



UNIVERSIDADE ESTADUAL DA PARAÍBA
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
PROGRAMA DE PÓS- GRADUAÇÃO EM CIÊNCIA E TECNOLOGIA
AMBIENTAL

JOSEILTON DOS SANTOS NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO
ALGODÃO IRRIGADO COM ÁGUA DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS**

CAMPINA GRANDE - PB

MARÇO DE 2014

JOSEILTON DOS SANTOS NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO
ALGODÃO IRRIGADO COM ÁGUA DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS**

Dissertação apresentada ao Mestrado de
Ciência e Tecnologia Ambiental da
Universidade Estadual da Paraíba, em
cumprimento às exigências para
obtenção do título de Mestre.

ORIENTADOR: Prof. Dr. JOSÉ FIDELIS FILHO

CAMPINA GRANDE - PB

MARÇO DE 2014

É expressamente proibida a comercialização deste documento, tanto na forma impressa como eletrônica. Sua reprodução total ou parcial é permitida exclusivamente para fins acadêmicos e científicos, desde que na reprodução figure a identificação do autor, título, instituição e ano da dissertação.

N244a Nascimento, Joseilton dos Santos.

Avaliação do crescimento, desenvolvimento e produção do algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados [manuscrito]

/ Joseilton dos Santos Nascimento. - 2014.

53 p. : il. Color.

Digitado.

Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) -
Universidade Estadual da Paraíba, Centro de Ciências e
Tecnologia, 2014.

“Orientação: Prof. Dr. José Fideles Filho, Departamento de Física”.

1. Água residuária. 2. Gossipium hirsutum. L. 3.
Fertirrigação. 4. Cultivo de algodão. I. Título.

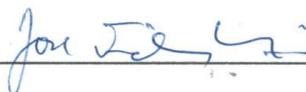
21. ed. CDD 628.3

JOSELTON DOS SANTOS NASCIMENTO

**AVALIAÇÃO DO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO
ALGODÃO IRRIGADO COM ÁGUA DE ESGOTOS SANITÁRIOS TRATADOS**

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 24 DE FEVEREIRO DE 2014

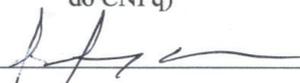
BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. José Fideles Filho
(Orientador – Universidade Estadual da Paraíba)



Prof. Dr. Israel Nunes Henrique
(Examinador Interno – Bolsista do Programa Nacional de Pós-Doutorado
do CNPq)



Dr. José Queiroga Nóbrega
(Examinador Externo – EMEPA – Empresa Estadual de Pesquisa
Agropecuária da Paraíba)

CAMPINA GRANDE - PB

MARÇO DE 2014

AGRADECIMENTO

Agradeço a DEUS, por estar sempre presente na minha vida e não fazer nunca desistir dos objetivos e sonhos, e nos momentos mais difíceis e incertezas dando-me forças e esperança, para enfrentar as dificuldades encontradas.

Ao Professor Dr. José Fideles Filho, pela atenção, paciência, dedicação, incentivo e orientação em toda a execução deste trabalho.

Aos meus pais, Maria José dos Santos e Francisco Silva do Nascimento, por terem me dado força, coragem, acreditando sempre no meu potencial, com dedicação, apoio e confiança.

Aos meus irmãos, Francilene, Francinaldo, Francivaldo, Josivaldo, Josinaldo e Severina, pela amizade e por estar sempre presente em todos os momentos da minha vida. A todos os meus sobrinhos.

Aos amigos: Magno, Francimeri, Paula, Gil, Ligia, Niel, Valdir, Luciana, Cristiane, Felipe, Lucilene, Janine, Nogueira, Ricardo, Renato, Cleidinha, Rafaela, que sempre me motivaram dando forças para a conclusão do meu curso.

A todos da turma do MCTA de 2012, pela companhia durante esses dois anos que levarei por toda vida, em especial para Alane e Franknairy, pela amizade durante todo esse tempo que certamente levarei por toda vida.

Ao professor Walter Esfrain da UFPB-CCA, pela grande ajuda na realização das análises estatísticas.

A Júlia, Luciana e Franknairy, por me ajudarem bastante durante toda a parte experimental, disponibilizando os dados necessários para constar na minha dissertação.

A companhia de água e esgotos da Paraíba – CAGEPA, pela disponibilização de alguns dados da água de abastecimento.

A coordenação e professores do Programa de Pós-graduação em Ciência e Tecnologia Ambiental.

À CAPES pela bolsa de mestrado concedida.

A todos que tiveram alguma contribuição para o término deste trabalho.

“Talvez não tenha conseguido fazer o melhor, mas lutei para que o melhor fosse feito. Não sou o que deveria ser, mas Graças a Deus, não sou o que era antes”.

(Marthin Luther King)

SUMÁRIO

LISTA DE TABELAS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE SIMBOLOS E ABREVIATURAS

RESUMO

ABSTRACT

1. INTRODUÇÃO.....	12
2. OBJETIVOS	14
2.1. Objetivo geral	14
2.2. Objetivos específicos	14
3. REVISÃO DE LITERATURA	15
3.1. Utilizações das águas residuárias.....	15
3.2. Tratamento das águas residuárias	16
3.3. Aspecto sanitário do reuso de águas na agricultura.....	18
3.4. Qualidade de água para irrigação.....	19
3.4.1. Salinidade	19
3.4.2. Sodicidade	20
3.4.3. Toxicidade por íons específicos	20
3.5. Uso de Água residuária na cultura do algodão	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
4.1. Localização.....	22
4.2. Caracterizações do Clima	22
4.3. Características do solo antes do experimento.....	23
4.4. Delineamento experimental.....	23
4.5. Instalação do experimento.....	25
4.6. Águas utilizadas na irrigação.....	25
4.7. Variáveis estudadas.....	27
4.8. Análise estatística.....	27
5. RESULTADOS	28
5.1. Características das águas utilizadas no experimento	28
5.2. Características do solo ao final do experimento	30

5.3. Variáveis de crescimento	33
5.3.1. Área foliar.....	34
5.3.2. Altura de plantas	37
5.3.3. Diâmetro de caule	38
5.4. Componentes da produção	39
5.4.1. Produtividade do algodão em caroço	40
5.4.2. Número de capulhos por planta	41
5.4.3. Matéria seca (MS).....	43
5.4.4. Peso de sementes por planta	44
6. CONCLUSÕES.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	46

LISTA DE TABELAS

- Tabela 1.** Dados meteorológicos, referente ao período da pesquisa. 22.
- Tabela 2.** Características químicas do solo antes do experimento, coletado a 20 cm de profundidade. 23.
- Tabela 3.** Características físicas do solo, coletado a 20 cm de profundidade. 23.
- Tabela 4.** Resultados da qualidade das águas residuária usadas no experimento. 28.
- Tabela 5.** Características químicas do solo ao final do experimento, coletado a 20 cm de profundidade. 31.
- Tabela 6.** Análise de variância da Área Foliar (AF), Diâmetro caulinar (DC), Número de folhas (NF), Altura de plantas (AP). 34.
- Tabela 7.** Valores médios obtidos para o diâmetro caulinar- DC(mm), altura de plantas- ALT (cm), área foliar- AF (cm²) e numero de folhas- NF. 34.
- Tabela 8.** Analise de variância do número de capulhos- NCAP, Peso da pluma-PLUMA, peso das sementes- PSEM, produtividade- PRODUT e massa seca da parte aérea- MSPA. 40.
- Tabela 9.** Valores médios obtidos para o número de capulhos- NCAP, Peso da pluma- PLUMA, peso das sementes- PSEM, produtividade- PRODUT e massa seca da parte aérea- MSPA 40.

LISTA DE FIGURAS

- Figura 1.** Área experimental 24.
- Figura 2.** Sistema completo do tratamento biológico de esgotos domésticos 26.
- Figura 3.** Sistema de tratamento proveniente do reator anaeróbio 26.
- Figura 4.** Área foliar em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento 36.
- Figura 2.** Altura de plantas em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento 37.
- Figura 3.** Diâmetro caulimar em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento 39.
- Figura 4.** Produtividade do algodoeiro em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento 41.
- Figura 5.** Número de capulho em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento 42.
- Figura 6.** Materia seca em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento 43.
- Figura 7.** Peso de sementes em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento 44.

LISTA DE ABREVIATURAS, SÍMBOLOS E SIGLAS

AB	Água de abastecimento
Ca	Cálcio
CAGEPA	Companhia de Águas e Esgotos da Paraíba
CTC	Capacidade de troca de cátions
DAE	Dias após a emergência
DBO	Demanda bioquímica de oxigênio
DQO	Demanda química de oxigênio
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EMEPA	Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba
EXTRABES	Estação Experimental de Tratamento Biológico de Esgotos Sanitários
FA	Filtro anaeróbio
FS	Filtro em série
K	potássio
LM	Lagoa de macrófitos
Mg	Magnésio
M.O.	Matéria orgânica
Na	Sódio
N-NH ₄ ⁺	Nitrogênio Amoniacal
N-NO ₂ ⁻	Nitrogênio como Nitrato
N-NO ₃ ⁻	Nitrogênio como Nitrito
N-NTK	Nitrogênio Total Kjeldahl
N-org	Nitrogênio Orgânico
OMS	Organização mundial da saúde
SB	Soma de bases
P	fosforo
P-PO ₄ ⁻	Ortofosfato
pH	Potencial Hidrogeniônico
UASB	Reator anaeróbio de fluxo ascendente e manta de lodo (Upflow Anaerobic Sludge Blanket)

NASCIMENTO, J. S. dos. **Avaliação do crescimento, desenvolvimento e produção do algodão irrigado com água de esgotos sanitários tratados.** Dissertação (Mestrado em Ciência e Tecnologia Ambiental) - Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

RESUMO

A escassez dos recursos hídricos vem se tornando um fator agravante na irrigação de culturas agrícolas, com isso a utilização de água residuária tratada surge como uma alternativa viável para suprir essa demanda. Neste contexto o presente trabalho teve como objetivo avaliar o efeito da utilização de águas residuária, nas variáveis de crescimento e de produção do algodoeiro, utilizando como parâmetros as medidas da evolução temporal, ao longo do ciclo vegetativo da cultura. A pesquisa foi realizada na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários - EXTRABES, no município de Campina Grande-PB, em delineamento inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições. Onde o tratamento 1 (T1) - irrigação com água de abastecimento proveniente da CAGEPA; tratamento 2 (T2) - irrigação com o efluente proveniente do reator UASB; tratamento 3(T3) - irrigação com efluente proveniente do filtro em série; tratamento 4 (T4) - irrigação com o efluente proveniente do filtro anaeróbio; tratamento 5 (T5) - irrigação com o efluente proveniente da lagoa de macrófitas. Os resultados foram submetidos à análise de variância (teste F) e as médias foram comparadas pelo teste de Tukey com nível de significância 5% de probabilidade. O teor de sódio incrementado no solo ao final do experimento foi 812,9% proporcionado pela irrigação com água residuária proveniente do reator UASB. A aplicação de água residuária via irrigação na cultura do algodão proveniente do reator UASB e filtro em série aumentaram as concentrações de fósforo, potássio e matéria orgânica na camada superficial do solo.

Palavras Chaves: água residuária, fertirrigação, *Gossypium hisurtam. L.*

NASCIMENTO, J. S. dos. **Assessment of growth, development and production of cotton irrigated with water of treated sanitary sewage.** Dissertation (Master of Environmental Science and Technology) – Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande, 2014.

ABSTRACT

The scarcity of the water resources has been becoming an aggravating factor in irrigation of agricultural crops, with that the utilization of treated wastewater arises as a viable alternative to meeting that demand. In this context, the present study aimed to evaluate the effect of the use of wastewater, on growth variables and yield of cotton plants, using as parameters the measurements from the temporal evolution during the vegetative cycle of the crop. The research was conducted at Experimental Station of Biological Treatments Sanitary Sewage - EXTRABES, the city of Campina Grande PB - in completely randomized design with five treatments and four repetitions. When the treatment 1 (T1), consisted of irrigation with water refueling coming from the CAGEPA; the treatment 2 (T2), irrigation with effluent coming from the UASB reactor; the treatment 3 (T3), irrigated with effluent coming from the series of filter; the treatment 4 (T4), irrigated with effluent coming from the anaerobic filter; the treatment 5 (T5), irrigated with effluent coming from the ponds of macrophytes. The results were submitted to analysis of variance (F test) and averages were compared through the Tukey with significance level 5% probability. The incremented sodium content in soil at the end of the experiment was 812.9% afforded by irrigation with wastewater coming from the UASB reactor. The application of wastewater through irrigation in cotton culture coming from the UASB reactor and filter in series have increased the concentrations of phosphorus, potash and organic matter in surface soil layer.

Key words: wastewater, fertirrigation, *Gossypium hirsutum*. L.

1. INTRODUÇÃO

A busca por alternativas racionais que viabilizem o uso de águas residuárias se faz a cada dia mais necessário, tanto do ponto de vista ambiental como do ponto de vista econômico, sobretudo em regiões áridas e semiáridas onde os recursos hídricos são bastante escassos, a exemplo do Nordeste brasileiro, frequentemente assolado por longos períodos de estiagens e secas quase periódicas (BEZERRA e FIDELES FILHO, 2009).

A escassez dos recursos hídricos tem-se tornado cada vez mais agravante, tanto na quantidade quanto na qualidade. Em contrapartida, os efluentes domésticos e agroindustriais apresentam aumento crescente e, desta forma podem ser vistos como alternativa de uso potencial na agricultura, ao liberar água de melhor qualidade para fins mais nobre, como consumo humano e/ou dessedentação de animais, como preconiza a Política Nacional dos Recursos Hídricos (LUBELLO et al., 2004; SOUZA et al., 2010; RIBEIRO et al., 2012).

O reuso agrícola de efluentes há varias décadas é uma prática comum em países como Egito, Austrália, Arábia Saudita, Tunísia, Chile e Israel (HESPANHOL, 2002); no último, as águas residuárias são consideradas partes integrantes dos recursos hídricos do país a mais de quatro décadas. A reutilização da água doméstica tem sido maciça e hoje Israel reutiliza 75% dos efluentes gerados, contra 14% na Espanha, 9% na Austrália, 8% na Itália, 5% na Grécia e menos de 1% na Europa (JUANICÓ, 2007). Portanto, a prática do reuso de águas domésticas tratadas tem papel fundamental no planejamento e na gestão sustentável dos recursos hídricos, podendo ser potencialmente utilizada em regiões áridas e semiáridas, como no nordeste brasileiro (RIBEIRO et al., 2012).

