



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
UNIDADE ACADÊMICA DE ENGENHARIA AGRÍCOLA
COPEAG - COORD. DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENG. AGRÍCOLA



PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA

Tese de Doutorado

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA
E ADUBAÇÃO ORGÂNICA NA CULTURA DO
ALGODÃO BRS SAFIRA

RICARDO JOSÉ ARAUJO MIRANDA

Campina Grande
Paraíba



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO
ORGÂNICA NA CULTURA DO ALGODÃO BRS SAFIRA**

RICARDO JOSÉ ARAÚJO MIRANDA

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA – BRASIL
SETEMBRO – 2010

RICARDO JOSÉ ARAUJO MIRANDA

**LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO
ORGÂNICA NA CULTURA DO ALGODÃO BRS SAFIRA**

Tese apresentada à Universidade Federal de
Campina Grande, como parte das
exigências do Curso de Pós-Graduação em
Engenharia Agrícola, para obtenção do
título de Doutor em Engenharia Agrícola.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO:

ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM

ORIENTADORES:

Prof. Dr^a. VERA LUCIA ANTUNES DE LIMA – UFCG/CTRN/UAEAg

Prof. Dr. ABELARDO ANTÔNIO ASSUNÇÃO MONTENEGRO - UFRPE

CAMPINA GRANDE – PARAÍBA

SETEMBRO – 2010



FICHA CATALOGRÁFICA ELABORADA PELA BIBLIOTECA CENTRAL DA UFCEG

M6721 Miranda, Ricardo José Araujo.
Lâminas de irrigação com água residuária e adubação orgânica na cultura do algodão BRS Safira /Ricardo José Araujo Miranda. — Campina Grande, 2010.
82f.: il. col.

Tese (Doutorado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Tecnologia e Recursos Naturais.
Referências.
Orientadores: Profª. Drª. Vera Lúcia Antunes de Lima e Profª. Dr. Abelardo Antônio Assunção Montenegro.

1. Algodão – *Gossypium hirsutum*. 2. Água Residuária. 3. Educação Ambiental. I. Título.

CDU – 633.511(043)



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS
PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA



CTRH

RICARDO JOSÉ ARAUJO MIRANDA

LÂMINAS DE IRRIGAÇÃO COM ÁGUA RESIDUÁRIA E ADUBAÇÃO
ORGÂNICA NA CULTURA DO ALGODÃO BRS SAFIRA

BANCA EXAMINADORA

Dr^a. Vera Lúcia Antunes de Lima – Orientadora
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Dr. Abelardo Antonio Assunção Motenegro – Orientador
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dr. Vicente de Paula Silva
Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE

Dr^a Marcilene Vieira Nóbrega
Universidade Federal Rural do Semi Árido – UFRSA

Dr. Carlos Alberto Vieira De Azevedo – UFCG
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Dr^a. Soahd Arruda Rached – UFCG
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Dedico este trabalho a meus pais, Maria da Glória Araujo Miranda e Antônio Miranda Filho, pelo amor incondicional e esforço destinado à minha formação; a minha mulher, Márcia Roberta Arruda Cavalcanti e a meus filhos, pelo amor, dedicação e compreensão nos momentos em que a distância foi inevitável.

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela vida e saúde.

À Universidade Federal de Campina Grande (UFCG), Centro de Tecnologia e Recursos Naturais (CTRN) e em particular à Unidade Acadêmica de Engenharia Agrícola, pela oportunidade de realização do curso.

À Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES), pela concessão da bolsa de estudos.

À Professora Vera Lúcia Antunes de Lima, pela orientação, confiança em mim e incansável dedicação em todos os momentos.

Ao Professor Abelardo Antônio Assunção Montenegro, pela orientação, auxílio, atenção e valiosas sugestões durante a condução dos trabalhos e redação da tese.

Ao Professor Vicente de Paula Silva pelo apoio, atenção e valiosas sugestões durante a condução dos trabalhos.

Aos integrantes do grupo de pesquisa da Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), pela disponibilização da área experimental, e a todos os amigos e colegas, pela amizade e agradável convivência.

