurso só foi ampliada recentemente, devido ao consumo em grande escala de água potável, bem como ao descarte em escala semelhante de águas servidas, que degradam a qualidade da água dos corpos hídricos, e conseqüentemente, reduzem a oferta de água potável.

Ao reutilizar a água servida deixa-se de consumir a água de boa qualidade dos mananciais, visto que uma vez consumida e caso não seja tratada antes do descarte irá alterar as características físicas e químicas das águas superficiais e subterrâneas e, também do solo, ou seja, a prática do reuso, contribui para o aumento da oferta da água com qualidade para a população. O nível de absorção do solo dependerá da quantidade e qualidade de nutrientes presentes da água, dos sedimentos também contidos nestas e das características próprias de cada solo e ambiente, de modo que a melhor compreensão deste quadro fornece subsídios importantes no sucesso do estabelecimento para a produção agrícola (EMBRAPA, 2015).

O reuso de água ganha importância, especialmente em regiões semiáridas onde se registram baixa umidade e baixo total pluviométrico anual como no semiárido do estado da Paraíba onde a precipitação média anual fica em torno de 800 mm (INMET, 2018; VENDRUSCOLO et al., 2018). Uma vez que o semiárido possui um bioma de características singulares (SUDEMA, 2012) a Caatinga sofre quando o solo perde a capacidade de produção. Com a pressão do uso agrícola, industrial e até a extração dos horizontes A e B do solo aumenta continuamente e causa a degradação progressiva da terra (SATTLER et al., 2018) em todas as regiões do país.

A extração de minério destinado à construção civil e consumidora de areia, brita, saibro, arenito, entre outros, tornam-se imprescindíveis na recuperação destas áreas, as quais sofrem cada vez mais, influência direta das atividades humanas sobre seus elementos, sendo necessário atividades economicamente viáveis que possam recuperá-las para a garantia da sustentabilidade ambiental (SÁNCHEZ, 2006).

Assim, algumas medidas de restauração e reabilitação de áreas degradadas têm sido aplicadas, com destaque para a estratégia de recuperação com os sistemas agroflorestais - SAF's (PALUDO e COSTABEBER, 2012). Esses sistemas produtivos baseiam-se na sucessão ecológica, análogos aos ecossistemas naturais, em que árvores exóticas ou nativas são consorciadas com culturas agrícolas, trepadeiras, forrageiras e/ou arbustivas, normalmente com alta diversidade de espécies e interações entre elas (BRASIL, 2012a).

Neste contexto, menciona-se o Projeto “Reúso das águas no semiárido brasileiro”, do Instituto Nacional do Semiárido localizado em Campina Grande no Estado da Paraíba, que visa desenvolver estudos a médio e longo prazo, dada a dificuldade de reestabelecer e/ou recuperar áreas degradadas, em três diferentes áreas representativas com formações florestais conhecidas como SAF's. Esses sistemas são resultantes da interação intencional das árvores e arbustos junto aos sistemas agrícolas e/ou com animais, buscando otimizar áreas que por ora se encontram degradadas ou em recuperação, isto é, concomitantemente e/ou em seguimento temporal (POMPEU et al., 2011). A metodologia de recuperação de área degradada aplicando água residuária num sistema agroflorestal que inclui espécies arbóreas da caatinga e a palma forrageira (*Opuntia cochenillifera*) consiste numa estratégia de produção agrícola e responsabilidade hídrica, para melhorar as condições físicas e químicas do ambiente, e posteriormente alcançar o potencial madeireiro das espécies arbóreas (INSA, 2014).

Dentre as espécies arbóreas, foram selecionadas provedoras, as quais são a aroeira e a sabiá que cultivadas com água residuária ainda no crescimento inicial conseguem obter bons resultados no seu desenvolvimento (BRITO et al., 2018; REBOUÇAS et al., 2018). A aroeira é uma planta de crescimento e desenvolvimento rápido, porém seu porte é pequeno (entre 5 a 10 m de altura) quando comparada com outras espécies adaptáveis em diferentes regiões (MAIA, 2012). Esta espécie funciona de refúgio para o rebanho animal, forragem para o complemento alimentar de caprinos, os quais consomem as folhas e os brotos e, componente para diversas atividades na medicina popular. Por outro lado, a sabiá é uma planta leguminosa com elevada aplicação no Nordeste do Brasil. Sua principal característica é a madeira resistente à decomposição, à umidade e ao cupim, sendo comumente utilizada como estacas, mourões, forquilhas e postes, na produção de lenha e carvão (MAIA, 2012). Frequentemente, encontra-se a sabiá como cerca viva defensiva (quando espinhosa) como planta ornamental e na arborização urbana (LORENZI, 2008; MAIA, 2012) como também na agricultura familiar.

A palma forrageira faz parte da base alimentar dos rebanhos de grande parte do semiárido brasileiro pelo seu alto potencial de produção de biomassa. Sales et al. (2013) verificaram a produção de 35 ton ha⁻¹ de matéria seca de palma, colhida aos 710 dias posteriores ao plantio, em sequeiro, nas situações edafoclimáticas do Cariri paraibano. Os autores enfatizaram que esse valor pode, praticamente, dobrar quando irrigado e o solo apresentar o fornecimento de nutrientes necessários totais a planta.

Assim, o presente estudo trata de uma pesquisa quantitativa desenvolvida no âmbito do projeto Reúso III que faz parte do projeto “Reúso das águas no semiárido brasileiro”, desenvolvido nas dependências do INSA em conjunto com seus pesquisadores consistindo na primeira análise do padrão temporal do sistema agroflorestal para a produção agrícola e no monitoramento da adição de nutrientes provindos da água residuária ao solo, a fim de responder a pergunta, “como a irrigação com água residuária proveniente do esgoto doméstico pode favorecer a consolidação dos SAF’s e catalisar o seu estabelecimento?”.

Como forma de apresentação do conteúdo do presente estudo será utilizada a divisão em artigos científicos, onde cada um possui suas particularidades. Para tanto, as bases teóricas e aplicações encontradas em estudos recentes (Referências Bibliográficas) serão apresentados no Capítulo I.

No Capítulo II (primeiro artigo) busca identificar as características químicas do solo em estado de degradação ambiental após a aplicação da água residuária. Deste modo, foram coletadas amostras de solo antes do experimento e dois anos e cinco meses após, a sua instalação do sistema agroflorestal a fim de relacionar o saldo de entrada destes.

No Capítulo III (segundo artigo) refere-se às análises do padrão temporal para dois anos no crescimento da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana. Neste capítulo, observou-se metricamente, a cada 60 dias, o padrão comportamental inicial da espécie e após o primeiro corte (rebrotar). As principais questões abordadas foram a relação temporal entre o uso da água residuária, o tamanho e a produção de massas, umidade, produtividade da planta e produtividade da água.

Finalmente, o Capítulo IV (terceiro artigo) são apresentadas análises do padrão temporal de duas espécies nativas da caatinga, aroeira e sabiá, com o uso da água residuária referentes à formação florestal. Tais análises devem contribuir para discutir a autoecologia das espécies, suas diferentes respostas a aplicação da água residuária e sua importância na caracterização da recuperação da área degradada.

2. OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

Avaliar o potencial de um sistema agroflorestal irrigado com água residuária tratada na recuperação de uma área degradada no semiárido nordestino.

2.2 Objetivos específicos

- Quantificar o crescimento e a produção da palma forrageira, cv. Orelha de elefante, sob gotejo com água residuária e cultivada em interação com espécies arbóreas visando a recuperação de uma área degradada.
- Avaliar o crescimento da aroeira e do sabiá sob gotejo com água residuária e cultivadas em interação com palma forrageira visando à recuperação de uma área degradada.
- Identificar as variações nas características químicas de um solo degradado sob aplicação de água residuária via gotejo, no cultivo de espécies arbóreas e palma forrageira em sistema agroflorestal.

REVISÃO DE LITERATURA

CAPITULO I

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1 Recuperação de área degradada

Atualmente, existem mais de 35 milhões de km² de áreas que apresentam solos em processo de degradação no mundo (VENDRUSCOLO et al., 2018). Tal processo resulta em áreas praticamente improdutivas. Segundo Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade (ICMBio, 2014) área degradada é aquela que está impossibilitada de retornar por uma trajetória natural a um ecossistema que se assemelhe ao estado inicial, dificilmente sendo restaurada, apenas recuperada.

O agente causador da degradação é sempre o homem, uma vez que, os processos naturais não degradam ambientes, mas sim, causam mudanças (SÁNCHEZ, 2006). A recuperação de uma área degradada implica na reabilitação ligada à melhoria da qualidade do solo em favor da formação do seu horizonte A. Segundo Kitamura et al. (2008), a recuperação da área degradada consiste na restauração do solo que culminará no surgimento dos outros horizontes devido à alta atividade biológica, conforme o seu condicionamento natural. O melhoramento das condições do solo é lento quando conduzido naturalmente, exigindo técnicas que aperfeiçoem a aceleração da recuperação.

A Lei 12.651, de 25 de maio de 2012, também conhecido como novo “Código Florestal”, enumera as principais técnicas de recuperação de áreas degradadas, seguida pela são elas: regeneração natural sem manejo, regeneração natural com manejo, plantio em área total e os sistemas agroflorestais (BRASIL, 2012a). Este último baseado na sucessão ecológica com árvores exóticas ou nativas, conhecidas como espécies facilitadoras.

As espécies que conseguem se estabelecer em meios adversos, onde as demais não conseguem, amenizando o estresse abiótico incorporam matéria orgânica e carbono ao solo (FERREIRA et al., 2010) essencialmente pelo rápido crescimento, resistências a condições adversas como excesso ou escassez hídrica, atratividade à fauna e alta deposição de serapilheira (CHADA et al., 2004) promovendo a incorporação da matéria orgânica ao solo.

Espécies arbóreas diminuem o solo exposto sob o efeito da intensa radiação solar, garantindo a troca de calor na camada limite, conhecida como estratosfera, cuja importância reside no fato de conter a camada de ozônio que é regulador da radiação solar, principal fonte de energia do ciclo hidrológico (TUCCI, 1993), a qual, promove a evapotranspiração.

Outra possibilidade para aumentar nutrientes no solo pode ser a adoção da água residuária tratada porque a mesma possui alto teor de N, P e K e quando associada aos sistemas agroflorestais pode elevar a estabilidade e manutenção na atividade biológica do solo (LEHMANN et al., 2011) melhorando as propriedades físicas e químicas do solo. Tais alternativas serão expostas nos próximos itens e discutidas nos demais capítulos.

3.2 Sistemas agroflorestais

Sistemas agroflorestais (SAF's) é o nome coletivo dado aos sistemas e tecnologias de uso da terra onde plantas lenhosas perenes são deliberadamente usadas nas mesmas unidades de manejo da terra como culturas agrícolas e/ou animais, em alguma forma de arranjo ou sequência temporal (FAO, 2015).

Os SAF's geram equilíbrio entre a produção agrícola e a preservação ambiental, isto é, a combinação intencional entre culturas agrícolas e florestais. Salienta-se que existem três tipos principais de sistemas agroflorestais, os quais são apresentados na Figura 1.

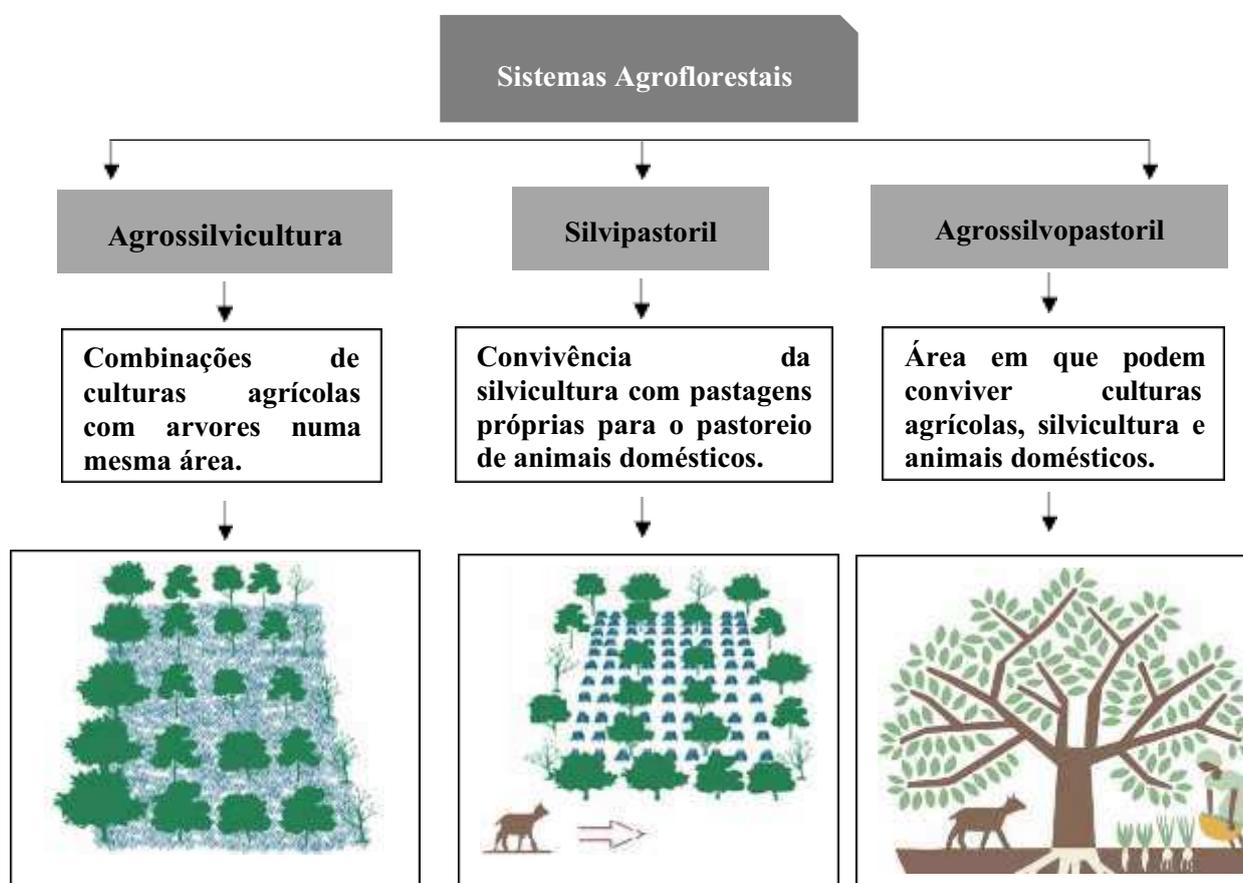


Figura 1: Tipos de sistemas agroflorestais

Fonte: Aatoria própria (2019)

Em resumo, trata-se da interação ecológica e econômicas para os diferentes componentes que foi dividida em agrossilvicultura, silvipastoril e agrossilvopastoril (FAO, 2015). Para complementar a definição de agrossilvicultura como um sistema de gestão de recursos naturais dinâmico e ecológico que, através da integração de árvores na paisagem agrícola, diversifica e sustenta a produção para aumentar os benefícios sociais, econômicos e ambientais para os usuários da terra em todos os níveis. De fato, a agrossilvicultura é decisiva na agricultura familiar, por melhorar seu suprimento de alimentos, renda e saúde.

Os SAF'S podem, ainda, promover a integração de áreas rurais no contexto participativo das comunidades locais. Trata-se de negociações na busca de soluções comuns para o desenvolvimento sustentável, o qual assegura o acesso e utilização racional dos recursos naturais, sendo comumente utilizados também na recuperação de áreas degradadas (ALMEIDA et al., 2012).

O procedimento para recuperação de áreas degradadas pode ser lento, mas está relacionado à capacidade de restabelecimento do solo (SAMPAIO et al., 2012). Sendo necessário melhorar as características químicas do solo e esperar fatores climáticos e ambientais contribuem com a melhoria de sua estrutura para garantir a necessária produtividade. Almeida et al. (2012) reforçam que os SAFs são sistemas reestruturadores e semelhantes aos sistemas naturais.

Dentre as vantagens desses SAFs, na recuperação de áreas degradadas, se destaca a maior produção por unidade de terra (LI et al., 2013), aumento na eficiência do uso de recursos de água e nutrientes (VANDERMEER, 2011), amparo no sequestro de carbono no solo (CONG et al., 2014; KUMAR et al., 2018). Estudos realizados na Índia com eucaliptos (*Eucalyptus globulus*, Labill) evidenciaram que o carbono do solo e a biomassa microbiana (C) aumentaram com a idade do plantio (KUMAR et al., 2014; BENBI, 2015). Aliás, este país é promissor no cultivo destes sistemas (KHAN e KRISHNA, 2017), considerando que, o agroflorestal ocupa de 25 a 26 milhões de hectares, o que corresponde a 8,2% da área geográfica total da Índia (DHYANI et al., 2013), utilizados como técnicas de melhoramento das condições do solo e clima da região.

De fato, as propriedades do solo são substancialmente alteradas em diferentes camadas pelos sistemas agroflorestais. Como consequência, ocorre aumento na entrada de matéria orgânica no solo, alterando as propriedades químicas, físicas e biológicas do

solo (SALTON et al., 2013). Esse último está atrelado aos efeitos do grau de agregação das partículas, a densidade, a porosidade, a aeração e a capacidade de retenção e armazenamento de água do solo (BITAR e BRAGA, 1995). Como efeito, a prática de manejo desses sistemas, normalmente atende a quatro adjetivos começados com a letra “i” (USDA, 2011), conforme Figura 2.

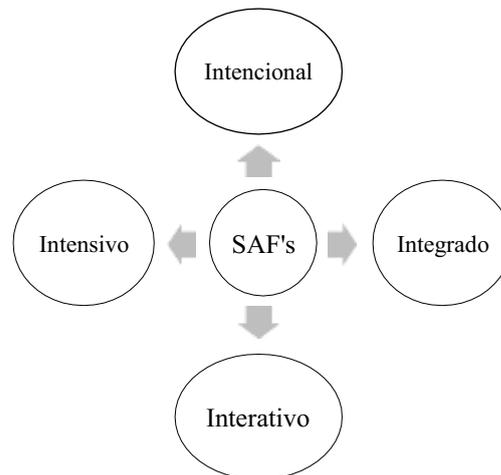


Figura 2: Quatro adjetivos associados aos Sistemas Agroflorestais.
Fonte: USDA (2011).

Cada característica descrita acima reforça a técnica, bastante empregada em quintais domésticos, denominados como hortos caseiros, que possui espécies frutíferas, florestais, medicinais, agrícolas e animais domésticos coligados em um mesmo local e localizados geralmente nas imediações das residências familiares (TANGJANG e NAIR, 2016). Os sistemas de hortas florestais apresentam uma sensível diferença quando comparado com os sistemas agroflorestais, pois são mostrados também como um sistema alimentar (WARTMAN et al., 2018). Os autores supracitados ressaltam que SAF's devem incluir, pelo menos, uma espécie florestal “arborea ou arbustiva” e, essa combinação pode ser também considerada um consórcio agroflorestal, não devendo ser confundido. O fato é que os “homegardens” fazem uso do manejo similar empregado no sistema agroflorestal e utilizam várias plantas perenes para atender às necessidades humanas de alimentos, remédios, combustível e muito mais enquanto regeneram o ambiente em que elas crescem.

Quando aliada a produção de forragens (INSA, 2014; VANDERMEULEN et al., 2018) e lenha (PHONDANI et al., 2017), em uma única unidade de manejo, supre as necessidades de alimentos dos animais, principalmente para a agricultura familiar, que

ocupa pequenas áreas de uso do solo, o que permite: a) produtividade; b) uso de bens acessíveis no agroecossistema familiar, se adequando às circunstâncias ecológicas do meio; e c) a produção em variados períodos do ano (ABDO, VALERI e MARTINS, 2008), sobretudo quando associada a irrigação e/ou técnicas eficientes de manejo agrícola.

A diversidade é outra particularidade dos SAFs, que ocasiona estabilidade biológica e econômica. Em razão disto, seu vínculo com a restauração tem por encargo a sucessão secundária, biodiversidade e relação planta-animal (MORAES et al., 2013). Nesse sentido, alguns autores também direcionam o conceito de agroflorestal no sentido de resiliência, visto que, a construção dos meios de subsistência indica que, apesar das alterações das condições climáticas, incertezas e efeitos das ações antrópicas, estes sistemas podem ser a estratégia de sustento para uma dada família (NGIGI et al., 2015; QUANDT, NEUFELDT e McCABE, 2017; GAO et al., 2018).

Alguns pesquisadores no Quênia buscaram informações a respeito do papel da agrossilvicultura na construção de meios de subsistência às inundações e à seca em regiões semiáridas. Quandt, Neufeldt e McCabe (2017) concluíram que os sistemas agroflorestais são uma opção promissora para mitigar situações extremas de inundações e secas. Vale acrescentar que essa prática ajuda a salvar, pausar e diminuir a necessidade de limpar novas terras, gerando produtos alternativos, como forragem e culturas alimentares, configurando no interesse entre pesquisadores em todo o mundo para gerar dados fundamentais e idéias inovadoras para o desenvolvimento destes sistemas.

3.3 Palma forrageira

Originariamente do México que é detentor da maior variedade de cultivares da espécie (MARQUES et al., 2017) a palma forrageira, cujo nome científico é *Opuntia cochenillifera* (L.) Miller é comumente encontrada na América do Sul, África e parte da Europa (ROCHA, 2012). No Brasil, vem sendo explorada em todo o semiárido por se tratar de uma planta adaptável a região semiárida, ocupando um espaço superior a 600 mil hectares (LOPES et al., 2012) sendo as maiores áreas de cultivo detectadas nos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco, Paraíba e Sergipe (PEREIRA e LOPES, 2011).

De acordo com Lima et al. (2016) a palma forrageira é uma planta xerófila com alta eficiência no uso da água. De fato, a palma abre seus estômatos à noite para fixar o CO₂ necessário ao seu metabolismo e, com isso, reduz a transferência de água para a

atmosfera. A planta possui diferentes espécies, porém as mais comuns estão associadas a demanda de forragem para a pecuária. Nesse contexto, a palma orelha de elefante mexicana (*Opuntia tuna* (L.) Mill), aqui identificada com a sigla OEM, vem sendo substituída por outras espécies já adaptadas no semiárido brasileiro. Uma das características da OEM é a presença de espinhos tornando difícil o manejo para a pecuária; entretanto, pesquisas têm sido realizadas a fim de verificar em dietas para cabras leiteiras, gado leiteiro e ovelhas (MAHOUACHI et al., 2012; LEITE et al., 2014; MONTEIRO et al., 2014; LINS et al., 2016; SILVA et al., 2017; 2018). Os pesquisadores concluíram que a OEM é uma nova opção viável para a produção de leite em sistemas pecuários de pequenos produtores em regiões semiáridas, já que, a espécie possui e mantém o valor nutricional constante.

A palma forrageira OEM exibe-se como alimento estratégico por apresentar alto valor de produção de fitomassa, principalmente, quando irrigada. Queiroz et al. (2015) ao estudarem a produção dessa espécie, em Serra Talhada, Pernambuco, obtiveram valores médios de 131,2 e 8,2 t ha⁻¹ para a biomassa verde e fitomassa, respectivamente, e, o número de cladódios totais em aproximadamente 15 unidades. Os resultados foram superiores aos relatos de cultivos em condições de sequeiro, comprovando que a espécie apesar de ser resistente às condições extremas de seca, a aplicação de água por irrigação favorece no desempenho produtivo.

O crescimento e a produtividade de três clones de palma forrageira, entre eles, OEM, visando obter respostas ao ambiente Semiárido (SILVA et al., 2015). Os autores concluíram que a palma forrageira OEM destacou-se como o clone mais produtivo, alcançando valores médios de até 163,0 t ha⁻¹. Nesse contexto, Barbosa et al. (2015) verificaram a produtividade de três espécies de forragem cultivadas com diferentes tipos de adubos. Os resultados evidenciaram que o esterco bovino resultou em um acréscimo de 63,28 t ha⁻¹ na produtividade da variedade OEM. Nesse sentido, observa-se que a produção de palma forrageira é otimizada tanto pela aplicação da irrigação, quanto pela adubação (SILVA, 2017). Para tanto, uma possível alternativa de fornecimento de adubação é a irrigação por reúso de água. Assim, Lemos et al. (2018) avaliaram o uso do efluente doméstico no crescimento da palma forrageira OEM, em Apodi, no estado de Rio Grande do Norte, e constataram que houve exportação dos macronutrientes nitrogênio, potássio, cálcio, magnésio e fósforo e os micronutrientes ferro, magnésio, sódio, zinco e cobre, respectivamente do solo para a planta.

3.4 Espécies nativas da Caatinga

3.4.1. Sabiá

A *Mimosa caesalpiniaefolia* Benth. é uma árvore pioneira, heliófita, decídua, seletiva xerófita, da família Fabaceae e subfamília Mimosoideae, a qual se apresenta com coloração bastante singular e com plumagens durante a senescência similar à de um pássaro, daí a origem de seu nome popular, sabiá (MAIA, 2012).

Em geral, cultivo desta planta é preferência nos estados do Maranhão, Ceará, Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco e Minas Gerais. Por outro lado, foi também inserida em regiões úmidas como os estados do Rio de Janeiro e São Paulo, sendo regiões úmidas e os resultados foram satisfatórios (CARVALHO, 2007).

A sabiá é utilizada para diferentes finalidades porque sua madeira possui elevada resistência à decomposição, à umidade e ao cupim, sendo apropriada para estacas, mourões, forquilhas, postes, esteios, lenha e produção de carvão. Tendo a capacidade, ainda, de ser plantada como cerca viva defensiva (variedade espinhosa), planta ornamental e na arborização urbana (LORENZI, 2008; QUEIROZ, 2009; MAIA, 2012).

Pesquisas também têm sido lançadas a favor das propriedades da sabiá no tratamento de neoplastias e/ou cânceres. Silva et al. (2016) fazem parte de um grupo de trabalho, a fim de verificar o potencial do sabiá. Os resultados evidenciaram um vasto campo científico, principalmente nas áreas de medicina, farmacologia, toxicologia, farmácia e bioquímica, genética e biologia molecular. Alguns laboratórios também já patentearam seus resultados, sendo a maioria deles nos Estados Unidos.

Essa planta é regularmente sugerida para utilização forrageira no decorrer de longas estiagens no semiárido, demonstrando boa habilidade de rebrota após o corte (MAIA, 2012). É uma árvore típica do bioma caatinga setentrional e sua principal característica é a perda das folhas, tornando-a uma planta com elevado potencial na disposição de matéria orgânica ao solo. Em razão disso, é comum o uso dessa espécie na recuperação de áreas degradadas. Primo et al. (2018) explicam que a manutenção e/ou o emprego de árvores no sistema proporciona aporte de resíduos na formação da camada de serapilheira, proveniente da senescência das folhas, o que contribui com a ciclagem de nutrientes. Os autores observaram que a aplicação da serapilheira de sabiá, promove a redução do teor de sódio no solo, o que diminui a porcentagem de sódio trocável. Assim, o resíduo de sabiá pode ter liberado substâncias orgânicas, as quais favorecem a lixiviação do Sódio

quando aplicada a irrigação. Esse processo torna-se importante ao ser associado à utilização de efluentes domésticos, visto que essas águas possuem elevado teor de sais.

A sabiá é pouco exigente em fertilidade e umidade e suas raízes possuem extensões favoráveis ao melhoramento da estrutura do solo (HOLANDA et al., 2015a) além do diâmetro de copa proporcionar sombreamento na área, tornando-a propícia também na manutenção da umidade no solo. Ademais, é uma árvore que possui veloz desenvolvimento sendo fonte de estudo também com consórcios. Por exemplo, Monteiro et al. (2016), quando avaliaram os efeitos do consórcio da sabiá com o milho no controle da remoção das plantas daninhas, concluíram que a consorciação com a sabiá não reduziu o crescimento das plantas daninhas, porém a espécie foi benéfica ao milho, pois aumentou o número de espigas verdes.