Para Telles (2003), as águas de qualidade inferior, como as águas residuárias domésticas devem sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para usos menos restritivos, como a agricultura, onde água de padrões baixos de qualidade pode ser usada para a irrigação. Neste sentido, Hespagnol (2003), chama a atenção para a necessidade de se utilizar tecnologias apropriadas na eficiência do uso e no controle da demanda dessas fontes, como estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água, assim, uma nova tática de consumo está desenvolvendo-se em todo mundo visando conservar a sua disponibilidade e qualidade: “o reuso de água” (CERQUEIRA et al., 2008).

O reuso de água é uma alternativa que se vem mostrando viável e vários são os benefícios provenientes de sua aplicação na agricultura, entre as vantagens do reuso, menciona-se, a possibilidade de substituição parcial de fertilizantes químicos, com diminuição do impacto ambiental, em função da redução da contaminação dos cursos d'água. As plantas

podem ser beneficiadas não apenas pela água, mas também, dentro de certos limites, pelos materiais dissolvidos no esgoto doméstico, tais como, matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes, além da economia da qualidade de água direcionada em grandes volumes para irrigação, que representa a maior a demanda de água nas regiões seca (PESCOD, 1992; BERNARDI, 2003; CERQUEIRA et al., 2008).

Quando aplicado no solo, o esgoto bruto ou tratado sofre autodepuração, através de processos físicos, químicos e biológicos, que reduzem sua carga poluidora (GLOAGUEN et al., 2007), a aplicação de águas residuárias no solo pode apresentar diversos efeitos negativos. Na ausência de lixiviação e na presença de evapotranspiração excessiva, a irrigação promove o acúmulo de sais na zona radicular (BERNSTEIN, 1974), o que pode comprometer o desenvolvimento das plantas; a situação se agrava na medida em que o solo seca, pois as plantas passam a sofrer, tanto pelo estresse matricial quanto pelo estresse osmótico (RHOADES et al., 2000; GLOAGUEN, 2006); além disso, a água residuária possui, em geral, altos valores de Razão de Adsorção de Sódio (RAS), elevando a Percentagem de Sódio Trocável (PST) dos solos irrigados, o que pode provocar redução da condutividade hidráulica e drenagem (GONÇALVES et al., 2007).

Azevedo & Oliveira (2005), ressaltam a importância da utilização de águas residuárias domésticas para o fornecimento de nutrientes e aumento de produtividade. Ao aplicarem esgoto residencial tratado por gotejamento em cultura de pepino, obtiveram um aumento de 40,7% na produção. Papadopolous e Stylianou (1991), concluíram que o uso de água residuária proporcionou alto rendimento e boa qualidade em sementes de girassol, além de ter diminuído as quantidades de fertilizantes à base de nitrogênio e fósforo. Alves et al. (2005), estudando os componentes da produção do algodoeiro colorido irrigado com águas residuárias, verificaram que a água proveniente de esgotos domésticos tratados, proporcionou um aumento no número de botões florais, número de frutos por plantas em relação a água de abastecimento.

2. OBJETIVOS

2.1. Geral

Avaliar o efeito da utilização de águas residuárias, nas variáveis de crescimento, desenvolvimento e de produção do algodoeiro herbáceo (*Gossipyum hirsutum. L*) cultivar BRS TOPÁZIO, utilizando como parâmetros as medidas da evolução temporal, ao longo do ciclo vegetativo da cultura.

2.2. Específicos

- i)** Avaliar as variáveis de crescimento, desenvolvimento e produção da cultura do algodão colorido.
- ii)** Identificar o tipo de água residuária, que proporcionou melhores incrementos nutricionais e sua influencia na cultura do algodoeiro.
- iii)** Verificar o aporte nutricional no solo e os seus efeitos na cultura do algodão (*Gossipyum hirsutum. L*).

3. REVISÃO DE LITERATURA

3.1. Utilização das águas residuárias

Existem diversas modalidades de reúso da água, tais como: o urbano, o industrial, o paisagístico, o agrícola, o doméstico, a recarga de aquíferos e o reúso na aquíicultura. A utilização de águas residuárias para fins agrícolas vem sendo utilizada em todas as partes do mundo.

O uso de água residuária na agricultura é uma prática antiga em alguns países como Arábia Saudita, Austrália, Israel, Egito, Tunísia e Chile (HESPANHOL, 2002; HUSSAR et al., 2005; FLORENCIO et al., 2006). O contexto mundial apresenta diferentes situações relacionadas às quantidades, quanto à utilização de esgoto tratado, merecendo atenção especial a irrigação com esgoto de 1.330.000 ha na China, contra 14.000 ha nos EUA e 10.000 ha em Israel, na Europa, destaca-se a Alemanha com 28.000 ha irrigados com esgotos domésticos (MOTA e VON SPERLING, 2009).

No Brasil este uso de águas residuárias é bem recente e concentra-se de forma mais restrita, principalmente com culturas que visam o incentivo de programas governamentais destinadas para a produção do biodiesel (HOLANDA, 2004). No entanto, o uso de esgotos domésticos para irrigação constitui um procedimento não institucionalizado, necessitando de planejamento ou controle.

A utilização de esgotos domésticos tem sua importância através do planejamento e gestão de recursos hídricos principalmente em regiões áridas e semiáridas, a exemplo da maior parte do Nordeste brasileiro, que convivem com secas quase periódicas, podem ser amenizadas através da reutilização das águas residuárias disponível durante todo ano (RIBEIRO, et al., 2012).

A questão da escassez de recursos hídricos tornou-se uma problemática que se agravou nos últimos anos, em relação à quantidade e a sua qualidade, não sendo mais suficientes para abastecer adequadamente a população (SOUZA et al., 2010). Entretanto, o uso de água residuária oferece oportunidade para o desenvolvimento econômico, ambiental e social, em regiões de acentuada escassez de recursos hídricos pelo mesmo constituir uma necessidade. (FLORENCIO et al., 2006).

O uso de águas residuárias na agricultura vem sendo uma alternativa potencial, pela grande quantidade de água residuária ofertada durante todo o ano, garantindo economia de água, com isso há possibilidade de aumento na produtividade das culturas irrigadas, pela expansão das áreas agrícolas e possibilidade de aumenta o valor agregado do produto com a

diminuição dos custos de produção com irrigação e fertilizantes (JAVAREZ JÚNIOR et.al., 2010; OLIVEIRA, et al., 2012).

Os vários níveis de reposição hídrica com água residuária, influenciaram favoravelmente em algumas variáveis da cultura do girassol, além de repor satisfatoriamente a necessidade hídrica da cultura estudada, contribuindo com o fornecimento de nutrientes para as plantas, alcançando melhores resultados quando essa reposição hídrica estiver em aproximadamente 100% (NOBRE et al., 2010). Em Ribeiro et al. (2012), realizando experimento sobre diferentes diluições de águas residuárias tratadas na cultura da mamona, constatou que houve influência nas variáveis de crescimento, proporcionando uma boa produtividade, em comparação com o tratamento convencional, sendo uma alternativa viável para economia de água de boa qualidade que seria utilizada na agricultura e também uma forma de economia de fertilizantes minerais, que são bastante caros.

Costa et al. (2009) utilizando água residuária como forma de irrigação na cultura do milho obteve efeitos satisfatórios através da reciclagem de nutrientes em todas as variáveis de crescimento estudadas, com valores sempre superiores da irrigação com apenas água de abastecimento, sendo a água residuária equiparando algumas vezes com a testemunha, que foi irrigada com adubação química recomendada. Souza et al. (2009), estudando as variáveis de produção na cultura da mamona, verificou que os tratamentos onde foram utilizadas águas residuárias tratadas obteve resultados superiores em comparação ao irrigado com água bruta na maioria das variáveis analisadas, sendo o tratamento que obteve melhores resultados foi quando irrigou-se a água residuária tratada com adubação recomendada.

3.2. Tratamento das águas residuárias

Os esgotos domésticos contêm uma grande variedade de organismos patogênicos, os mais comuns são: bactérias, protozoários, vírus e helmintos (METCALF e EDDY, 2003). Com isso, para utilizar as águas residuária na agricultura é necessário que o seu tratamento seja eficaz, evitando assim a contaminação por esses organismos patogênicos (BERTONCINI, 2008).

O processo anaeróbio fundamenta-se na utilização de microrganismos, na ausência de oxigênio, para a degradação da matéria orgânica, gerando gases como o metano, dióxido de carbono e amônia (BERTONCINI, 2008). No entanto, como não produzem efluente aos padrões adequados para sua utilização, os sistemas anaeróbios devem ser utilizados como uma primeira etapa do processo de tratamento, necessitando um pós-tratamento que complemente

a remoção da matéria orgânica, nutrientes e organismos patogênicos (CHERNICHARO, 2008).

Uma das configurações mais difundidas dentre reatores anaeróbios de alta taxa (capazes de receber maiores quantidades de carga orgânica por unidade volumétrica) é o reator de fluxo ascendente e manta de lodo (UASB). O afluente a ser digerido é distribuído na parte superior do reator, atravessando uma manta de lodo, sendo descarregado na sua parte superior, em contato com a manta de lodo é estabilizado a metano e dióxido de carbono. A principal vantagem do reator UASB, é que o mesmo dispensa a decantação primária, conseqüentemente proporciona uma baixa produção de lodo. Apresenta relatos de experiências bem sucedidas em varias regiões do Brasil, tais como: Paraná, Bahia, São Paulo, Minas Gerais e Distrito Federal, fornecendo um forte indicativo no tratamento de águas residuária domésticas (CHERNICHARO, 2007).

O filtro anaeróbio tem demonstrado importante potencialidade no tratamento de esgoto sanitário, tanto pela sua facilidade construtiva, como operacional. Com o uso de enchimentos leves e de fácil obtenção, sua construção se torna mais fácil, ocorrendo à diminuição dos custos na sua implantação (JAVAREZ JUNIOR, 2010).

O processo aeróbio fundamenta-se na utilização de microrganismos para degradar as substâncias orgânicas, para utilizar como fonte de energia, mediante processos oxidativos. Nesse processo, o afluente precisa ser submetido a temperaturas específicas, estar com o pH e oxigênio dissolvido controlado, além de obedecer a relação da massa com os nutrientes de Demanda Biológica de Oxigênio.

Os filtros de areia funcionam em condições aeróbias, onde a aplicação do efluente sobre leito de areia, no qual o líquido é tratado por meio de processos físicos, químicos e biológicos. O tratamento físico consiste na retenção de sólidos entre as partículas de areia, enquanto que o químico se dá pela retenção química entre as partículas do leito e aquelas presentes no efluente. Os processos biológicos são os mais importantes e consistem na decomposição do material orgânico por microrganismos decompositores (TONETTI et al., 2012).

As macrófitas aquáticas podem ser utilizadas no tratamento de águas residuárias em sistemas alagados, denominadas de “wetlands”. Macrófitas aquáticas é a denominação genérica dada a um conjunto de plantas que crescem no meio aquático, em solos saturado ou alagado, sendo constituídas por espécies como macroalgas (BRASIL et al., 2012)

A vegetação implantada nos referidos sistemas atua como extratora de macro e micronutrientes necessários ao seu crescimento, além de transferir oxigênio para o substrato

permitindo a formação de sítios aeróbios em torno de rizomas e raízes. Essas plantas também favorecem o desenvolvimento dos filmes biologicamente ativos que propiciam a degradação dos compostos orgânicos, depurando o meio (MATOS et al., 2009).

3.3. Aspecto sanitário do reuso de águas na agricultura

A utilização de água residuária na agricultura tem que seguir algumas recomendações da organização mundial da saúde (OMS), relacionado ao manejo dessas águas com método adequado para irrigação de culturas agrícolas.

A Organização Mundial da Saúde (OMS) garante que o tratamento primário dos esgotos domésticos é adequado para irrigação de culturas agrícolas para consumo indireto. Entretanto, recomenda-se o tratamento secundário e terciário na irrigação de culturas que forem ser consumidas de forma direta (SHUVAL et al., 1997; METCALF & EDDY, 2003).

A utilização das águas residuárias de uma forma planejada na agricultura, vem se tornando uma alternativa para minimizar o problema da escassez, principalmente em áreas rurais próximas das cidades, no entanto, os aspectos sanitários é o principal impedimento (SOUSA e LEITE, 2003).

Nas águas residuária domésticas, encontram-se os diferentes organismos patogênicos e em elevadas concentrações, com isso a utilização de esgotos domésticos necessita de adequado e eficiente tratamento para as diversas finalidades do reuso, pela possibilidade de contaminações microbiológicas (FLORÊNCIO et al., 2006).

Segundo Sousa et al. (2006), os microrganismos encontrados nos esgotos domésticos não conseguem entrar no tecido vegetal planta, mas esses patógenos poderão penetrar se a planta apresentar alguma fissura, sendo que esses organismos patogênicos são encontrados em maiores quantidades na superfície das plantas, quando se irriga com esgotos domésticos sem nenhum tratamento. No geral, sua permanência depende das condições ambientais favoráveis como a incidência solar, temperatura, textura do solo e o tipo de irrigação.

A qualidade sanitária de um efluente depende do método de tratamento empregado, para ter uma determinada segurança é preciso realizar um pós-tratamento ou tratamentos secundários dos esgotos domésticos. O método mais indicado são as lagoas de estabilização como tratamento terciário, quando se destina utilizar efluentes com padrões adequados para uso irrestrito na agricultura (WHO, 1989), enquanto que outros métodos necessitariam de um tratamento de filtração e desinfecção artificial, aumentando os custos desse processo.

3.4. Qualidade de água para irrigação

A qualidade da água utilizada na agricultura é um aspecto muito importante que vem sendo desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização, esta situação está se alterando em muitos lugares, principalmente em regiões áridas (AYERS e WESTCOT, 1999).

A qualidade da água define-se por uma ou mais características físicas, químicas ou biológicas (AYERS e WESTCOT, 1999). Entretanto, segundo Araújo (1999), às águas destinadas para irrigação devem ser analisadas através de alguns parâmetros fundamentais como: salinidade, sodicidade, toxicidade, concentração de íons e aspectos sanitários.