À Universidade Federal de Pernambuco (UFPE), em especial ao Laboratório de Engenharia Ambiental e da Qualidade (LEAQ), através da professora Valdinete Lins da Silva, pelas análises da água residuária.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária – EMBRAPA, em especial ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão – CNPA, através da pessoa de Dr. Napoleão Beltrão, pela doação das sementes.

À Prefeitura Municipal de Pesqueira, através da Prefeita Cleide Oliveira e dos Secretários de Obras, João Eudes, e Agricultura José Joaquim, e Amilton Rosa, e às pessoas disponibilizadas pela prefeitura: seu Cicero Vaqueiro, Prof. Rosemilda (Nida) e Ericindo, que muito contribuíram com a pesquisa em campo.

Ao Governo do Estado de Pernambuco, através da Secretaria de Recursos Hídricos, pelo auxílio na realização do trabalho.

Ao Laboratório de Meteorologia de Pernambuco (LAMEPE) através da coordenadora Francis Lacerda, pelo apoio à instrumentação da miniestação meteorológica.

Ao Projeto CISA (cooperação internacional do Semiárido); à Finep e ao CNPq.

A todos os funcionários da Pós-Graduação em Engenharia Agrícola da UFCG e a todos os amigos e colegas, em especial a Cláudia Germana (*in memoriam*), pela atenção dispensada e disponibilidade em ajudar.

Enfim, o meu reconhecimento e gratidão a todos aqueles que, de alguma forma, contribuíram para a realização deste trabalho.

SUMÁRIO

LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE TABELAS.....	x
LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS.....	xi
RESUMO.....	xiii
ABSTRACT.....	xiv
1.INTRODUÇÃO.....	15
2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	18
2.1.Considerações Gerais.....	18
2.2.Origem e Composição das Águas Residuárias.....	19
2.3.Processos de Tratamento das Águas Residuárias para Reúso na Irrigação....	19
2.3.1. Reator Anaeróbio de fluxo ascendente e Manta de Lodo.....	21
2.3.2.Aspectos Sanitários do Uso de Águas Residuárias na Irrigação.....	21
2.3.3.Potencial de Reúso de Água na Agricultura.....	22
2.3.4.Reúso na Agricultura.....	23
2.4.Qualidade de Águas para a Agricultura.....	25
2.5.Cultivo do Algodoeiro.....	27
2.6.Adubação Orgânica.....	28
2.7.Educação Ambiental.....	29
3.MATERIAL E MÉTODOS.....	31
3.1.Localização da Área Experimental.....	32
3.2.Delineamento Experimental e Análise Estatística dos Dados.....	32
3.3.Sistema de Tratamento.....	33
3.3.1.Análises Químicas das Águas de Irrigação.....	34
3.4.Instalação da Área Experimental e Condução do Experimento.....	34
3.4.1.Preparo do Solo.....	34
3.5.Estação Meteorológica.....	36
3.6.Montagem do Sistema de Irrigação.....	36
3.7.Montagem do Sistema de Drenagem.....	38
3.7.1.Análises Químicas das Águas de Drenagem.....	39
3.8.Balanco dos Componentes da Água Residuária.....	40
3.9.Adubação.....	41

3.10.Solo da Área.....	42
3.10.1.Análise Físico-Química do Solo.....	42
3.11.Plantio.....	43
3.12.Tratos Culturais.....	44
3.12.1.Cultivar.....	44
3.13.Variáveis Avaliadas.....	45
3.13.1.Varáveis de Crescimento.....	45
3.13.2.Variáveis de Produção.....	46
3.14.Determinação das Lâminas e Controle de Irrigação.....	46
3.15.Atividades de Educação Ambiental.....	47
4.RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	49
4.1.Introdução Geral.....	49
4.2.Balanco dos Componentes da Água Residuária.....	49
4.2.1.Aplicação de Análise de Componentes Principais – ACP.....	49
4.3.Variáveis de Crescimento.....	52
4.3.1.Área Foliar.....	52
4.3.2.Altura de Planta.....	55
4.3.3.Diâmetro Caulinar.....	57
4.4.Variáveis de Produção.....	58
4.4.1.Número de Capulhos.....	58
4.4.2.Produtividade.....	60
4.5.Solo.....	61
4.6.Educação Ambiental – Estratégia de Sensibilização.....	63
5.CONCLUSÕES.....	68
6.REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69
ANEXOS.....	77