Portanto, a espécie sabiá pode ser utilizada para múltiplos usos, sendo o mais comum entre os pequenos agricultores a prática de reflorestamento e/ou constituinte de sistemas agroflorestais (HOLANDA et al., 2015b). As pesquisas têm comprovado o benefício ao solo, principalmente na recuperação de áreas degradadas, porém faltam resultados conclusivos com relação ao uso de efluentes domésticos quando aliados ao cultivo agrícola.

3.4.2. Aroeira

A aroeira, cujo nome científico é *Schinus terebinthifolius* Raddi, pertence à família das Anacardiácea (MAIA, 2012). É uma planta heliófita, que precisa de energia solar e também perenifólia, isto é, que pertence a zonas tropicais, pioneira e bastante agressiva, o que permite sua ocorrência em diversos e diferentes habitats, desde o Nordeste até o Sul do Brasil, ocupando áreas degradadas e muitas vezes até invadindo áreas não desejáveis (SABONARO et al., 2017).

O uso da aroeira é mais evidente na construção rural, pelo o uso indiscriminado de sua madeira (MAIA, 2012). Em razão disso, a aroeira tem sido explorada comercialmente, tornando-a uma declarada espécie ameaçada de extinção pelo Ministério do Meio Ambiente (BRASIL, 2008). De outro ponto de vista, as espécies desta família, são utilizadas na medicina popular como, cicatrizante, estomáquicas e antidiarréicas, por possuir taninos e óleo-resina, sendo bastante utilizada como refúgio de rebanhos contra a luz do sol e, também, pode ser inserida na alimentação animal, especialmente de caprinos.

Recentes estudos têm sido realizados no sentido de melhoramento na germinação e crescimento inicial da aroeira (KRATKA e CORREIA, 2015; SABONARO et al., 2017). Kratka e Correia (2015) investigaram diferentes substratos no crescimento da aroeira, uma vez que houve aumento na demanda das sementes voltadas, principalmente, para o cultivo na recuperação de áreas degradadas, assim, os produtos e serviços precisaram melhorar a qualidade e reduzir os custos.

O desenvolvimento de mudas de aroeira em virtude da utilização de diferentes resíduos de origem animal e vegetal foram testados em diferentes percentagens (LIMA et al., 2017). Os resultados evidenciaram que tanto o esterco de ovino quanto o húmus de minhoca são recomendados para produção de mudas nas concentrações de 66 e 33%, nesta ordem.

Nessa mesma temática, Brito et al. (2018) estudaram a irrigação com efluente de esgoto e concluíram que tanto o crescimento como o índice morfológico das mudas de aroeira, quando cultivada em substrato de esterco bovino, solo e irrigadas com solução contendo 100% efluente de esgoto doméstico tratado resultaram numa ótima alternativa para a atividade florestal. Outro fator relevante é que o uso da água residuária pode ser utilizado sem tanta restrição, visto que, não abrange a produção de alimentos para o consumo humano, devendo apenas, ser monitorada a adição de sais ao solo (MEDEIROS et al., 2005).

Nesse sentido, verifica-se que as pesquisas supracitadas sobre a aroeira têm sido voltadas para o crescimento inicial, faltando dados de acompanhamento do desenvolvimento dessa espécie por longo prazo. Não restam dúvidas a respeito de sua funcionalidade e adaptação climática, porém, deve-se realizar o monitoramento dessa planta por períodos mais extensos.

3.5 Efluente doméstico

3.5.1 No mundo e no Brasil

A água é um recurso natural fundamental à vida, ao desenvolvimento econômico e ao bem-estar social, possuindo uma infinidade de usos, dos mais simples aos mais complexos (Silva et al., 2014) por participar na quase totalidade das atividades humanas. Outrora vista como um recurso infinito, porém a evolução da sociedade resultou em demandas crescentes (SHCHMITZ e BITTENCOURT, 2017) as quais têm causado pressão sob os recursos hídricos.

No Brasil, devido à sua extensão continental e diversidade, existem situações distintas em termos de disponibilidade hídrica regional. É notória a má distribuição das águas em nível territorial, bem como, a densidade populacional. Em consequência disto sobram exemplos de escassez de água doce, notada pela diminuição do nível dos lençóis freáticos, a contração dos lagos, a secagem dos pântanos, diversas regiões do mundo apresentam este panorama intensificado (FLORENCIO et al., 2006).

Outro fator determinante é o baixo índice de cobertura de saneamento básico e altas taxas de perdas físicas no abastecimento de água tratada e/ou potável (SCHMITZ e BITTENCOURT, 2017). Isso significa que boa parte da população não é assistida por sistemas de abastecimento e, como decorrência, tem-se as águas de esgoto lançadas nas calhas dos rios, lagos e oceanos.

Percebe-se a cada dia que a água, em escala geral, é um bem cada vez mais insuficiente, seja pela variabilidade temporal e espacial, seja pela quantidade e/ou qualidade das disponibilidades aos padrões de necessidades hídricas. Fatores como crescimento demográfico, intensificação da produção agrícola e industrial, abastecimento doméstico e geração de energia elétrica tem causado preocupações quanto à forma de ver esses usos (TUCCI, 1993).

A gestão dos recursos hídricos possui um grande desafio: balancear a carência dos usuários e a disponibilidade de água. A pressão a respeito dos recursos hídricos pode ser diminuída com o controle das demandas. Despontando dessa maneira, a captação das águas da chuva e o reúso de águas. Esse último sendo favorável, principalmente pelo benefício ambiental, ocasionado pela diminuição da captação de águas subterrâneas e redução de descarga de efluentes diretamente nos corpos hídricos (MUYEN et al., 2011).

O reúso de água atua sob dois aspectos: o mecanismo para diminuição do consumo de água com pretensão de controle da demanda; e a água de reúso julgada recurso hídrico complementar (RODRIGUES, 2005). As águas conhecidas como residuárias são aquelas resultantes do esgoto doméstico, efluentes líquidos de edifícios e indústrias. Para D'Andrea et al. (2015), as águas favorecem a reciclagem e reutilização em diversos processos.

Ressalta-se que a Resolução nº 54 de 28 de novembro de 2005 (BRASIL, 2005), define o reúso de água como técnica de racionalização e conservação de recursos hídricos. Como consequência ocorre a diminuição dos poluentes em corpos receptores, garantindo a responsabilidade hídrica na distinção do abastecimento público e outras utilizações mais

rigorosas quanto à qualidade; também diminuindo os custos ligados aos tratamentos das águas. O Artigo 2º dessa mesma resolução apresenta as seguintes definições (BRASIL, 2005):

- I - água residuária: esgoto, água descartada, efluentes líquidos de edificações, indústrias, agroindústrias e agropecuária, tratadas ou não;
- II - reúso de água: utilização de água residuária;
- III - água de reúso: água residuária, que se encontra dentro dos padrões exigidos para sua utilização nas modalidades pretendidas;
- IV - reúso 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 reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que produz água de reúso;
- VI - distribuidor de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que distribui água de reúso; e
- VII - usuário de água de reúso: pessoa física ou jurídica, de direito público ou privado, que utiliza água de reúso.

A reutilização de água ou a utilização de águas residuárias não é uma concepção nova e tem sido efetuado em todo o mundo há muitos anos. Em países como Israel (pioneiro) aproveita-se, aproximadamente $130 \text{ mm}^3 \text{ ano}^{-1}$ da vazão (MANCUSO e SANTOS, 2003), tratando-se de 70% do esgoto doméstico utilizado na agricultura irrigada. Encontram-se informações de sua prática na Grécia Antiga, com a distribuição de esgotos e seu uso na irrigação. Na cidade do México, cerca de 1.400 mm^3 estão irrigando 90.000 ha, o que corresponde a 90% do esgoto sanitário irrigado em áreas com baixa pluviosidade e solo com deficiência de nutrientes.

Apesar disso, o reúso de água, não faz parte do conjunto de medidas adotada para mitigar as consequências da falta de água na manutenção de atividades agrícolas durante os períodos de seca no semiárido baiano (SCHAER-BARBOSA et al., 2014). Esses autores supracitados estudando a viabilidade do reúso da água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido, concluíram que os agricultores apresentaram interesse e/ou interesse direto pelo reúso agrícola.

Conforme Cunha (2012) realizar reúso de água versa-se da fixação de uma baixa estação de tratamento de água de utilização 'nobre' (banho e pias) para reutilização em fins 'menos nobres', como descargas, lavagens de piso e outros. É notória a resistência na

prática do reúso pela relação dos riscos à saúde, sendo necessário expandir as informações e técnicas de tratamento de água para os envolvidos.

Ainda no Brasil, foram planejadas diversas ações e postas em prática como a Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Variáveis de Qualidade das Águas realiza monitoramentos com perspectivas de médio e longos prazos, a fim de aproveitar e incentivar a conscientização quanto a reutilização dos recursos hídricos. A Companhia Ambiental do Estado de São Paulo - CETESB (2016) informa algumas atividades para simplificar a instauração de projetos de reúso, entre eles: pesquisas a respeito do reúso da água, notando o ângulo de utilização múltiplo dos recursos hídricos; programas de reciclagem da água em indústrias; pesquisas e criação de sistemas duplo de distribuição; pesquisas em sistemas mais desenvolvidos de esgoto; estabelecimento de padrões de qualidade atendendo o reúso pretendido.

São notórias pesquisas relacionadas a prática agrícola em todas as partes do país (RIBEIRO et al., 2009; DEON et al., 2010; INSA, 2014). A aplicação da água residuária tratada associada ao crescimento e produção do milho (COSTA et al., 2009; ALVES et al., 2018), na produção de mudas da aroeira (BRITO et al., 2018), na produção de sistema de silvicultura irrigada (SILVA et al., 2016), como alternativa para a produção de cana-de-açúcar (FREITAS et al., 2013), quanto à avaliação nutricional da palma forrageira fertilizada com esgoto doméstico (LEMOS et al., 2018), dentre outros.

3.5.2 Águas residuárias na agricultura com enfoque no semiárido

A água é essencial para o suprimento mundial de alimentos, porém, em regiões áridas e semiáridas, a produção agrícola é limitada pelo quesito água, fontes desse recurso são escassas fazendo com que novas alternativas sejam pesquisadas e validadas a fim de garantir a sustentabilidade da produção. Neste contexto, uma alternativa é o uso da água residuária que se apresenta também redução de insumos como fertilizante, por suprir as exigências nutricionais de algumas culturas (ALVES et al., 2018).

O motivo da escassez de água no Nordeste está associado, a princípio, à pequena pluviosidade e irregularidade das precipitações pluviométrica na região, também por conta de uma estrutura geológica que não possibilita guardar de forma satisfatória água no subsolo, interferindo justamente, no volume de água dos mananciais hídricos superficiais (BRASIL, 2012b). Nessa conjuntura, é preciso guardar as águas doces de

qualidade para abastecimento humano e animal, além de procurar o uso de águas marginais, podendo ser de águas salobras ou esgotos domésticos tratados, para a irrigação (SCHAER-BARBOSA et al., 2014).

Conforme Kalavrouziotis et al. (2011), a base para um planejamento integrado consiste também na reutilização da água em solos e de culturas, a fim da promoção da agricultura sustentável e proteção ambiental. Os solos dessa região possuem características físico-químicas peculiares, a depender, ora de sua própria formação geológica, ora das práticas agrícolas que foram utilizadas. Quanto as necessidades hídricas das culturas, tem sido frequente estudos no sentido de reduzir os custos da água como garantia de produção durante todo o ano. Nesta circunstância, a tática de unir o reúso de água com a produção agrícola é essencial para a convivência com o semiárido (INSA, 2014).

É importante mencionar que o crescimento populacional proporcionou também a exigência na produção agrícola. A agricultura está sujeita ao suprimento de água a um grau em que a sustentabilidade da produção de alimentos não será capaz de ser sustentada sem que se determinem critérios inovadores de gestão. Um critério a ser enfatizado é o reúso racional e planejado de águas de baixa qualidade que estabelece o mais moderno e eficiente instrumento de gestão para assegurar a sustentabilidade dos recursos hídricos (RIBEIRO et al., 2012).

Como mencionado anteriormente, a água de boa qualidade deve ser restrita a usos nobres como consumo humano. Para outros fins, como para a agricultura, a água utilizada pode ser de qualidade inferior, devendo ser monitorada para atender a padrões de qualidade e, por isso esgotos devem passar por sistemas de tratamentos para melhorar a qualidade e estarem disponíveis para serem utilizados no meio agrícola sem causar malefícios ao meio ambiente, às culturas produzidas e à saúde humana.

3.5.3 Uso da irrigação na aplicação do efluente de esgoto doméstico

A agricultura passou a ampliar as suas áreas cultiváveis nas regiões semiáridas quando se aliou a irrigação, a qual se transformou em opção para a complementação ou aumento total da lâmina de água essencial para a apropriada germinação, crescimento e produtividade das culturas (BERNARDO et al., 2006). O Nordeste do Brasil, região semiárida, passa por longos períodos de seca e a produção agrícola só é possível através do uso da irrigação.

Dentre as escolhas da irrigação mais frequente para a produção agrícola familiar, é o método de irrigação localizada (SILVA et al., 2013) agregada pela demanda diária de esgoto doméstico de comunidades rurais que, apesar de frequente, o volume diário gerado pode não ser alto, sendo a irrigação por gotejamento a melhor opção na aplicação da água residuária nesta situação.

Segundo Batista et al. (2013) a elevada eficiência de aplicação do efluente e do baixo risco de contaminação tanto do produto agrícola quanto de operadores no campo também são fatores determinantes na escolha do método de irrigação localizada quando usado com água residuária.

A irrigação por gotejamento possui uma elevada uniformidade de distribuição, mas é necessário monitorar o sistema através de avaliações, apresentando como desvantagem o entupimento dos gotejadores. Dessa forma, é necessário fazer a escolha correta do gotejador para que a lâmina aplicada seja adequada a necessidade da cultura. Outro aspecto de igual relevância é o condicionamento hidráulico do sistema que inclui as perdas de carga na condução da água, principalmente, quando está aplicada a água residuária, embora tratada, uma vez que a mesma apresenta partículas sólidas (BATISTA et al. 2013).

A existência de partículas em suspensão na água de irrigação é tida como a maior causa de entupimento. Quando é feita a aplicação de água residuária o risco de entupimento é ainda maior. Esses sólidos em suspensão, provavelmente, maximiza o choque por entre o tubo hidráulico, necessitando de atenção e avaliação periódica no sistema (SILVA et al., 2013; BATISTA et al., 2013).

O monitoramento tem sido feito em laboratório por estatística de controle de qualidade (JUCHEN et al., 2013; SZEKUT et al., 2018) a fim de verificar valores de vazão fora do controle estatístico, além de padrões não aleatórios, como as tendências (MONTGOMERY, 2016) podendo ser realizado em campo (BATISTA et al., 2013) devendo ser realizado com periodicidade a cada período de colheita, além de respeitar a resistência do sistema.

4. LITERATURA CITADA

ABDO, M. T. V. N.; VALERI, S.V.; MARTINS, A. L.M. Sistemas agroflorestais e agricultura familiar: uma parceria interessante. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, São Paulo, p.50-59, 2008.

ALMEIDA, L. S.; GAMA, J. R. V.; OLIVEIRA, F. A.; CARVALHO, J. R. P.; GONÇALVES, D. C. M.; ARAÚJO, G. C. Phytosociology and multiple use of forest species in a logged forest in Santo Antonio community, municipality of Santarém, Pará state. *Acta Amazonica*, Manaus, v. 42, n. 2, p.185-194, 2012.

ALVES, P. F. S.; SANTOS, S. R. dos; KONDO, M. K.; ARAÚJO, E. D.; OLIVEIRA, P. M. de. Fertirrigação do milho com água residuária sanitária tratada: crescimento e produção. **Engenharia Sanitaria e Ambiental**, v. 23, n. 5, p.833-839, 2018.

BARBOSA, M. A. da S.; LIMA, W. dos S.; MARTIN, A. M. P.; VENDRUSCOLO, J.; LIMA, B. J. da S. Produtividade de variedades de palma forrageira cultivadas com diferentes tipos de adubos em Planossolo Nátrico. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Anais...** Natal, 2015.

BATISTA, R. O.; OLIVEIRA, R. A.; SANTOS, D. B. dos; OLIVEIRA, A. de F. M.; AZEVEDO, C. A. V. de; MEDEIROS, S. de S. Obstrução e uniformidade de aplicação em sistemas de irrigação por gotejamento aplicando-se efluente da suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p.698-705, 2013.

BENBI, D. K. Enumeration of soil organic matter responses to land-use and management. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, v. 63, n. supplement, p.14-25, 2015.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. Viçosa, MG. Ed. UFV, p.625, 2006.

BITAR, O.Y.; BRAGA, T.O. **O meio físico na recuperação de áreas degradadas**. In: BITAR, O.Y. (Coord.). Curso de geologia aplicada ao meio ambiente. São Paulo: Associação Brasileira de Geologia de Engenharia (ABGE) e Instituto de Pesquisas Tecnológicas (IPT), p.165-179, 1995.

BRASIL. **Resolução Conselho Nacional de Recursos Hídricos nº 54, de 28 de novembro de 2005** - Estabelece critérios gerais para reúso de água potável. Estabelece modalidades, diretrizes e critérios gerais para a prática de reúso direito não potável de água, e dá outras providências. Diário Oficial da União, Brasília – DF, novembro de 2005.

BRASIL. Ministério do Meio Ambiente. **Instrução Normativa nº. 006 de 23 de setembro de 2008**. Disponível em: http://portal.saude.gov.br/portal/arquivos/pdf/MMA_IN_N_6.pdf. Acesso em 20 fevereiro de 2019.

BRASIL. **Código Florestal Brasileiro**. Disponível em: <<http://www.jusbrasil.com.br/legislacao/1032082/lei-12651-12>> Acesso em: 28 de agosto de 2019a.

BRASIL. **Panorama da qualidade das águas superficiais do Brasil**. Agência Nacional de Águas. Brasília: ANA, p.264, 2012b.

BRITO, R. F. de.; FERREIRA NETO, M.; MORAIS, M. A.; DIAS, N. da S.; LIRA, R. B. de. Use of wastewater in the production of aroeira seedlings. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, v. 31, n. 3, p.687-694, 2018.

CARVALHO, P. E. R. **Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*)**. Colombo: Embrapa Floresta, 10p. (Circular Técnica 135), 2007.

CHADA, S. S.; CAMPELLO, E. F. C.; FARIA, S. M. Sucessão vegetal em uma encosta reflorestada com leguminosas arbóreas em Angra dos Reis, RJ. **Revista Árvore**, Viçosa, v.28, n.6, p.801-809, 2004.

CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. **Variáveis de qualidade das águas**. Disponível em: < <https://cetesb.sp.gov.br/aguas-interiores/wp-content/uploads/sites/12/2017/11/Ap%C3%AAndice-E-Significado-Ambiental-e-Sanit%C3%A1rio-das-Vari%C3%A1veis-de-Qualidade-2016.pdf> > Acesso em: 14 de outubro de 2018.

CONG, W. F.; HOFFLAND, E.; LI, L.; SEIX, J.; SUN, J. H.; BAO, X. G.; ZHANG, F. S.; VAN DER WERF, W. O consórcio aumenta o carbono e o azoto do solo. **Global Change Biology**, v. 21, p.1715-1726, 2014.

COSTA, F. X.; LIMA, V. L. A. de, BELTRÃO; N. E. de M., AZEVEDO, C. A. V. de; SOARES, F. A. L.; ALVA, I. D. M. de. Efeitos residuais da aplicação de biossólidos e da irrigação com água residuária no crescimento do milho. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 6, p.687-693, 2009.

CUNHA, A. H. N. O reúso de água no brasil: a importância da reutilização de água no país. **Enciclopédia Biosfera**, Centro Científico Conhecer, Goiânia, v. 7, n. 13, p.1225-1248, 2011.

D'ANDREA, M. L. G.; BARBOZA, A. G. J. S.; GARCÉS, V.; ALVAREZ, M. S. R.; IRIBARNEGARAY, M. A.; LIBERAL, V. I.; FASCILOLO, G. E.; LIER, J. B. V.; SEGHEZZO, L. The use of (treated) domestic wastewater for irrigation: current situation and future challenges. **International Journal of Water and Wastewater Treatment**, v. 1. 2015.

DEON, M. D.; GOMES, T. M.; MELFI, A. J.; MONTES, C. R.; SILVA, E. Produtividade e qualidade da cana-de-açúcar irrigada com efluente de estação de tratamento de esgoto. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 45, n. 10, p.1149-1156, 2010.

DHYANI, S. K.; HANDA, A. K. Area under agroforestry in India: An assessment for present status and future perspective. **Indian Journal of Agroforestry**, v. 15, p.1-11, 2013.

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Avaliação visual para o monitoramento da qualidade estrutural do solo: VESS e VSA**. Embrapa Clima Temperado Pelotas, RS, 2015.

FAO - Organização das Nações Unidas para a Alimentação e a Agricultura. **Agroflorestal**. Disponível em: <<http://www.fao.org/forestry/agroforestry/80338/en/>> Acesso em: 03 de março de 2019. Publicado em: 23 de outubro de 2015.

FERREIRA, W. C.; BOTELHO, S. A.; DAVIDE, A. C.; FARIA, J. M. R.; FERREIRA, D. F. Regeneração natural como indicador de recuperação de área degradada a jusante da Usina Hidrelétrica de Camargos, MG. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 34, n. 4, p. 651-660, 2010.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. Rio de Janeiro: ABES, p.1-15, 2006.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, F. S. B.; GONÇALVES, L. R. B.; BARROS, E. M. Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 7, p.727-734, 2013.

GAO, X.; LIU, Z.; ZHAO, X.; LING, Q.; HUO, G.; WU, P. Extreme natural drought enhances interspecific facilitation in semiarid agroforestry systems. **Agriculture, Ecosystems & Environment**, v. 265, p.444-453, 2018.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L., P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 2, p.245-254, 2015a.

HOLANDA, A. E. R.; MEDEIROS FILHO, S.; DIOGO, I. J. S. Influência da luz e da temperatura na germinação de sementes de sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia* Benth.-Fabaceae). *Gaia Scientia*, v. 9, n. 1, p. 22-27, 2015b.

ICMBIO - Instituto Chico Mendes de Conservação da Biodiversidade. **Instrução Normativa Nº 11, de 11 de dezembro de 2014. Diário Oficial da União, Brasília, DF, 12 dez 2014, seção 01, p. 126**. Disponível em: <http://www.icmbio.gov.br/cepsul/images/stories/legislacao/Instrucao_normativa/2014/in_icmbio_11_2014_estabelece_procedimentos_prad.pdf>. Acesso em: 15 de março de 2019.

INSA - Instituto Nacional do Semiárido. **Relatório popularizado 2014. Pela convivência, resiliência e resistência: Construindo juntos estratégias na Ciência, Tecnologia e Inovação que se alimentam mutuamente**. 2014. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-relatorios/Relat%C3%B3rio%20Popularizado%202014.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2018.

INMET – Instituto Nacional de Meteorologia. **Boletim Agroclimatológico Decendial**. Disponível em: < http://www.inmet.gov.br/portal/arq/upload/BOLETIM-AGRO_DECENDIAL_201812P2.pdf> Acesso em 05 dezembro de 2018.

JUCHEN, C. R.; SUSZEK, F. L.; VILAS BOAS, M. A. Irrigação por gotejamento para produção de alface fertirrigada com águas residuárias agroindustriais. **Irriga**, v. 18, p. 243-256, 2013.

KALAVROUZOTIS, I. K.; ARAMBATZIS, C.; KALFOUNTZOS, D.; VARNAVAS, S. Planejamento de reutilização de águas residuais na agricultura: O caso de Aitolokarnania, na Grécia Ocidental. **European Journal of Cardio-Thoracic Surgery**. v. 3, p.988-1004, 2011.

KHAN, M. A. A. ; KRISHNA, A. Marginal lands productivity and fertility increased by diferente agroforestry systems in semi-arid tropics of Telangana State, India. **International Journal of Tropical Agriculture**, v. 35, n. 1, p.89-99, 2017.

KITAMURA, A. E.; ALVES, M. C.; SUZUKI, L. G. A. S.; GONZALEZ, A. P. Recuperação de um solo degradado com aplicação de adubos verdes e lodo de esgoto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 405-416. 2008.

KRATKA, P. C.; CORREIA, C. R. M. de A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 3, p.551-559, 2015.

KUMAR, P.; CHAUDHARI, S. K.; MISHRA, A. K.; SINGH, K.; RAI, P.; SINGH, R.; SHARMA, D. K. Labile carbon dynamics and soil amelioration in six-year old Eucalyptus tereticornis plantation in sodic soils. **Journal of Soil Salinity Water Quality**, v. 6, p.91-95, 2014.

KUMAR, P.; MISHRA, A. K.; CHAUDHARI, S. K.; BASAK, N.; RAI, P.; SINGH, R. S.; PANDEY, C. B.; SHARMA, D. K. Carbon Pools and Nutrient Dynamics under Eucalyptus-based Agroforestry System in Semi-arid Region of North-west India. **Journal of the Indian Society of Soil Science**, v. 66, n. 2, p.188-199, 2018.

LEITE, M. L. de M. V.; SILVA, D. S. da; ANDRADE, A. P. de; PEREIRA, W. E.; RAMOS, J. P. de F. Caracterização da produção de palma forrageira no Cariri paraibano. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 27, n. 2, p.192-200, 2014.

LEMONS, M. de.; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F. de.; DIAS, N. da S.; SILVA, E. F. de F. e.; LIRA, R. B. de. Avaliação nutricional da palma forrageira fertirrigada com efluente de esgoto doméstico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p.476-486, 2018.

LEHMANN, J.; RILING, M. C.; THIES, J.; MASIELLO, C. A.; HOCKADAY, W. C.; CROWLEY, D. Biochar effects on soil biota—a review. **Soil Biology and Biochemistry**, 43(9): p.1812-1836, 2011.

LI, ZHANG L; ZHANG F. **Misturas de culturas e os mecanismos de overyielding**. In: Enciclopédia da Biodiversidade. Waltham, MA, EUA: Academic Press, p.382-395. 2013.

LIMA, G. F. da C.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; LÔBO, R. N. B.; SILVA, J. G. M. da; AGUIAR, E. M. de. 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, L. K. S.; MOURA, M. da C. F.; SANTOS, C. C.; NASCIMENTO, K. P. de C.; DUTRA, A. S. Produção de mudas de aroeira-do-sertão (*Myracrodruon urundeuva* Allemão) em resíduos orgânicos. **Revista Ceres**, v. 64, n. 1, p.1-11, 2017.

LINS, S. E. B.; PESSOA, R. A. S.; FERREIRA, M. A.; CAMPOS, J. M. S.; SILVA, J. A. B. A.; SILVA, J. L.; SANTOS, S. A.; MELO, T. T. B. Spineless cactus as a replacement for wheat bran in sugar cane-based diets for sheep: Intake, digestibility, and ruminal parameters. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, v. 45, p.26-31, 2016.

LORENZI, H. **Árvores brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed., v. 1, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p.384, 2008.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira. In: LOPES, E. B. (Ed.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA-PB, p.21-60, 2012.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, p.413, 2012.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos S. (eds). **Reúso de águas**. Barueri: Universidade de São Paulo, Faculdade de Saúde Pública, Núcleo de Informação em Saúde Ambiental, 2003.

MARQUES, O. F. C.; GOMES, L. S. P.; MOURTHÉ, M. H. F.; BRAZ, T. G. S.; PIRES NETO, O. S. Palma forrageira: cultivo e utilização na alimentação de bovinos. **Cadernos de Ciências Agrárias**, v. 9, n. 1, p.75-93, 2017.

MORAES, L. F. D.; ASSUMPÇÃO, J. M.; PEREIRA, T. S.; LUCHIARI, C. **Manual Técnico para a Restauração de Áreas Degradadas no Estado do Rio de Janeiro**. Instituto de Pesquisas Jardim Botânico do Rio de Janeiro, 2013.

MONTGOMERY, C. D. **Introdução ao controle estatístico de qualidade**. 7.ed. Rio de Janeiro: LTC, p.549, 2016.

MAHOUACHI, M.; ATTI, N.; HAJJI, H. Use of spineless cactus (*Opuntia ficus indica* F. Inermis) for dairy goats and growing kids: Impacts on milk production, kid's growth, and meat quality. **The Scientific World Journal**, p.1-4, 2012.