3.4.1. Salinidade

Um dos sérios problemas da agricultura é a escassez de água, obrigando muitas vezes os produtores a utilizar águas salinas para a irrigação das culturas (REED, 1996). Em várias áreas agrícolas, a utilização de água de baixa qualidade para irrigação e a aplicação de quantidades excessivas de fertilizantes são as principais causas para aumentar a salinidade do solo (DIAS e BLANCO, 2010). Já FREITAS et al., 2007 consideram que o problema da salinidade do solo é decorrente das altas taxas de evaporação e baixa precipitação pluviométrica, e da presença em excesso de nitrato, potássio, sódio e nitrogênio total. Quando se aplica água salina no solo, sem um manejo adequado que conduza à lixiviação destes sais, podem ocorrer problemas na permeabilidade do solo, dispersão da fração argila, o que pode impedir o desenvolvimento radicular da planta (VARALLO, 2012).

Os efeitos da salinização sobre as plantas podem ser provocados, pela toxicidade de íons específicos e pela interferência dos sais nos processos fisiológicos dificultando a absorção de água, reduzindo o crescimento e o desenvolvimento das plantas. No solo, os efeitos adversos da salinização são desestruturação das camadas do solo, aumento da densidade aparente, conseqüentemente a redução da infiltração de água pelo excesso de íons sódicos e alterando a fertilidade físico-química (RHOADES et al., 2000).

A principal consequência prática da salinidade sobre o solo é a perda da fertilidade e a susceptibilidade à erosão, e conseqüentemente, a contaminação do lençol freático. Nas plantas, estes efeitos provocam a perda de produtividade e de qualidade, e em alguns casos podendo ocasionar a perda total da produção (DIAS e BLANCO, 2010).

Santos et al. (2013) estudando o comportamento morfofisiológico da mamoneira submetida à irrigação com água salina, observou que as variáveis de crescimento diminuiram com o aumento da salinidade da água de irrigação, em todos os períodos analisados. Já as

variáveis de produção do algodoeiro são reduzidas com o uso de água de salinidade a partir de $3,5 \text{ dS m}^{-1}$ (OLIVEIRA et al., 2012). De acordo com Mancuso e Santos (2003), a qualidade da água residuária a ser utilizada na irrigação, a salinidade do solo e a tolerância dos sais pelas plantas, são fatores determinantes para produtividade das culturas agrícolas.

3.4.2. Sodicidade

As altas concentrações de sódio ou outros cátions na solução do solo influenciam as condições físicas do solo ou na disponibilidade de alguns elementos, afetando o crescimento e o desenvolvimento das plantas (DIAS e BLANCO, 2010).

O sódio em altas concentrações no solo provoca toxidez nas plantas que é considerado um efeito direto provocando uma série de efeitos negativos as plantas, como a necrose nas folhas, dano irreversível nas plantas que provoca a redução da produtividade de culturas agrícolas (CERQUEIRA et al. 2008). O conteúdo de sódio no solo em concentrações acima do normal pode afetar indiretamente o desenvolvimento das plantas, através do efeito dispersante do sódio nas argilas altera a estrutura do solo, em consequência afeta o desenvolvimento do sistema radicular (GLOAGUEN, 2005; GONÇALVES et al., 2007). Entretanto, esses efeitos negativos se apresenta em grau variável dependendo da cultura,

3.4.3. Toxidade por Íons específicos

Além dos problemas relacionados á salinidade e a sodicidade comentados anteriormente, outros íons que podem ser tóxicos para algumas culturas, como o boro e os cloretos. Esses íons quando são absorvidos pelas plantas em concentrações elevadas, provocam problemas internos que são bastante prejudiciais às plantas.

A intensidade da toxidade depende da quantidade de íons absorvidos, da tolerância da cultura e de uso de água pela cultura. Nas culturas que são mais sensíveis a baixas concentrações de íons podem ser suficientes para que provoquem danos às culturas como queimaduras nas bordas das folhas, clorose nas áreas internervurais, e em concentrações elevadas, poderá causar a morte das plantas (AYERS e WESTCOT, 1991; LIMA, 1998).

As concentrações de cloretos presentes nas águas de irrigação podem ser absorvidas pelas raízes, movimentados pelo caule e acumulados nas folhas, ou diretamente pelas folhas molhadas durante a irrigação por aspersão, que podem causar queimaduras nas plantas mais sensíveis (BERNARDO et al., 2006). Duarte (2012) relata que um dos principais danos causado pelos cloretos é o desequilíbrio nutricional, uma vez que esses íons impedem a

absorção de elementos essenciais para o desenvolvimento das plantas, como por exemplo, o nitrato, proporcionando deficiências de nitrogênio.

Algumas plantas são mais sensíveis a baixas concentrações de boro, como por exemplo, o citros. No entanto, culturas como o sorgo, algodão e aspargo, são muito tolerantes e apresentam produção satisfatória mesmo em concentrações maiores de boro (PAGANINI, 1997). As plantas que desenvolvem toxicidade por boro apresentam diferentes sintomas, como manchas amareladas ou secas nas bordas e ápices das folhas mais velhas (AYERS e WESTCOT, 1999; MANTOVANI et al., 2006).

3.5. Uso de água residuária na cultura do algodão

O reuso da água residuária na cultura do algodão herbáceo, é uma alternativa viável em se tratando desta cultura, cujas partes não se destinam para consumo. A produtividade desta cultura quando irrigada com esgotos sanitários tratados, foi demonstrados em vários trabalhos (FIDELES FILHO et al., 2005; ALVES, 2006; FIGUEIREDO et al., 2012).

Alves et al. (2005), realizou experimento com algodão de fibra marrom, constatou que houve aumento no número de botões florais e de frutos cresceram com o aumento das lamina de águas residuárias, esses valores foram maiores em comparação com a água de abastecimento.

A irrigação com água residuária influenciou diretamente o crescimento das plantas de algodoeiro, em algumas variáveis, como: à percentagem de germinação à altura de plantas, o diâmetro caulinar e número de folhas e à área foliar e massa seca de parte aérea, crescendo com o aumento da proporção de uso do efluente doméstico. Houve efeito benéfico do acúmulo de nutrientes no solo, através da aplicação da fertirrigação sobre as variáveis estudadas, e com isso a fertirrigação com efluente doméstico tratado pode substituir a adubação convencional do algodoeiro (SOUSA NETO et al., 2012).

A utilização da água residuária e composto orgânico proporcionaram efeitos positivos nas variáveis de crescimento e produção da cultura do algodoeiro, podem representar uma tecnologia social importante e com capacidade para potencializar a produção agrícola da região semiárida, contribuindo com alternativas para transformar os resíduos líquidos em fonte de renda para as comunidades, além de indicar meios para mitigar e diminuir o impacto socioambiental causado por esses agentes de origem doméstica (FIGUEIREDO et al., 2012).

4. MATERIAL E MÉTODOS

4.1. Localização

O experimento foi conduzido no período de 25 de setembro de 2012 a 08 de fevereiro de 2013, conduzido em condições de campo, na Estação Experimental de Tratamentos Biológicos de Esgotos Sanitários – EXTRABES, no município de Campina Grande, Estado da Paraíba, vinculado à Universidade Estadual da Paraíba – UEPB, tendo as seguintes coordenadas geográficas do local 07°15'18'' de latitude sul e 35°52'28'' de longitude oeste, a 550m acima do nível do mar, localizado na Microrregião do Agreste Central do Planalto da Borborema.

4.2. Caracterizações do Clima

O clima da região onde se realizou o experimento, de acordo com a classificação climática de Köppen, é do tipo “CSa”, que representa um clima mesotérmico, subúmido, com verão quente e seco (4 a 5 meses) e chuvas de outono e inverno. O período chuvoso é de março a junho e o mais seco é de outubro a dezembro.

Os dados meteorológicos referentes ao período de cultivo e coleta dos dados estão apresentados na Tabela 1.

Tabela 1. Dados meteorológicos da estação climatológica CNPA/EMBRAPA, referente ao período da pesquisa.

Dados Meteorológicos					
Mês/Ano	Temperatura Média (°C)	Precipitação (mm)	Evapotranspiração (ET _o , mm mês ⁻¹)	UR Média do ar (%)	Insolação Média (h)
09/2012	22,5	6,2	139,5	74	8,2
10/2012	23,0	10,2	158,3	74	8,0
11/2012	24,1	0,5	156,1	73	10,9
12/2012	24,5	9,2	197,2	49	8,3
01/2013	26,9	27,2	212,3	72	7,9
02/2013	25,0	30,1	178,7	72	7,9

UR – Umidade Relativa; h – hora; temperatura ambiente.

Observa-se que a temperatura média variou de 22,5 a 26,9°C, precipitação pluvial total de 83,4 mm e evapotranspiração de 139,5 a 212 mm durante todo o período do experimento (Tabela 1). Verifica-se ainda que durante o período experimental ocorreu altas quantidades de evapotranspiração, insolação e temperaturas médias sempre altas, no entanto a precipitação total foi baixa.

4.3. Características do solo antes do experimento

O solo utilizado foi coletado da camada superficial (0 - 20 cm), na Estação Experimental de Lagoa Seca, pertencente à Empresa Estadual de Pesquisa Agropecuária da Paraíba - EMEPA - PB, no município de Lagoa Seca – PB.

As análises físicas e químicas foram realizadas no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, no Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II- Areia, PB. Resultando nos dados constantes nas Tabelas 2 e 3.

Tabela 2. Características químicas do solo, coletado a 20 cm de profundidade.

pH	P	K ⁺	Na	H ⁺ +	Al ³⁺	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CTC	SB	M. O.
1:2,5	mg/dm ³		-----cmolc/dm3-----							g/dm ³
6,39	87,00	105,60	0,31	0,00	0,00	1,50	1,50	4,17	3,18	5,34

Análise realizada pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba, de acordo com a Embrapa (1997).

Na Tabela 2, está apresentada a análise química do solo antes da implantação da cultura do algodão apresentando baixos valores de nutrientes presente nesse solo, apresentando também uma pequena concentração de sódio, com a ausência de alumínio (Al³⁺) trocável e o pH próximo da neutralidade caracterizam um solo ideal para o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas, verifica-se também baixos teores de matéria orgânica de 5,34g/kg⁻¹.

Observa-se na Tabela 3, que o solo se classifica como Neossolo, apresentando-se textura arenosa e uma porosidade de 40%, sendo considerada alta.

Tabela 3. Características físicas do solo, coletado a 20 cm de profundidade.

Granulometria			Classificação	Densidade	Densidade	Porosidade
g. kg ⁻¹			Textural	aparente	real	
Areia	Silte	Argila		-----g.cm ⁻³ -----		%
834	111	55	Arenoso	1,59	2,65	40

Análise realizada pelo Laboratório de Química e Fertilidade do Solo do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal da Paraíba.

4.4. Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi realizado inteiramente casualizado com cinco tratamentos e quatro repetições, em um total de 20 unidades experimentais (Figura 1).

Em quatro tratamentos utilizou-se diferentes tipos de água residuária tratada, a Testemunha foi irrigada apenas com água de abastecimento. Todas as parcelas foram uniformemente irrigadas com água de abastecimento até a germinação total, a partir daí a irrigação foi realizada de acordo com os seguintes tratamentos:

Tratamento 1: irrigação com água de abastecimento proveniente da CAGEPA.

Tratamento 2: irrigação com o efluente proveniente do reator UASB.

Tratamento 3: irrigação com o efluente proveniente do filtro em série.

Tratamento 4: irrigação com o efluente proveniente do filtro anaeróbio.

Tratamento 5: irrigação com o efluente proveniente da lagoa de macrófitas



Figura 1. Área experimental

Parcela 1	Parcela 2	Parcela 3	Parcela 4	Parcela 5
5	1	4	3	2
2	4	5	1	3
1	3	2	4	5
4	5	3	2	1

Croqui da área experimental. Legenda: Tratamento 1 - ①, Tratamento 2 - ②, Tratamento 3 - ③, Tratamento 4 - ④, Tratamento 5 - ⑤.

4.5. Instalação e condução do experimento

A cultura utilizada na pesquisa foi o algodão herbáceo (*Gossipium hirsutum L*), cultivar BRS TOPÁZIO, sendo semeadas seis sementes em cada vaso, com 3 cm de profundidade e durante o período compreendido entre a semeadura e a germinação manteve-se o solo próximo da capacidade de campo, ocorrendo à germinação total sete dias após o plantio. Quinze dias após a germinação realizou-se o desbaste, deixando apenas uma planta por vaso.

Foram utilizados vasos plásticos com capacidade de 30L, contendo solo arenoso empregados no experimento, sobre uma camada de 3 cm de brita em sua base, para facilitar a drenagem do excesso de água e evitar a perda de solo pelo aberturas existentes em cada vaso, em seguida realizou-se uma adubação orgânica com húmus (esterco de minhoca), em todos os tratamentos.

Foram realizadas capinas manuais para manter as plantas sempre livres de ervas daninhas, evitando assim a concorrência por nutrientes e luz, principalmente na fase inicial da cultura do algodão e também para facilitar a realização dos tratamentos e condução do experimento. A irrigação foi realizada de forma manual pela manhã, através de um regador de 5 L e com o auxílio de um Becker de 1.000 ml (para fazer as medições exatas).

4.6. Águas utilizadas na irrigação

O experimento foi irrigado com diferentes tipos de água residuária trata, e um com água de abastecimento potável do sistema de abastecimento público de Campina Grande – PB.

Na Figura 2 observa-se o sistema completo do tratamento biológico de esgotos domésticos, ocorrendo em forma sequencial de tratamento.

Na Figura 3 está representado o sistema de tratamento do efluente proveniente do filtro anaeróbio.



Figura 2 - Sistema de tratamento biológico de esgoto doméstico: (A) reator UASB; (B) tanque de equilíbrio, (C) filtro de areia de fluxo intermitente; (D) e (E) filtros de areia de fluxo intermitente em série, (F e G) lagoas de macrófitas.