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1 – (a) Localização da Bacia do Rio Ipojuca (Município de Pesqueira); (b) Local de instalação do experimento – Unidade Piloto de Tratamento e Reúso de Esgoto Doméstico para Fins Produtivos.....	31
Figura 3.2 – Precipitação Mensal Acumulada.....	32
Figura 3.3 – Estação de Tratamento de Esgoto (ETE-MUTUCA).....	33
Figura 3.4 – Atividades de Gradeamento na Área Experimental.....	34
Figura 3.5 – (a) Levantamento Topográfico; (b) Planta Planialtimétrica.....	35
Figura 3.6 – Estação Meteorológica.....	36
Figura 3.7 – Croqui do Sistema de Irrigação.....	37
Figura 3.8 – Detalhe de um Bloco com Espaçamento Entre Plantas.....	37
Figura 3.9 – Foto do Sistema de Irrigação e do Cabeçal de Controle.....	37
Figura 3.10 – Isolamento dos Blocos e Profundidade dos Drenos.....	38
Figura 3.11. – Poço de Visita.....	39
Figura 3.12 – Incorporação do Adubo no Solo.....	41
Figura 3.13. – Plantio e Desbaste da Cultura do Algodão.....	43
Figura 3.14 – Colheita.....	44
Figura 3.15 - Pulgão do Algodoeiro.....	44
Figura 3.16 – Cultivar BRS Safira.....	45
Figura 3.17 – Biometria.....	46
Figura 3.18 – Coeficiente de Cultivo.....	47
Figura 4.1 – Gráfico dos escores das variáveis da componente principal CP1 versus as variáveis da componente principal CP2 das amostras de A1 a A8 nas 4 coletas da estação de Pesqueira.....	51
Figura 4.2 – Gráfico dos escores das variáveis da componente principal CP1 versus as variáveis da componente principal CP3 das amostras de A1 a A8 nas 4 coletas da estação de Pesqueira.....	52
Figura 4.3 – Área Foliar (cm ²) em Função das Lâminas Aplicadas, aos 120 DAE, para Cultura do Algodão BRS Safira.....	54
Figura 4.4 – Altura de Planta (cm) em Função da Lâmina Aplicada aos 60 DAE (A), 90 DAE (B) e aos 120 DAE (C), para Cultura do Algodão BRS Safira.....	56
Figura 4.5 – Diâmetro Caulinar (cm) em Função da Lâmina Aplicada aos 60 DAE (A), 90 DAE (B) e aos 120 DAE (C), para Cultura do Algodão BRS Safira.....	58

Figura 4.6 – Número de Capulhos em Função da Lâmina de Irrigação.....	59
Figura 4.7 – Produtividade (kg ha ⁻¹) do Algodão BRS Safira em Função da Lâmina e Irrigação.....	60
Figura 4.8 – Produção da Cultura do Algodão BRS Safira Cultivado Sob Regime de Sequeiro.....	61
Figura 4.9 – Visita dos Gestores Públicos a ETE – Mutuca e a Feira de Ciências.....	63
Figura 4.10 – Capacitação para Professores da Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite.....	64
Figura 4.11 – Visita técnica: dos Professores do Distrito e dos Professores e Alunos do IFPE à ETE – Mutuca.....	65
Figura 4.12 – Visita dos Professores do Distrito a UFRPE.....	65
Figura 4.13 – Visita dos professores do distrito a ETE – Mangueira no Recife.....	66
Figura 4.14 – Maquete da ETE – Mutuca e rio despoluído, trabalhos para feira de ciências.....	66