MONTEIRO, C.C.F.; MELO, A.A.S.; FERREIRA, M.A.; CAMPOS, J.M.S.; SOUZA, J.S.R.; SILVA, E.T.S., ANDRADE, R.P.X.; SILVA, E.C. Replacement of wheat bran with spineless cactus (*Opuntia ficus indica* Mill cv. Gigante) and urea in the diets of Holstein x Gyr heifers. **Trop Anim Health Prod** 46: p.1149–1154, 2014.

- MONTEIRO, A. L.; SILVA, P. S. L.; TAVELLA, L. B.; OLIVEIRA, F. H. T.; SILVA, P. I. B. *Mimosa Caesalpinifolia intercropping*, weeds removal and nitrogen fertilization on maize. **Horticultura Brasileira**, v. 34, n. 2, p.175-182, 2016.
- MUYEN, Z.; MOORE, G. A.; WRIGLEY, R. J. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. **Agricultural Water Management**, v.99, n.1, p.33-41, 2011.
- NGIGI, M.; MUELLER, U.; BIRNER, R. **The role of livestock portfolios and group-based approaches for building resilience in the face of accelerating climate change: an asset-based panel data analysis from rural Kenya**. ZEF - Discussion Papers on Development Policy 205. Center for Development Research, bomn, Germany, 2015.
- PALUDO, R.; COSTABEBER, J. A. Sistemas agroflorestais como estratégia de desenvolvimento rural em diferentes biomas brasileiros. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.7, n.2, p.63-76, 2012.
- PEREIRA, E. F. P.; LOPES, P. S. Q. **Palma – Ouro verde do Semiárido**. João Pessoa: FAEPA/SENAR/PB, p. 13-16, 2011.
- POMPEU, G. do S. S.; ROSA, L. S.; ARAÚJO, S. L. F.; ARAÚJO, A. B. B.; SILVEIRA, E. L. Influência das características socioeconômicas de agricultores familiares na adoção de sistemas agroflorestais. **Revista de Ciências Agrárias**. Amazônia, v. 54, p.33-41, 2011.
- PHONDANI, P. C.; MAIKHURI, R. K.; RAWAT, L. S.; JUGRAN, A.; BHATT, A.; BISHT, N. S. Policy implications of utilizing indigenous tree species as agroforestry systems in Himalayan states of India: Case study of Uttarakhand. **Energy Policy**, v. 110, p.202-209, 2017.
- PRIMO, A. A.; MELO, M. D.; PEREIRA, G. de A. C.; SILVA, L. A.; FERNANDES, F. É. P.; SOUZA, H. A. de. Potencial fertilizante da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradado. **Revista Ceres**, Viçosa, v. 65, n. 1, p. 77-84, 2018.
- QUANDT, A.; NEUFELDT, H.; MCCABE, J. T. The role of agroforestry in building livelihood resilience to floods and drought in semiarid Kenya. **Ecology and Society**, v. 22, n. 3, p.1-10, 2017.
- QUEIROZ, L. P. **Leguminosas da Caatinga**. Feira de Santana: Universidade Estadual de Feira de Santana, 1. ed., p.443, 2009.
- QUEIROZ, M. G.; SILVA, T. G. F.; ZOLNIER, S.; SILVA, S. M. S.; LIMA, L. R.; ALVES, J. O. Características morfofisiológicas e produtividade da palma forrageira em diferentes lâminas de irrigação. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 19, n. 10, p.931–938, 2015.
- REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. da S.; GOMES, J. W. S.; GURGEL, G. C. de S.; QUEIROZ, I. S. R. de. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Revista Floresta**, v.48, n.2, p.73-182, 2018.

RIBEIRO, M. C. F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C.; SILVA, J. O.; PEIXOTO, M. F. S. P.; PAZ, V. P. S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 6, p.639-646, 2012.

RIBEIRO, M. S.; LIMA, L. A.; FARIA, F. H. S.; REZENDE, F. C.; FARIA, L. A. Efeitos de águas residuárias de café no crescimento vegetativo de cafeeiros em seu primeiro ano. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 29, n. 4, p.569-577, 2009.

ROCHA, J. E. S. **Palma Forrageira no Nordeste do Brasil: Estado do Acre**, 2012. 40 p. (Documentos Online. 106). Disponível em: <<https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/96744/1/DOC-106.pdf>>. Acesso em: 15 out 2017.

RODRIGUES, R. dos S. **As dimensões legais e institucionais de reúso de água no Brasil: Proposta de Regulamentação do Reúso no Brasil**. Dissertação (Mestrado) – Escola Politécnica da Universidade de São Paulo. 2005.

SABONARO, D. Z.; PRUDENTE, C.; BARBED, C. J. Estruturas do fruto de aroeira na qualidade de sementes através do teste de condutividade elétrica. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 9, n. 1, p.86-97, 2017.

SALES, A. T.; LEITE, M. L. de M. V.; ALVES, A. Q.; RAMOS, J. P. de F.; NASCIMENTO, J. P. do. Crescimento vegetativo de palma forrageira em diferentes densidades de plantio no Curimataú Paraibano. **Tecnologia & Ciência Agropecuária**, João Pessoa, v.7, n.1, p.19-24, 2013.

SALTON, J. C.; MERCANTE, F. M.; TOMAZI, M.; ZANATTA, J. A.; CONCENÇO, G.; SILVA, W. M.; RETOREA, M. Sistema integrado de pecuária agrícola no Brasil tropical: em direção a um sistema de produção sustentável. **Agriculture Ecosystems & Environment**, v.190, p.70-79, 2013.

SAMPAIO, T. F.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C.; HELIODORO, J. C. A.; RONCHI, H. S.; TANGANELLI, K. M.; CARVALHO, N. C. de; OLIVEIRA, F. C. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p.1637-1645, 2012.

SÁNCHEZ, L. H. **Avaliação de impacto ambiental: conceitos e métodos**. São Paulo: Oficina de Textos. p.495, 2006.

SATTLER, D.; RAEDIG, C.; HEBNER, A.; WESENBERG, J. **Use of native plant species for ecological restoration and rehabilitation measures in southeast Brazil**. Strategies and tools for a sustainable rural Rio de Janeiro. P. 191-204. 2018.

SILVA, S. S.; REIS, C. F.; MEDEIROS, S. de S.; NÓBREGA, R. F. da; DANTAS NETO, J. Potencial do uso de água residuária na silvicultura utilizando espécies nativas da caatinga. **Irriga**. V.1, p.93-98, 2016.

- SILVA, K. B. da.; SILVA JÚNIOR, M. J. da; BATISTA, R. O.; SANTOS, D. B.; BARBOSA FILHO, S. Desempenho de gotejadores operando com efluente da castanha de caju sob distintas pressões de serviço. **Revista Ceres**, v. 60, n. 3, p.339-346, 2013.
- SILVA, W. R. da.; SILVA, R. M.; PIRES, T. B. O uso sustentável e a qualidade da água na produção. **Revista Eletrônica Nutritime**, v. 11, n. 5, p.3617-3636, 2014.
- SILVA, T. G. F. da; PRIMO, J. T. A.; MORAIS, J. E. F. de; DINIZ, W. J. da S.; SOUZA, C. A. A. de S.; SILVA, M. da C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p.10-18, 2015.
- SILVA, J. do N. Silva; DRUMOND, R. R.; MONÇÃO, N. B. N.; PERON, A. P.; SOUSA, J. M. de C. e; CITÓ, A. M. das G. L.; FERREIRA, P. M. P. Estudo prospectivo sobre propriedades antineoplásicas de plantas da família fabaceae: ênfase em *Mimosa caesalpiniiifolia*. **Revista GEINTEC**, São Cristóvão, v. 6, n. 3, p.3304-3318, 2016.
- SILVA, E. T. dos S.; MELO, A. A. S. de.; FERREIRA, M. de A.; OLIVEIRA, J. C. V. de; SANTOS, D. C. dos; SILVA, R. C.; INÁCIO, J. G. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 52, n. 9, p.761-767, 2017.
- SILVA, P. F. da. **Crescimento e produtividade de palma forrageira sob diferentes lâminas de irrigação e adubação nitrogenada**. Campina Grande, PB. Dissertação Mestrado. p.79. 2017.
- SCHMITZ, A. P.; BITTENCOURT, M. V. L. Crescimento econômico e pressão sobre recursos hídricos. **Estudos Econômicos**, São Paulo, v. 47, n. 2, p.329-363, 2017.
- SCHAER-BARBOSA, S.; SANTO, M. E. P.; MEDEIROS, Y. D. P. Viabilidade do reúso de água como elemento mitigador dos efeitos da seca no semiárido da Bahia. **Ambiente & Sociedade**, v. 22, n. 2, p.17-32, 2014.
- SUDEMA - **Superintendência de Administração do Meio Ambiente**. 2012. Disponível em: <<http://paraiba.pb.gov.br/sudema-comemora-aprovacao-da-lei-do-bioma-caatinga-na-paraiba/>>. Acesso em: 02 de dezembro de 2018.
- SZEKUT, F. D.; AZEVEDO, C. A. V. de; BOAS, M. A. V.; ZUCULOTTO, T. Desempenho hidráulico de gotejadores com diferentes águas e declives de linha lateral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 22, n. 12, p.813-818, 2018.
- TANGJANG, S.; NAIR, P. K. R. A. Integrated bamboo + pine homegardens: A unique agroforestry system in Ziro Valley of Arunachal Pradesh, India. **International Journal of Environmental & Agriculture Research**, v. 2, n. 2, p.25-35, 2016.
- TUCCI, C. E. M. **Hidrologia ciência e aplicação**. EDUSP, Editora da UFRGS, ABRH, p.952 1993.

USDA. U. S. **Department of Agriculture. Agroforestry.** (2011) Disponível em: <<https://www.usda.gov/topics/forestry/agroforestry>>. Acesso em: 03 de março de 2019.

VANDERMEER, J. H. A **Ecologia dos agroecossistemas.** Boston, MA, EUA: Jones and Bartlett Publishers, p.387. 2011.

VANDERMEULEN, S.; RAMÍREZ-RESTREPO, C. A.; BECKERS, Y.; CLAESSENS, H.; BINDELLE, J. Agroforestry for ruminants: A review of trees and shrubs as fodder in silvopastoral temperate and tropical production systems. **Animal Production Science**, v. 58, n. 5, p.767-777, 2018.

VENDRUSCOLO, P. E.; ALVES, M. C.; FREITAS LEAL, A. J. de. SOUZA, E. J.; SOUTO FILHO, S. N. Efeitos do biochar, culturas de cobertura e lodo de esgoto nos atributos físicos do solo. **Ciencia del suelo**, v. 36, n. 1, p.1-10, 2018.

WARTMAN, P.; ACKER, R. V.; MARTÍN, R. C. Temperate agroforestry: How Forest Garden Systems Combined with People-Based Ethics Can Transform Culture. **Sustainability**, v. 10, p.1-14, 2018.

**CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM SOLO DEGRADADO
IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E CULTIVADO EM
SISTEMA AGROFLORESTAL**

CAPITULO II

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS DE UM SOLO DEGRADADO IRRIGADO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E CULTIVADO EM SISTEMA AGROFLORESTAL

RESUMO: A irrigação com água residuária é uma tentativa de destinação correta do resíduo, aumento de produção e recuperação de terras agrícolas. Portanto, objetivou-se com este trabalho avaliar as características químicas de um solo degradado irrigado com água residuária e cultivado em sistema agroflorestal. O experimento foi conduzido na sede administrativa do Instituto Nacional do Semiárido em Campina Grande, Paraíba. Os tratamentos foram distribuídos em blocos ao acaso, foram avaliados três tratamentos (0,5 L de água de abastecimento; 0,5 e 1,0 L de água residuária) fornecidas em irrigação por gotejo, em duas épocas (dois anos, antes e após a aplicação dos tratamentos), com duas profundidades (0-15 e 15-30 cm) e dez repetições. As amostras de solo foram coletadas rentes às linhas dos respectivos tratamentos. Foram avaliados: magnésio, alumínio, fósforo, sódio, potássio, cálcio, matéria orgânica, nitrogênio e as variáveis da fertilidade do solo: relação carbono com nitrogênio, porcentagem de sódio trocável, saturação de base, saturação por alumínio, soma de bases, capacidade de troca catiônica, relação cálcio com magnésio e acidez potencial. O aumento da lâmina de efluente doméstico proporcionou redução no teor de Na, Ca e Mg no solo. Tanto o volume de 1,0 L quanto o volume de 0,5 L de água residuária reduzem o carbono do solo.

Palavras-chave: fertilidade, conservação do solo, semiárido brasileiro, tecnossolo

CHEMICAL CHARACTERISTICS OF A DEGRADED SOIL IRRIGATED WITH WASTE WATER AND CROPED IN AGROFORESTRY

ABSTRACT: Irrigation with wastewater is an attempt to correctly dispose of waste, increase production and recover farmland. Therefore, the objective of this work was to evaluate the chemical characteristics of a degraded soil irrigated with wastewater and cultivated in agroforestry system. The experiment was conducted at the administrative headquarters of the National Semiarid Institute in Campina Grande, Paraíba. The treatments were randomized blocks, three treatments were evaluated (0.5 L of water supply, 0.5 L and 1.0 L of wastewater) provided in drip irrigation, in two seasons (two years before and after the application of the treatments), with two depths (0-15 and 15-30 cm) and ten repetitions. Soil samples were collected against the lines of the respective treatments. Magnesium, aluminum, phosphorus, sodium, potassium, calcium, organic matter, nitrogen and soil fertility variables were evaluated: carbon to nitrogen ratio, exchangeable sodium percentage, base saturation, aluminum saturation, base sum, capacity cation exchange, calcium to magnesium ratio and potential acidity. The increase in the domestic effluent depth led to a reduction in Na, Ca and Mg content in the soil. Both 1.0 L volume and 0.5 L volume of wastewater reduce soil carbon.

Key words: Fertility, soil conservation, Brazilian semiarid, technosol.

1. INTRODUÇÃO

O uso intensivo do solo causa alteração em suas características físicas, químicas e biológicas, provenientes, principalmente, das atividades antrópicas. Nesse sentido, um dos grandes desafios da humanidade é tornar as atividades de exploração dos recursos naturais sustentáveis (EZEAKU, 2012; PEDROTTI et al., 2015) e, quando as áreas já estiverem degradadas, recuperá-las. Para Caldeira Júnior et al. (2009) a recuperação ambiental envolve um conjunto de ações planejadas que visa proporcionar o restabelecimento de condições de equilíbrio paisagístico e de sustentabilidade.

Pesquisas têm sido realizadas no sentido de reduzir em curto prazo o fenômeno da degradação ambiental, sobretudo, na região semiárida, onde as condições climáticas não favorecem a recuperação, as quais experimentam o uso da água residuária e espécies florestais. As águas residuárias podem ser usadas na irrigação para a destinação final dos resíduos gerados pelo esgoto sanitário (RIBEIRO et al., 2012; FREITAS et al., 2013) visto que estas águas proporcionam aumento de nutrientes no solo.

É preciso, entretanto, fazer o monitoramento da dinâmica dos minerais e microrganismos, uma vez que a água residuária possui altas concentrações de íons dissolvidos. Abreu et al. (2019) explicam que 99,9% dos compostos que chegam na estação de tratamento é água, podendo também reduzir parte desses nutrientes que ficam solubilizados. Por outro lado, quando não há tratamento adequadamente, pode apresentar concentrações de organismos patogênicos que serão acumulados no solo.

A metodologia de recuperação de área degradada aplicando água residuária num sistema agroflorestal é uma estratégia de produção agrícola e responsabilidade hídrica. Diante do exposto, o presente estudo foi realizado com o objetivo de avaliar as características químicas de um solo degradado irrigado com água residuária e cultivado em sistema agroflorestal no semiárido brasileiro.

2. MATERIAL E MÉTODOS

a) Situação e caracterização do ambiente experimental

O experimento foi conduzido em condições de campo, na sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), localizada no município de Campina Grande, PB, situado na região fisiográfica dos Cariris Velhos com as coordenadas geográficas de latitude 07°

27° S, longitude 35° 95' W e altitude média de 550 m. A região possui clima quente e úmido com regime pluviométrico irregular e longo período de estiagem classificado como As' de acordo com a classificação de Köppen (1918). Nesse período, a temperatura do ar variou entre 20,5 e 30,5 °C, a umidade relativa com média em torno de 80% e precipitação 755,8 mm (2015-2016) e 846,8 mm (2016-2017), conforme Figura 1.

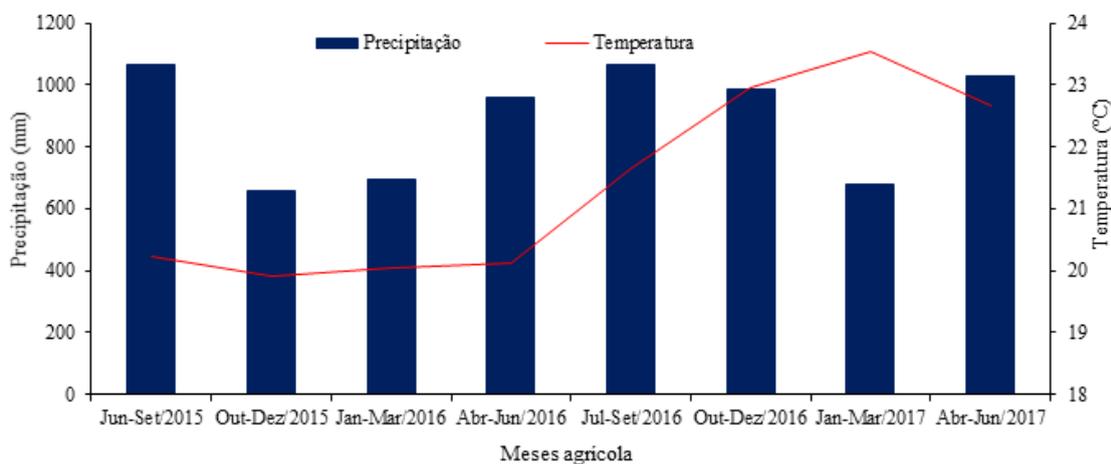


Figura 1: Relação das médias de precipitação e temperaturas trimestrais no período de junho de 2015 a junho de 2017.

Fonte: INSA.

b) Delineamento experimental e tratamentos

Os tratamentos consistiram no uso de três fontes de variação: água de irrigação, época de coleta do solo e profundidade da coleta do solo. O fator água de irrigação consistiu na aplicação semanal de 0,5 L de água de abastecimento; 1,0 L de efluente doméstico tratado e 0,5 L de efluente doméstico tratado. O fator época de coleta refere-se a uma primeira coleta de solo antes do início do experimento (22 de abril de 2015) e outra aos 912 dias após o início da aplicação semanal do efluente doméstico. O fator profundidade de coleta do solo trata da coleta nas camadas de 0 a 15 e 15 a 30 cm de profundidade. Estes tratamentos foram alocados em delineamento experimental em blocos ao acaso, com dez repetições.

c) Histórico da área de cultivo

A área experimental utilizada foi classificada como degradada, pela retirada dos horizontes A e B do solo para construção civil. Entretanto, é possível identificar com facilidade nas áreas circunvizinhas a extração mineral para confecção de carvão a céu

aberto. Em campo é possível identificar a intensidade com relação a topografia do terreno e na sua extensão destaca-se caminhos preferenciais de escoamento superficial das chuvas.

Dentre os danos ambientais causados pela extração do solo a céu aberto, está a drástica alteração das propriedades do solo. Para recuperação da área degradada de 1200 m² foi inserido um conjunto da cultura agrícola com espécies arbóreas nativas da caatinga, cuja finalidade é amenizar as limitações do solo e aperfeiçoar a produtividade a ser obtida. Nesse contexto, também foi utilizado à água de esgoto da sede do INSA, para garantir a recarga hídrica e também nutricional sob gotejo, a saber: 270 mudas de 2 espécies nativas da Caatinga: Sabiá (*Mimosa caesalpinifolia*) e Aroeira Branca *Astroidium urundeuva* (Allemão) manejadas com irrigação por gotejamento. O plantio das mudas foi feito em nível colocando 01 (uma) muda por cova com espaçamento 2,0 x 2,0 m e dimensões de 30 x 30 x 30 cm, sendo que não foi utilizada adubação de fundação (Figura 2).

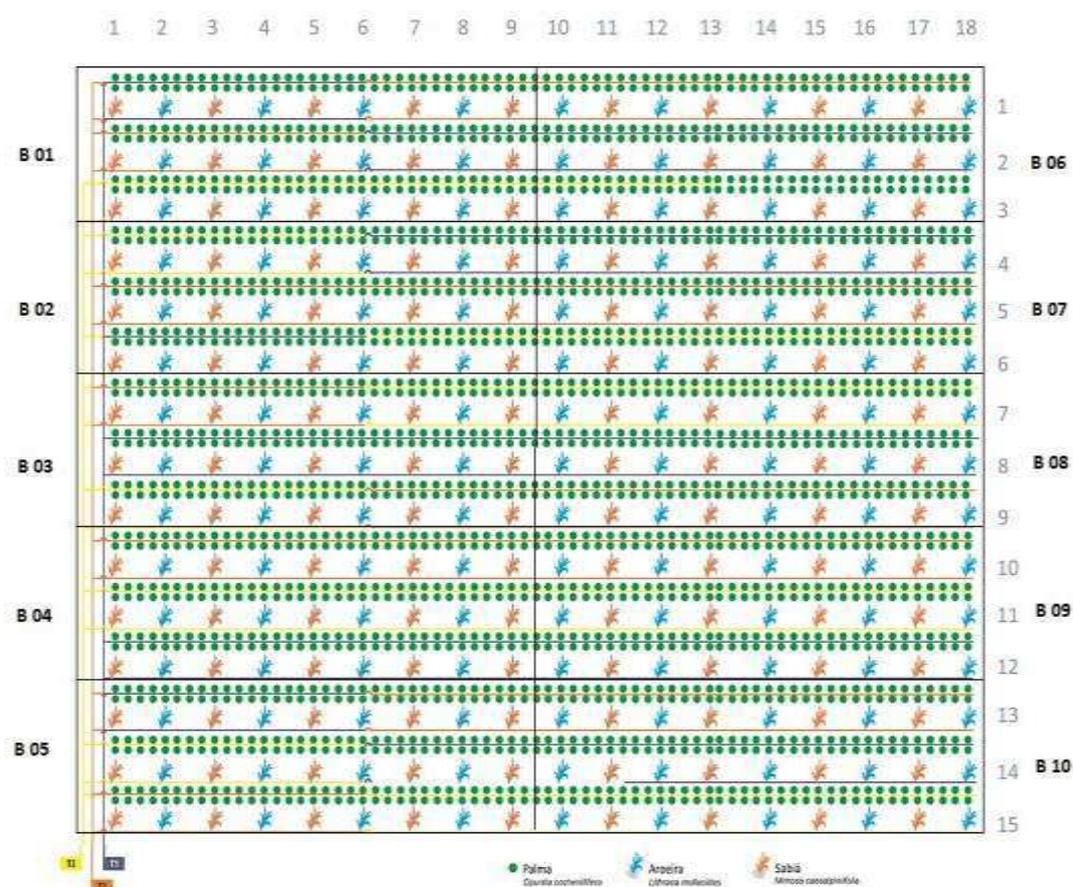


Figura 2: Croqui da experimental denominada de Reúso III
Fonte: Autoria própria (2019)

d) Caracterização da área experimental

O mapeamento da área foi realizado para a constituição de um espaço vetorial no detalhamento do relevo (Figura 3), definindo-o como do tipo acidentado, em que, foi delineado o grid para amostragem do solo, correspondente a malha irregular com espaçamentos de 4 x 4 m.

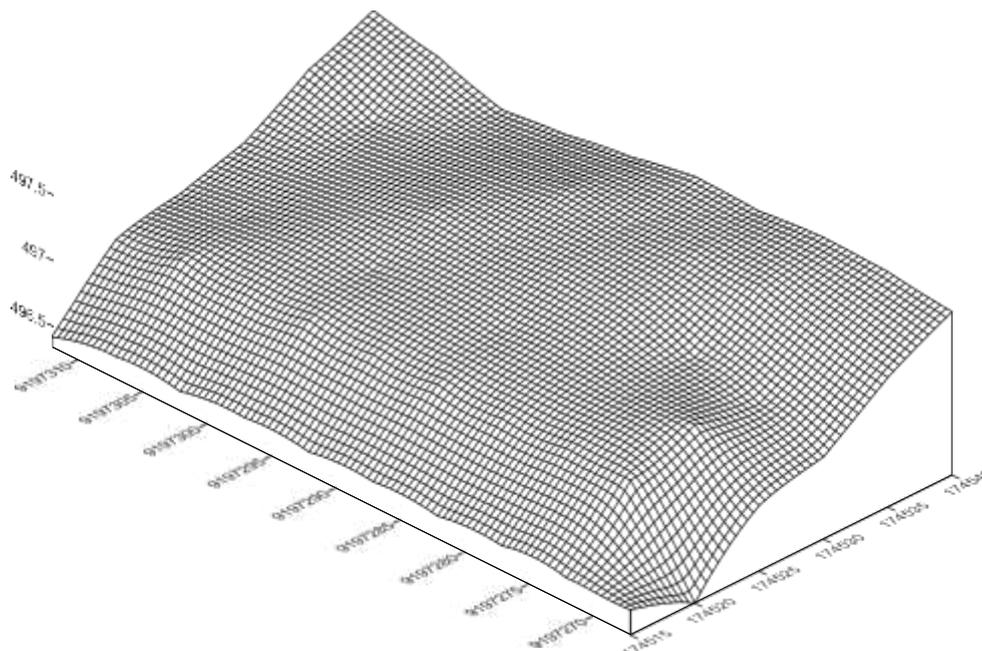


Figura 3. Mapa de relevo planialtimétrico de área experimental

Fonte: Google Earth, 2019

Para avaliar alterações nos atributos físico-hídricos do solo após a implantação do sistema agroflorestal irrigado com água residuária foi realizada a amostragem de solo com o auxílio de um cavador, por se tratar de uma área com muita pedregosidade. Cada ponto foi escavado no bulbo molhado pertencente ao tratamento e até a profundidade definida, coletando-se todo o material (terra fina, cascalho e calhaus) em um saco plástico. O volume ocupado pela amostra foi determinado de acordo com os procedimentos descritos por Kohl (1988), no qual foi inserido um saco plástico no interior da cavidade, em seguida preenchido com água e posteriormente medindo o volume da água em proveta graduada. O material coletado foi seco e pesado em balança e em seguida foi peneirado para separação e pesagem da fração grosseira (fração > 2mm) correspondente a cascalho e calhaus e a fração fina (fração < 2mm), respectivamente de acordo com metodologia da Embrapa (DONAGEMA, 2011).

As amostras de terra fina (TFSA) foram analisadas quanto ao pH em água, N e K⁺ (DONAGEMA, 2011), matéria orgânica do solo (MOS) pelo método de ignição em mufla a 550 °C (SCHULTE et al, 1987), P extraível por Mehlich⁻¹ e determinação colorimétrica (MURPHY; RILEY 1962), granulometria pelo método do densímetro, separando-se as frações areia, silte e argila, conforme Tabela 1, que foram realizadas no Laboratório do INSA.

Tabela 1. Fração granulométrica e classe textural do solo na área experimental, Campina Grande, PB.

Prof. (cm)	Atributos químicos				Fração granulométrica			Classe Textural	
	pH	N	P	K	MOS	Areia	Silte		Argila
	mg kg ⁻¹				g kg ⁻¹				
0-15	5,7	0,55	2,37	3,53	3,01	697,64	103,61	198,55	franco arenosa
15-30	5,9	0,45	0,69	3,62	3,17	721,54	80,71	197,77	franco arenosa

Em que: pH = potencial hidrogeniônico; N = nitrogênio; P = fósforo; K = potássio; MOS = matéria orgânica do solo.

e) Caracterização das águas de irrigação

As amostras da água residuária aplicada foram analisadas de acordo com a APHA (2012), e os resultados encontra-se na tabela 2, obtidas do reservatório de armazenamento após os tratamentos primário e secundário da estação, realizadas na Estação Experimental de Tratamento de Águas e Esgotos - Extrabes.