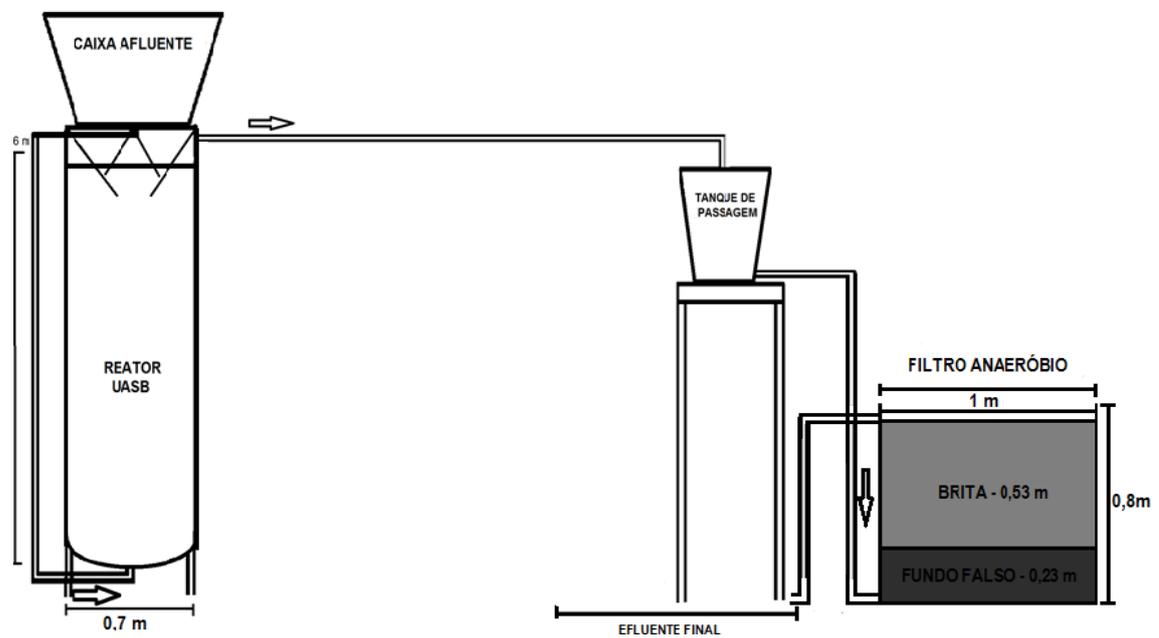


Figura 3. Desenho esquemático do Sistema experimental.
Fonte: Melo, 2013.

4.7. Variáveis determinadas

As variáveis determinadas foram: comprimento da folha, diâmetro de caule, altura de planta, número de folhas, produção do algodão em caroço e em pluma, número de frutos e capulhos, peso de sementes e matéria seca da parte aérea.

Utilizou-se uma régua linear para fazer as medições de comprimento das folhas do algodoeiro de cada tratamento, medindo-se a parte do limbo principal para determinação da área foliar (AF), a partir da seguinte Equação, proposta por Grimes & Carter (1969) e adaptada por Fideles Filho et al. (2010), para cultura de algodão de ciclo curto.

$$Y=0,7254 X^{2,08922} \quad (1)$$

Em que Y corresponde à área foliar (AF) e X ao comprimento da nervura principal da folha.

As medições foram realizadas quinzenalmente, iniciando-se 23 dias após a emergência (DAE).

4.8. Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância, através do teste **F**, e a comparação das médias pelo teste Tukey a 5% de probabilidade, utilizando-se o software SAS System, realizado na Universidade Federal da Paraíba (UFPB), Campus II- Areia, PB.

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Características das águas utilizadas no experimento

Na Tabela 4, estão apresentados os resultados dos efluentes utilizados nas irrigações, observa-se que o efluente proveniente do reator de manta de lodo (UASB) apresentou valores superiores, em relação aos demais efluentes. As análises foram realizadas no Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas do (EXTRABES), Campina Grande, PB.

Tabela 4. Características das águas residuárias e de abastecimento utilizada na irrigação.

Parâmetros	AA	UASB	FS	LM	FA
DBO(mg O ₂ .L ⁻¹)	-	125,13	83,75	69,1	104,14
DQO (mg O ₂ .L ⁻¹)	-	314,69	88,27	111,	100,00
Fósforo Total (mg P.L ⁻¹)	-	6,52	6,56	5,55	5,90
Ortofosfato (mg P-PO ₄ .L ⁻¹)	-	5,57	5,96	4,37	6,00
Nitrito (mg NO ₂ .L ⁻¹)	-	-	0,28	0,77	-
Nitrato (mg NO ₃ .L ⁻¹)	Ausente	-	48,26	51,1	-
NTK (mg NTK.L ⁻¹)	-	56,85	1,70	2,27	52,67
N. Amoniacal (mg N-NH ₄ ⁺ . L ⁻¹)	Ausente	52,65	0,99	0,94	48,00
pH	7,3	7,12	5,00	7,86	7,6
Alcalinidade total (mgCaCO ₃ .L ⁻¹)	76,14	413,70	22,91	34,8	344,34

AA- água de abastecimento; UASB- efluente de manta de lodo; LM- efluente de lagoas macrófitas; FS- efluente d filtro em serie; FA- efluente de filtro anaeróbio.

De acordo com os dados apresentados na Tabela 4, os valores médios de nitrogênio amoniacal foram maiores para o tratamento proveniente do filtro anaeróbio, seguido do reator UASB, com os respectivos valores: 56,89 e 52,65 mg L⁻¹. Já os tratamentos provenientes de lagoas de macrófitas e filtro em série apresentaram os menores valores, sendo igual a 0,94 e 0,99 mg L⁻¹, respectivamente.

Sousa et al. (2006), utilizaram-se água de esgotos domésticos tratados proveniente do reator UASB e lagoa de polimento, os quais apresentavam concentração média de nitrogênio amoniacal de 55 e 7,5 mg L⁻¹, respectivamente.

Os efluentes de esgoto domésticos tratados aportavam concentrações de N total variando entre 1,70 e 56,85 mg L⁻¹(Tabela 4), sendo este nutriente mais requisitado pelas plantas, entretanto as maiores concentrações encontradas estavam de acordo com alguns trabalhos, aproximadamente 50 mg L⁻¹, (MEDEIROS et al., 2007) ou mesmo 60 mg L⁻¹(ALVES, 2006; SOUSA et al., 2012).

O elemento mais importante para as plantas é o nitrogênio total, pois é um nutriente essencial e mais exigido quantitativamente pela maioria das plantas, sendo relacionado fisiologicamente ao metabolismo vegetal das plantas, tais como, fotossíntese, respiração, crescimento, como a produção de folhas, flores e frutos, mesmo que seu teor se expresse em forma de nitrato (N-NO_3^-), de amônio (N-NH_4^+), sendo estas as formas mais facilmente assimiláveis pelas plantas, ou como N-Org. (AYERS & WSETCOT, 1999).

Observa-se na Tabela 4 os valores médios de nitrato no efluente de lagoas macrófitas e no tratamento proveniente do filtro em série iguais a 51,12 e 48,26 mg L^{-1} ao longo do experimento.

Duarte et al. (2008) encontraram valores médios de nitrato no efluente do filtro lento e nos tratamentos com água residuária tratada com filtração lenta seguida de desinfecção por injeção de dióxido de carbono (CO_2) e água residuária tratada com filtração lenta seguida de desinfecção por radiação ultravioleta (UV) iguais a 13,74, 23,24 e 25,32 mg L^{-1} ao longo do experimento.

O valor máximo de ortofosfato encontrado na água residuária foi de 5,96 mg L^{-1} no efluente de filtro em série (FS), seguido do reator de manta de lodo (UASB), do efluente proveniente do filtro anaeróbio (FA) e do efluente proveniente de lagoas de macrófitas (LM), apresentando concentrações médias de ortofosfato iguais a 5,57; 5,51 e 4,37 mg L^{-1} , respectivamente. Semelhante aos valores encontrados por Aves et al. (2005), reutilizando efluente tratado por lagoas de estabilização para irrigação do algodão, quantificaram, neste efluente um valor médio de ortofosfato igual a 4,18 mg L^{-1} . No entanto, El-Sawaf (2005), utilizando água residuária tratada na cultura do sorgo, encontrou valor superior de ortofosfato, em torno de 11,55 mg L^{-1} .

Encontrou-se na água residuária valores de fósforo total variando de 5,5 a 6,68 mg L^{-1} , corroborando com Sousa et al. (2012), utilizando água residuária tratada proveniente do reator UASB na cultura do pinhão manso, que foi em torno de 6,7 mg L^{-1} .

De acordo com os dados expostos na Tabela 4, encontram-se os valores médios de DBO (demanda bioquímica do oxigênio) dos efluentes utilizados nos tratamentos. Verifica-se os maiores valores no efluente proveniente de reator UASB, seguido do efluente proveniente do filtro anaeróbio, foi de 125,13 e 104,12 $\text{mg O}_2\text{L}^{-1}$, respectivamente, e os menores valores encontrados nos efluentes provenientes de filtro em série e lagoa de macrófitas com os respectivos valores 83,75 e 69,16 $\text{mg O}_2\text{L}^{-1}$, essa carga orgânica presente nas águas residuárias, age como condicionadora, melhorando as características do solo (química, física e biológica), que proporcionou bom desenvolvimento da cultura do algodão. Já os valores de

DQO (demanda química do oxigênio), encontrado nos efluentes para irrigação obteve o seguintes valores, 314,69 mg O₂.L⁻¹ para o reator UASB, e verificou-se valores de 111,12 e 88,27 mg O₂.L⁻¹ para o efluente advindo de lagoas de macrófitos e filtro em serie. Corroborando com Simões et al. (2013), utilizando água residuária de esgoto domestico tratado para a cultura da mamoneira, continha os seguintes valores de DBO e DQO, com os respectivos valores 155 e 269 mg O₂.L⁻¹, semelhante aos valores encontrados no reator UASB, que obteve os maiores valores.

Observa-se que o pH máximo encontrado na água de irrigação foi 7,8 no efluente proveniente de lagoas macrófitas, sendo considerado alcalino. Segundo Metcalf e Eddy (1999), o pH é um índice que caracteriza o grau de acidez ou alcalinidade de um ambiente. Ayers & Westcot (1999), recomendam que o valor do pH ideal para água de irrigação deve estar entre 6,5 e 8,4. Já Von Sperling (1996) e Campos et al (1999) recomendam que o pH deve ser mantidos na faixa de 6,8 a 7,2 para o reator UASB e para o processo de lodos ativados deve estar entre 7,0 a 8,4. Em todos os tratamentos, exceto o tratamento proveniente do filtro em série, os valores de pH se apresentaram dentro da faixa considerada ideal pelos autores, sendo assim, não proporcionaram efeitos negativos quanto à prática da irrigação. As águas com pH inadequado podem provocar desequilíbrios de nutrição ou conter íons tóxicos (AYERS & WESTCOT, 1999)

5.2. Características do solo no final do experimento

Para uma melhor compreensão dos resultados das aplicações de águas residuárias na cultura do algodoeiro, fez-se análise das características químicas e físicas do solo utilizado pela cultura antes da aplicação das águas residuárias e no final do experimento.

Na Tabela 5 estão apresentados os valores das características químicas do solo no final do experimento, para diferentes tipos de águas residuarias e abastecimento.

Tabela 5. Características químicas do solo, coletado a 20 cm de profundidade.

Efluente	pH	P	K ⁺	Na ⁺	H ⁺ Al ⁺³	Al ⁺³	Ca ⁺²	Mg ⁺²	CTC	SB	M.O	PST
		mg dm ³		-----cmol _c dm ³ -----							g/kg	%
AA	6,6	38,3	72,0	0,65	0,17	0,00	1,50	4,55	7,05	6,88	3,61	9,22
USAB	6,3	112,0	148,0	2,52	0,00	0,00	2,60	4,65	10,15	10,15	4,12	24,83
FA	6,1	38,8	100,0	1,73	0,50	0,00	1,80	1,30	5,59	5,09	4,12	30,95
LM	5,7	78,1	145,0	2,23	0,50	0,00	2,20	1,55	6,85	6,35	4,75	30,55
FS	5,7	95,2	119,0	1,94	0,33	0,00	2,50	1,35	6,42	6,09	10,96	30,22

UASB- reator de manta de lodo; LM- lagoas macrófitas; FS- filtro em serie; FA- filtro anaeróbio; AB- água de abastecimento.

Todos os atributos químicos foram alterados, exceto o Al⁺³, sendo possível identificar variações bastante representativas de alguns atributos químicos do solo, tais como: sódio, potássio, fósforo e matéria orgânica.

O excesso de Sódio em solos provoca condições físicas adversas para o crescimento, e principalmente para o desenvolvimento do sistema radicular. Geralmente os solos sódicos, que apresentam alto teor de sódio, provocam a redução da mineralização do nitrogênio, afetando diretamente o crescimento das plantas (DIAS e BLANCO, 2010). Meurer (2010), afirma que o alto teor de sódio encontrado em solos, afeta as características químicas e físicas dos solos e conseqüentemente, limita o crescimento das plantas, além de provocar a dispersão da argila e em alguns casos também provoca a dispersão da matéria orgânica.

Observa-se durante todo o período experimental não houve problemas causados pelo efeito direto do teor de sódio no solo, pois não foram observados problemas de toxidez nas plantas, atribuindo-se a cultura do algodão por ser considerada tolerante. Segundo, (AYERS & WESTCOT, 1999) que classificou o algodão como tolerante à porcentagem do sódio trocável (PST > 40), em todos os tratamentos estudados os valores percentuais ficou abaixo do percentual relatado pelo autor.

Verificar-se ainda na Tabela 5, que os valores da PST variaram de 9,22 a 30,95% nos tratamento irrigados com água de abastecimento e efluente proveniente do filtro anaeróbio, respectivamente, observa-se altos valores PST (percentual de sódio trocável) em todos os tratamentos irrigados com água residuária, mesmo com esses altos valores não influenciaram o desenvolvimento da cultura do algodão.

As plantas podem ser afetadas direta e indiretamente, pela sodicidade; diretamente, quando o sódio em alta concentração na água de irrigação se torna elemento tóxico para a planta e indiretamente quando o excesso de sódio trocável no solo, provoca condições físicas desfavoráveis para o crescimento das plantas, principalmente no desenvolvimento do sistema radicular (CERQUEIRA et al., 2008; OLIVEIRA et al., 2013).

De acordo com os dados apresentados na Tabela 5, os teores de fósforo no solo aumentaram apenas para os tratamentos irrigados com efluente proveniente do reator UASB e filtro em série, onde esses valores variaram de $87,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (antes do experimento) à $112,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (no final do experimento), fato este se deve provavelmente aos teores de fósforo presente nas águas residuária, pois o menor valor foi encontrado no tratamento irrigado com água de abastecimento, onde o valor encontrado decresceu 55 % de $87,0 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (antes do experimento) para $38,36 \text{ cmolc dm}^{-3}$ (no final do experimento).