LISTA DE TABELAS

Tabelas 2.1 Principais constituintes presentes nas águas residuárias e suas respectivas conseqüências.....	20
Tabela 2.2. Diretrizes recomendadas para a qualidade microbiológica das águas residuárias utilizadas na agricultura.....	22
Tabela 2.3. Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação.....	26
Tabela 3.1. Análise das águas de irrigação (A ₄) nas 4 coletas	34
Tabela 3.2. Análises das águas drenadas nos 4 drenos para as 4 coletas	40
Tabela 3.3. Características físicas do solo da área experimental	43
Tabela 3.4. Características químicas do solo da área experimental (antes do plantio)	44
Tabela 4.1. Pesos das três primeiras componentes principais e percentagem de variância explicada.....	51
Tabela 4.2. Resumo das análises de variância referente à variável, Área Foliar até 120 DAE para cultivar BRS Safira.....	54
Tabela 4.3. Resumo das análises de variância referente à variável Altura de Planta até 120 DAE para a cultivar BRS Safira.....	56
Tabela 4.4. Resumo das análises de variância referente à variável Diâmetro Caulinar até 120 DAE para a cultivar BRS Safira.....	58
Tabela 4.5. Resumo das análises de variância referente à variável N° de capulhos aos 120 DAE para a cultivar BRS Safira.....	60
Tabela 4.6 Resumo das análises de variância referente à variável produtividade aos 120 DAE para a cultivar BRS Safira.....	61
Tabela 4.7. Características químicas do solo da área experimental após o plantio	63

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

WHO - World Health Organization

CONAMA – Conselho Nacional do Meio Ambiente

OMS – Organização Mundial da Saúde

ETE – Estação de Tratamento de Esgoto

EMBRAPA – Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

UASB – Upflow Anaerobic Sludge Blanket

CP1 – Componente Principal que Representa 60% de Variância Explicada

CP2 – Componente Principal que Representa 12% de Variância Explicada

CP3 – Componente Principal que Representa 7% de Variância Explicada

C1 – coleta 1

C2 – coleta 2

C3 – coleta 3

C4 – coleta 4

A1 – amostra do efluente bruto

A2 – amostra do efluente tratado na saída da lagoa de polimento

A3 – amostra do efluente tratado após o sistema de filtragem da irrigação

A4 – amostra do efluente tratado do gotejador mais distante

A5 – amostra de água de drenagem do dreno 1

A6 – amostra de água de drenagem do dreno 2

A7 – amostra de água de drenagem do dreno 3

A8 – amostra de água de drenagem do dreno 4

SRH – PE – Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco

LAMEPE – Laboratório de Meteorologia de Pernambuco

NTK – Nitrogênio Total Kjeldhal

CNPA – Centro Nacional de Pesquisas de Algodão

ACP – Análise das Componentes Principais

DAE - Dias Após a Emergência

UFRPE – Universidade Federal Rural de Pernambuco

IFPE – Instituto Federal de Pernambuco

DQO – Demanda Química de Oxigênio

DBO – Demanda Bioquímica de Oxigênio

SST – Sólidos em Suspensão Totais

SSV – Sólidos em Suspensão Voláteis (orgânicos)

SSF – Sólidos em Suspensão Fixos (inorgânicos)

ST – Sólidos Totais

SV – Sólidos Voláteis

SF – Sólidos Fixos

SDT – Sólidos Dissolvidos Totais

SDV – Sólidos Dissolvidos Voláteis

CE – Condutividade Elétrica

SDF – Sólidos Dissolvidos Fixos

P – Fósforo

K – Potássio

Na – Sódio

Mg – Magnésio

RESUMO

A água residuária contém elevados teores de matéria orgânica e minerais, principalmente nitrogênio e fósforo. O reúso de água na agricultura diminui e, em alguns casos, elimina a necessidade de utilização de fertilizantes químicos e adubação. Com o objetivo de avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação com esgoto doméstico tratado e da presença e ausência de adubação orgânica nos atributos do solo e nos componentes de crescimento e rendimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch., cultivar BRS Safira, CNPA 01-55); instalou-se, com ênfase para envolvimento da comunidade na participação e incorporação da nova tecnologia, um experimento em campo, na Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca, PE, nas dependências da Unidade Piloto de Tratamento e Reúso de Esgoto Doméstico Para Fins Produtivos – Mutuca (ETE – MUTUCA) da UNIVERSIDADE FEDERAL RURAL DE PERNAMBUCO-UFRPE, no Distrito de Mutuca, Município de Pesqueira, PE. O delineamento experimental foi em blocos casualizados, em esquema fatorial $(4 \times 2) \times 4$, cujos fatores foram quatro níveis (120, 100, 80 e 60%) da necessidade hídrica da cultura; ausência e presença de adubação orgânica (0 e 80 kg ha⁻¹ de N), com quatro repetições. Durante a pesquisa foram realizadas análises físico-químicas do efluente usado na irrigação (cinco coletas) e do solo irrigado, em duas épocas no início e no final do experimento. Os resultados alcançados permitiram identificar que as variáveis: cloretos, sódio, sulfatos, cálcio, potássio, condutividade elétrica, dureza total, sólidos voláteis, sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos, sólidos dissolvidos voláteis, sólidos fixos e sólidos totais, foram as que mais influenciaram a qualidade da água, visto que estavam presentes na água de drenagem, indicando elevada lixiviação de sais no solo. O crescimento do algodoeiro foi sensível à necessidade hídrica. Os maiores valores de produção da cultura foram alcançados para a maior lâmina de irrigação aplicada, 120% da necessidade hídrica da cultura. Os teores de carbono e matéria orgânica no solo ao final do experimento, foram elevados pela aplicação de água residuária e esterco bovino.