Tabela 2. Caracterização do esgoto doméstico utilizado na irrigação da área experimental

pH	CE	N	P	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COT	SDT	DQO	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻
	dSm ⁻¹	mg L ⁻¹													
8,1	1,37	24,2	12	9,2	50,3	3,5	684	32	21,2	4,7	21,9	2,3	23,3	10,1	267

pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; N: Nitrogênio total; P: Fósforo; PO₄³⁻: Ortofosfato; SO₄²⁻: Sulfato de magnésio; COT: Carbono orgânico total; SDT: Sais dissolvidos totais; DQO: Demanda química de oxigênio; NH₄⁺: Amônio; NO₃⁻: Nitrato; Na⁺: Sódio; K⁺: Potássio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; Cl⁻: Cloreto.

As análises físico-químicas da água de abastecimento proveniente da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) foi captada do Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, PB. A coleta foi retirada na torneira (Tabela 3) e levadas ao laboratório da Extrabes.

Tabela 3. Caracterização da água convencional utilizada na irrigação da área experimental

pH	CE	N	P	COT	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻
-	dS m ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----						-	
7,5	0,78	0,26	1,65	1,71	9,1	5,2	11,1	6,2	175

pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; N: Nitrogênio total; P: Fósforo; COT: Carbono orgânico total; Na⁺: Sódio, K⁺: Potássio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; Cl⁻: Cloro.

f) Sistema e manejo da água na irrigação

A água foi distribuída pelo método de irrigação localizada através do sistema de gotejamento com vazão média dos emissores autocompensantes igual a 2 L h⁻¹ planta⁻¹, com intensidade de aplicação de 1,008 mm h⁻¹ e baixa pressão de serviço (0,5 a kgf cm⁻²). As irrigações foram realizadas uma vez a cada semana, sendo distribuída em dois volumes controlados pelo tempo de 28 min, quando irrigado um litro por planta, e 14 min quando irrigado 0,5 L por planta. O sistema de irrigação esteve avaliado em dois períodos com coeficiente de uniformidade de aplicação estimados em 86 e 75% no início e final do experimento.

g) Variáveis analisadas

Para a determinação das características químicas, as análises foram realizadas na Central Analítica do Laboratório Celso Furtado na estação experimental do INSA. Para as variáveis químicas: Mg²⁺: Magnésio; Al³⁺: Alumínio; P: Fósforo; Na⁺: Sódio; K⁺: Potássio; Ca⁺: Cálcio; M.O.S: Matéria orgânica do solo; N: Nitrogênio total; e variáveis da fertilidade do solo: C/N: Relação carbono nitrogênio; V (%): Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; valor de S: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; Ca:Mg: Relação cálcio com magnésio; e H+Al: Acidez potencial; e o parâmetro PST: Porcentagem de sódio trocável; interpretados de acordo com Sobral et al. (2015). O pH apresentou baixa correlação com todas variáveis e, nesse estudo não foi avaliado isoladamente (variação de 5,9 a 6,9 -, ácido à neutro).

h) Análise dos dados

A estrutura multivariada dos dados foi avaliada com análise exploratória de Componentes Principais (CP), resultando em combinações lineares entre as variáveis originais e variáveis latentes geradas a partir dos autovalores mais elevados ($\lambda > 1,0$) na matriz de correlação com dimensões que expliquem porcentagem maior que 10% da variância experimental total.

As análises multivariadas foram realizadas após a padronização das variáveis em que cada uma ficou com média nula ($\bar{X} = 0,0$) e variância unitária ($\sigma^2 = 1,0$). Também foi realizada a análise de variância multivariada (MANOVA) entre as variáveis de resposta para seus respectivos conjuntos em comum. Para o processamento das análises utilizou-se o *software* o Statistica 7.0 (STATSOFT, 2004). Para classificação dos coeficientes de correção (r) foram estabelecidos critérios, conforme a metodologia de Dancey e Reidy (2013), em que: $r = |0,10|$ até $|0,30|$ (fraca); $r = |0,40|$ até $|0,6|$ (moderada); $r = |0,70|$ até $|1,00|$ (forte).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Características químicas do solo

O primeiro componente principal (CP) teve autovalor $\lambda_1 = 3,82$ e variância de 47,71% e o segundo CP $\lambda_2 = 2,22$ e variância de 27,79%, os quais juntos correspondem a 75,50% da variabilidade total dos dados. O CP₁ representa Mg^{2+} , Al^{3+} , K^+ , e N, enquanto o CP₂ foi formado por Ca, P, Na^+ e MOS. As variáveis foram classificadas como fortes no CP₁, com carga fatorial $|r| > 0,70$, e no CP₂ de moderada $r \in (-0,60; -0,40)$ ou $r \in (0,40; 0,60)$ a forte.

Observou-se a comparação dos vetores de médias dos tratamentos pelo valor T^2 de Hotelling, no qual a água irrigada foi significativa ao nível de 1% na MANOVA dos componentes (CP₁ e CP₂) e o fator época significativa apenas para o CP₁ ($p < 0,01$). Quanto à interação, o teste foi significativo entre os fatores época e água irrigada ($p < 0,01$). As profundidades não apresentaram efeito significativo (Tabela 4).

Tabela 4. Autovalores, porcentagem da variância total explicada, correlação entre as oito variáveis químicas originais e os Componentes Principais

	Componentes Principais	
	CP ₁	CP ₂
Autovalores (λ)	3,82	2,22
Porcentagem da variância total ($\sigma^2\%$)	47,71	27,79
MANOVA pelo teste de Hotelling (T^2)	Probabilidade de significância (<i>P</i> -valor)	
Água irrigada (A)	0,00	0,00
Época (E)	0,00	0,06
Profundidade (P)	0,79	0,17
A x E	0,00	0,00
A x P	0,45	0,57
E x P	0,80	0,89
A x E x P	0,94	0,67
Variáveis	Cargas Fatoriais	
Ca	0,18	0,69*
Mg ²⁺	-0,89*	0,28
Al ³⁺	-0,95*	-0,10
P	-0,18	0,84*
Na	-0,53	-0,64*
K ⁺	-0,97*	-0,05
MOS	-0,16	0,72*
N	-0,90*	0,12

CP₁: Componente principal um; CP₂: Componente principal dois; *: Coeficiente de correlação considerados no CP; Ca: Cálcio; Mg²⁺: Magnésio; Al³⁺: Alumínio; P: Fósforo; Na: Sódio; K⁺: Potássio; MOS: Matéria orgânica do solo; e N: Nitrogênio.

A análise dos tratamentos está contida na Figura 4A, em que foi possível visualizar a posição das épocas, profundidade do solo e a água irrigada considerando CP₁ e CP₂. A água de abastecimento público (0,5 L de AA) se posicionou em regiões opostas às águas residuárias (1,0 e 0,5 L de AR) na projeção bidimensional, sendo que a primeira se concentrou no CP₁ (à esquerda) e a segunda parte da composição do CP₂ (à direita).

Na análise de correlações (Figura 4B) das características químicas do solo estão representados pelos vetores que indicaram o sentido do aumento dos valores das variáveis estudadas que apresentam maior associação entre os tratamentos. Dessa forma, verificou-se que no CP₁ há efeito dos tratamentos entre o aumento das características químicas: Mg²⁺, Al³⁺, K⁺, e N, sendo que estes não obtiveram relação com o Na. Ressaltou-se que apesar da baixa concentração dos metais alcalinos (Na, Ca e Mg²⁺) a área apresenta forte disposição ao aumento destes elementos químicos, em decorrência das próprias características do solo (formação geológica), baixas precipitações e altas demandas da evapotranspiração típica da região semiárida favorecem esse aumento (PEDROTTI et al., 2015). Esses autores recomendam que a adição e/ou diluição da água residuária deve ser efetivamente monitorada afim de evitar aumento de sais no solo.

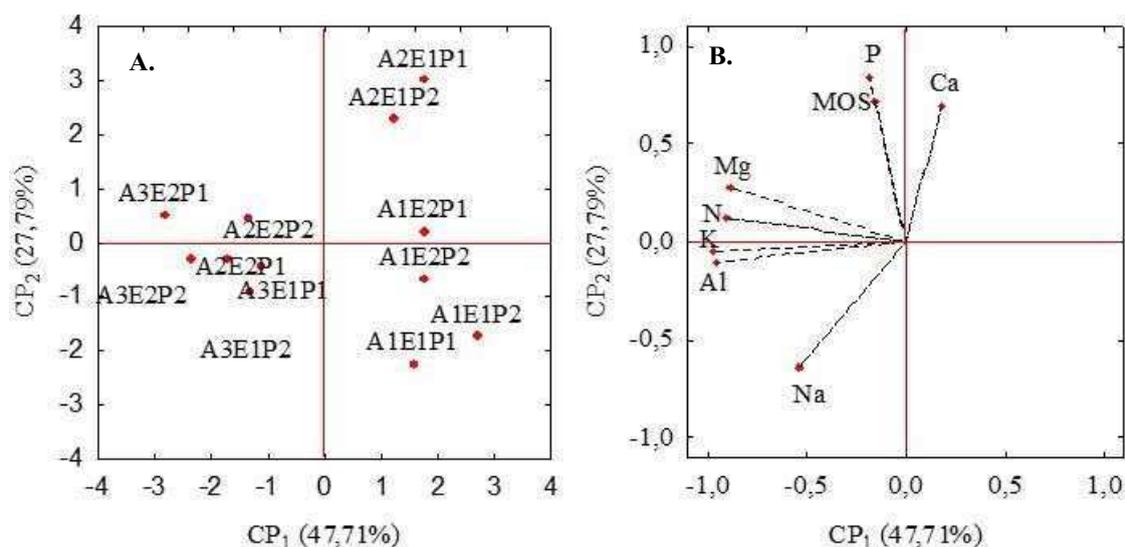


Figura 4. Projeção bidimensional dos tratamentos (A): A1: 0,5 L de água de abastecimento público; A2: 1,0 L da água residuária tratada; A3: 0,5 L da com água residuária tratada; E1: Antes do experimento; E2: Após o experimento; P1: Profundidade 0-15 cm; e P2: Profundidade 15-30 cm e; as oito variáveis originais (B): Ca: Cálcio; Mg^{2+} : Magnésio; Al^{3+} : Alumínio; P: Fósforo; Na: Sódio; K^+ : Potássio; MOS: Matéria orgânica do solo; e N: Nitrogênio.

Por outro lado, Sampaio et al. (2012), estudando o efeito da aplicação de lodo na recuperação de áreas degradadas, concluíram que o aumento das doses de lodo proporciona maior estabilidade dos agregados do solo, que por sua vez, indica recuperação do solo, principalmente, após os 12 meses de aplicação.

Entre as variáveis estudadas, observou-se que o magnésio foi quem mais apresentou associação para com a água irrigada no volume de 0,5 L de AR independente da profundidade após a aplicação dos tratamentos. O Mg^{2+} obteve o maior valor médio na profundidade de 0-15 cm ($2,42 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$) e menor valor na profundidade de 15-30 cm $2,37 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$; para o volume de 1,0 L de AR o mesmo nutriente variou de 3,03 a $2,45 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente e, quando irrigado com 0,5L AA alcançou baixa variação estando entre 0,21 a $0,34 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$. Segundo Sobral et al. (2015) valores maiores que a unidade para o Mg^{2+} se classifica como alta concentração de nutriente, o que foi obtido para os dois níveis de água residuárias (0,5 e 1,0 L de AR); entretanto, ratificou-se que antes da irrigação das águas residuárias, o solo já apresentava médias concentrações de Mg^{2+} , apresentando valores médios de 0,4 a $1,0 \text{ Mg}^{2+}$.

Quanto ao alumínio, semelhante aos resultados do magnésio, observou-se altas concentrações correlacionadas às irrigações da água residuária tratada. Notou-se que o volume de 0,5 L de AR apresentou valores médios de $2,46$ e $2,48 \text{ cmol}_c \text{ kg}^{-1}$ 0-15 e 15-

30 cm de profundidade. Para o volume de 1,0 L de AR, verificou-se que o Al^{3+} obtiveram valores médios de 2,62 a 2,68 $cmol_c kg^{-1}$ nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm de solo, respectivamente. Quanto à aplicação de 0,5 L de AA, os valores médios foram classificados como moderados ($> 0,5$), porém praticamente sem variação 0,10 $cmol_c kg^{-1}$ independentemente da profundidade, bem como, da época estudada.

A água residuária também influenciou no aumento do potássio com alta associação ao tratamento na irrigação com volume de 0,5 L de AR no segundo ano de experimento com valores médios de 4,55 e 3,78 $cmol_c kg^{-1}$ nas profundidades de 0-15 e de 15-30 cm e, com o volume de 1,0 L de AR na profundidade de 0-15 cm (2,58 $cmol_c kg^{-1}$) e 3,60 $cmol_c kg^{-1}$ na maior profundidade, respectivamente. No volume irrigado de 1,0 L de AR, as concentrações do nutriente K^+ foram classificadas como de baixa a média concentração de K^+ e, para o volume de 0,5 L de AR classificou-se como moderado. Quanto à água de abastecimento, constatou-se baixas concentrações deste nutriente, independente da época, bem como da profundidade. A estabilidade do nível do K^+ na aplicação durante a irrigação de 0,5 L de AA pode ter sido devido à baixa concentração desse nutriente na água ou pelo consumo das plantas existentes na área.

Com relação ao nitrogênio, o volume irrigado de 1,0L de AR na profundidade de 0-15 cm disponibilizou 0,90 $g kg^{-1}$, seguido de do volume irrigado de 0,5L de AR com valor médio adicionado de 0,84 $g kg^{-1}$ na mesma profundidade. Para a profundidade de 15-30 cm, constatou-se valores médios de 0,79 e 0,81 $g kg^{-1}$ para o volume de 1,0 e 0,5 L de AR, nesta ordem. Com relação ao volume de referência (0,5 L de AA), constatou-se que na profundidade de 15-30 cm o solo obteve valor médio de 0,60 $g kg^{-1}$ e para a menor profundidade 0,55 $g kg^{-1}$. Ressaltou-se que não existe uma indicação de disponibilidade de nitrogênio no solo para regiões semiáridas (SOBRAL et al., 2015) devendo ser observado na análise química total do solo em favor de cada cultura.

O fósforo quando irrigado com 0,5 L de AR obtiveram valores médios de 15,15 e 10,45 $g kg^{-1}$ para as profundidades de 0-15 e 15-30 cm, enquanto, para o volume irrigado de 1,0 L de AR obteve média de 11,32 e 11,69 $g kg^{-1}$ por cada profundidade (0-15 e 15-30 cm, nesta ordem). Com relação à água de referência, o volume de 0,5 L de AR obteve valores médios de 10,00 para a profundidade 0-15 cm e 4,00 $g kg^{-1}$ de P na profundidade de 15-30 cm. Notou-se que a água residuária favoreceu no aumento deste elemento.

A distribuição espacial de fósforo em Latossolo tratado com lodo de esgoto e adubação mineral se concentram na camada superficial do solo (COSTA et al., 2014; BONINI, et. al 2015), corroborando com os dados deste estudo, uma vez que a utilização

da água residuária e até mesmo a água de abastecimento obtiveram resultados satisfatórios para a camada superficial.

Com relação ao cálcio verificou-se que o volume de 0,5 L de AR proporcionou valores médios de 1,45 e 1,16 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm, enquanto o volume de 1,0 L de AR obteve valores médios de 1,82 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para profundidade de 0-15 cm e 1,97 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a profundidade de 15-30 cm. Para o volume de 0,5L AA obteve-se valores médios de 0,69 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para a profundidade de 0-15 cm e 0,57 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na profundidade de 15-30 cm. Os teores médios corroboraram com Selau et al. (2015) os quais verificaram aumento do teor de Ca^{+2} na solução do solo após a aplicação de água residuária proveniente de esgoto industrial tratado. Os resultados foram considerados relativamente baixos (SOBRAL et al, 2015), provavelmente, porque o cálcio tem rápida adsorção no solo (MAGGI et al., 2011).

O elemento sódio obteve valores médios de 2,01 a 1,99 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm com o volume de 1,0 L de AR, diferentemente do volume de 0,5 L de AR que alcançou 1,33 na profundidade de 0-15 cm e 1,80 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ na profundidade maior (15-30 cm). Com relação à água de abastecimento (0,5 L de AA) os valores médios foram 1,45 e 1,04 $\text{cmol}_c \text{kg}^{-1}$ para as profundidades de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente.

A importância da análise do excesso de sódio no complexo sortivo consiste no conhecimento da dispersão das argilas, redução da permeabilidade do solo, e conseqüentemente, decréscimo na taxa de infiltração prejudicando o desenvolvimento radicular das plantas cultivadas (SILVA et al., 2012), além de provocar a redução da taxa de mineralização do nitrogênio afetando diretamente o crescimento das plantas (GHEYI et al., 2010), portanto, é fundamental o monitoramento para entender a dinâmica de acúmulo deste nutriente ao solo.

Quanto ao teor de matéria orgânica do solo, seu resultado com o volume de 1,0 L de AR foi de 17,16 e 14,87 g kg^{-1} nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente, enquanto para o volume de 0,5 L de AR obteve-se valores médios de 16,35 e 15,86 g kg^{-1} nas profundidades de solo estudadas (0-15 e 15-30 cm). O aumento do teor de MOS pode ser justificado pelo aporte de água residuária nessas profundidades e/ou pelos resíduos orgânicos gerados no entorno do terreno, resultantes do sistema agroflorestal instalado, o que pode proporcionar aumento do teor carbono. Os resultados corroboraram com o estudo de Caovilla et al. (2010) os quais irrigaram com água residuária de suinocultura via gotejamento, e promoveu uma lâmina frequente e superficial com

acréscimos de compostos químicos de moléculas orgânicas. Com relação ao volume de 0,5 L de AR os valores médios foram de 14,17 e 13,27 g kg⁻¹ na profundidade de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente. De qualquer modo, os valores médios de matéria orgânica estão dentro dos limites pertinentes aos solos arenosos no bioma da caatinga que correspondem em 15,9 g kg⁻¹ (MENEZES et al., 2012).

3.2 Características da fertilidade do solo

O resultado das características da fertilidade do solo irrigado com água residuária tratada para duas épocas e profundidades diferentes estão apresentadas na Tabela 5. Condensaram-se as variáveis originais em dois Componentes Principais (CP₁ e CP₂), os quais juntos obtiveram 82,78% da variância total acumulada no experimento, tendo apresentado autovalores de 5,35 e 1,73 cada ($\lambda > 1,0$), respectivamente (KAISER, 1958). O CP₁ representa 62,87% da variância total sendo formado a partir da combinação linear: C/N, valor de S, valor de T, valor de V, m e H+Al $|r| > 0,70$ enquanto o CP₂ responde por 19,91% da variância remanescente e foi formado a partir da combinação linear de dois fatores: PST e Ca + Mg²⁺, com cargas fatoriais consideradas também $|r| > 0,70$, segundo o critério de Dancey e Reidy (2013). Verificou-se através da comparação dos vetores de médias dos tratamentos pelo valor T² de Hotelling que o fator água de irrigação e o fator época avaliada foram significativos ao nível de 1% no teste de MANOVA nos dois componentes analisados (CP₁ e CP₂), repetindo-se a significância na interação ($p < 0,01$). Os demais fatores não apresentaram efeito significativo ($p > 0,05$).

Tabela 5. Autovalores, porcentagem da variância total explicada, correlação entre as oito variáveis originais da fertilidade do solo e os Componentes Principais

	Componentes principais	
	CP ₁	CP ₂
Autovalores (λ)	5,35	1,73
Porcentagem da variância total ($\sigma^2\%$)	62,87	19,91
MANOVA pelo teste de Hotelling (T^2)	Probabilidade de significância (<i>P-valor</i>)	
Vol. irrigado (A)	0,00	0,00
Época (E)	0,00	0,00
Profundidade (P)	0,60	0,53
A x E	0,00	0,00
A x P	0,59	0,50
E x P	0,72	0,81
A x E x P	0,31	0,46
Variáveis	Cargas Fatoriais	
C/N	0,74*	0,37
Valor de S	-0,99*	-0,00
CTC	-0,99*	0,01
V (%)	-0,82*	-0,01
PST	0,11	-0,96*
M	-0,94*	-0,03
Ca + Mg ²⁺	-0,61	0,76*
H + Al	-0,94*	-0,29

CP1: Componente principal um; CP2: Componente principal dois; *: Coeficiente de correlação; C/N: Relação carbono nitrogênio; PST: Porcentagem de sódio trocável; V (%): Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; Valor de S: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; Ca:Mg: Relação cálcio com alumínio; e H + Al: Acidez potencial.

Na Figura 5A, observou-se associação dos tratamentos em CP₁ e CP₂ em relação à água residuária (1,0 e 0,5 L de AR) e a água de abastecimento público (0,5 L de AA), em que o volume de 0,5 de AA independente da época se posicionou com a profundidade de 0-15 cm com cargas fatoriais positivas (inferior direito) e a profundidade de 15-30 cm logo acima (superior direito). O volume de 0,5 L de AR no início do experimento (E1) nas duas profundidades analisadas estão próximos e com região oposta à segunda época (E2). O volume de 1,0 L de AR se posicionou totalmente oposto ao volume de 0,5 L de AA.

As correlações dos nutrientes da fertilidade do solo encontra-se na Figura 5B. Observou-se que a relação cálcio com magnésio (Ca:Mg) está oposta a relação carbono com nitrogênio (C/N) que por sua vez, depara-se com cargas positivas (quadrante direito inferior). A acidez potencial (H + Al) e a saturação de alumínio (m) estão com cargas igualmente negativas, repetindo-se o efeito com a capacidade de troca catiônica (CTC) e a soma de bases (valor de S) estão em regiões semelhantes e por fim, a saturação de bases (V%) com menor carga e, estando todos concentrados no quadrante esquerdo inferior (negativo).

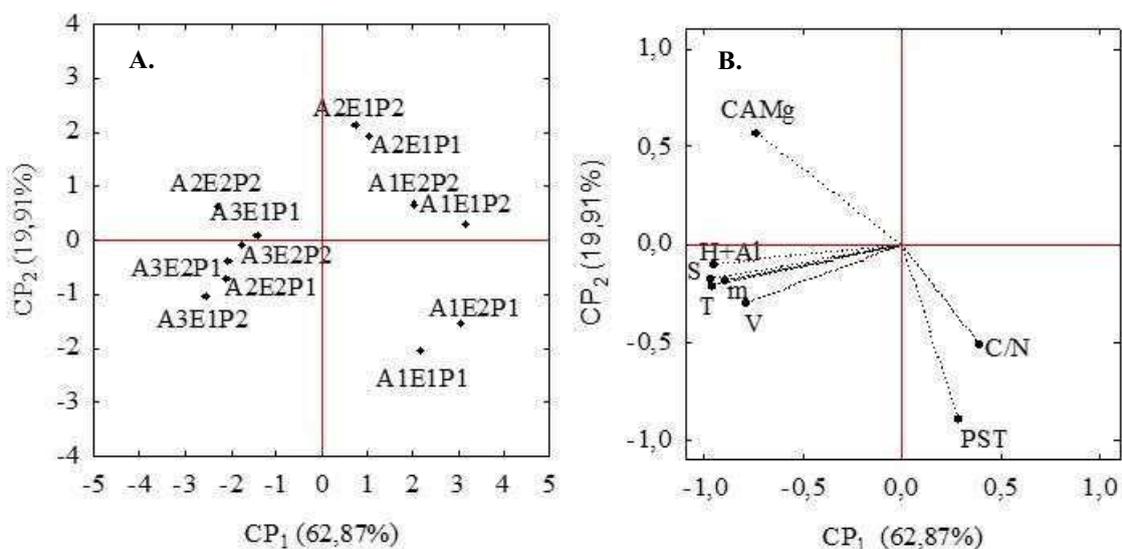


Figura 5: Projeção bidimensional dos tratamentos (A): A1: 0,5 L de água de abastecimento público; A2: 1,0 L do volume irrigado com água residuária tratada; A3: 0,5 L do volume irrigado com água residuária tratada; E1: Antes do experimento; E2: Após o experimento; P1: Profundidade 0-15 cm; e P2: Profundidade 15-30 cm e; as oito variáveis originais (B): C/N: Relação carbono nitrogênio; PST: Porcentagem de sódio trocável; V (%): Saturação de bases; m: Saturação por alumínio; Valor de S: Soma de bases; CTC: Capacidade de troca catiônica; Ca:Mg: Relação cálcio com alumínio; e H + Al: Acidez potencial.

Na análise de correlações da fertilidade do solo, observou-se que a água de abastecimento público proporcionou valores médios de altos a moderado na relação C/N, visto que a média foi de 93,30 a 23,37 na profundidade de 0-15 e 15-30 cm. Dada à relação C/N é possível que a baixa concentração de N limitou o crescimento microbiano e o C não foi todo degradado fazendo com que a temperatura não aumente, o que diminui a decomposição da M.O.S. Por outro lado, as águas residuárias proporcionaram moderada relação C/N independentemente do volume (1,0 ou 0,5 L de AR) e da profundidade analisada. Os valores médios foram de 24,37 e 38,83 para o volume de 1,0 e 0,5 L de AR na profundidade de 0-15 cm, enquanto nas profundidades de 15-30 cm foi de 15,44 e 27,44, respectivamente.

Os valores médios referentes ao valor de S e CTC em ambas as profundidades estão relativamente associados. Em relação ao valor de S, os valores aumentaram após a aplicação da água residuária, o que pode ser justificado em função do aumento das bases (Ca^{+2} , Mg^{+2} , Na^{+} e K^{+}), sendo maiores nas profundidades de 0-15 cm com valores médios de 8,77 e 9,67 para o volume de 1,0 e 0,5 L de AR, nesta ordem. Já nas profundidades de 15-30 cm os valores médios foram de 8,36 e 8,70 para os volumes de 1,0 e 0,5 L de AR.

Tais resultados sugeriu que o volume de água residuária de 0,5 L proporcionou maiores cargas de catiônicas. Na irrigação de 0,5 L de AR praticamente não ocorreu variação, visto que os valores médios foram de 14,85 e 14,02 para as profundidades de 0-15 e 15-30 cm. Esse comportamento repetiu-se com o volume irrigado de 1,0 L de AR na camada de 0-15 cm de profundidade, obtendo valores médios de 14,01 e 13,72 na camada de 15-30 cm de profundidade. Os resultados para água residuária se apresentaram relativamente baixos proporcionais aos valores de SB e do Al^{3+} .

Quanto à saturação por bases (V%) observou-se valores médios no volume irrigado de 1,0 e 0,5 L de AR de 62,63 e 65,13% para profundidade de 0-15 cm e de 60,91 a 62,10% para a profundidade de 15-30 cm, respectivamente. Quanto à irrigação com a água irrigada de 0,5 L de AA, os valores médios foram de 56,68 e 54,79% nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm. Os resultados evidenciaram que os tratamentos com água residuárias estão dentro dos padrões recomendados.

A saturação por alumínio pode-se inferir que houve aumento após aplicação da água residuária, uma vez que o fator é diretamente proporcional ao teor de alumínio no solo, à medida que há a aumento do teor de alumínio a saturação por alumínio também aumenta, bem como à medida que a CTC aumenta. Dessa forma, os valores médios foram obtidos com o volume de 1,0 L de AR (89% (15-30 cm de profundidade) e 91% 0-15 cm de profundidade), seguido de 52,43 e 61,63% para a profundidade de 0-15 e 15-30 cm com o volume de 0,5 L de AR, classificados como de médio a altos, nesta ordem. O volume de 0,5 L de AA valores médios classificados como baixos, os quais foram 4,96 e 3,94% nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm.

A porcentagem de sódio trocável com a irrigação de 0,5 L de AR foi de 13,53 e 14,20% nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm. Já o volume irrigado de 1,0 L de AR obteve valor médio de 22,94% na profundidade de 0-15 cm e 9,70% para a profundidade de 15-30 cm. Com relação ao volume de 0,5 L de AA, os valores médios da PST foram de 15,26 para os 15 cm e 12,18% para os 30 cm de profundidade estudada.