Lucena et al. (2006) concluíram que o uso de efluente de esgoto tratado quando comparado com o uso da água de abastecimento, melhorou as propriedades químicas do solo, no que diz respeito ao aumento dos teores de fósforo. No entanto, Rodrigues et al. (2009) em experimento utilizando água residuária de origem doméstica verificaram que a concentração inicial de fosforo no solo se encontrava ($122,60 \text{ mg kg}^{-1}$); constatou-se ao final do experimento, menor concentração, cerca de 109 mg kg^{-1} .

Os teores de potássio no solo ao final da etapa experimental foram crescentes para maioria dos tratamentos (Tabela 5), influenciado provavelmente pelo teor de potássio na água de irrigação, no entanto, o tratamento irrigado com água de abastecimento foi o que apresentou o maior decréscimo na concentração de potássio ao final da etapa experimental.

Os teores Ca^{+2} , Mg^{+2} , SB e da CTC no final do experimento apresentaram concentrações crescentes de suas concentrações no solo na maioria dos tratamentos. Entretanto, no caso do Ca^{+2} percebeu-se que os valores permaneceram constantes desde o início do experimento para o tratamento irrigado com água de abastecimento e para os teores de Mg^{+2} observa-se uma pequena diminuição no solo ao final do da etapa experimental para os tratamentos irrigado com efluente proveniente do filtro em série e filtro anaeróbio.

Barreto et al. (2013), observaram que após aplicação da água residuária no solo os teores de fósforo, cálcio, potássio, aumentaram significativamente, em comparação com a aplicação da água de abastecimento.

O pH mostrou-se praticamente inalterado, apresentando uma pequena redução em todos os tratamentos analisados, onde esses menores valores foram encontrados nos tratamentos irrigados com água residuária provenientes do filtro em série e lagoa de

macrófitos com os valores variando de 6,4, antes do experimento à 5,7, no final do experimento (Tabela 5), sendo que esses valores são considerados adequados para o desenvolvimento da maioria das culturas agrícolas. Contrariando esses resultados Rodrigues et al. (2009) em experimento utilizando água residuária de origem doméstica provocou elevação considerável do pH, aumentando de 6,33 no início do experimento para 7,8 no final do experimento (aumento de 1,5 unidade). Lucena et al. (2006) também verificaram que a irrigação com efluente de esgoto tratado alterou as propriedades químicas do solo no que diz respeito ao aumento do pH, sendo elevado de 5,7 para 6,4 (aumento de 0,7 unidade).

O teor de matéria orgânica diminuiu em todos os tratamentos, exceto no tratamento que foi irrigado com efluente proveniente do filtro em série, onde esses valores variaram de 5,34 g.dm⁻³ (antes do experimento) à 10,96 g.dm⁻³ (no final do experimento), este aumento em torno de 50% pode ser resultante da aplicação da água residuária.

Por outro lado, a verificação da diminuição de seu percentual pode estar relacionada à rápida mineralização em função da ação microbiana transformando o nitrogênio orgânico em nitrogênio assimilável (amônia ou nitrato) pela planta (DUARTE et al., 2008). Os solos que apresentam teores adequados de matéria orgânica são mais indicados, pois a matéria orgânica condicionam as características químicas, físicas e biológicas do solo, quando está na fração mais estável. Além de disponibilizar nutrientes como o nitrogênio, fósforo e enxofre para as plantas e ainda provoca a agregação do solo aumentando a capacidade de troca dos solos (SANTOS et al., 2008 ; SANTOS e SANTOS, 2008).

5.3. Variáveis de crescimento

Na Tabela 6, observa-se o resumo da análise de variância para as variáveis de crescimento da área foliar, diâmetro caulinar, altura de plantas e número de folhas, onde se verifica que houve efeito significativo nos tratamentos, onde analisou-se a área foliar e número de folhas e que não houve efeito significativo nas variáveis do diâmetro caulinar e altura de plantas. No DAS (dias após a semeadura) influenciaram de forma altamente significativa ($p \leq 0,01$) sobre as variáveis de crescimento analisadas.

No contraste do tratamento versus DAS não houve efeito significativo sobre as variáveis de crescimento estudadas.

Tabela 6. Análise de variância da Área Foliar (AF), Diâmetro caulinar (DC), Número de folhas (NF), Altura de plantas (AP), em função dos diferentes tipos de água residuária de efluente de esgoto doméstico tratado.

Fonte de variação	GL	QM			
		AF	DC	NF	AP
Tratamento	4	367884,51*	0,21 ^{ns}	76,48*	104,16 ^{ns}
Residuo A	12	72218,11	0,68	20,27	59,887
DAS	7	12159054,84**	48,32**	1951,41**	3041,08**
Trat*DAS	28	56202,60 ^{ns}	0,07 ^{ns}	5,12 ^{ns}	3,419 ^{ns}
Residuo B	108	70766,63	0,17	9,15	6,875
CV 1 (%)		24,12	16,62	24,78	21,84
CV 2 (%)		23,88	8,30	16,65	7,40
Media Geral		1114,19	4,96	18,17	35,43

** e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ns não significativo a 0,05 de Probabilidade.

Na Tabela 7 estão apresentados os valores médios das variáveis de crescimento, onde verifica-se que os tratamentos irrigados com água residuária tratada (UASB e Lagoas de Macrófitas), diferenciam-se estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade dos demais tratamentos nas variáveis da área foliar e número de folhas, alcançando valores superiores nas demais variáveis, proporcionado pelas altas concentrações de matéria orgânica e nutrientes presente nesses efluentes.

Tabela 7. Valores médios obtidos para o diâmetro caulinar- DC(mm), altura de plantas-ALT (cm), área foliar- AF (cm²) e numero de folhas- NF em plantas de algodão cultivar BRS Topázio, em função dos diferentes tipos de água residuária tratada.

Tratamento	AF	DC	ALT
Água de abastecimento	941,25 b	4,94 a	34,44 a
UASB	1170,19 a	4,97 a	38,44 a
Filtro intermitente	1092,12 ab	4,84 a	34,56 a
Filtro Anaeróbio	1105,16 ab	5,00 a	33,97 a
Lagoas de Macrófitas	1226,56 a	5,06 a	35,75 a

Medias seguida da mesma letra dentro da mesma coluna, não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade

5.3.1. Área Foliar

A maior área foliar das plantas foi observada no tratamento irrigado com efluente proveniente de lagoas de macrófitas, alcançando um valor médio de 1226,56cm² seguido do tratamento irrigado com efluente proveniente do reator UASB, com o valor médio de 1170,19cm², proporcionado pelo aporte nutricional encontrado nessas águas residuárias, onde esses dois tratamentos diferiram estatisticamente para os demais. Já o tratamento irrigado com água de abastecimento foi o que obteve os menores valores de área foliar com 941,25cm².

A variação da área foliar (AF) em relação aos dias após a semeadura (DAS), para os tratamentos irrigados com água de abastecimento (T1), efluente UASB (T2), efluente proveniente de filtro em série (T3), efluente proveniente de filtro anaeróbio (T4), efluente proveniente de lagoas de macrófitos (T5), está apresentado na Figura 3, onde se observa que o período com maior taxa de crescimento se deu dos 30 aos 75 DAS, correspondendo às fases II (desenvolvimento vegetativo) e a fase III (floração e frutificação), a partir dos 75 DAS os tratamentos T2 e T5 contribuíram para o desenvolvimento da massa foliar, resultando na ocorrência de maiores área foliar, ultrapassando os demais tratamentos, devido aos nutrientes, tais como: fosforo, nitrogênio, potássio, provenientes das águas residuárias dos respectivos tratamentos utilizados pelas plantas. A área foliar é o importante fator de produtividade de uma cultura, visto ser a principal causa da intercepção da luz solar. Quanto mais rápido a cultura atingir a área foliar máxima, e quanto mais tempo a área foliar permanecer mais ativa, maior será a produtividade. Santos et al.(2006), utilizando a fertirrigação na cultura do quiabo, também obteve o melhores resultados da área foliar no tratamento irrigado com água residuária tratada proveniente do efluente UASB.

Costa et al. (2009) utilizando água residuária como forma de irrigação na cultura do milho obteve efeitos satisfatórios como forma de resíduo na variável de crescimento da área foliar estudada, com valores sempre superiores da irrigação com apenas água de abastecimento, sendo a água residuária equiparando algumas vezes com a testemunha, que foi irrigada com adubação química recomendada.

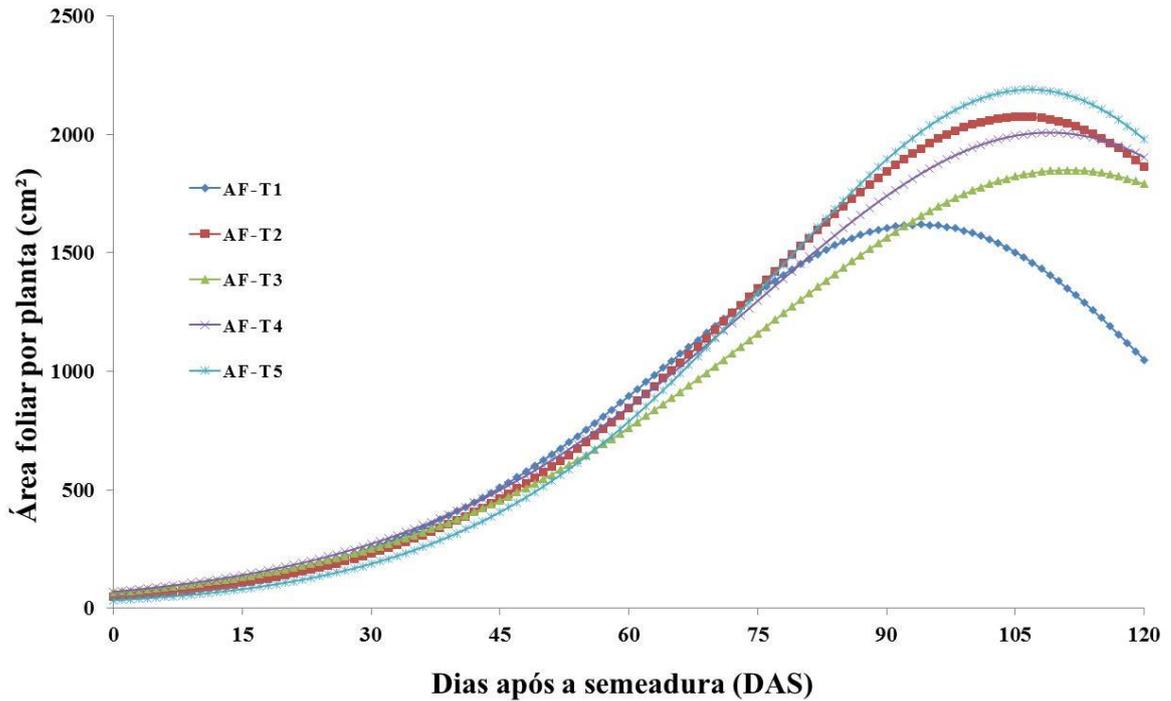


Figura 4. Área foliar em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

O ajuste dos pontos da área foliar (AF), para os tratamentos, foi realizado através de equações exponenciais, e essas equações são ajustadas para a AF, como apresentado na Figura 3, onde apresentam-se nas seguintes formas, para os tratamentos (água de abastecimento - T1, efluente UASB - T2, efluente proveniente de filtro em série - T3, efluente proveniente de filtro anaeróbio - T4, efluente proveniente de lagoas de macrófitos - T5), respectivamente.

$$AFT_1 = \text{Exp}(3,9617 + 0,0549\text{DAS} - 2,0743 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) \quad R^2 = 0,89 \quad (2)$$

$$AFT_2 = \text{Exp}(3,8967 + 0,0531\text{DAS} - 1,5819 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) \quad R^2 = 0,99 \quad (3)$$

$$AFT_3 = \text{Exp}(4,2248 + 0,0445\text{DAS} - 1,2023 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) \quad R^2 = 0,98 \quad (4)$$

$$AFT_4 = \text{Exp}(4,2623 + 0,0460\text{DAS} - 1,2917 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) \quad R^2 = 0,98 \quad (5)$$

$$AFT_5 = \text{Exp}(3,5326 + 0,0584\text{DAS} - 1,7115 \times 10^{-6}\text{DAS}^2) \quad R^2 = 0,99 \quad (6)$$

Onde AFT é a área foliar nos respectivos tratamentos, e DAS os dias após a semeadura.

5.3.2. Altura de plantas

A maior altura de planta foi observada no tratamento irrigado com o reator UASB alcançando uma altura média de 38,44cm e o tratamento com Filtro Anaeróbio foi o que obteve os menores valores com 33,97 cm.

A altura de plantas (ALT) em relação aos dias após a semeadura (DAS), para os tratamentos irrigados com água de abastecimento (T1), efluente UASB (T2), efluente proveniente de filtro em série (T3), efluente proveniente de filtro anaeróbio (T4), efluente proveniente de lagoas de macrófitos (T5), está apresentado na Figura 5, onde se observa que o período com maior taxa de crescimento se deu dos 10 aos 75 DAS, correspondendo às fases I (desenvolvimento inicial), fases II (desenvolvimento vegetativo) e a fase III (floração e frutificação),

De acordo com Simões et al. (2013), a utilização do esgoto doméstico tratado sem diluição estimula a atividade microbiana em Latossolos.

Ribeiro et al. (2012), observaram, trabalhando com diferentes diluições de água residuária na cultura da mamoneira, que houve influência em algumas variáveis de crescimento como, altura de planta, área folia e numero de folhas.