Pedrotti et al. (2015) reforçam que em solos salino-sódicos, por exemplo são formados quando a Percentagem de Trocável (PST) atinge valores iguais ou maiores a 15%, sobretudo se os níveis de salinidade permanecem altos, com uma condutividade elétrica (CE) $\geq 4,0$ dS.m⁻¹. Dessa maneira, o excesso de sais pode comprometer a produtividade da cultura, sendo recomendado manejo para reduzir esses sais até a sua estabilização.

A relação cálcio com magnésio apresentou valores médios de 3,43 e 2,98 para o volume de 1,0 L de AR e no volume irrigado de 0,5 L de AR 3,11 e 2,94 nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm. Notou-se que os valores de Ca^{+2} estão inversamente proporcionais aos de Mg^{+2} e que não apresentam padrão nas camadas, visto que estes nutrientes podem ser facilmente deslocados ou trocados por outros cátions. Observou-se que no volume irrigado de 0,5 L de AA propiciou o aumento dos valores médios 1,50 e 2,10 nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm. Em todas as situações os resultados se configuram dentro dos limites médios (SOBRAL et al., 2007).

Com relação à acidez potencial entre os tratamentos com água residuária os resultados foram bastante similares independentemente do volume irrigado e das profundidades. O volume de 0,5 L de AR obteve valores médios de 5,18 e 5,31 da acidez potencial, enquanto para o volume de 1,0 L de AR obteve-se valores médios de 5,23 a 5,36 nas profundidades de 0-15 e 15-30 cm, respectivamente. Para o volume de 0,5 L de AA os resultados foram de 2,23 e 2,68 de acidez potencial para 0-15 e 15-30 cm de profundidade, respectivamente, a qual é considerada de ordem baixa.

4. CONCLUSÕES

1. O aumento da lâmina de efluente doméstico proporcionou redução no teor de Na, Ca e Mg no solo.
2. Tanto o volume de 1,0 L quanto o volume de 0,5 L de água residuária reduzem o carbono do solo.

5. REFERENCIAS

ABREU, A. H. M.; ALONSO, J. M.; MELO, L. A. de; LELES, P. S. dos S.; SANTOS, G. R. dos. Caracterização de biossólido e potencial de uso na produção de mudas de *Schinus terebinthifolia Raddi*. **Engenharia Sanitária Ambiental**, v. 24, n. 3, p. 591-599, 2019.

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF. p. 1360, 2012.

CAOVILLA, F. A.; SAMPAIO, S. C.; SMANHOTTO, A.; NÓBREGA, L. H. P.; QUEIROZ, M. M. F.; GOMES, B. M. Características químicas de solo cultivado com soja e irrigado com água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 14, n. 7, p. 692-697, 2010.

BONINI, C. S. B.; ALVES, M. C.; MONTANARI, R. Lodo de esgoto e adubação mineral na recuperação de atributos químicos de solo degradado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.19, n.4, p.388–393, 2015.

CALDEIRA JÚNIOR, C. F.; SOUZA, R. A.; SANTOS, A. M.; SAMPAIO, R. A.; MARTINS, E. R. Características químicas do solo e crescimento de *Astronium fraxinifolium* Schott em área degradada adubada com lodo de esgoto e silicato de cálcio. **Revista Ceres**, v. 56, n. 2, p. 213-218. 2009.

COSTA, V. L.; MARIA, I. C.; CAMARGO, O. A.; GREGO, C. R.; MELO, L. C. A. Distribuição espacial de fósforo em Latossolo tratado com lodo de esgoto e adubação mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.18, p.287-93, 2014.

DANCEY, C.; REIDY, J. **Estatística sem matemática para psicologia**. Porto Alegre: Artmed, p. 608, 2013.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, p. 230, 2011.

EZEAKU, P. I. Evaluating the influence of open cast mining of solid minerals on soil, land use and livelihood systems in selected areas of Nasarawa State, North-Central Nigeria. **Journal of Ecology and the Natural Environment**, v. 4, p. 62-7, 2012.

FREITAS, C. A. S.; SILVA, A. R. A.; BEZERRA, F. M. L.; MOTA, F. S. B.; GONÇALVES, L. R. B.; BARROS, E. M. Efluente de esgoto doméstico tratado e reutilizado como fonte hídrica alternativa para a produção de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, n. 7, p. 727-734. 2013.

GHEYI, H.R.; DIAS, N.S.; LACERDA, C.F. (Eds.). **Manejo da Salinidade na Agricultura: Estudos Básicos e Aplicados**. Fortaleza: INCTSal, p.129-141. 2010.

KAISER, H. F. **The varimax criterion for analytic rotation in factor analysis**. **Psychometrika**, 23.3: 187-200. 1958.

KÖEPPEN, W. **Klassifikation der klimate nach temperatura, niederschlag und jahreslauf**. Pet. Geo. Mitt. Gotha, v. 64, p. 193-203, 1918.

KOHL, K. D. Mechanics of rill headcutting. Retro. Theses Dissertations, 8861, 1988.
MAGGI, C. F.; FREITAS, P. S. L.; SAMPAIO, S. C.; DIETER, J. Lixiviação de nutrientes em solo cultivado com aplicação de água residuária de suinocultura. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.2, p.170-177, 2011.

MEDEIROS, S. S.; SOARES, A. A.; FERREIRA, P. A.; SOUZA, J. A. A.; SOUZA, J. A.; MATOS, A. T. Comportamento dos atributos químicos do solo em resposta à

aplicação de água residuária de origem doméstica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.268-273, 2005.

MENEZES, R. S. C.; SAMPAIO, E. V. S. B.; GIONGO, V. B.; PÉREZ-MARIN, A.M. Biogeochemical cycling in terrestrial ecosystems of the Caatinga Biome. **Brazilian Journal of Botany**, v. 72, n. 3, p. 643-653, 2012.

MURPHY, J. & RILEY, J.P. A modified single solution method for the determination of phosphate in natural waters. **Anal. Chim. Acta**, 27:31-36, 1962.

PEDROTTI, A.; CHAGAS, R. M.; RAMOS, V. C.; PRATA, A. P. do N.; LUCAS, A. T.; SANTOS, P. B. dos. Causas e consequências do processo de salinização dos solos. **Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental**, v. 19, n. 2, p. 1308-1324. 2015.

RIBEIRO, M. C. F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C.; SILVA, J. O.; PEIXOTO, M. F. S. P.; PAZ, V. P. S. Crescimento e produtividade da mamoneira irrigada com diferentes diluições de esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 6, p. 639-646. 2012.

SAMPAIO, T. F.; GUERRINI, I. A.; BACKES, C.; HELIODORO, J. C. A.; RONCHI, H. S.; TANGANELLI, K. M.; CARVALHO, N. C. DE; OLIVEIRA, F. C. Lodo de esgoto na recuperação de áreas degradadas: efeito nas características físicas do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 36, p. 1637-1645. 2012.

SELAU, C. F.; MARAFON, A. J.; ANDREZZA, R.; ANGHINONI, I.; TEDESCO, M.J.; CAMARGO, F. A. O. Alterações eletroquímicas e dinâmica de nutrientes na solução do solo em arroz irrigado com lixiviado industrial tratado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.39, p.466-474, 2015.

SILVA, A. S.; LAIME, E. M. O.; SOUZA, R. N.; SOUTO FILHO, L. T.; OLIVEIRA, D. C. S. Caracterização de plantas de milho na absorção de nutrientes e metais pesados pós submissão à irrigação com efluente. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, p.141-145, 2012.

SOBRAL, L. F.; VIEGAS, P. R. A.; SIQUEIRA, O. J. W.; ANJOS, J. L.; BARRETTO, M.C.V.; GOMES, J. B. V. (Eds). **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes no estado de Sergipe**. p.49-79. EMBRAPA, 2007.

SOBRAL, L. F.; BARRETTO, M. C. DE V.; SILVA, A. J. DA.; ANJOS, J. L. dos. **Guia Prático para Interpretação de Resultados de Análises de Solo**. EMBRAPA – Documentos 206. 2015.

SCHULTE, E. E.; J.B. PETERS; P.R. HODGSON. **Wisconsin Procedures for soil testing, plant analysis and fud & forage analysis**. Department of soil Science. University of Wisconsin-Extension, Madison, WI, p.9. 1987.

STATSOFT. **Statistica 7.0**. Tulsa: StatSoft, p. 250. 2004.

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

CAPITULO III

CRESCIMENTO E PRODUÇÃO DA PALMA FORRAGEIRA IRRIGADA COM ÁGUA RESIDUÁRIA NO SEMIÁRIDO BRASILEIRO

RESUMO: A palma forrageira tem sido uma das principais fontes de alimento para a pecuária nordestina e garantir a sua produtividade em área degradada é um desafio. Objetivou-se avaliar o crescimento e a produção da palma forrageira var. Orelha de Elefante Mexicana cultivada em área degradada sob gotejo com irrigação residuária. A pesquisa foi conduzida na área experimental, pertencente à sede administrativa do Instituto Nacional do Semiárido, localizado no município de Campina Grande, PB. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, em esquema fatorial formado por água e três épocas de avaliação das plantas em dez blocos. O fator água de irrigação foi constituído por três níveis: aplicação semanal de 0,5 L de água de abastecimento; 0,5 L água residuária e 1,0 L de água residuária (efluente doméstico tratado). As três épocas de avaliação das plantas foram: 240, 300 e 360 dias após o plantio, sendo realizado o corte e, após a rebrota avaliou-se 240, 300 e 360 dias após o corte. No primeiro e no segundo ano avaliou-se a altura total da planta, comprimento, largura, perímetro, espessura média, número de cladódio por planta, além da massa seca da planta, teor de umidade, produtividade da planta e produtividade da água. O gotejo semanal de 0,5 L de água residuária por planta proporcionou ganhos nas variáveis biométricas das plantas em relação a aplicação de água de abastecimento. Houve aumento da massa seca, teor de água, produtividade de massa fresca e da água no segundo corte.

Palavras-chave: Variedade Orelha de Elefante Mexicana, *Opuntia stricta* Haw, cladódio, esgoto doméstico

GROWTH AND PRODUCTION OF WATER IRRIGED PALM WITH WASTE WATER IN BRAZILIAN SEMIARID

ABSTRACT: Forage palm has been one of the main sources of food for northeastern livestock and ensuring its productivity in degraded area is a challenge. The objective of this study was to evaluate the growth and yield of forage palm var. Ear of Mexican Elephant grown in degraded area under drip with residual irrigation. The research was conducted in the experimental area, belonging to the administrative headquarters of the National Institute of Semiarid, located in Campina Grande, PB. The experimental design was randomized blocks, in a factorial scheme formed by water and three times of plant evaluation in ten blocks. The irrigation water factor consisted of three levels: weekly application of 0.5 L of supply water; 0.5 L wastewater and 1.0 L wastewater (treated domestic effluent). The three evaluation periods of the plants were: 240, 300 and 360 days after planting, cutting was performed and after regrowth it was evaluated 240, 300 and 360 days after cutting. In the first and second year, the total plant height, length, width, perimeter, average thickness, cladode number per plant were evaluated, as well as plant dry mass, moisture content, plant productivity and water productivity. The weekly drip of 0.5 L of wastewater per plant provided gains in biometric variables of plants in relation to the application of water supply. There was an increase in dry mass, water content, fresh mass and water yield in the second cut.

Key words: Mexican Elephant Ear Variety, *Opuntia stricta* Haw, cladode, domestic sewage

1. INTRODUÇÃO

A palma forrageira vem sendo explorada praticamente em todo o Nordeste do Brasil, por se tratar de uma espécie adaptável à região semiárida, atualmente já excedendo 600 mil hectares de área plantada (LOPES et al., 2012). Essas áreas se expandem aos estados de Alagoas, Bahia, Pernambuco, Paraíba e Sergipe (PEREIRA e LOPES, 2011) e, mais recente o Rio Grande Norte (LIMA et al., 2015), que tem melhorado o planejamento e manejo da cultura.

Essa expansão ocorre principalmente pela soma da produção oriunda da agricultura familiar. Mesmo assim, Buainain et al. (2014) avaliaram que ainda existe cerca de um milhão de pequenas propriedades agrícolas as quais possuem área inferior a cinco hectares no semiárido nordestino e que podem ser aproveitadas para a produção desta cultura. No semiárido, além da falta de insumos, o agricultor tem que lidar com as irregularidades das chuvas, altas demandas evaporativas (SILVA et al., 2015) e solos cristalinos, os quais armazenam pouca água e muitas vezes encontram-se degradados e até desertificados.

É notório que a maior parte dos genótipos de palmas cultivados são destinados à pecuária regional. Para tanto, a preferência é por variedades tolerantes ao inseto conhecido como cochonilha-do-carmim (*Dactylopius opuntiae*). Nesse sentido, destaca-se a Orelha de Elefante Mexicana (*Opuntia stricta* Haw) que para maximizar a produtividade de massa seca tem-se pesquisado, principalmente, quanto à irrigação (QUEIROZ et al., 2015); irrigação e adensamento (LIMA et al., 2015); com adubação e/ou fertirrigada (SILVA, 2017a; LEMOS et al., 2018); e em razão da disponibilidade de nutrientes para alimentação animal (SILVA et al., 2017b).

Nesta lógica, surgiram alternativas para viabilizar a produção da palma, com baixo custo, como por exemplo, o uso da água de esgoto doméstico tratada associada à recuperação das áreas degradadas (INSA, 2014), porém é necessário aprofundar-se em mais informações sobre os efeitos diretos e indiretos da água residuária a respeito desta cactácea, visto que, áreas degradadas apresentam solos com baixa fertilidade e baixo armazenamento de água.

Hipotetizou-se que a água residuária poderia ser fonte de nutrientes para a palma forrageira mesmo em solos com baixa fertilidade e, em condições de semiárido.

Objetivou-se avaliar o crescimento e a produção da palma forrageira var. Orelha de Elefante Mexicana cultivada em área degradada sob gotejo com irrigação residuária.

2. MATERIAL E MÉTODOS

a) Situação e caracterização do ambiente experimental

O experimento foi iniciado em 24 de julho de 2015 e foi finalizada a avaliação no segundo ano de produção, em julho de 2017. O estudo foi conduzido na área experimental pertencente a sede administrativa do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), localizado no município de Campina Grande, PB, situada nas coordenadas geográficas 07° 27' S e 35° 95' W, com altitude de 550 m. Nesse período, a temperatura do ar variou entre 20,5 °C e 30,5 °C, a umidade relativa com média em torno de 80% e precipitação 755,8 mm (2015-2016) e 846,8 mm (2016-2017), conforme a Figura 1.

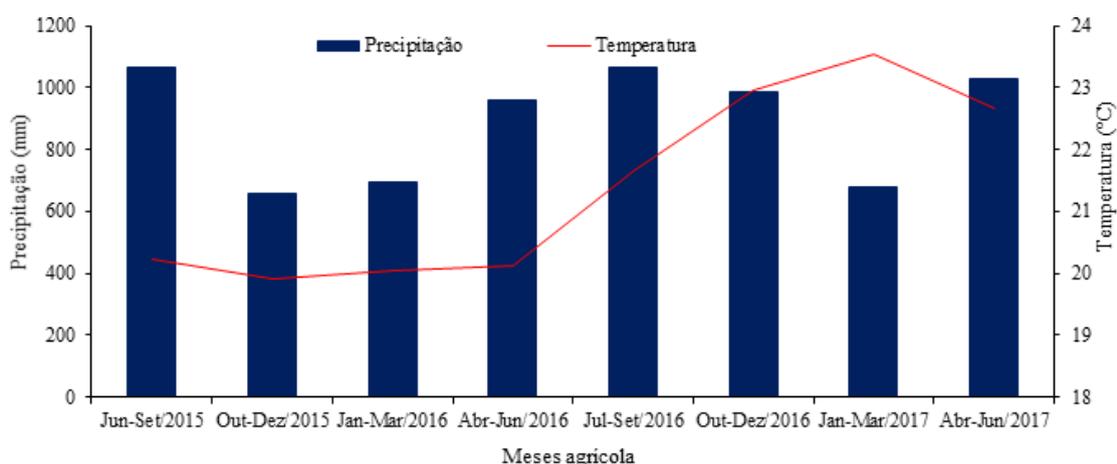


Figura 1: Relação das médias de precipitação e temperaturas trimestrais no período de junho de 2015 a junho de 2017.

Fonte: INSA

b) Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num esquema fatorial formado por água de irrigação e épocas de avaliação das plantas em dez blocos (Quadro 1). O fator água de irrigação foi constituído por três níveis: aplicação semanal de 0,5 L de água de abastecimento; 0,5 L de água residuária e 1,0 L de efluente doméstico tratado. Quanto ao fator época da planta, considerou-se dois anos de cultivo, o primeiro ano

ocorreu com o plantio do cladódio até o corte inicial (240, 300 e 360 dias após o plantio) e o segundo com início de avaliação a partir dos 240, 300 e 360 dias após o corte.

Quadro 1. Tratamentos resultantes da combinação fatorial para o primeiro e segundo ano de crescimento vegetativo e produtividade da palma forrageira OEM, Campina Grande-PB. 2019.

Tratamentos		Significado
1º Ano – DAP (Dias após o plantio)	2º Ano - DAC (Dias após o corte)	
0,5 L AA240DAP	0,5 L AA240DAC	0,5 L de água de abastecimento na idade de 240 dias
0,5 L AA300DAP	0,5 L AA300DAC	0,5 L de água de abastecimento na idade de 300 dias
0,5 L AA360DAP	0,5 L AA360DAC	0,5 L de água de abastecimento na idade de 360 dias
1,0 L AR240DAP	1,0 L AR240DAC	1,0 L de água residuária na idade de 240 dias
1,0 L AR300DAP	1,0 L AR300DAC	1,0 L de água residuária na idade de 300 dias
1,0 L AR360DAP	1,0 L AR360DAC	1,0 L de água residuária na idade de 360 dias
0,5 L AR240DAP	0,5 L AR240DAC	0,5 L de água residuária na idade de 240 dias
0,5 L AR300DAP	0,5 L AR300DAC	0,5 L de água residuária na idade de 300 dias
0,5 L AA360DAP	0,5 L AA360DAC	0,5 L de água residuária na idade de 360 dias

c) Caracterização da área experimental

As parcelas experimentais com 7,8 m² foram compostas por duas fileiras simples que originaram a fileira dupla de plantas, cada uma com 3 m de comprimento, sendo composta por oito plantas espaçadas por 0,5 entre plantas e 0,5 m entre fileiras, totalizando 240 unidades de plantas analisadas, o que correspondeu a 2160 raquetes.

O solo classificado como Planossolo Nátrico passou pela retirada dos horizontes A e B da estrutura, o mesmo tornou-se Tecnosolo (FAO, 2015). Antes da implantação desse experimento, coletou-se amostras de solo para análise física cujos resultados classificaram a textura como franco-arenosa (697,66 e 721,54 g kg⁻¹ de areia, 103,61 e 80,71 g kg⁻¹ de silte e 198,55 e 197,77 g kg⁻¹ de argila para a profundidade de 0-15 cm e, 15-30 cm, respectivamente) e caracterização química (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização química do solo da área experimental. Campina Grande, PB.

Prof. (cm)	pH _{H2O}	M. O (dag kg ⁻¹)	P (mg dm ⁻³)	K (mg dm ⁻³)	Fe (mg dm ⁻³)	Na (cmol dm ⁻³)	Ca (cmol _c dm ⁻³)	V (%)
0 a 15	6,5	1,45	3,51	138,80	17,8	0,14	3,4	76,40
15 a 30	6,3	0,81	1,73	123,52	14,7	0,13	2,8	68,41

Prof.: Profundidades; pH: Potencial hidrogeniônico em água; M.O: Matéria orgânica; P: Fósforo; K: Potássio; Fe: Ferro; Na: Sódio; Ca: Cálcio; V (%): Saturação de bases.

Durante a execução do experimento foram realizadas análises químicas do efluente em pontos estratégicos (esgoto bruto, efluente tratado e num gotejador) para

acompanhamento da quantificação de nutrientes aportados cujos resultados analíticos, obtidos conforme APHA (2012) encontram-se na Tabela 2.

Tabela 2. Caracterização média da química e condutividade elétrica da água residuária utilizada na irrigação da área experimental. Campina Grande, PB.

pH	CE	N	P	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COT	SDT	DQO	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻
-	dS m ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----													
8,1	1,37	24,2	12	9,2	50,3	3,5	684	32	21,2	4,7	21,9	2,3	23,3	10,1	267

pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; N: Nitrogênio total; P: Fósforo; PO₄³⁻: Ortofosfato; SO₄²⁻: Sulfato de magnésio; COT: Carbono orgânico total; SDT: Sais dissolvidos totais; DQO: Demanda química de oxigênio; NH₄⁺: Amônio; NO₃⁻: Nitrato; Na⁺: Sódio; K⁺: Potássio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; Cl⁻: Cloreto.

d) Caracterização das águas de irrigação

As amostras da água residuária aplicada foram analisadas de acordo com a APHA (2012), e os resultados encontram-se na Tabela 3, obtidas do reservatório de armazenamento após os tratamentos primário e secundário da estação, a partir das análises realizadas na Estação Experimental de Tratamento de Águas e Esgotos – Extrabes, em Campina Grande, PB.

Tabela 3. Caracterização do esgoto doméstico utilizado na irrigação da área experimental

pH	CE	N	P	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COT	SDT	DQO	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻
-	dSm ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----													
8,1	1,37	24,2	12	9,2	50,3	3,5	684	32	21,2	4,7	21,9	2,3	23,3	10,1	267

pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; N: Nitrogênio total; P: Fósforo; PO₄³⁻: Ortofosfato; SO₄²⁻: Sulfato de magnésio; COT: Carbono orgânico total; SDT: Sais dissolvidos totais; DQO: Demanda química de oxigênio; NH₄⁺: Amônio; NO₃⁻: Nitrato; Na⁺: Sódio; K⁺: Potássio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; Cl⁻: Cloreto.

As análises físico-químicas da água de abastecimento proveniente da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) foi captada do Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, PB. A coleta foi retirada na torneira do gotejador (Tabela 4) e levadas ao laboratório Extrabes, conforme metodologia APHA.

Tabela 4. Caracterização da água convencional utilizada na irrigação da área experimental

Ph	CE	N	P	COT	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻
-	dS m ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----							
7,5	0,78	0,26	1,65	1,71	9,1	5,2	11,1	6,2	175

pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; N: Nitrogênio total; P: Fósforo; COT: Carbono orgânico total; Na⁺: Sódio; K⁺: Potássio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; Cl⁻: Cloro.

e) Caracterização do manejo e sistema de irrigação

A água foi distribuída pelo método de irrigação localizada através do sistema de gotejamento com vazão média dos emissores autocompensantes igual a $2 \text{ L h}^{-1} \text{ planta}^{-1}$, com intensidade de aplicação de $1,008 \text{ mm h}^{-1}$ e baixa pressão de serviço ($0,5 \text{ a kgf cm}^{-2}$). As irrigações foram realizadas uma vez a cada semana, sendo distribuída em dois volumes controlados pelo tempo de 28 min, quando irrigado um litro por planta, e 14 min quando irrigado 0,5 L por planta. O sistema de irrigação esteve avaliado em dois períodos com coeficiente de uniformidade de aplicação estimados em 86 e 75% no início e final do experimento.

A precipitação total no primeiro ano foi 755,8 mm e no segundo 846,8 mm. O volume de água aplicado nas irrigações em função dos tratamentos com água residuária e água abastecimento público ao logo da condução do experimental encontra-se na Tabela 5.

Tabela 5. Volume de água aplicado via irrigação por gotejo por planta por ano durante dois ciclos de produção da palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana. Campina Grande, PB.

Fator volume de irrigação	Descrição do Tratamento	Volume aplicado ($\text{L ano}^{-1} \text{ planta}^{-1}$)	Lâmina aplicada ($\text{mm ano}^{-1} \text{ planta}^{-1}$)
0,5 L de AR	0,5 litro de água de abastecimento	26	104
0,5 L de AA	0,5 litro de água residuária	26	104
1,0 L de AR	1,0 litro de água residuária	52	208

f) Descrição e condução das culturas

Os cladódios para o plantio foram provenientes da área experimental denominada de réuso II, os quais também foram cultivados com água residuária seguindo os mesmos tratamentos. Durante o experimento aplicou-se os tratos culturais normais à cultura da palma.

Os tratos culturais realizados durante os ciclos da cultura consistiram em capinas manuais e com uso de ferramentas agrícolas como enxadas, facão e foice.

g) Variáveis analisadas

Avaliou-se a altura total da planta, comprimento, largura e perímetro do cladódio, em cm, com o auxílio da fita métrica; a espessura média (mm) foi determinada com paquímetro e a contagem do número de cladódio diretamente por planta.

Realizou-se a colheita dos cladódios aos 360 DAP em 21 de setembro de 2016 e aos 360 DAC em 19 de setembro de 2017. Avaliou-se a produtividade da massa verde e seca ($t\ ha^{-1}$); o teor de água nos cladódios (%) e a produtividade da água ($kg\ m^{-3}$). A produtividade da massa verde foi determinada pela multiplicação entre a massa verde média por planta e o número total de plantas por hectare ($t\ ha^{-1}$). Em seguida, coletou-se uma amostra representativa de dois quilogramas dos cladódios, os quais foram picados e secos em estufa de circulação de ar forçada a $65\ ^\circ C$ até atingir peso constante, e, posteriormente, os materiais pesados e determinada a massa seca por planta.

O teor de água nos cladódios foi determinado pela diferença entre a massa verde pela massa seca e multiplicada por 100 (em percentagem). A produtividade da água ($Prod_{H_2O}$) foi calculada com base na relação entre Massa verde do cladódio ($kg\ ha^{-1}$) e o total proporcional ao volume de água irrigado de cada tratamento ($m^3\ ha^{-1}$), somando todas as precipitações durante o todo o experimento (Eq. 1).

$$Prod_{H_2O} = \frac{MVC}{Vol.irrigado+P} \quad (\text{Equação 1})$$

Onde:

$Prod_{H_2O}$ – produtividade de água, $Kg\ m^{-3}$;

MVC – massa verde do cladódio, $kg\ ha^{-1}$;

P – precipitação; e

Vol. Irrigado – volume irrigado, m^3 .

h) Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, as médias dos tratamentos com água comparadas pelo teste de Tukey para 5% de probabilidade de erro, sendo conduzido para a água irrigada (A) e as épocas, avaliadas em dois anos (DAP e DAC). Os dados foram analisados estatisticamente pelo programa estatístico sisvar (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

3.1 Análise do crescimento

Observa-se que no primeiro ano houve efeito significativo pelo teste F ($p < 0,05$) para os fatores época de avaliação e a água irrigada quando analisado isoladamente, repetindo-se o efeito para os blocos analisados. Por outro lado, não foi verificado efeito significativo ($p > 0,05$) da interação dos fatores estudados (Tabela 6). Isto revela que as adições das águas contribuíram para o crescimento da palma forrageira OEM e as épocas favoreceram o crescimento na medida em que se aproximou de um ano, fase final das avaliações (360 DAP).

Tabela 6. Resumo das análises de variância para variáveis de crescimento: altura de planta total (AP), número de cladódios (NC), comprimento de cladódios (CC), largura de cladódios (LC), perímetro do cladódio (PC) e a espessura de cladódios (EC) de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana em função da água irrigada aos 240, 300 e 360 dias após o plantio (DAP). Campina Grande, PB. 2019.

		----- Quadrado Médio -----					
		AP	NC	CC	LC	PC	EC
Bloco	9	83,68**	0,24**	14,70*	10,17**	92,43*	4,47**
Água irrigada (A)	2	484,00**	0,72**	33,73**	18,09*	166,64*	1,72*
Época (E)	2	1276,82**	3,65**	252,80**	218,02**	1358,56**	163,59**
Interação (AxE)	4	38,19 ^{ns}	0,06 ^{ns}	0,41 ^{ns}	2,31 ^{ns}	20,42 ^{ns}	0,63 ^{ns}
Resíduo	72	30,58	0,13	6,14	3,90	38,11	1,12
CV (%)		16,07	22,35	11,32	11,35	10,57	14,48
Média geral		34,41	1,63	21,89	17,40	58,41	7,32

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade de erro, respectivamente, pelo Teste F; GL: Graus de liberdade; FV: Fonte de variação; e CV: Coeficiente de variação.