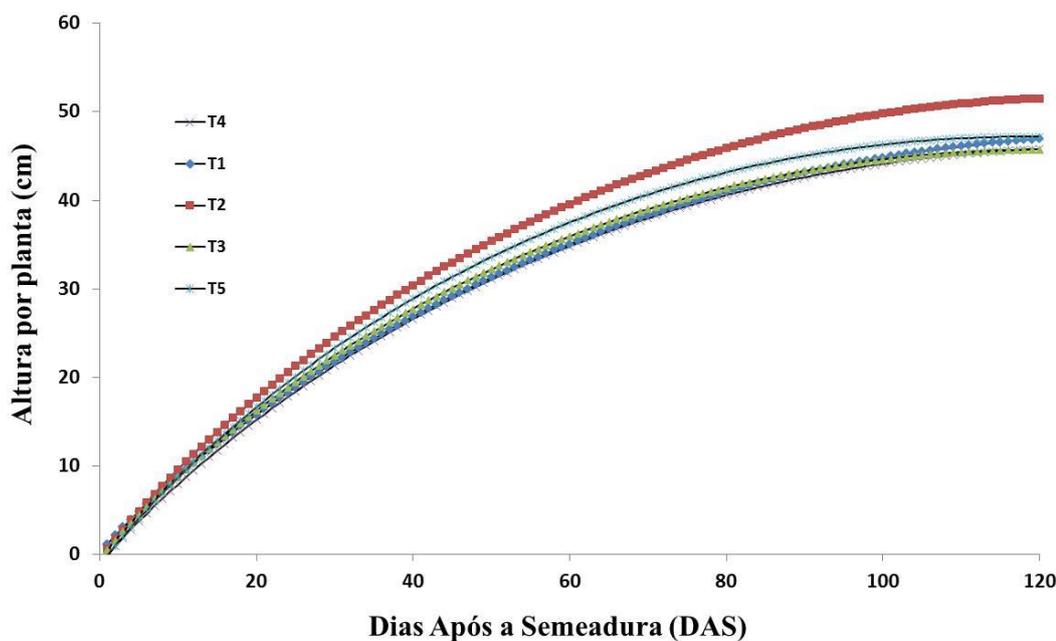


Figura 5. Altura de plantas em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

O ajuste dos pontos de altura de plantas (ALT), para os tratamentos, foi realizado através de equações exponenciais, e essas equações são ajustadas para a ALT, como apresentado na Figura 5, apresentam-se nas seguintes formas, para os tratamentos (água de abastecimento - T1, efluente UASB - T2, efluente proveniente de filtro em série - T3, efluente proveniente de filtro anaeróbio - T4, efluente proveniente de lagoas de macrófitos - T5), respectivamente.

$$ALT_1 = \text{Exp}(1,1785 + 1,0249DAS - 0,0586DAS^{1,5}) \quad R^2 = 0,97 \quad (7)$$

$$ALT_2 = \text{Exp}(0,6043 + 1,2142DAS - 0,0720DAS^{1,5}) \quad R^2 = 0,97 \quad (8)$$

$$ALT_3 = \text{Exp}(0,5129 + 1,1242DAS - 0,0682DAS^{1,5}) \quad R^2 = 0,97 \quad (9)$$

$$ALT_4 = \text{Exp}(-0,0943 + 1,0836DAS - 0,0640DAS^{1,5}) \quad R^2 = 0,97 \quad (10)$$

$$ALT_5 = \text{Exp}(0,1856 + 1,2107DAS - 0,0744DAS^{1,5}) \quad R^2 = 0,98 \quad (11)$$

Onde ALT é a altura das plantas nos respectivos tratamentos, e DAS os dias após a semeadura.

5.3.3. Diâmetro caulinar

No diâmetro caulinar o tratamento que apresentou melhores resultados foi o irrigado com efluente proveniente de lagoas de macrófitas seguido do tratamento irrigado com efluente proveniente do filtro anaeróbio, mas observa-se não haver diferenças estatísticas entre eles, apresentando valores crescentes para todo o ciclo da cultura do algodão, com resultados semelhantes para todos os tratamentos estudados.

Souza et al. (2010), concluíram que a utilização de esgotos domésticos tratados auxiliou no aumento da produtividade da mamona. Fideles Filho et al. (2005), observaram valores superiores de diâmetro caulinar das plantas do algodoeiro BRS verde, irrigadas com efluente decantado comparado com água de poço.

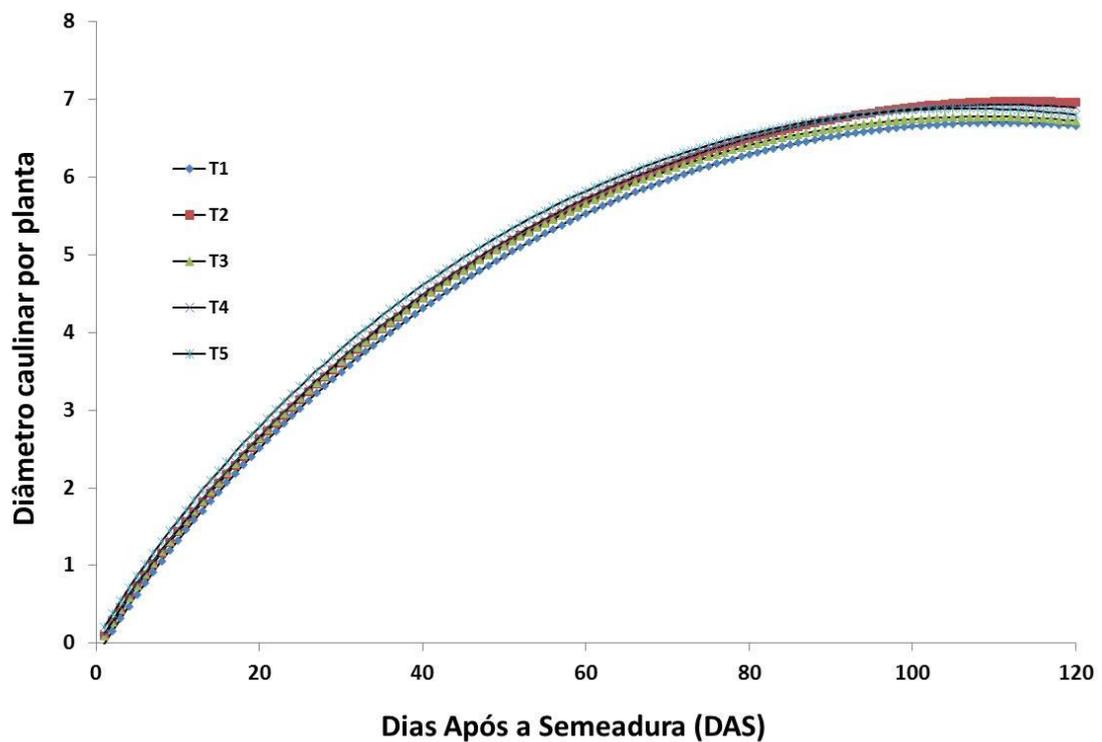


Figura 6. Diâmetro caulinar em função dos dias após a semeadura da cultura de algodão irrigado com diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

O ajuste dos pontos de diâmetro caulinar (DIA), para os tratamentos, foi realizado através de equações exponenciais, e essas equações são ajustadas para a DIA, como apresentado na Figura 6, apresentam-se nas seguintes formas, para os tratamentos (água de abastecimento - T1, efluente UASB - T2, efluente proveniente de filtro em série - T3, efluente proveniente de filtro anaeróbio - T4, efluente proveniente de lagoas de macrófitos - T5), respectivamente.

$$DIAT_1 = \text{Exp}(-0,146 + 0,1842\text{DAS} - 0,0117\text{DAS}^{1,5}) \quad R^2 = 0,99 \quad (12)$$

$$DIAT_2 = \text{Exp}(0,2127 + 0,1794\text{DAS} - 0,0113\text{DAS}^{1,5}) \quad R^2 = 0,97 \quad (13)$$

$$DIAT_3 = \text{Exp}(0,0940 + 0,1863\text{DAS} - 0,0119\text{DAS}^{1,5}) \quad R^2 = 0,98 \quad (14)$$

$$DIAT_4 = \text{Exp}(0,1172 + 0,1854\text{DAS} - 0,0117\text{DAS}^{1,5}) \quad R^2 = 0,99 \quad (15)$$

$$DIAT_5 = \text{Exp}(0,2031 + 0,1899\text{DAS} - 0,0123\text{DAS}^{1,5}) \quad R^2 = 0,98 \quad (16)$$

Onde DIAT é a altura das plantas nos respectivos tratamentos, e DAS os dias após a semeadura.

5.4. Componentes de produção

No que se refere aos componentes da produção, para os diferentes tipos de água para irrigação não foram observados efeitos significativos para os tratamentos testados ($p < 0,01$), exceto para a variável de peso de sementes (PSEM), foram constatados efeitos significativos a 5% de probabilidade (Tabela 8).

Tabela 8. Análise de variância do número de capulhos- NCAP, Peso da pluma-PLUMA- (g planta⁻¹), peso das sementes- PSEM (g planta⁻¹), produtividade- PRODUT (g planta⁻¹), e massa seca da parte aérea- MSPA (g planta⁻¹), em função dos diferentes tipos de água residuária de efluente de esgoto doméstico.

FV	GL	QM				
		NCAP	PLUMA	PRODUT	PSEM	MSPA
Tratamento	4	1,17 ^{ns}	9,68 ^{ns}	65,75 ^{ns}	25,25*	17,68 ^{ns}
Resíduo	15	0,76	5,78	23,94	7,73	16,17
CV(%)		11,99	15,18	13,93	14,41	13,81
Media Geral		7,30	15,83	35,14	19,30	29,11

** e * significativo a 0,01 e 0,05 de probabilidade, respectivamente, pelo teste F. ^{ns} não significativo a 0,05 de probabilidade

Na Tabela 9 estão apresentados os valores médios das variáveis de produção, onde observa-se que na variável peso de sementes foi a única que diferiu estatisticamente pelo teste Tukey a 5% de probabilidade. No tratamento irrigado com efluente UASB, diferenciou dos demais tratamentos alcançando os maiores valores, sendo esta diferença maior para o tratamento irrigado com água de abastecimento.

Tabela 9. Valores médios obtidos para o número de capulhos- NCAP, Peso da pluma-PLUMA- (g planta⁻¹), peso das sementes- PSEM (g planta⁻¹), produtividade- PRODUT (g planta⁻¹), e massa seca da parte aérea- MSPA (g planta⁻¹), em função dos diferentes tipos de água residuária de efluente de esgoto doméstico.

Tratamento	NCAP	PLUMA	PRODUT	PSEM	MSPA
Água de abastecimento	6,50 a	13.71 a	29.64 a	15.94 b	26.50 a
UASB	8,00 a	17.68 a	40.24 a	22.56 a	30.36 a
Filtro intermitente	7,25 a	14.88 a	32.96 a	18.08 ab	27.31 a
Filtro Anaeróbico	7,50 a	16.63 a	37.28 a	20.65 ab	31.42 a
Lagoas de Macrófitos	7,25 a	16.28 a	35.57 a	19.29 ab	29.97 a

Em cada coluna médias seguidas de mesma letra não diferem entre si a nível de 5% de probabilidade do teste de Turkey

5.4.1. Produtividade do algodão em caroço

A variação da produtividade do algodoeiro está relacionada nos tratamentos T1 a T5 está apresentada na Figura 7, onde se observa que a produtividade foi maior nos tratamentos que utilizaram água residuária tratada, destacando-se o Tratamento T2 (UASB), com uma produtividade média de 40,24 g/planta, enquanto que o tratamento T1 (irrigado com água de abastecimento) foi de 29,64 g/planta, apresentando os menores valores, onde não se verificou diferenças significativas entre os tratamentos analisados.

A maior produtividade obtida pelos tratamentos irrigados com efluente de esgoto está de acordo com os resultados observados por Deon et al. (2010) que, utilizando esgoto tratado na produção de cana de açúcar, verificaram ganhos de produtividade. Evidenciando, assim, que a utilização de efluentes tratados em irrigação proporciona benefícios para as culturas.

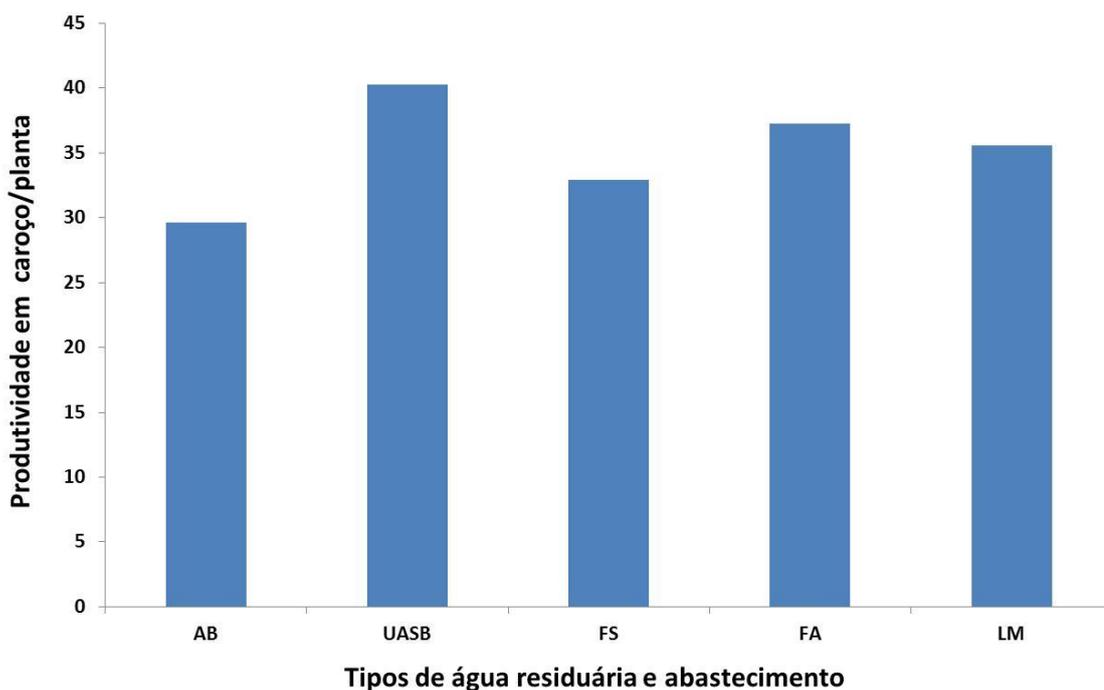


Figura 7. Produtividade do algodoeiro em caroço em função dos diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

5.4.2. Número de capulhos por planta

Na Figura 8 estão apresentados os dados do número de capulho por planta do algodoeiro, em relação aos diferentes tipos de águas residuárias e abastecimento. Verifica-se que número de capulhos por planta do algodoeiro apresentou melhor resultado no tratamento irrigado com efluente proveniente de reator UASB, alcançando um valor médio de 8,00 seguido do tratamento irrigado com efluente proveniente do filtro anaeróbio, com o valor médio de 7,50. Já o tratamento irrigado com água de abastecimento foi o que obteve os menores valores com 6,50 capulhos/planta, onde não se observou diferenças significativas entre os tratamentos estudados.