De acordo com Cunha et al. (2012), as condições do semiárido brasileiro podem contribuir para a ausência de algumas características avaliadas na palma forrageira, tais como a dinâmica do desenvolvimento do seu sistema radicular que normalmente é associada a baixa disponibilidade do nitrogênio aos solos.

Os valores médios da altura de planta total foram superiores quando a palma forrageira OEM foi irrigada com 0,5 L de AR (37,62 cm) e inferior ao irrigar com 1,0 L de AR correspondendo à média de 35,69 cm. Quando a mesma foi irrigada com a água de abastecimento público, verificou-se que a planta obteve altura total de 29,91 cm quando irrigada com o volume de 0,5 L de AA (Figura 2A). A diferença entre o volume de água irrigado de 1,0 L de AR e 0,5 L de AR para com a água de abastecimento foi de

29,32 e 25,77%, respectivamente.

Com relação ao comprimento de cladódios, os valores médios quando aplicada à água residuária foram estatisticamente diferentes entre si. Verificou-se que o volume de 0,5 L de AR obteve valor médio de 22,95 e 21,87 cm quando irrigado com 1,0 L de AR, enquanto a água de abastecimento público (0,5 L de AA) obteve valor médio de 20,83 cm (Figura 2B). O incremento agrícola do volume da água de 0,5 L de AR em relação ao volume de água de abastecimento foi de 10,18%, enquanto o volume de 1,0 L de AR foi de 4,97%.

O maior número de cladódio foi obtido com a irrigação de 1,0 L da AR, o qual obteve valor médio de 1,80 cladódios. Por outro lado, não houve diferença estatística entre o volume de 0,5 L da AA para o volume irrigado de 0,5 L da AA, os quais obtiveram valor médio de 1,50 unidades de cladódios, respectivamente (Figura 2C). A diferença foi de 20% entre o volume de 1,0 L de AR para o volume de referência (0,5 L de AA).

Quanto à espessura de cladódio (Figura 2D) verificou-se que resultados foram semelhantes entre si para todas as águas testadas, constando-se valores médios de 7,05, 7,4 e 7,5 mm para os volumes de 0,5 L de AA, 1,0 e 0,5 L de AR, respectivamente.

A largura de cladódio da palma forrageira OEM apresentou resultados semelhantes quando irrigada com os volumes de 0,5 L de AA e 1,0 L de AR, 16,65 e 17,35 cm, nesta ordem, aumentado a largura quando irrigada com 0,5 L de AR, obtendo o valor médio de 18,21 cm (Figura 2E). A diferença entre os volumes de água residuária para com a água de abastecimento foi de 9,37% e 22,22% para o volume de 0,5 e 1,0 L de AR, respectivamente. Observou-se que a largura de cladódio foi pouco influenciada pelo maior volume de água residuária. Gomes et al. (2016) justificaram tal resultado a baixa capacidade de armazenamento de água no solo e ao material de propagação quanto às condições edáficas, características típicas das áreas degradadas no semiárido.

Em relação ao perímetro de cladódio da palma forrageira OEM, notou-se que os resultados foram semelhantes para os volumes de 0,5 L da AA e 1,0 L da AR (56,37 e 57,86 cm, respectivamente) enquanto o volume irrigado com 0,5 L de AR obteve valor médio no perímetro de 60,97 cm (Figura 2F). O volume de 0,5 L de AR foi superior ao volume de 1,0 L de AR, cuja diferença de incremento foi de 8,16 e 2,64%, respectivamente, quando comparado com o volume de referência.

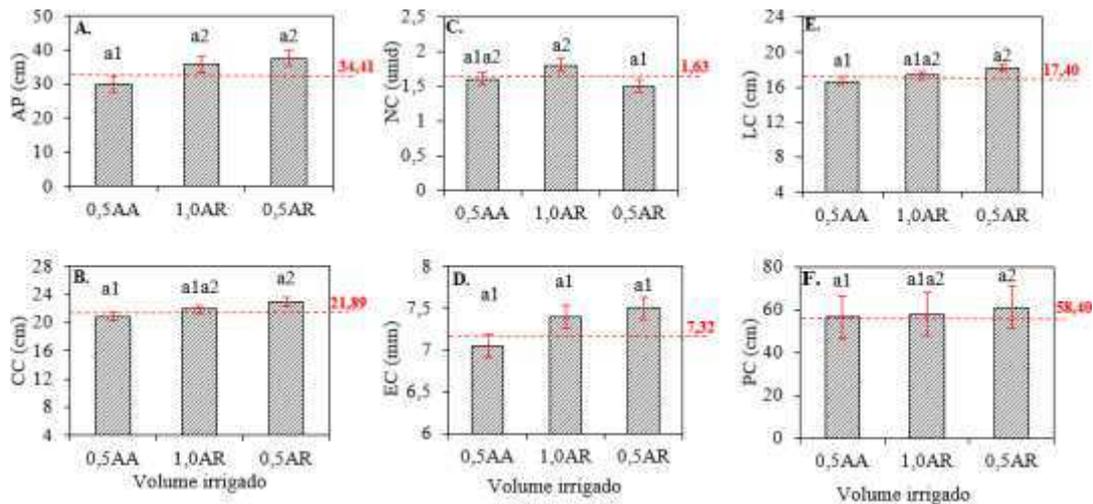


Figura 2. Variáveis de crescimento da palma forrageira: A) Altura da planta; (B) Comprimento do cladódio; (C) número dos cladódios; (D) Espessura do cladódio; (E) largura dos cladódios e (F) perímetro dos cladódios em função da água irrigada quando avaliada após o plantio (DAP). Campina Grande, PB, 2019.

Ramos et al. (2011) verificaram em seu estudo relacionado à adubação e a irrigação que os dois incrementos são necessários para a obtenção do crescimento e produção da palma forrageira OEM. Destaca-se a importância da disponibilidade da água, a qual é recomendada por Queiroz et al. (2015) lâminas de 1048 a 1096 mm ano⁻¹, valores bem superiores ao utilizado neste estudo, que foi de 755,8 mm ano⁻¹ para as avaliações após o plantio (DAP).

O crescimento vegetativo da palma forrageira OEM em termos de altura de planta, comprimento de cladódio, largura de cladódio, número de cladódios por planta, espessura e perímetro de cladódios foi incrementado à medida que se aproximava dos 360 DAP (Figura 3). Com exceção da variável de perímetro de cladódio que apresentou resultados semelhantes entre 240 e os 300 DAP, todas as épocas exibiram valores médios crescentes. Constatou-se na Figura 3A que a altura de planta total foi superior aos 360 DAP, a qual apresentou valor médio de 41,27 cm e valor mínimo aos 240 DAP (28,29 cm) enquanto aos 300 DAP foi obtido o valor médio intermediário de 33,66 cm, obtendo incremento positivo de 45,88% até os 360 DAP. Notou-se, ainda, pela média geral, que a altura da planta total foi crescente, ou seja, aumentou consideravelmente com o passar dos dias logo no primeiro ano (DAP).

Com relação ao comprimento de cladódio, observou-se que a diferença entre os 360 para os 240 DAP foi de 30,58%, obtendo valor intermediário aos 300 DAP correspondeu a 14,95 cm (Figura 3B). Oliveira Junior et al. (2009) encontraram para a palma forrageira OEM, valores de comprimento médio de cladódios de 22 até 26 cm aos

330 DAP, resultado este semelhante ao relatado no presente estudo, entretanto em condições de solos divergentes.

Notou-se que o maior número de cladódio obtido foi de 2,00 cladódios aos 360 DAP enquanto aos 240 DAP foi obtido o valor médio de 1,60 cladódios e menor valor médio aos 300 DAP correspondendo a 1,50 cladódios (Figura 3C). Observa-se que a média geral do número de cladódio foi crescente, diferindo-se estatisticamente (entre os 240 e 360 DAP) 25% do total, ou seja, aumentou com o passar dos dias.

Primavesi (2002) trabalhou em condições semelhantes, concluindo que as regiões semiáridas com solos desprovidos de matéria orgânica tornam a planta incapaz de utilizar a água retida no solo e os nutrientes disponíveis, visto que, a matéria orgânica além de oferecer substâncias agregantes ao solo, serve como fonte de carbono aos microorganismos de vida livre, os quais são fixadores de nitrogênio.

Viu-se que a espessura de cladódio foi superior aos 360 DAP com o valor médio de 9,49 mm, a qual representa 48,89% quando comparada aos 4,85 mm constatados aos 240 DAP, enquanto o valor médio intermediário foi de 7,63 mm aos 300 DAP (Figura 3D).

Em relação a largura de cladódio valores superiores foram encontrados aos 360 DAP com 20,16 cm, diferenciando-se estatisticamente entre as demais épocas com valores médios de 14,78 e 17,27 cm aos 240 e 300 DAP, respectivamente, isso significou um incremento de 36,40%, ao comparar da maior para a menor época de avaliação (Figura 3E). A largura e comprimento de cladódios são dimensões que resultam no acúmulo de forragem e a estimativa de sua qualidade (COSTA et al., 2012).

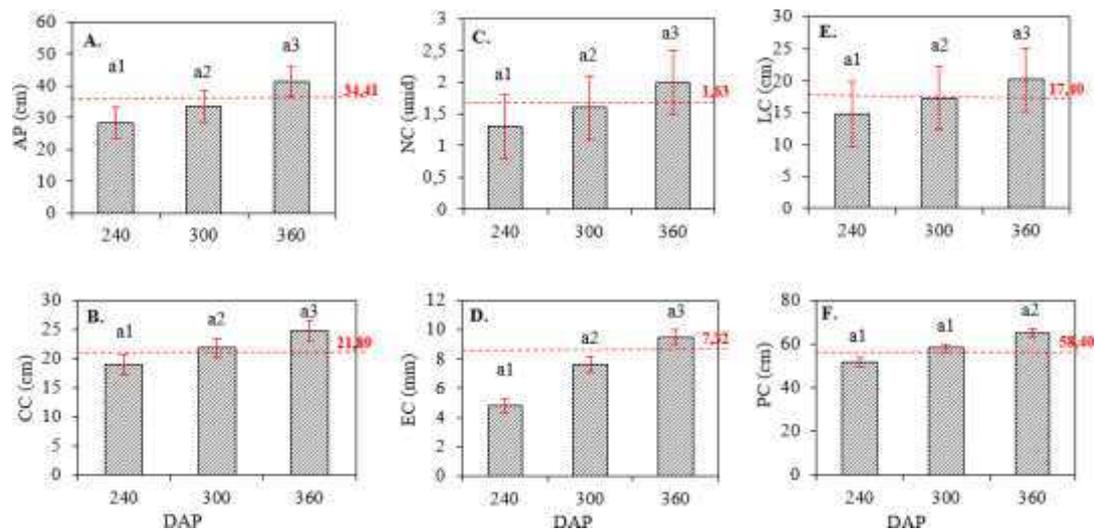


Figura 3 Variáveis de crescimento da palma forrageira: altura da planta (A); número de cladódio (B); largura do cladódio (C); comprimento do Cladódio (D); espessura do cladódio (E) e perímetro do cladódio (F) em função dos dias após o plantio (DAP). Campina Grande, PB, 2019.

No segundo ano o fator isolado água irrigada influenciou significativamente, pelo teste F, todas as variáveis avaliadas ($p < 0,01$). Quanto ao fator época de avaliação se verificou efeito significativo ao nível de 1% para as variáveis altura de planta, número de cladódio, largura, perímetro e espessura de cladódio enquanto o comprimento de cladódio foi significativo a 5% de probabilidade. O efeito sob os blocos foi significativo ao nível de 5% para o comprimento de cladódio e 1% para todas as demais variáveis analisadas. Com exceção do perímetro de cladódio ($p < 0,01$), não houve efeito significativo na interação entre os fatores estudados. Nota-se, ainda, pela média geral, que todas variáveis obtiveram valores superiores quando comparadas com as avaliações antes do corte, ou seja, aumentaram no segundo ano (DAC), conforme Tabela 7.

Tabela 7. Resumo da análise de variância para variáveis de crescimento: altura de planta total (AP), número de cladódios (NC), comprimento de cladódios (CC), largura de cladódios (LC), perímetro do cladódio (PC) e a espessura de cladódios (EC) de palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana em função da água irrigada aos 240, 300 e 360 dias após o corte (DAC). Campina Grande, PB. 2019.

FV	GL	DAC					
		----- Quadrado Médio -----					
		AP	NC	CC	LC	PC	EC
Bloco	9	146,00**	5,90**	21,48*	27,42**	137,28**	24,81**
Água irrigada (A)	2	610,29**	21,82**	259,63**	175,61**	1551,07**	110,16**
Época (E)	2	723,31**	4,28**	258,99**	281,74**	945,63**	24,82**
(AxE)	4	4,08 ^{ns}	0,76 ^{ns}	11,51 ^{ns}	12,07 ^{ns}	649,91**	1,18 ^{ns}
Resíduo	72	33,64	0,97	9,80	13,12	93,77	4,75
CV (%)		14,61	28,56	26,55	16,58	14,48	20,94
Média geral		39,69	3,46	26,55	21,85	66,90	10,41

^{ns}: Não significativo em nível de 0,05 de probabilidade pelo Teste F; * e **: Significativo em nível de 0,05 e 0,01 de probabilidade de erro, respectivamente, pelo Teste F; GL: Graus de liberdade; FV: Fonte de variação; e CV: Coeficiente de variação.

De fato, a estrutura de uma planta funciona de forma harmônica e sincronizada, a qual permite que os nutrientes sejam distribuídos uniformemente (TAIZ et al., 2017).

As variáveis de crescimento da palma forrageira OEM em função da água irrigada diferiram significativamente entre si (Figura 4A). Notadamente, os resultados obtidos em plantas irrigadas com água de abastecimento foram inferiores quando comparada ao volume irrigado com água residuária (1,0 e 0,5 de AR) em todas as variáveis analisadas. Em relação à altura de planta, observa-se que o volume de 1,0 L de AR obteve valor médio de 43,81 e 40,41 cm quando irrigado com 0,5 L de AR, enquanto o volume irrigado de 0,5 L de AA obteve média de 34,88 cm.

O comprimento de cladódio diferiu estatisticamente entre todos os tratamentos (Figura 4B). O melhor desempenho foi obtido quando aplicado o volume de 1,0 L de AR (79,28 cm), seguido do volume de 0,5 L de AR com média de 76,21 cm, enquanto a menor média foi obtida com o volume de 0,5 L de AA (62,78 cm). Barbosa et al. (2015) estudaram o desenvolvimento da palma forrageira OEM associando a fatores morfológicos e hídricos com a produtividade que, o rendimento da produção está ligado as características morfológicas do genótipo ao invés das diferentes fontes de água ou evapotranspiração real; no entanto, ao considerar a água residuária como fonte de nutrientes, os resultados apresentados podem estar associados com maior ligação aos fatores morfológicos e condições de solo. Ressalta-se que a área se encontra em estado degradado, uma vez que, não existe homogeneidade quanto às características físicas e

químicas do solo.

O número de cladódio em função do fator água foi significativo ao nível de 1% pelo teste de Tukey. Notou-se que as águas diferiram estatisticamente entre si sendo que o volume de 1,0 L de AR obteve maior média (4,23 cladódios), seguido do volume de 0,5 L de AR com valor médio de 3,61 cladódios. A água de abastecimento (0,5 L de AA) obteve valor médio de 2,54 cladódios (Figura 4C). Os resultados corroboram com Queiroz et al. (2015) ao identificarem que a palma responde mais rapidamente à emissão dos números de cladódios de primeira e segunda ordem. Para Pinheiro et al. (2014), este resultado está associado ao hábito de crescimento de espécies de palma forrageira em que os cladódios de ordens inferiores servem de sustentação para a emissão de novos cladódios pela planta.

A espessura de cladódio em função do fator água foi significativo ao nível de 1% pelo teste de Tukey, com médias estatisticamente iguais entre o fator água residuária diferindo com a água de abastecimento (Figura 4D). Observa-se que o volume de 1,0 e 0,5 L de AR obtiveram valores médios de 12,04 e 10,05 mm, respectivamente. O volume de 0,5 L de AA obteve valor médio de 8,30 mm na espessura do cladódio.

A largura de cladódio foi significativa ao nível de 1% em função do fator água, com médias estatisticamente iguais entre o fator água residuária, as quais divergem da água de abastecimento (Figura 4E). A maior média foi obtida com o volume de 1,0 L de AR (23,40 cm) seguida de 23,09 cm com o volume de 0,5 L de AR e a média mínima inferior foi obtida com o volume de 0,5 L de AA (19,06 cm).

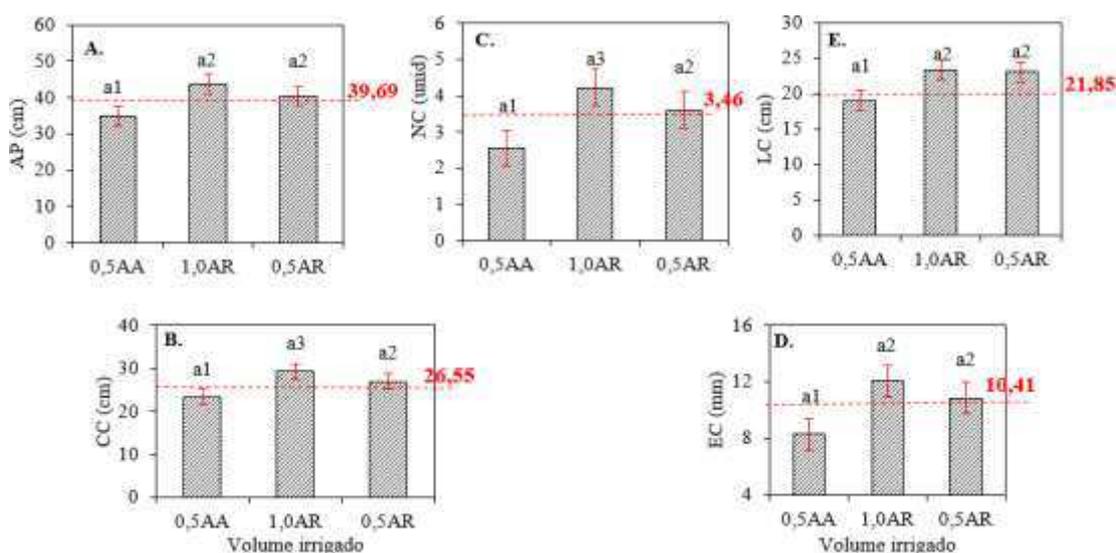


Figura 4. Variáveis de crescimento da palma forrageira: altura da planta (A); número de cladódio (B); largura do cladódio (C); comprimento do Cladódio (D); e espessura do cladódio (E) em função do volume de água aplicado quando avaliada após o corte (DAC). Campina Grande, PB, 2019.

Como nas avaliações realizadas na época dias após o plantio (DAP), as variáveis de crescimento vegetativo da palma forrageira OEM foi incrementado à medida que se aproximava dos 360 DAC (Figura 5). A Figura 5A apresenta a altura de planta total a qual foi estatisticamente igual aos 300 e 360 DAC correspondentes aos valores médios de 44,07 e 40,63 cm e o valor mínimo obtido foi de 34,39 cm de altura aos 240 DAC. Observa-se que a diferença entre os valores nas avaliações aos 360 e 240 DAC foi de 28,15%.

Verificou-se que a maior média correspondente ao número de cladódio foi de 3,87 cladódios aos 360 DAC, seguido de 3,41 cladódios aos 300 DAC, enquanto aos 240 DAC foi obtido o valor médio de 3,12 cladódios (Figura 5B). Constatou-se, dessa forma, que ocorreu aumento aos 360 DAC.

Quanto à largura de cladódio os valores foram superiores aos 360 DAC correspondendo a 24,11 cm seguido de 21,85 e 21,34 cm de largura aos 300 e 240 DAC, respectivamente, isto significa que a largura não diferenciou entre as épocas avaliadas (Figura 5C).

O comprimento de cladódio não apresentou médias estatisticamente diferentes entre si. Observou-se que os valores médios foram de 23,36, 27,15 e 29,14 cm aos 240, 300 e 360 DAC, respectivamente (Figura 5D).

Notou-se que a espessura de cladódio foi superior aos 360 DAC com o valor médio de 11,27 mm, a qual representou 16% quando comparada aos 240 DAC correspondendo a 9,46 mm, enquanto o valor médio intermediário foi de 10,49 mm aos 300 DAC (Figura 5D).

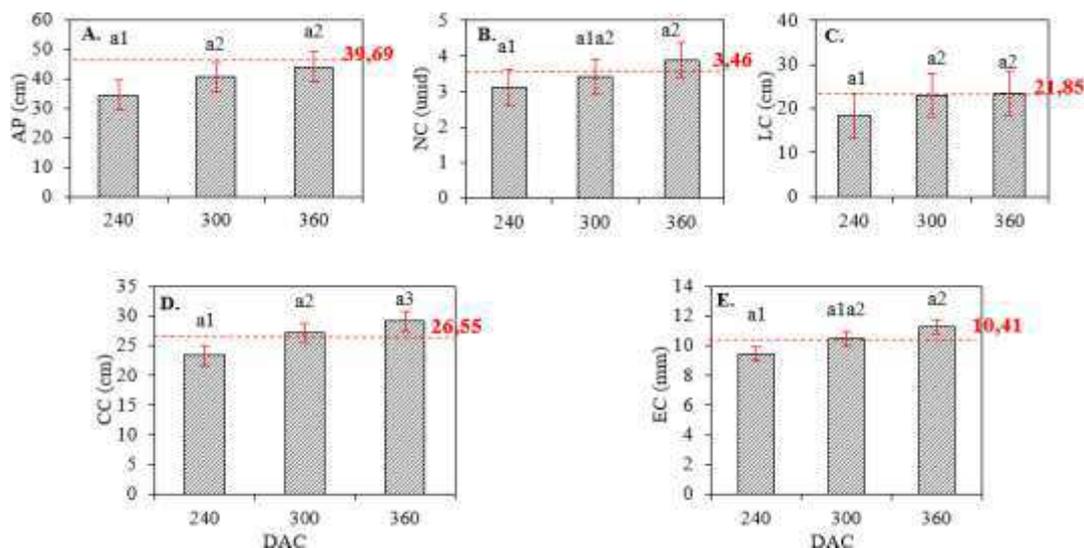


Figura 5. Variáveis de crescimento da palma forrageira: altura da planta (A); número de cladódio (B); largura do cladódio (C); comprimento do Cladódio (D); e espessura do cladódio (E) em função dos dias após o corte (DAC). Campina Grande, PB, 2019.

A interação entre os fatores águas irrigadas e as épocas 240, 300 e 360 dias após o corte, foi significativo ao nível de 1% pelo teste F, para todas as épocas avaliadas. O desdobramento da interação água irrigada e as épocas após o corte para o perímetro dos cladódios de palma forrageira OEM encontram-se na Figura 6. Nota-se que, que o fator água residuária foi superior em todas as épocas avaliadas. Entretanto, o volume de 0,5 L de AR destacou-se em todas as épocas avaliadas o qual proporcionou valores médios de 62,78, 79,28 e 76,22 cm de perímetro de cladódio aos 240, 300 e 360 DAC, respectivamente; já o volume de 1,0 L de AR apresentou resultados superiores aos 360 DAC obtendo valor médio de 72 cm e valores semelhantes aos 240 e 300 DAC (63,01 e 64,06 cm); verifica-se que o volume de 0,5 L de AA proporcionou valor superior aos 300 DAC, correspondendo a 74,48 cm de perímetro de cladódio, porém com média estatística similar aos 360 DAC (58,26 cm), enquanto aos 240 DAC o perímetro de cladódio obteve valor médio inferior de 49,97 cm, conforme Figura 6A.

Com relação ao desdobramento dos fatores época e as águas irrigadas (Figura 6B), observa-se que em todas as épocas os volumes irrigados com água residuária foram estatisticamente superiores a água de abastecimento público e iguais entre si.

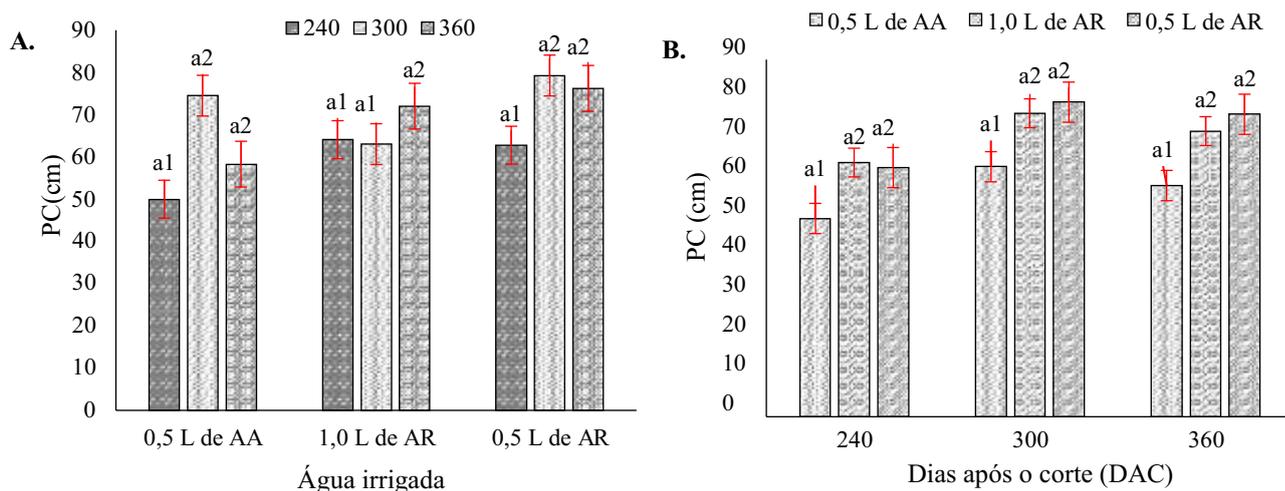


Figura 6. Crescimento do Perímetro do cladódio da palma forrageira OEM sob (A): o volume de água aplicado; e (B) quando época avaliada, após o corte (DAC). Campina Grande, PB, 2019.

3.2 Variáveis de Produção

Não houve interação significativa F ($p < 0,01$) entre o volume de água irrigada independentemente do ano estudado, assim como na análise isolada para o volume de água irrigada. Por outro lado, ocorreu efeito significativo pelo teste F ($p < 0,01$) para todas as variáveis estudadas da palma forrageira OEM na fonte de variação época de produção quando analisado isoladamente.

Para a variável massa seca dos cladódios da palma forrageira cultivar OEM em função da época, nota-se que tanto no primeiro quanto no segundo ano de produção o volume de 0,5 L de AR obteve maiores valores médios (90,7 e 92,2 g) quando comparado com os demais volumes (Figura 7A). Quando aplicou-se os volumes de 0,5 L de AA e 1,0 L de AR os valores médios de massa seca dos cladódios no primeiro ano foram de 82,9 e 83,1 g, respectivamente. Já no segundo ano de produção, a massa seca repetiu semelhanças na obtenção de valores médios, em que o volume de 0,5 L de AA foi de 87,7 g e o volume aplicado com 1,0 L de AR obteve valor médio de 88,87 g.

Quanto aos resultados do teor de umidade obtido pela palma forrageira OEM, encontram-se na Figura 7B. Observa-se que os valores médios no segundo ano foram superiores ao primeiro ano de produção (DAP e DAC, respectivamente), com aumento percentual de 7,86% para o volume de 0,5L de AR. Para o volume de 1,0 L de AR os valores obtidos foram de 13,00 e 12,12 % para o primeiro e segundo ano, respectivamente. Já o volume de 0,5 de AA obteve incremento de 6,49% quando

comparado de um ano ao outro ano, DAP e DAC, respectivamente. Os resultados foram superiores aos obtidos por Silva et al. (2015), quando estudaram as características físicas, químicas e bromatológicas da palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) e miúda (*Nopalea cochenillifera*) também no estado da Paraíba, os quais obtiveram 9,00 e 10,33% do teor de umidade para a cultivar OEM, respectivamente. Os autores enfatizaram que os teores de umidade podem variar de acordo com espécie, as condições de armazenamento, época do ano e a idade da planta.

Santos et al. (2001) ressaltam que a elevada umidade observada na palma forrageira, independente da espécie, é uma característica importante para a região semiárida, principalmente para atender as necessidades de água dos animais no período seco.

A produtividade da palma cultivar OEM irrigada com águas ao longo de dois anos diferentes, teve comportamento crescente e o volume de 0,5 L de AR apresentou o melhor resultado (Figura 7C). O incremento agrícola foi de 12,82%, 11,05% e apenas 2,13% para os volumes de 0,5 L de AR, 1,0 L de AR e 0,5 L de AA, respectivamente.

Quanto a produtividade da água (Figura 7D), os valores obtidos para o primeiro ano de produção (DAP) foram de 14,62% com o volume de 0,5 L de AR. Para o volume de 1,0 L de AR os valores obtidos para a produtividade da água foram de 11,92 e 13,85 % para o primeiro e segundo ano, respectivamente, enquanto que o volume de 0,5 L de AA proporcionou incremento de 19,88% quando comparado de um ano ao outro ano, DAP e DAC, respectivamente. Para Brito et al. (2012), explicam que a produtividade da água na agricultura está relacionada a fatores como: a qualidade do material genético, manejo adequado da água, práticas agrônômicas e políticas de incentivo à produção.

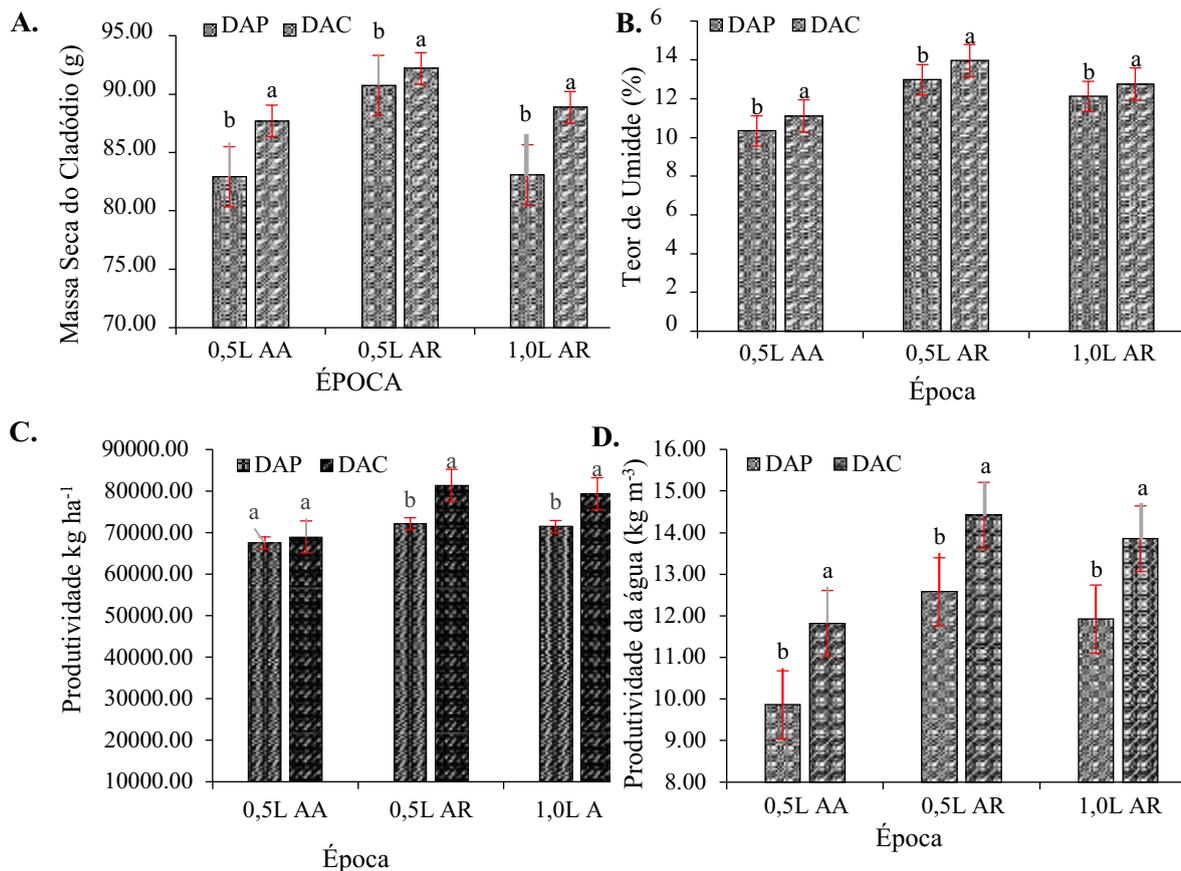


Figura 7: Variáveis de produção (A) massa seca dos cladódios; (B) umidade dos cladódios; (C) Produtividade dos cladódios; (D) Produtividade da água da palma forrageira cv. Orelha de Elefante Mexicana no primeiro (360 dias após o plantio) e no segundo (360 dias após o corte) ano produtivo irrigado com água residuária.

4. CONCLUSÕES

1. O gotejo semanal de 0,5 L de água residuária por planta proporciona ganhos nas variáveis biométricas das plantas em relação a aplicação de água de abastecimento.
2. Não existe diferença na produtividade em função do tipo de água aplicada via gotejo.
3. Houve aumento da massa seca, teor de água, produtividade de massa fresca e da água no segundo corte.

5. REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF. p,1360, 2012.

BARBOSA, M. A. da S.; LIMA, W. dos S.; MARTIN, A. M. P.; VENDRUSCOLO, J.; LIMA, B. J. da S. Produtividade de variedades de palma forrageira cultivadas com diferentes tipos de adubos em Planossolo Nátrico. XXXV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo, **Anais**. Natal, 2015.

BUAINAIN, A. M.; ALVES, E.; SILVEIRA, J. M.; NAVARRO, Z. **O mundo rural no Brasil do século 21: a formação de um novo padrão agrário e agrícola**. Embrapa. p. 950-977, 2014.

BRITO, L.T.L.; CAVALCANTI, N.B.; SILVA, A.S.; PEREIRA, L.A. Produtividade da água da chuva em culturas de subsistência no semiárido pernambucano. **Engenharia Agrícola**, v. 32, n. 1, p. 102-109. 2012.

COSTA, N. de L.; GIANLUPPI, V.; MORAES, A. de. Produtividade de forragem e morfogênese de *Trachypogon vestitus*, durante o período seco, em área de cerrado, Roraima. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**, v. 6, p.93-103, 2012.

CUNHA, D. de N. F. V. da; GOMES, E. dos S.; MARTUSCELLO, J. A; AMORIM, P. L. de; SILVA, R. C.; FERREIRA, P. S. Morfometria e acúmulo de biomassa em palma forrageira sob doses de nitrogênio. **Revista Brasileira de Saúde e Produção Animal**, v. 13, n. 4, p. 1156-1165, 2012.

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

FAO - FOOD AND AGRICULTURE ORGANIZATION OF THE UNITED NATIONS. **World reference base for soil resources 2014**. World soil resources reports, n.106, 203p. 2015.

GOMES, M. de L. S.; QUEIROZ, M. J. de.; PEREIRA, F. C.; COSTA, D. B. da; OLIVEIRA, G. S. de. Caracterização biométrica de artículos da palma miúda (*Nopalea cochenillifera*) em função da adubação orgânica. **Revista Principia**, n. 29, 2016.

INSA - Instituto Nacional do Semiárido. **Relatório popularizado 2014**. Pela convivência, resiliência e resistência: Construindo juntos estratégias na Ciência, Tecnologia e Inovação que se alimentam mutuamente. 2014. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-relatorios/Relat%C3%B3rio%20Popularizado%202014.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2018.

LOPES, E. B.; SANTOS, D. C.; VASCONCELOS, M. F. Cultivo da palma forrageira. In: LOPES, E. B. (Ed.). **Palma forrageira: cultivo, uso atual e perspectivas de utilização no Semiárido nordestino**. João Pessoa: EMEPA-PB, p. 21-60, 2012.

OLIVEIRA JUNIOR, S.; NETO, M. B.; RAMOS, J. P. F. Crescimento vegetativo da palma forrageira (*Opuntia ficus-indica*) em função do espaçamento no Semi-Árido Paraibano. **Tecnologia & Ciências Agropecuária**, v.3, n.1, p.7-12, 2009.

PINHEIRO, K. M.; SILVA, T. G. F.; CARVALHO, H. F. S.; SANTOS, J. E. O.; MORAIS, J. E. F.; ZOLNIER, S.; SANTOS, D. C. Correlações do índice de área do cladódio com características morfogênicas e produtivas da palma forrageira. **Revista Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.49, p.939-947, 2014.

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**, v.19, n.10, p.931-938, 2015.

LEMONS, M. de.; FERREIRA NETO, M.; MEDEIROS, J. F. de.; DIAS, N. da S.; SILVA, E. F. de F. e.; LIRA, R. B. de. Avaliação nutricional da palma forrageira fertirrigada com efluente de esgoto doméstico. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 2, p. 476–486, 2018.

LIMA, G. F. da C.; WANDERLEY, A. de M.; GUEDES, F. X.; REGO, M. M. T.; DANTAS, F. D. G.; SILVA, J. G. M. da; NOVAES, L. P.; AGUIAR, E. M. de. **Palma forrageira irrigada e adensada: uma reserva forrageira estratégica para o Semiárido potiguar**. (EMPARN, Documentos), Parnamirim: EMPARN, p.62, 2015.

PEREIRA, E. F. P.; LOPES, P. S. Q. **Palma – Ouro verde do Semiárido**. João Pessoa: FAEPA/SENAR/PB. p. 13-16, 2011.

PRIMAVESI, A. **Manejo ecológico do solo: a agricultura em regiões tropicais**. São Paulo: Nobel, 2002.

RAMOS, J. P. de F.; LEITE, M. L. de M. V.; OLIVEIRA JUNIOR, S. de; NASCIMENTO, J. P. do; 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.

SANTOS, D. C.; SANTOS, M. V. F.; FARIAS, I.; DIAS, F. M.; LIRA, M. A. Desempenho produtivo de vacas 5/8 Holando/Zebu alimentadas com diferentes cultivares de palma forrageira (*Opuntia e Nopalea*). **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 30, n. 1, p. 12-17, 2001.

SILVA, E. T. dos S.; MELO, A. A. S. de.; FERREIRA, M. de A.; OLIVEIRA, J. C. V. de.; SANTOS, D. C. dos; SILVA, R. C.; INÁCIO, J. G. Acceptability by Girolando heifers and nutritional value of erect prickly pear stored for different periods. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 52, n. 9, p. 761-767, 2017.

SILVA, T. G. F.; ARAÚJO PRIMO, J. T.; MORAIS, J. E. F.; DINIZ, W. J. S.; SOUZA, C. A. A.; SILVA, M. C. Crescimento e produtividade de clones de palma forrageira no semiárido e relações com variáveis meteorológicas. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 28, n. 2, p.10-18, 2015a.

SILVA, A. P. G. da; SOUZA, C. C. E. de.; RIBEIRO, J. E. S.; SANTOS, M. C. G. dos; PONTES, A. L. de S.; MADRUGA, M. S. Características físicas, químicas e bromatológicas de palma gigante (*Opuntia ficus-indica*) e miúdo (*Nopalea cochenillifera*) oriundas do Estado da Paraíba. **Revista Brasileira de Tecnologia Agroindustrial**, v.9, n.2: p.1810-1820, 2015b.

TAIZ, L.; ZEIGER, E.; MOLLER, I.; MURPHY, A. **Fisiologia e desenvolvimento vegetal**. 6.ed. Porto Alegre: Artmed, p.888, 2017.

**CRESCIMENTO INICIAL DA AROEIRA E SABIÁ EM ÁREA DEGRADADA
SOB GOTEJO COM ÁGUA RESIDUÁRIA**

CAPÍTULO IV

CRESCIMENTO INICIAL DA AROEIRA E SABIÁ EM ÁREA DEGRADADA SOB GOTEJO COM ÁGUA RESIDUÁRIA

RESUMO: O cultivo de espécies nativas da Caatinga geralmente tem sido recomendado na recuperação de áreas degradadas. Objetivou-se com este trabalho avaliar o crescimento inicial da aroeira e sabiá em área degradada com água residuária. O experimento foi conduzido, em condições de campo, em área de degradação agrícola e biológica, na sede do Instituto Nacional do Semiárido, em Campina Grande, PB. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num esquema fatorial com dois fatores (água de irrigação e idade da planta com dez blocos) sendo cada unidade experimental composta por três plantas. O fator água de irrigação foi constituído por três níveis: aplicação semanal em plantas nativas da caatinga de 0,5 L de água de abastecimento; 0,5 L de água residuária e 1,0 L de água residuária (efluente doméstico tratado). O controle foi realizado em relação ao volume de abastecimento convencional. O fator idade da planta foi constituído de seis níveis: 300, 420, 540, 660, 780 e 900 dias após o transplântio (DAT). Foram avaliadas as variáveis de crescimento diâmetro caulinar e altura de planta. O gotejo semanal de 0,5 L de efluente doméstico proporcionou maior altura e diâmetro de caule no sabiá e na aroeira em relação ao gotejo de 0,5 L com água de abastecimento. Além do ganho em crescimento, a irrigação das plantas permitiu a consolidação da agrofloresta, garantindo a pega das plantas.

Palavras-chaves: Efluente doméstico tratado, *Schinus terebinthifolius*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, semiárido brasileiro.

AROEIRA AND SABIÁ'S INITIAL GROWTH IN DEGRADATED AREA UNDER DRIP WITH WASTE WATER

ABSTRACT: The cultivation of native Caatinga species has generally been recommended in the recovery of degraded areas. The objective of this study was to evaluate the initial growth of aroeira and sabiá in a degraded area with wastewater. The experiment was conducted under field conditions in an area of agricultural and biological degradation, at the headquarters of the National Institute of Semiarid, in Campina Grande, PB. The experimental design was randomized blocks in a factorial scheme with two factors (irrigation water and plant age with ten blocks) and each experimental unit consisted of three plants. The irrigation water factor was constituted by three levels: weekly application in native plants of caatinga of 0.5 L of supply water; 0.5 L of wastewater and 1.0 L of wastewater (treated domestic effluent). The control was performed in relation to the conventional supply volume. The plant age factor consisted of six levels: 300, 420, 540, 660, 780 and 900 days after transplantation (DAT). The growth variables were evaluated: stem diameter and plant height. The weekly drip of 0.5 L of domestic effluent provided greater height and stem diameter in the thrush and aroeira compared to the drip of 0.5 L with water supply. In addition to the gain in growth, the irrigation of the plants allowed the consolidation of agroforestry, guaranteeing the take up of plants.

Keywords: Treated effluent, *Schinus terebinthifolius*, *Mimosa caesalpiniiifolia*, Brazilian semi-arid.

1. INTRODUÇÃO

Tem sido cada vez mais frequente a busca por alternativas que reduzam os custos de manejo com espécies florestais, sobretudo, na aplicação em larga escala, desde plantios comerciais a recuperação de áreas degradadas. Nesse contexto, o uso da água residuária proveniente do esgoto doméstico na atividade florestal, apresenta-se como uma alternativa promissora, principalmente por não envolver a produção de alimentos para consumo humano (BRITO et al., 2018).

Espécies nativas da Caatinga como a aroeira (*Schinus terebinthifolius*) e a sabiá (*Mimosa caesalpiniiifolia*) têm sido bastante utilizadas por serem plantas de fácil adaptação. De acordo com Maia (2012) a aroeira é uma planta de crescimento acelerado, porém de porte pequeno, sendo capaz de alcançar entre 5 a 10 m de altura na idade adulta e apresenta diâmetro caulinar entre 30 e 60 cm de espessura. Essa planta melhora a estrutura do solo por causa de suas raízes, o que combina perfeitamente com a espécie sabiá, pois a mesma proporciona acréscimo de matéria orgânica ao solo.

A sabiá é uma leguminosa com elevada aplicação no Nordeste brasileiro, já que, trata-se de uma espécie com múltiplas funcionalidades, tais como: cerca viva defensiva (variedade espinhosa), planta ornamental e na arborização urbana (LORENZI, 2008; MAIA, 2012), é uma espécie com fácil crescimento, alta resistência à seca e quando cresce pode ser bastante atrativa para pássaros.

Paralelamente, o uso do esgoto doméstico na irrigação de culturas tem crescido consideravelmente, em razão da dificuldade crescente de identificar fontes alternativas para a irrigação (LACERDA et al., 2011), quando utilizadas na recuperação dos solos agreguem valores nutricionais (PEREIRA et al., 2011). Além disso, o esgoto doméstico proporciona redução do volume gasto via abastecimento (MOJIRI e AMIROSSADAT, 2011; VEDACHALAM e MANCL, 2012; INSA, 2014) diminui a captação de águas subterrâneas e a descarga de efluentes diretamente nos corpos hídricos (MUYEN et al. 2011).

Estudos têm sido realizados na avaliação do crescimento inicial de aroeira e sabiá (KRATKA e CORREIA, 2015; SABONARO et al., 2017; BRITO et al., 2018) especialmente, em ambientes controlados. Neste cenário evidencia a necessidade de pesquisas para avaliação dos efeitos na utilização de águas residuárias no crescimento de espécies arbóreas quando em campo. Essa análise é de fundamental importância para evidenciar o limite de aplicação de água e as condições morfofisiológicas da planta em

diferentes intervalos de tempo (DANTAS et al., 2009). Diante do exposto, objetivou-se neste trabalho avaliar o crescimento inicial da aroeira e sabiá em área degradada com água residuária.

2. MATERIAL E MÉTODOS

a) Situação e caracterização do ambiente experimental

O experimento foi conduzido entre 24 de julho de 2015 a julho de 2017, em condições de campo, na sede do Instituto Nacional do Semiárido (INSA), localizada no município de Campina Grande, PB. Situado na região fisiográfica dos Cariris Velhos com as coordenadas geográficas de latitude 07° 27' S, longitude 35° 95' W e altitude média de 550 m. A região possui clima quente e úmido com regime pluviométrico irregular e longo período de estiagem classificado como As' de acordo com a classificação de KÖPPEN (1918). Nesse período, a temperatura do ar variou entre 20,5 e 30,5 °C, a umidade relativa com média em torno de 80% e precipitação 755,8 mm (2015-2016) e 846,8 mm (2016-2017), conforme Figura 1.

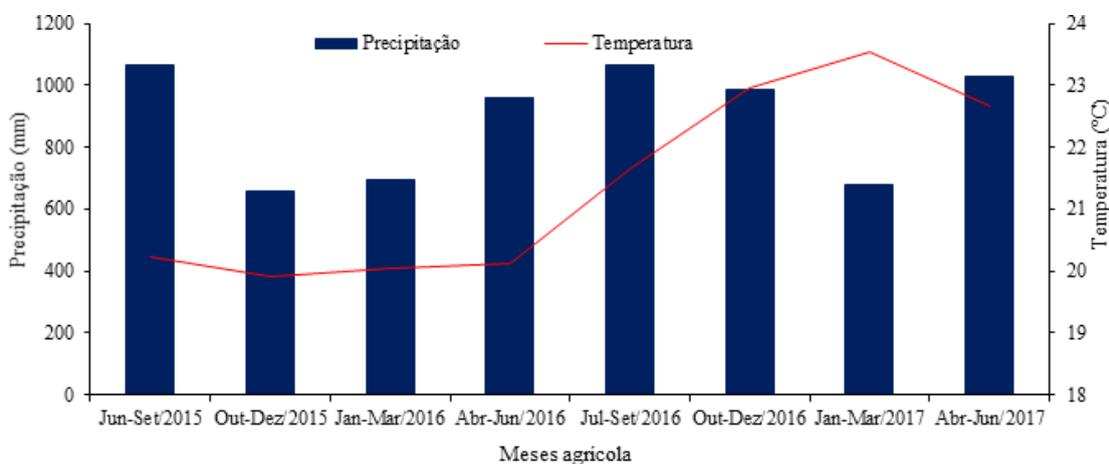


Figura 1: Relação das médias de precipitação e temperaturas trimestrais no período de junho de 2015 a junho de 2017.

Fonte: INSA.

b) Delineamento experimental e tratamentos

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, num esquema fatorial com dois fatores (água de irrigação e idade da planta) com dez blocos, sendo cada unidade experimental composta por três plantas. O fator água de irrigação foi constituído por três

níveis: aplicação semanal de 0,5 L de água de abastecimento; 0,5 L de água residuária e 1,0 L de efluente doméstico tratado. Quanto ao fator idade da planta, as avaliações ocorreram em seis datas (300, 420, 540, 660, 780 e 900 dias após o transplântio - DAT).

c) Caracterização da área experimental

Cada espécie arbórea foi distribuída com unidade experimental composta por uma fileira de plantas de 20 m de comprimento por 2 m de largura totalizando uma área de 40 m². Considerando as 30 unidades experimentais, a área total do experimento com 1200 m². As mudas foram plantadas em distância de 2 m ao longo das fileiras com três plantas úteis de cada espécie, em cada unidade experimental e duas plantas como bordadura, sendo uma de sabiá e outra de aroeira. No total foram transplantadas 240 mudas, sendo 120 de sabiá e 120 de aroeira.

O mapeamento da área foi realizado para a constituição de um espaço vetorial no detalhamento do relevo (Figura 2), definindo-o como do tipo acidentado, em que, foi delineado o grid para amostragem do solo, correspondente a malha irregular com espaçamentos de 4 x 4 m.

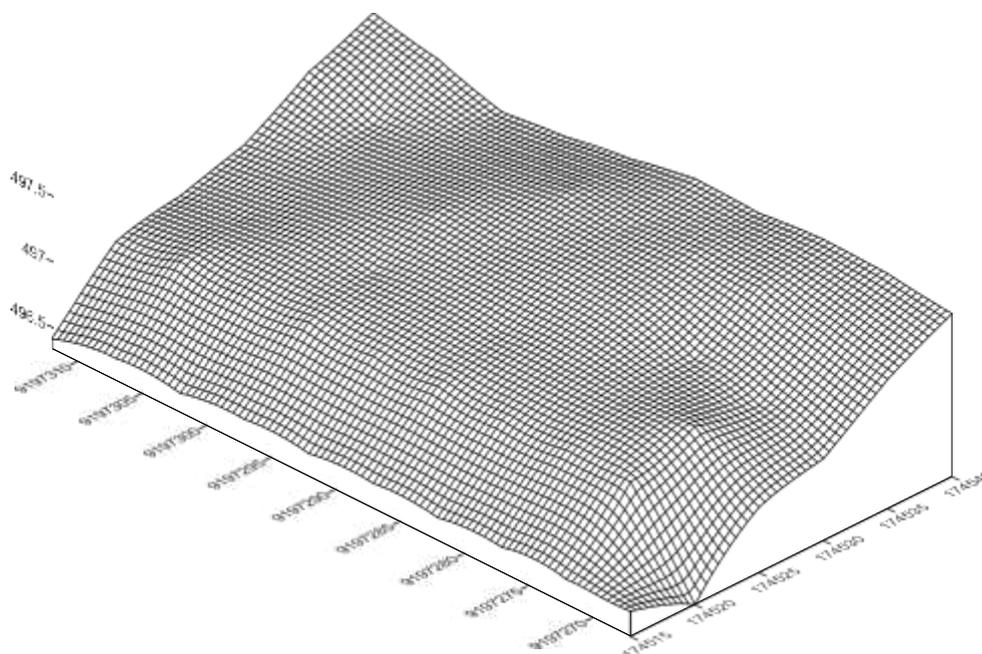


Figura 2. Mapa de relevo planialtimétrico de área experimental
Fonte: Google Earth, 2019

A área experimental utilizada foi classificada como degradada, pela retirada dos horizontes A e B do solo. No entanto, amostras de solo foram coletadas em 30 pontos amostrais na profundidade de 0 a 30 cm no ano de 2015, antes da implantação dos tratamentos. O solo coletado foi seco e peneirado em malha de 2 mm e analisado os atributos químicos a saber: pH = 6,4; MO = 13,06 g kg⁻¹; P = 2,62 mg.dm⁻³; K = 136,16 cmol_c dm⁻³; Fe = 15,85 cmol_c dm⁻³; Na = 0,135 cmol_c dm⁻³; Ca = 3,1 cmol_c dm⁻³; e V = 72,41% de acordo com metodologia da Embrapa (DONAGEMA et al., 2011) e matéria orgânica (MOS) pelo método de ignição em mufla a 550 °C (SCHULTE et al, 1987) e granulometria de acordo classificada com textura franco-arenosa, com 697,66 e 721,54 g kg⁻¹ de areia grossa, 103,61 e 80,71 g kg⁻¹ de silte e 198,73 e 197,75 g kg⁻¹ de areia fina (DONAGEMA et al., 2011).

d) Caracterização das águas de irrigação

As amostras da água residuária aplicada foram analisadas de acordo com a APHA (2012) e os resultados encontram-se na Tabela 1, obtidas do reservatório de armazenamento após os tratamentos primário e secundário da estação, a partir das análises realizadas na Estação Experimental de Tratamento de Águas e Esgotos – Extrabes, em Campina Grande-PB.

Tabela 1. Caracterização do esgoto doméstico utilizado na irrigação da área experimental

pH	CE	N	P	PO ₄ ³⁻	SO ₄ ²⁻	COT	SDT	DQO	NH ₄ ⁺	NO ₃ ⁻	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻
-	dSm ⁻¹	----- mg L ⁻¹ -----										-			
8,1	1,37	24,2	12	9,2	50,3	3,5	684	32	21,2	4,7	21,9	2,3	23,3	10,1	267

pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; N: Nitrogênio total; P: Fósforo; PO₄³⁻: Ortofosfato; SO₄²⁻: Sulfato de magnésio; COT: Carbono orgânico total; SDT: Sais dissolvidos totais; DQO: Demanda química de oxigênio; NH₄⁺: Amônio; NO₃⁻: Nitrato; Na⁺: Sódio; K⁺: Potássio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; Cl⁻: Cloreto.

As análises físico-químicas da água de abastecimento proveniente da Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA) foi captada do Açude Epitácio Pessoa, localizado no município de Boqueirão, PB. A coleta foi retirada na torneira do gotejador (Tabela 2) e levadas ao laboratório Extrabes, conforme metodologia APHA.

Tabela 2. Caracterização da água convencional utilizada na irrigação da área experimental

pH	CE	N	P	COT	Na ⁺	K ⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	Cl ⁻	
-	dS m ⁻¹	-----				mg L ⁻¹ -----				-
7,5	0,78	0,26	1,65	1,71	9,1	5,2	11,1	6,2	175	

pH: Potencial hidrogeniônico; CE: Condutividade elétrica; N: Nitrogênio total; P: Fósforo; COT: Carbono orgânico total; Na⁺: Sódio, K⁺: Potássio; Ca⁺²: Cálcio; Mg⁺²: Magnésio; Cl⁻: Cloro.

e) Caracterização do manejo e sistema de irrigação

A água foi distribuída pelo método de irrigação localizada através do sistema de gotejamento com vazão média dos emissores autocompensantes igual a 2 L h⁻¹ planta⁻¹, com intensidade de aplicação de 1,008 mm h⁻¹ e baixa pressão de serviço (0,5 a kgf cm⁻²). As irrigações foram realizadas uma vez a cada semana, sendo distribuída em dois volumes controlados pelo tempo de 28 min, quando irrigado um litro por planta, e 14 min quando irrigado 0,5 L por planta. O sistema de irrigação esteve avaliado em dois períodos com coeficiente de uniformidade de aplicação estimados em 86 e 75% no início e final do experimento.

O total de água aplicada nas irrigações em função dos tratamentos com água residuária e água abastecimento público ao logo da condução do experimental (com 130 dias irrigados, totalizando 900 dias avaliados) encontra-se na Tabela 3.