Medeiros et al. (2007) estudando a influência do uso da água residuária de origem urbana no cultivo de gérberas sobre o efeito nos componentes de produção, constatou que o uso de água residuária constitui recurso importante no suprimento de nutrientes (principalmente N, P e K) e água para a cultura da gérbera, potencializando produtividade compatível ou até superior às técnicas de produção mineral.

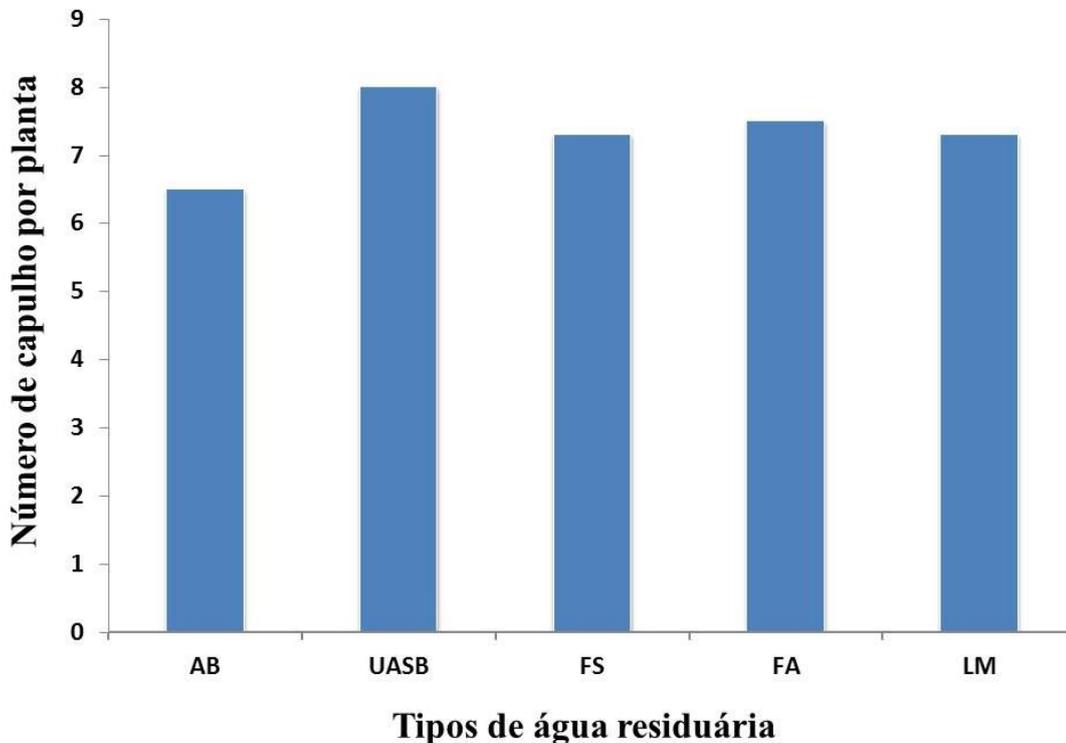


Figura 8. Número de capulhos por planta do algodoeiro em função dos diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

5.4.3. Matéria seca por planta

Ao final dos 120 DAS os restos culturais dos tratamentos foram levados para secar na estufa com circulação de ar forçado à temperatura de 75°C, até alcançar peso constante para obtenção da matéria seca da parte aérea. Sendo pesada em uma balança de precisão (0,01%).

A variação da matéria seca da parte aérea do algodoeiro está relacionada nos tratamentos T1 a T5 está apresentada na Figura 9, onde se observa que a matéria seca da parte aérea foi maior nos tratamentos que utilizaram água residuária tratada, destacando-se o Tratamento T4 (filtro anaeróbio), com valor médio de 31,42 g/planta de matéria seca, enquanto que, o tratamento T1 (irrigado com água de abastecimento) foi de 26,50 g/planta, apresentando os menores valores, onde não se observou diferenças significativas entre os tratamentos analisados.

Freitas et al. (2012), observou que a água de esgoto doméstico tratada pode ser utilizado para o cultivo do girassol, proporcionando bons resultados, proporcionada pela quantidade de nutrientes encontradas nesses efluentes.

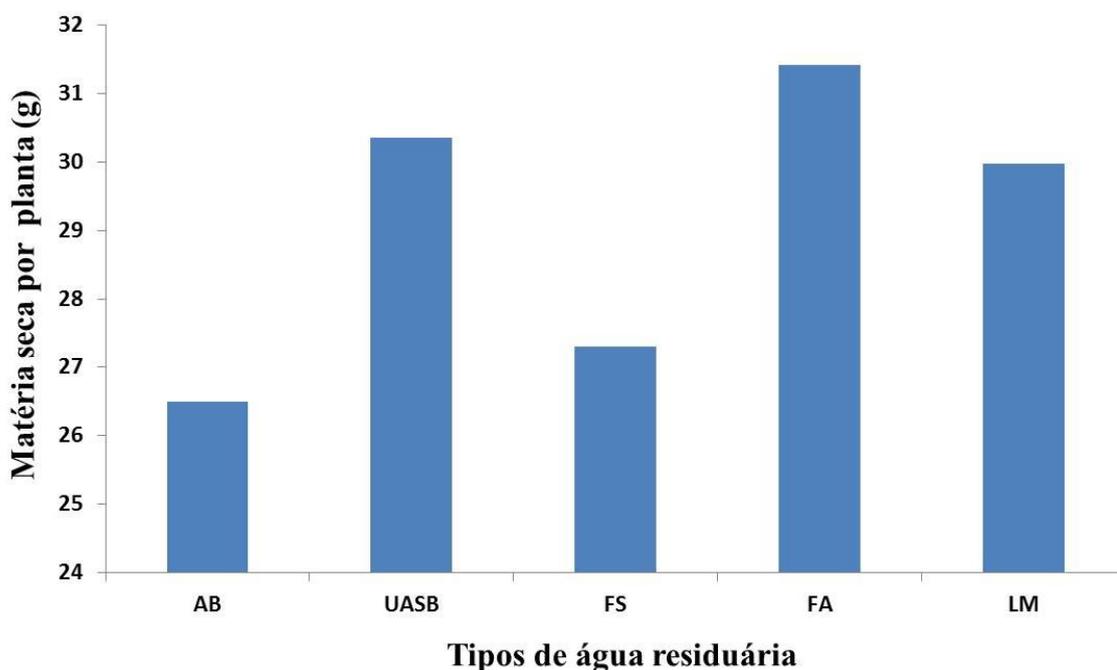


Figura 9. Matéria seca da parte aérea do algodoeiro em função dos diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

5.4.4. Peso de sementes por planta

Na Figura 10 estão apresentados os dados do peso de sementes por planta do algodoeiro, em relação aos diferentes tipos de águas residuárias e abastecimento. Verifica-se que a variável peso de sementes por planta do algodoeiro apresentou melhor resultado no tratamento irrigado com efluente proveniente de reator UASB, alcançando um valor médio de 22,56gramas/planta, onde diferiu estatisticamente para os demais tratamentos. Já o tratamento irrigado com água de abastecimento foi o que obteve os menores valores com 15,94 gramas/planta.

Rego et al. (2005), verificou que a produtividade e os valores das demais variáveis alcançados com a irrigação com apenas o efluente foram equivalentes à irrigação com água do poço mais adubação química, comprovando a possibilidade da utilização apenas do esgoto tratado sem adubação, proporcionando economia de fertilizante e principalmente água.

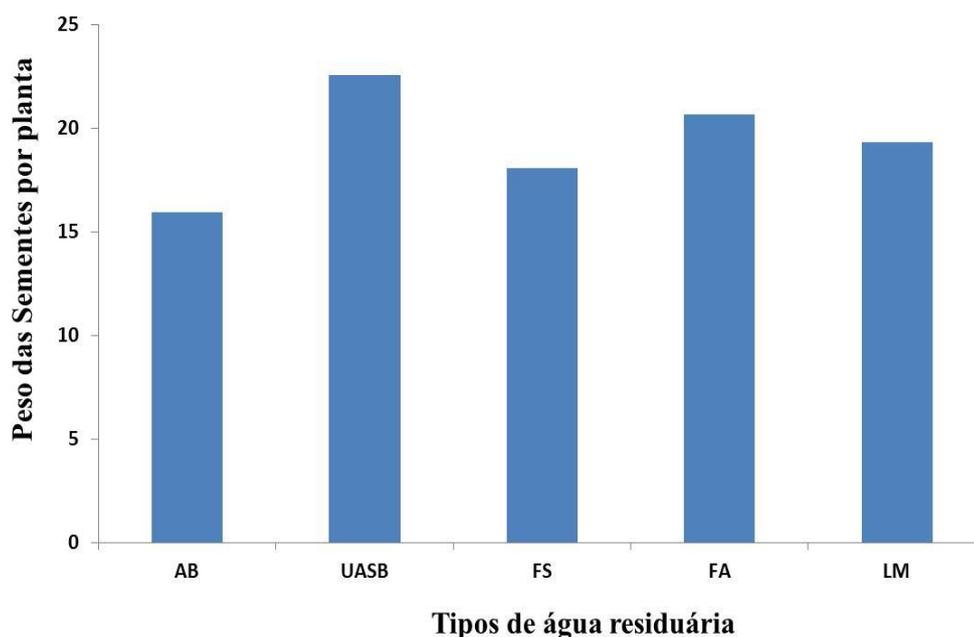


Figura 10. Peso de sementes por planta do algodoeiro em função dos diferentes tipos de água residuária e abastecimento.

6. CONCLUSÕES

1. O diâmetro caulinar, altura de plantas e produtividade nos tratamentos irrigados com os efluentes UASB, filtro em série, filtro anaeróbio e lagoas de macrófitas, não apresentaram estatisticamente, diferença significativa, exceto área foliar.
2. O teor de sódio incrementado no solo no final do experimento foi 812,9% proporcionado pela irrigação com água residuária proveniente do reator UASB.
3. A aplicação de água residuária via irrigação na cultura do algodão proveniente do reator UASB e filtro em série aumentaram as concentrações de fosforo, potássio e matéria orgânica na camada superficial do solo, favorecendo o crescimento das plantas.
4. A irrigação com o efluente proveniente do reator UASB proporcionou em uma maior produtividade do algodão em caroço, em relação aos demais tratamentos, evidenciando assim o seu uso na agricultura.
5. A água residuária tratada utilizada neste estudo pode ser empregada na irrigação da cultura do algodão, uma vez que a mesma incrementou um aporte parcial de nutrientes às plantas, contribuindo para o controle da poluição ambiental.

7. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ALVES, W. W. A.; DANTAS NETO, J.; ANDRADE, A. R. S.; MADEIROS, L. B.; AZEVEDO, C. A. V. de.; SANTOS, J. W.; BELTRÃO, N. E. M. Componentes da produção do algodão de fibra marrom irrigado com água residuária tratada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, p.207-211, 2005.

ALVES, W. W. A. **Fertirrigação com água residuária na cultura do algodão de fibra marrom**. Campina Grande, Ufeg, 2006. 211p. (Tese de Doutorado).

ARAÚJO, A. L. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivada com alface (*Latuca sativa*, L.)**. 1999. 130p. Dissertação (Mestrado em Engenharia e Sanitária Ambiental). Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

AZEVEDO, L. P. de.; OLIVEIRA, E. L. de. Efeitos da aplicação de efluente de tratamento de esgoto na fertilidade do solo e produtividade de pepino sob irrigação subsuperficial. **Engenharia Agrícola**, v.25, n.1, p.253-263, 2005.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Campina Grande: UFPB, 1991. 218p.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. 2. ed. Campina Grande: UFPB. 1999. 153p. Estudos da FAO Irrigação e Drenagem, 29.

BARRETO, A. N.; NASCIMENTO, J. do. J. V. R.; MEDEIROS, E. de. P.; NÓBREGA, J. da. A.; BEZERRA, J. R. R. Changes in chemical attributes of a Fluvent cultivated with castor bean and irrigated with wastewater. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.480–486, 2013.

BERNARDI, C. C. **Reúso de água para irrigação**. Brasília: UnB, 2003. 52p. Dissertação Mestrado.

BERNARDO, S.; SOARES, A. A.; MANTOVANI, E. C. **Manual de irrigação**. 8. ed. Viçosa: UFV, 2006. 625 p.

BERNSTEIN, I. Crops growth and salinity. In: Schilfgarde, I. V. (ed.). **Drainage for agriculture**. Madison: American Society of Agronomy, 1974. p.39-99.

BERTONCINI1, I. E. tratamento de efluentes e reuso da água no meio agrícola. **Revista Tecnologia & Inovação Agropecuária**, 2008.

BEZERRA, B. G.; FIDELES FILHO, J. Análise de crescimento da cultura do algodoeiro irrigada com águas residuárias. **Revista Ciência Agrônômica**, v.40, p.339-345, 2009.

BRASIL, M. da. S.; MATOS, A. T. de.; SOARES, A. A. Plantio e desempenho fenológico da taboa (*Thypha sp.*) utilizada no tratamento de esgoto doméstico em sistema alagado construído. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Viçosa, vol.12 – n.3, 266-272, jul/set 2007

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA – EMBRAPA. Serviço Nacional de Levantamento e Conservação do Solo. Manual de Métodos de Análise de Solo. Rio de Janeiro: **Ministério da Agricultura**, 1997. 212 p.

CAMPOS, J. R (Coordenador). **Tratamentos de esgotos sanitários por processo anaeróbio e disposição controlada no solo**. Rio de Janeiro: ABES - PROSAB. 464p.,1999.

CERQUEIRA, L. L.; FADIGAS, F. DE S.; PEREIRA, F. A.; GLOAGUEN, T. V.; COSTA, J. A. Desenvolvimento de *Heliconia psittacorum* e *Gladio lushortulanus* irrigados com águas residuárias tratadas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.606-613, 2008.

CHERNICHARO, C. A. L. **Reatores Anaeróbios: Princípios do Tratamento Biológico de Águas Residuárias**. 2 ed, v. 5, Belo Horizonte-MG: DESA, UFMG, 2007, 380p.

CHERNICHARO, C. **Reatores anaeróbios**. Belo Horizonte: UFMG, 2008.

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

LIMA, V. L. A. **Efeitos da qualidade da água de irrigação e da fração de lixiviação sobre a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) em condições de lisímetro de drenagem**. 1998. 87p. Tese (Doutorado em irrigação e Drenagem) - Universidade Federal de Viçosa. Viçosa, 1998.

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

DIAS, N. da. S.; BLANCO, F. F. Manejo da salinidade na agricultura: Estudos básicos e aplicados. **Instituto Nacional de Ciência e Tecnologia em salinidade**. Fortaleza – CE, 2010. p.132-144.

DUARTE, S.A. Reuso de água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão (*capsicum annum* L.). Escola Superior de Agricultura "Luís Queiroz". Piracicaba- SP, 2006. 188p. (Tese de Doutorado).

DUARTE, S.A; AIROLDI, R. P. S; FOLEGATTI, M. V; BOTREL, T. A; SOARES, T. M. Efeitos da aplicação de efluente tratado no solo: pH, matéria orgânica, fósforo e potássio. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. Campina Grande, v.12, n.3, p.302–310. 2008.

El-Sawaf, N. Response of Sorghum spp. to sewage waste-water irrigation. **International journal of agriculture & biology**. V.7, n.6, p.869-874, 2005

FERNANDES, A.; OLIVEIRA, H. M.; PINHEIRO, M.; MASTROIANNI, R.; LIMA, P. J. B. F.; SENNA, T. S. **Curso sobre consórcios agroecológicos**. Fortaleza: ESPLAR, 2004. 37 p.

FIDELES FILHO, J.; NÓBREGA, J. Q.; SOUSA, J. T.; DANTAS, J. P. Comparação dos efeitos de água residuária e de poço no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro.

Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v.9, (Suplemento), p.328-332, 2005.

FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. de. M.; PEREIRA, A. S. Desenvolvimento de uma régua para medidas de área foliar do algodoeiro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.736–741, 2010.

FIGUEIREDO, A. M. F. de.; MELO, A. A. de.; de AZEVEDO, C.A. V. de.; LIMA, V. L. A. de.; DANTAS NETO, J.; PINHEIRO, I. de. F. S. Crescimento e produção de algodão colorido com água residuária doméstica tratada e composto orgânico. **Revista Educação Agrícola Superior**, v.27, n.1, p.19-24, 2012.

FLORENCIO, L.; BASTOS, R. K. X.; AISSE, M. M. (coord.). **Tratamento e utilização de esgotos sanitários**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2006. 427p.

FREITAS, C. A. S. de; SILVA, A. R. da; BEZERRA, F. M. L; ANDRADE, R. R. de; MOTA, F. S. B; AQUINO, B. F. de. Crescimento da cultura do girassol irrigado com diferentes tipos de água e adubação nitrogenada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.10, p.1031-1039, 2012.

GLOAGUEN, R. A. B. G. **Efeito da irrigação com efluente de esgoto tratado nas propriedades físico-hídricas de um Latossolo**. Piracicaba: ESALQ/USP, 2005. 119p. Tese Doutorado.

GLOAGUEN, T. V. **Transferências de espécies químicas através de um solo cultivado com milho e girassol irrigado com efluente de esgoto doméstico**. São Paulo: IGC/USP, 2006. 113p. Tese Doutorado.

GLOAGUEN, T. V.; FORTI, M. C.; LUCAS, Y.; MONTES, C. R.; GONÇALVES, R. A. B.; HERPIN, U.; MELFI, A. J. Soil solution chemistry of a Brazilian Oxisol irrigated with treated sewage effluent. **Agricultural Water Management**, v.88, p.119-131, 2007.

GONÇALVES, R. A. B.; FOLEGATTI, M. V.; GLOAGUEN, T. V.; LIBARDI, P. L.; MONTES, C. R.; LUCAS, Y.; DIAS, C. T. S.; MELFI, A. J. Hydraulic conductivity of a soil irrigated with treated sewage effluent. **Geoderma**, v.139, p.241-248, 2007.

GRIMES, D. W.; CARTER, L. M. A linear rule for direct nondestructive leaf área measurements. **Agronomy Journal**, v.3, n.61, p.477-479, 1969.

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

HESPANHOL, I. **Potencial de reúso de água no Brasil: Agricultura, indústria, municípios, recarga de aquíferos**. Bahia Análise & Dados, v.13, p.411-437, 2003.

HOLANDA, A. **Biodiesel e inclusão social**. Brasília: Câmara dos Deputados, Coordenação de Publicações, 2004. 200p. Serie Cadernos de altos estudos, n. 1.

HUSSAR, G. J. et al. Efeito do uso do efluente de reator anaeróbico compartimentado na fertirrigação da beterraba. Engenharia Ambiental, **Espírito Santo do Pinhal**, v. 2, n. 1, p. 35-45, 2005.

JUANICÓ, M. Reutilización de águas residuales. Qué se puede aprender de la experiencia israelí. **Revista Tecnologia Del Água**, n.285, p.58-67. 2007.

JAVAREZ JUNIOR, A.; RIBEIRO, T. A. P.; Paula Jr, D. R. de. Eficiência do reuso de águas residuárias na irrigação da cultura do milho. **Irriga**, Botucatu, v. 15, n. 3, p. 231-247, julho/setembro, 2010.

LUBELLO, C.; GORI, R.; INCISE, F. P.; FERRINI, F. Municipal-treated wastewater reuse for plant nurseries irrigation. **Water Research**, v.38, p.2939-2947, 2004.

LUCENA, A. M. A.; GUERRA, H. O. C.; CHAVES, L. H. G.; COSTA, F. X. Análise de um efluente de esgoto tratado e seu efeito em propriedades químicas de um neossolo quartzarênico. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v. 19, n. 4, p. 409-414, 2006.

MANCUSO, P. C. S.; SANTOS, H. F. dos. **Reúso de Água**. Barueri: Manole, 2003. 579 p. (Coleção Ambiental).

MANTOVANI, E. C.; BERNARDO, S.; PALARTTI, L. F. **Irrigação: princípios e métodos**. Viçosa: UFV, 2006. 328 p.

MATOS, A. T.; FREITAS, W. S.; FIA, R.; MATOS, M. P. Qualidade do efluente de sistemas alagados construídos utilizados no tratamento de águas residuárias da suinocultura visando seu reuso. **Engenharia na Agricultura**, v. 17, n. 5, p. 383-391, 2009.

MEDEIROS, S.S.; SOARES, F.A.L.; GHWYI, H.R.; FERNANDES, P.D. Uso de água residuária de origem urbana no cultivo de gérbas: efeito nos componentes de produção. **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.27, n.2, p.569-578, maio/ago. 2007.

METCALF & EDDY. **Wastewater engineering: treatment, disposal and reuse**. 3. ed. Metcalf & Eddy, Inc, 1999, 1334 p.

METCALF & EDDY. **Wastewater Engineering – Treatment, Disposal and Reuse**. McGraw-Hill International Editions, Civil Engineering Series, 4 ed., p. 27-137, 2003.

MEURER, E.J. **Fundamentos de Química do solo**. 4.ed. Porto Alegre, 2010, p.266.

MOTA, S. B.; VON SPERLING, M.. (cood.) **Nutrientes de esgoto sanitário: utilização e remoção**. PROSAB. Rio de Janeiro: ABES, 2009. 428p.

NOBRE, R. G; GHEYI, H. R; SOARES, F. A. L; ANDRADE, L.O; NASCIMENTO, E.C.S. Produção do girassol sob diferentes laminas com efluentes domésticos e adubação orgânica. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.7, p.747-754, 2010.

OLIVEIRA, P. G. F. de.; MOREIRA, O. da. C.; BRANCO, L. M. C.; COSTA, R. N. T.; DIAS, C. N. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.153-158, 2012.

OLIVEIRA, P. de C. P.; GLOAGUEN, T.V.; GONÇALVES, R.A. B.; SANTOS, D.L. Produção de moranga irrigada com esgoto doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.8, p.861-867, 2013.

PAGANINI, W. S. **Disposição de esgotos no solo**. 2. ed. São Paulo: AESABESP, 1997. 232p.

PAPADOPOULOS, I.; STYLIANOU, Y. Trickle irrigation of sunflower with municipal wastewater. **Agricultural Water Management**, v.19, n.1, p.67-75, 1991.

PESCOD, M. D. **Wastewater treatment and use in agriculture (FAO, Irrigation and drainage paper, 47)**. Rome: FAO, 1992. 125p.

REED, D.W. Combating poor water quality with water purification systems. In: Reed, D.W. (ed.), **Water, Media and Nutrition for Greenhouse Crops**. Illinois: USA, Ball Publishing, 1996, p.51-67.

REGO, J. de. L.; OLIVEIRA, E .L. L. de ; CHAVES, A. F; ARAÚJO, A. N. B; BEZERRA, F. M. L; SANTOS, A. B. dos., MOTA, S. Uso de esgoto doméstico tratadona irrigação da cultura da melancia. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.9, (Suplemento), p.155-159, 2005.

RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Campina Grande: UFPB, 2000. 117p. Estudos FAO Irrigação e Drenagem.

RIBEIRO, M. C. de. F.; ROCHA, F. A.; SANTOS, A. C. dos.; SILVA, J. O. da.; PEIXOTO, M. de. F. S. P.; PAZ, V. P. da. 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.

RODRIGUES, L. N.; NERY, A. R.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de. M. Aplicação de água residuária de esgoto doméstico e seus impactos sobre a fertilidade do solo. **Revista de biologia e ciências da terra**, v.9, n.2, p55-67, 2009.

SANTOS, K. D.; HENRIQUE, I. N.; SOUSA, J. T. de.; LEITE, V. D. Utilização de esgoto tratado na fertirrigação agrícola. **Revista de biologia e ciências da terra**, n.1, (Suplemento especial) 2006.

SANTOS, J. G. R. dos.; SANTOS, E. C. X. R. **Agricultura Orgânica: Teoria e Prática**. Campina Grande: EDUEPB. 2008. 230p.

SANTOS, G. de. A.; SILVA, L. S. da.; CANELLAS, L. P.; CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da Matéria Orgânica do Solo: Ecossistemas tropicais e subtropicais**. 2ª ed. Porto Alegre: Metropole. 2008. 654p.

SANTOS, J. B. dos.; SANTOS, D. B. dos; AZEVEDO, C. A. de; REBEQUI, A. M; CAVALCANTE, L. F; CAVALCANTE, I. H. L. Comportamento morfofisiológico da mamoneira BRS Energia submetida à irrigação com água salina. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.2, p.145-152, 2013.

SHUVAL, H. I.; ADIN, A.; FAL, B.; RAWITZ, E.; YEKUTIEL, P. **Wastewater irrigation in developing countries health effects and technical solutions**. World Bank Technical paper Number 51, Integrated Resource Recovery Projects series number GLO/80/004, Washington, D.C. 1986, 324p.

SIMÕES, K. da. S.; PEIXOTO, M. de. F. da. S. P.; ALMEIDA, A. T; LEDDO, C. A. da. S.; PEIXOTO, C. P.; PEREIRA, F. A. de. C. Água residuária de esgoto doméstico tratado na atividade microbiana do solo e crescimento da mamoneira. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.17, n.5, p.518–523, 2013.

SOUSA, J. T. de.; LEITE, **Tratamento e Utilização de Esgotos Domésticos na Agricultura**. Campina Grande: ed. EDUEP, 2003. 135p.

SOUSA, J. T. de.; CEBALLOS, B.S.O.; HENRIQUE, I.N.; DANTAS, J.P.; LIMA, S.M.S. Reuso de água residuária na produção de pimentão (*Capsicum annuum* L.). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.1, p.89–796, 2006.

SOUSA, A. E. C.; GHEYI, H. R; SOARES, F. A. L.; NASCIMENTO, E. C. S.; ANDRADE, L. O. de; Biometria e desenvolvimento do Pinhão-Manso irrigado com diferentes lâminas de água residuária e adubação fosfatada. **Revista Caatinga**, Mossoró, RN, v.22, n.1, p.119–127, 2012.

SOUSA NETO, O. N.; ANDRADE FIHO, J.; DIAS, N. S. de.; REBOUÇAS, J. R. L.; OLIVEIRA, F. R. A. de.; DINIZ, A. A. Fertirrigação do algodoeiro utilizando efluente doméstico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.16, n.2, p.200–208, 2012.

SOUZA, N. C. de.; MOTA, S. B.; BEZERRA, F. M. L.; AQUINO, B. F. de.; SANTOS, A. B. dos. Produtividade da mamona irrigada com esgoto domestico tratado. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.14, n.5, p.478–484, 2009.

SOUZA, R. M. de.; NOBRE, R. G.; GHEYI, H. R.; DIAS, N. da. S.; SOARES, F. A. L. Utilização de água residuária e de adubação orgânica no cultivo do girassol. **Revista Caatinga**, v.23, p.125-133, 2010.

TELLES, D. D'A. Aspectos da utilização de corpos d'água que recebem esgoto sanitário na irrigação de culturas agrícolas In: Mancuso, P. C. S.; Santos, H. F. **Esgoto sanitário: Coleta, transporte, tratamento e reúso agrícola**. São Paulo: Edgard Blücher, 2003. p.461-483.

TONETTI, L. A.; CORAUCCI FILHO, B.; NICOLAU, C. E.; BARBOSA, M.; TONON, D. Tratamento de esgoto e produção de água de reuso com o emprego de filtros de areia. **Revista Engenharia Sanitária e Ambiental**. Viçosa, v.17, n.3, 287-294, jul/set 2012.

VARALLO, A. C. T., SOUZA, C. F., SANTORO, B. de. L. Mudanças nas características físico-químicas de um latossolo vermelho-amarelo distrófico após a irrigação com água de reúso na cultura da alface-crespa (*Lactuca sativa*, L.) **Eng. Agríc., Jaboticabal**, v.32, n.2, p.271-279, mar./abr. 2012.

VON SPEARLING, M. **Principio do Tratamento de Águas Residuarias: Introdução ao Tratamento das Águas e Tratamento de Esgotos**. Belo Horizonte: Departameto de Engenharia Sanitária e Ambiental – Universidade Federal de Minas Gerais, 1996. 243p.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. Environmental Health Criteria 82. International Programme on Chemical Safety. **Environmental Health Criteria Series**, Geneva. 154 p., 1989.