Tabela 3. Volume de água aplicado via irrigação por gotejo por planta, descrição dos tratamentos e volume total de água durante o período de crescimento avaliado das espécies nativas da Caatinga.

Tratamento	Descrição do Tratamento	Volume aplicado (litros por planta ⁻¹)	Lâmina aplicada (mm)
Fator volume de irrigação			
0,5 L de AA	0,5 litro de água de abastecimento	65	39
0,5 L de AR	0,5 litro de água residuária	65	39
1,0 L de AR	1,0 litro de água residuária	130	78

f) Descrição e condução das culturas

A semeadura das arbóreas foi realizada no viveiro de mudas no INSA, estação experimental localizado no município de Campina Grande, PB.

A marcação e confecção das covas tiveram as dimensões de 20 x 20 x 20 cm, as quais foram preenchidas totalmente pelo solo sendo retirado antes do plantio das mudas e não receberam adubação. Os tratos culturais foram realizados por capinas manuais, sempre incorporando o material orgânico no próprio local.

g) Monitoramento de variáveis climáticas e problemas fitossanitários

O monitoramento das variáveis climáticas foi realizado pela estação meteorológica HOBO RX3000 Kit In localizada próxima ao experimento (sede administrativa do INSA).

Nos meses chuvosos (entre abril a julho), registrou-se a presença de gafanhotos, conhecidos popularmente como mané-magro (*Stiphra robusta*). O ataque causou perdas das folhas das arbóreas, especialmente, a sabiá que obteve mortalidade de 14,2% e 6,7% de perdas para a espécie aroeira.

h) Variáveis analisadas

As variáveis coletadas para análise foram: altura total de planta (AP) e o diâmetro caulinar (DC). A altura foi mensurada com fita métrica graduada em centímetros e o diâmetro caulinar com auxílio de um paquímetro, respeitando o intervalo de 120 dias para cada avaliação.

i) Análise dos dados

Os dados foram submetidos à análise de variância pelo teste F e, as médias dos tratamentos com água comparadas pelo teste de Tukey para 5% de probabilidade de erro, sendo conduzido para a água irrigada (A) e a idade (DAT) sendo submetido à análise de regressão polinomial utilizando o *software* estatístico sisvar 5.6 (FERREIRA, 2014).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Houve efeito significativo ($p < 0,01$) para as variáveis de altura de planta e diâmetro caulinar nas duas espécies nativas da Caatinga no período de 300, 420, 540, 660, 780 e 900 DAT (Tabela 4). A interação foi influenciada consideravelmente ($p < 0,05$) para o diâmetro caulinar na sabiá e aroeira, mas a altura não foi influenciada significativamente ($p > 0,05$) para todas as espécies arbóreas estudadas. Em relação aos blocos os resultados foram significativos ($p < 0,01$) em todas as variáveis estudadas da espécie sabiá, enquanto para a aroeira foi influenciada significativamente em 5 e 1% de probabilidade de erro para a altura e diâmetro caulinar, respectivamente.

Tabela 4. Resumo da análise de variância para altura de planta (AP) e diâmetro caulinar (DC) de espécies nativas da Caatinga irrigadas com água residuária tratada e de abastecimento público no período de 300, 420, 540, 660, 780 e 900 dias após o transplântio. Campina Grande, PB, 2019.

		Quadrado Médio		
ESPÉCIE	FV	GL	AP	DC
Aroeira	Água de irrigação (A)	2	4123,20**	6,25**
	Idade da planta (I)	5	5596,47**	9,79**
	Reg. Linear	1	6785,45**	19,51**
	Reg. Quadrática	1	1460,95 ^{ns}	0,07 ^{ns}
	Interação (A x I)	10	117,51 ^{ns}	15,93**
	Bloco	9	1083,88*	6,25**
	Resíduo	179	547,76	1,79
		CV (%)		33,72
Sabiá	Água de irrigação (A)	2	8686,48**	83,22**
	Idade da planta (I)	5	2751,99**	75,73**
	Linear	1	13305,72**	337,38**
	Quadrática	1	323,17 ^{ns}	9,51*
	Interação (A x I)	10	91,92 ^{ns}	3,53**
	Bloco	9	1278,19**	8,68**
	Resíduo	179	304,66	1,78
		CV (%)		23,48

** : Significativo a 1%; * : Significativo a 5%; ^{ns}: Não significativo; GL: Graus de liberdade, FV: Fonte de variação e CV: Coeficiente de variação.

Com base na comparação de médias (Tabela 5) pode ser observado que a altura de plantas da espécie sabiá irrigadas com água residuária tratada no volume 0,5 L de AR (84,73 cm) cresceu 38,56% quando comparado com o volume de 0,5 L de AA (61,15 cm). O volume de 1,0 L de AR não diferenciou significativamente do volume irrigado de 0,5 L de AR. Rebouças et al. (2018) ao avaliarem mudas da espécie sabiá concluíram que a produção aumenta o crescimento e o desenvolvimento das plantas com a adição de 100% da evapotranspiração diária, os quais observaram altura média de 13,18 cm com apenas 120 dias após o plantio.

A altura da espécie aroeira obteve valor médio máximo de 72,88 cm e valor médio mínimo de 57,84 cm para 0,5 L de AR e 0,5 L de AA, respectivamente (Tabela 5). O volume de 1,0 L de AR não diferenciou significativamente do volume irrigado de 0,5 L de AR e obteve valor médio de 71,40 cm de altura. O incremento agrícola com o volume de 0,5 L de AR foi de 26,00% e 23,44% para o volume de 1,0 L de AR quando comparado com a água de abastecimento (0,5 L de AA). Fica claro que a aplicação da água de esgoto doméstico proporcionou maiores ganhos na altura de planta, o que era esperado (MELO et al., 2018). Os autores concluíram que a aplicação de esgoto doméstico tratado proporciona aumento no crescimento e desenvolvimento das mudas de sabiá; entretanto, destaca-se a necessidade a necessidade do fator tempo para melhor

avaliação. Notadamente, a aplicação da água residuária favoreceu ao desenvolvimento dessa espécie.

Tabela 5. Médias da altura de planta em função da água de irrigação em espécies da Caatinga: sabiá e aroeira. Campina Grande-PB, 2019.

Tratamento	Altura de planta	
	Sabiá	Aroeira
0,5 L de AA	61,15b	57,84b
0,5 L de AR	84,73a	72,88a
1,0 L de AR	77,13a	71,40a
Média geral	74,34	67,37

*Médias seguidas de mesma letra na coluna não diferem pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

As análises de regressão constataram-se um incremento na espécie sabiá (Figura 3A) de 85,90 cm aos 900 DAT e mínimo (47,2 cm) aos 300 DAT representando 85,9% de diferença. O maior incremento agrícola foi obtido dos 300DAT para os 420DAT, podendo estar associado a diversos fatores, tais como climáticos, fitossanitários e/ou fisiológicos da planta. Cordeiro et al. (2018) relataram que a fase de adaptação de espécies nativas da Caatinga pode variar conforme a fisiologia e disponibilidade hídrica, sendo que após 2 anos de transplante ou plantio é que se verifica de forma mais evidente o desenvolvimento de diferentes espécies.

Quanto à espécie aroeira (Figura 3B), observa-se que o incremento agrícola no final do experimento foi de 72,69% quando comparado aos 300DAT. Tal como a espécie sabiá, a aroeira obteve maior incremento no início até os 420DAT e, após os 540DAT os valores foram decrescendo.

Ressalta-se que as espécies estão sendo avaliadas ainda no seu crescimento inicial (≤ 2 anos AT) sendo que o crescimento dessas plantas poderá desencadear após o aumento do diâmetro e/ou de acordo com o melhoramento da estrutura do solo, obtendo-se assim maior estabilidade no seu sistema radicular. Os estudos de Chagas et al. (2004) informaram que o crescimento de árvores é altamente variável, podendo ser, podendo ser relativamente estável quando avaliada a planta individual. Por outro lado, a vegetação mesmo em estágio inicial, já oferece benefícios como cobertura foliar e deposição de serapilheira.

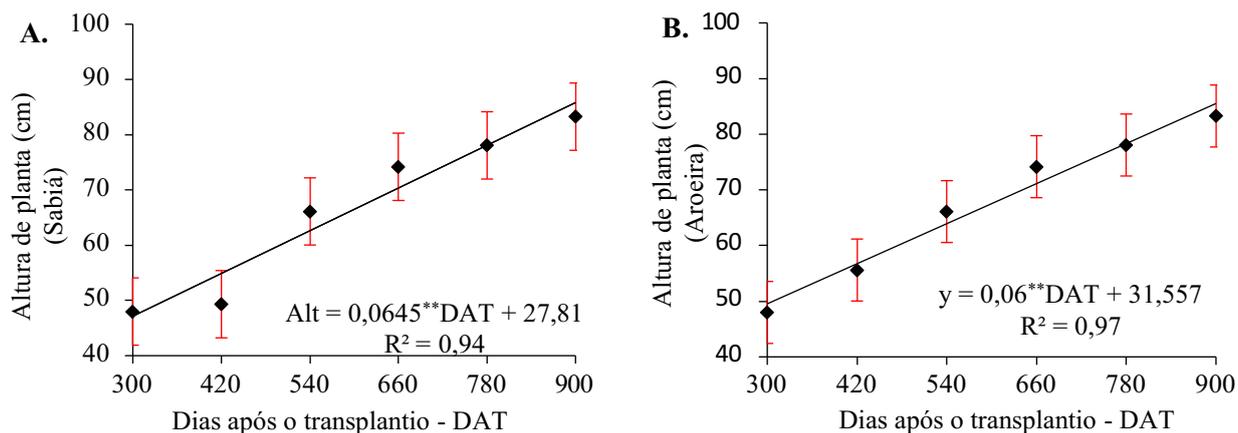


Figura 3. Altura de planta em função dos dias após o transplântio: (A) sabiá; (B) aroeira desdobrado em cada idade da planta. Campina Grande, PB, 2019.

Conforme a Figura 4A, o volume irrigado de 1,0 L de água residuária comparado ao volume de 0,5 L com água de abastecimento público, não proporcionou incrementos no crescimento do diâmetro da espécie sabiá de 300 a 540 DAT. O volume de 1,0 L de água residuária passou a fazer efeito a partir dos 660 DAT, a qual se destacou quando comparada com o controle. As maiores variações de diâmetro na sabiá ocorreram com o uso de 0,5 L de água residuária.

O crescimento do diâmetro caulinar aumentou com a adição dos volumes de água residuária em relação à água de abastecimento público (Figura 3B) para a espécie aroeira. Ao iniciar as avaliações, em 300 DAT, a diferença de crescimento com a aplicação dos volumes é ainda maior, observa-se o fator controle (abastecimento público) obteve média de 2,9 mm de diâmetro, enquanto os volumes de água residuária não diferenciaram entre si, com valores médios de 5,52 e 5,92 mm, para o volume de 0,5 e 1,0 L de AR, respectivamente. Evidencia-se que os intervalos entre 540 a 780 DAT não houve diferenças significativas para nenhuma água aplicada. Isso pode ter ocorrido devido aos problemas fitossanitários como foi o caso do inseto *Stiphra robusta* em que ocorreu perdas da área foliar das plantas. A área foliar resulta na decomposição da serapilheira foliar, a qual incorpora matéria orgânica ao solo e em condições especiais contribuem com fluxo de CO₂ e N (GIÁCOMO et al., 2017) que por sua vez, favorece com retornos de nutrientes a planta, explicaram Primo et al. (2018) quando estudaram o potencial de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradada, condição em que se fez este experimento.

Além disso, é possível a precipitação pluviométrica que interferem na adição de água mensal e outras variáveis ambientais são importantes fenômenos que podem influenciar no incremento agrícola (HOLANDA et al., 2015), visto que notadamente o diâmetro caulinar nas duas espécies apresentaram médias sem incremento mesmo com intervalo de 120 de avaliações.

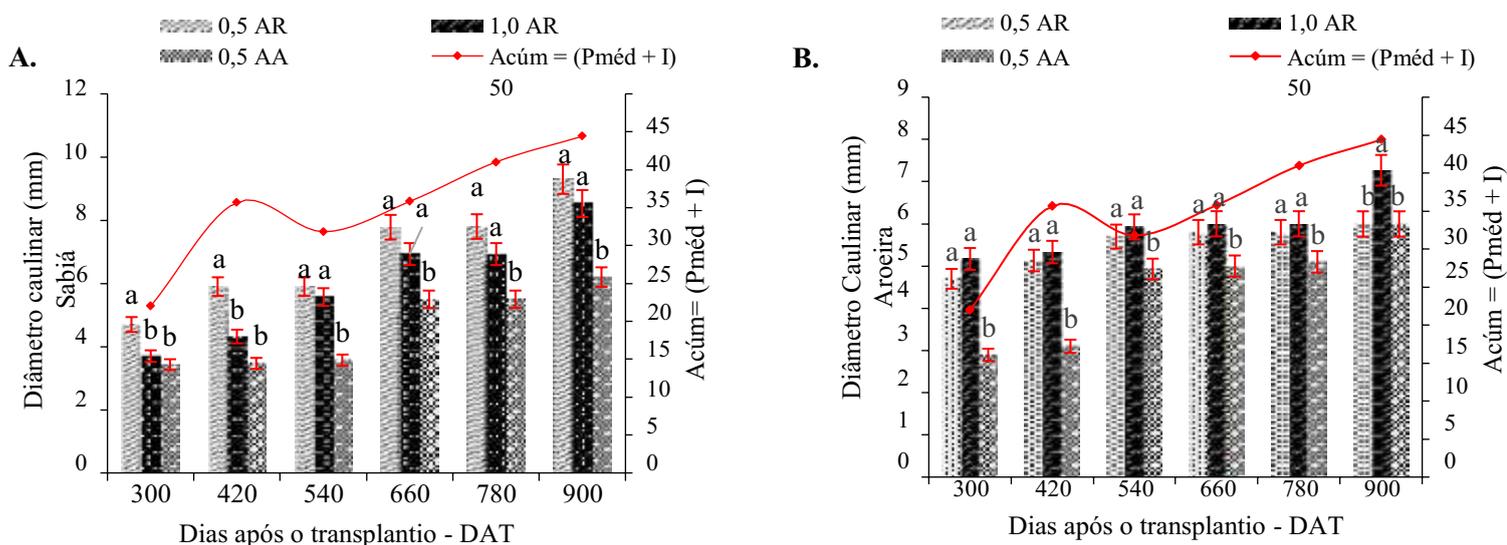


Figura 4. Diâmetro caulinar de espécies arbóreas da Caatinga em função da água de irrigação: (A) sabiá; (B) aroeira desdobrado dentro em cada idade da planta. Campina Grande, PB, 2019.

O diâmetro caulinar das espécies sabiá e aroeira cresceram segundo o modelo linear. Para a espécie sabiá (Figura 4A) o valor máximo foi de 9,07 mm quando irrigado o volume de 0,5 L de AR não diferindo estatisticamente do volume irrigado de 1,0 L de AR (8,53 mm) e, o valor mínimo foi obtido com o volume irrigado de 0,5 L de AA, o qual proporcionou diâmetro caulinar de até 6,23 mm. Por outro lado, a espécie aroeira obteve valor máximo quando irrigado 0,5 L de AR (7,76 mm) e o mínimo de 6,22 mm com a aplicação do volume de 1,0 L de AR, o qual não diferiu estatisticamente quando aplicado o volume de 0,5 L de AA, em que obteve diâmetro caulinar de 6,00 mm (Figura 4B). Era esperado que a água residuária obtivesse macronutrientes, a exemplo do esgoto doméstico, o qual na quantidade necessária à planta propicia maior expansão dos tecidos.

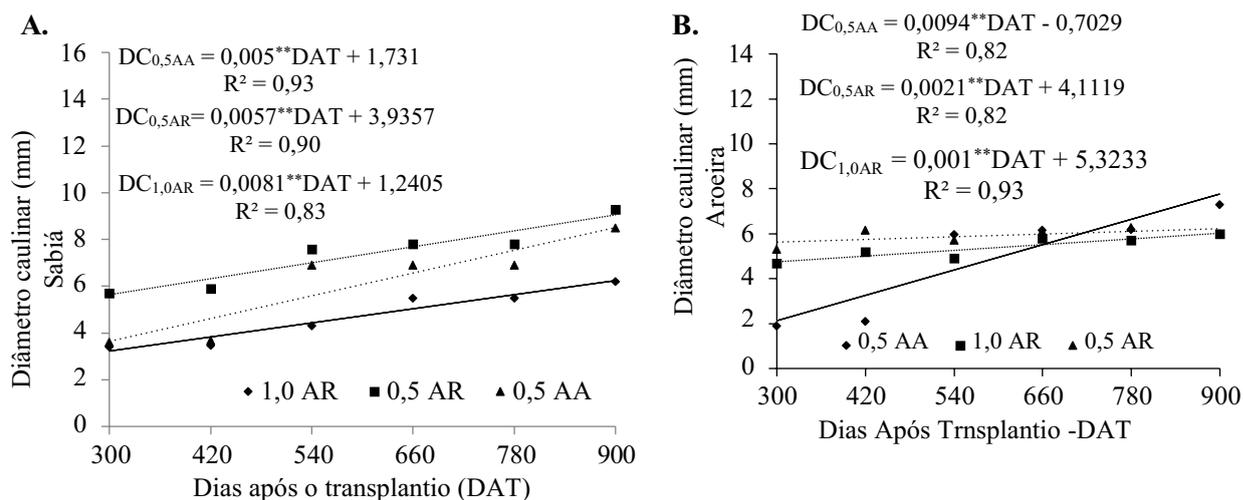


Figura 5. Diâmetro caulinar de espécies arbóreas da Caatinga em função da idade da planta: (A) sabiá; (B) aroeira desdobrado dentro de cada tratamento com água. Campina Grande, PB, 2019.

Ressalta-se que será necessária a continuação do monitoramento na consolidação das espécies nativas da caatinga irrigadas com água residuária e água de abastecimento, uma vez que as arbóreas estão em fase de adaptação e fixação na área que se encontra em estado degradado.

4. CONCLUSÕES

1. O gotejo semanal de 0,5 L de efluente doméstico proporciona maior altura e diâmetro de caule no sabiá e na aroeira em relação ao gotejo de 0,5 L com água de abastecimento;
2. A altura e diâmetro do caule das plantas de sabiá e a aroeira crescem linearmente no período avaliado;
3. Além do ganho em crescimento, a irrigação das plantas permite consolidação da agrofloresta, garantindo a pega das plantas.

5. REFERÊNCIAS

APHA - AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION; AWWA - AMERICAN WATER WORKS ASSOCIATION; WEF - WATER ENVIRONMENT FEDERATION. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 22. ed. Washington: APHA/AWWA/WEF. p. 1360, 2012.

BRITO, R. F. de; FERREIRA NETO, M.; M, M. A.; DIAS, N. da S.; LIRA, R. B. de. Use of wastewater in the production of aroeira seedlings. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 31, n. 3, p. 687-694, 2018.

CORDEIRO, J. M. P; FÉLIX, L. P. Conhecimento botânico medicinal sobre espécies vegetais nativas da caatinga e plantas espontâneas no agreste da Paraíba, Brasil. **Revista Brasileiras de Plantas Medicinai**s, v.16, n.3, p.685-692, 2014.

CHAGAS, R. K.; DURIGAN, G.; CONTIERI, W. A.; SAITO, M. **Crescimento diametral de espécies arbóreas em floresta estacional semidecidual ao longo de seis anos**. In: VILAS BOAS, O.; DURIGAN, G. Pesquisas em conservação e recuperação ambiental no Oeste Paulista: resultados da cooperação Brasil/Japão. São Paulo: Páginas e Letras, p. 265-290, 2004.

DANTAS, B. F.; SILVA, F. F. S. da; LÚCIO, A. A.; BATISTA, P. F.; PIRES, M. M. M. da L.; ARAGÃO, C. A.; LOPES, A. P.; SILVA, F. F. S. da. Taxas de crescimento de mudas de catingueira submetidas a diferentes substratos e sombreamentos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 33, n. 3, p. 413-423, 2009.

DONAGEMA, G. K. **Manual de métodos de análises de solos**. 2. ed. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 230 p. 2011.

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

GIÁCOMO, R. G.; PEREIRA, M. G.; SILVA, C. F.; GAIA-GOMES, J. H. Deposição de serapilheira e carbono em plantios de sabiá, andiroba e floresta secundária. **Revista Floresta**, v.47, n.2, p.187-196, 2017.

HOLANDA, A. C.; FELICIANO, A. L. P.; MARANGON, L. C.; FREIRE, F. J.; HOLANDA, E. M. Decomposição da serapilheira foliar e respiração edáfica em um remanescente de caatinga na Paraíba. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 2, p. 245-254, 2015.

INSA. Instituto Nacional do Semiárido. Relatório popularizado 2014. **Pela convivência, resiliência e resistência: Construindo juntos estratégias na Ciência, Tecnologia e Inovação que se alimentam mutuamente**. 2014. Disponível em: <https://portal.insa.gov.br/images/acervo-relatorios/Relat%C3%B3rio%20Popularizado%202014.pdf>. Acesso em: 20 de março de 2018.

KRATKA, P. C.; CORREIA, C. R. M. de A. Crescimento inicial de aroeira do sertão (*Myracrodruon urundeuva Allemão*) em diferentes substratos. **Revista Árvore**, Viçosa, v. 39, n. 3, p. 551-559, 2015.

KÖEPPEN, W. Klassifikation der klimate nach temperatura, niederschlag und jahreslauf. *Pet. Geo. Mitt.* **Gotha**, v. 64, p. 193-203, 1918.

LACERDA, P. M.; RODRIGUES, R. F.; NALINI JÚNIOR, H. A.; MALAFAIA, G. RODRIGUES, A. S. de L. Influência da irrigação com águas residuárias no desenvolvimento de feijão-de-porco (*Canavalia ensiformis*). **Revista Acadêmica de Ciências Agrárias e Ambiental**, v. 9, n. 2, p. 159-168, 2011.

LORENZI, H. **Árvores Brasileiras: Manual de identificação e cultivo de plantas arbóreas nativas do Brasil**. 5. ed., v.1, Nova Odessa, SP: Instituto Plantarum, p.384. 2008.

MAIA, G. N. **Caatinga: árvores e arbustos e suas utilidades**. 2. ed. Fortaleza: Printcolor Gráfica e Editora, 413p., 2012.

MELO, L. A. de.; ABREU, A. H. M. de.; LELES, P. S. dos S.; OLIVEIRA, R. R. de.; SILVA, D. T. da. Qualidade e crescimento inicial de mudas de mimosa *Caesalpiniaifolia* Benth. produzidas em diferentes volumes de recipientes. **Ciência Florestal**, Santa Maria, v. 28, n. 1, p. 47-55, 2018.

MORAIS, W. W. C.; SUSIN, F.; VIVIAN, M. A.; ARAÚJO, M. M. Influência da irrigação no crescimento de mudas de *Schinus terebinthifolius*. **Pesquisa Florestal Brasileira**, v. 32, n. 69, p.23-28, 2012.

MOJIRI, A.; AMIROSSADAT, Z. Effects of urban wastewater on accumulation of heavy metals in soil and corn (*Zea Mays* L.) with sprinkler irrigation method. **Asian Journal of Plant Sciences**, v.10, n.3, p.233-237, 2011.

MUYEN, Z.; MOORE, G. A.; WRIGLEY, R. J. Soil salinity and sodicity effects of wastewater irrigation in South East Australia. **Journal Agricultural Water Management**, v.99, n.1, p.33-41, 2011.

PEREIRA, B. F. F.; HE, Z. L.; STOFFELLA, P. J.; MELFI, A. J. reclaimed wastewater: effects on citrus nutrition. **Agricultural Water Management**, v.98, n.12, p.1828-1833, 2011.

PRIMO, A. A.; MELO, M. D.; PEREIRA, G. de A. C.; SILVA, L. A.; FERNANDES, F. É. P.; SOUZA, H. A. de. Potencial fertilizante da serapilheira de espécies lenhosas da Caatinga na recuperação de um solo degradado. **Revista Ceres**, v.65 n.1. 2018.

REBOUÇAS, J. R. L.; FERREIRA NETO, M.; DIAS, N. da S.; GOMES, J. W. S.; GURGEL, G. C. de S.; QUEIROZ, I. S. R. de. Qualidade de mudas de sabiá irrigadas com efluente doméstico. **Revista Floresta**, v.48, n.2, p.73-182, 2018.

SABONARO, D. Z.; PRUDENTE, C.; BARBED, C. J. Estruturas do fruto de aroeira na qualidade de sementes através do teste de condutividade elétrica. **Revista Trópica – Ciências Agrárias e Biológicas**. v.9, n.1, p.86-97, 2017.

SCHULTE, E. E.; J.B. PETERS; P.R. HODGSON. **Wisconsin Procedures for soil testing, plant analysis and fud & forage analysis**. Department of soil Science. University of Wisconsin-Extension, Madison, WI, p.9. 1987.

VEDACHALAM, S.; MANCL, M. K. Water resources and wastewater reuse: perception of students at Ohio State University campus. **Ohio Journal of Science**, v. 110, n. 5, p. 104-113, 2012.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

CAPITULO V

1. CONSIDERAÇÕES FINAIS

A busca por alternativas para utilização do solo em condições degradadas, tem sido crescente nos últimos anos, assim, estudos com sistemas agroflorestais vêm se difundindo em todo o país. Nesse sentido, espécies nativas da Caatinga seguem sendo a melhor opção, uma vez que busca a preservação do habitat natural e quando associado com culturas agrícolas como a palma forrageira melhora a dieta das cabras leiteiras, do gado leiteiro e ovelhas podendo garantir a estabilidade da agricultura familiar. Além disso, os sistemas agroflorestais favorecem a sustentabilidade ambiental, a qual se baseia no desenvolvimento econômico socioambiental. Paralelo a isso, o reúso das águas é uma prática milenar, mas que passa por constantes avaliações, por faltar informações consolidadas para seu uso. Com base nestas premissas esse trabalho fez uma abordagem sobre a recuperação de uma área degradada utilizando água residuária proveniente de esgoto doméstico num sistema agroflorestal.

Apesar do solo ser bastante raso, resultado da extração dos horizontes A e B, aplicação da água residuária no sistema agroflorestal proporcionou redução no teor de Na, Ca e Mg no solo com o aumento da lâmina de efluente doméstico. A água residuária aplicada, independente do volume favoreceu na redução do carbono do solo. Destaca-se que a quantidade de matéria orgânica ao solo depende das espécies vegetais, mas também das condições climáticas e ambientais. O solo estudado está praticamente em rocha em alguns pontos e, noutros apresentam declividade o que pode indicar lixiviação dos nutrientes, principalmente, no período chuvoso.

A irrigação semanal de 0,5 L de água residuária por planta proporcionou ganhos nas variáveis biométricas das plantas em relação a aplicação de água de abastecimento, tanto para a palma forrageira Orelha de Elefante Mexicana, bem como para as espécies arbóreas aroeira e sabiá. Por exemplo, a palma obteve aumento da massa seca, teor de água, produtividade de massa fresca e da água no segundo corte, indicando acréscimo de produção em análise temporal, sendo a fisiologia da planta responsável por esse feito garantindo a produção de forragem.

Era esperado que as espécies nativas da Caatinga obtivessem crescimento, entretanto fatores fitossanitários devem ser controlados, bem como as variações meteorológicas. Para esse último, uma possível opção para preservação do ambiente é a aquisição de uma cerca verde, afim de quebrar o vento.

É preciso acompanhar também a uniformidade do sistema de irrigação, para que possa garantir a distribuição da água requerida, visto que o próprio método implica obstrução do sistema.

Por fim, os resultados obtidos nessa pesquisa, podem ser considerados satisfatórios para a consolidação do sistema agroflorestal em conjunto com a irrigação de água residuária em plantas aroeira, sabiá e produção de forragem. Entretanto, é preciso fazer o monitoramento deste sistema integrado haja vista, que o solo possui características de solos cristalinos e o acréscimo temporal da água residuária pode favorecer na salinização do solo do mesmo.