ABSTRACT

Residual water contains high levels of organic matter and minerals, mainly nitrogen and phosphorus. The re-utilization of water in agriculture not only reduces but also, in some cases, eliminates the need to use chemical fertilizers or manure. With a view to evaluating the effects of irrigation with treated domestic waste as well as the presence/absence of organic manure in the soil attributes and in the components of development/produce of the cotton crop (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch., cultivar BRS Safira, CNPA 01-55); with an emphasis on the involvement of the community in the participation and adoption of the new technology, a field experiment was set in the Hydrographic Basin of the Ipojuca River – PE - within the Pilot Unit for Treatment and Re-utilization of Domestic Waste for Productive Means – Mutuca (ETE-MUTUCA) of the Federal Rural University of Pernambuco – UFRPE, located in the district of Mutuca, situated in the municipality of Pesqueira – PE. In this experiment, the effects of the levels of irrigation in the growth of the vegetation, the yielding of the cotton crop and the physicochemical attributes of the soil were assessed. The experimental outlining was studied in blocks in a factorial scheme (4x2) x4, whose factors were placed in 4 levels (120, 100, 80,60%) of the crop need for water; the absence/presence of organic manure (0 e 80 kg ha⁻¹ of N); with 4 repetitions. During the research, physicochemical analysis of the effluent used in the irrigation (5 collections); and physicochemical analysis of the irrigated soil were carried out in two different time periods – at the beginning and at the end of the experiment. The results reached have allowed the identification of the variables of chloride, sodium, sulfates, calcium, potassium, conductivity, total hardness, volatile solids, total diluted solids, fixed diluted solids and volatile diluted solids; fixed solids and total solids were the ones which most influenced the main component – CP1 – of the quality of the water. These variables were present in the water drainage indicating high lixiviation of the salts present in the soil. The growth of the cotton crop responded more to the need for water than to the presence/absence of manure made of bovine crap. The highest rates of crop produce were reached in the largest lamina foil of applied irrigation – 120% of the produce need for water. The contents rates of carbon and organic matter in the soil, at the end of the experiment, were high due to the use of waste water and cattle manure.

1. INTRODUÇÃO

O crescimento explosivo e desordenado das grandes cidades e a expansão das atividades industriais, são os principais causadores da poluição das águas. O intenso aumento populacional observado nas últimas décadas tem conduzido a uma demanda maior de alimentos o que, por sua vez, implica em maior consumo de agrotóxicos, fertilizantes e geração de resíduos, cujo destino final é quase sempre o ambiente aquático, provocando contaminação das reservas naturais de água.

Atualmente, mais de um terço do planeta se encontra em situação de escassez quantitativa e qualitativa de recursos hídricos, obrigando a priorização do uso das águas superficiais para usos mais nobres, como abastecimento público surgindo, então, a necessidade de se implementar sistemas que visem reaproveitar as águas residuárias tratadas (LEÓN & CAVALLINI, 1999; BRITO & TINOCO, 2000).

No Brasil, a vazão de retirada para usos consuntivos, para o ano de referência de 2006, foi de $1.841 \text{ m}^3 \text{ s}^{-1}$. No País o setor de irrigação é o que possui a maior parcela de vazão de retirada (cerca de 47% do total). Verifica-se que, para o abastecimento urbano, são reservados 26% do total, 17% para indústria, 8% para dessedentação animal e apenas 2% para abastecimento rural.

Diante desta problemática diversos são os instrumentos, mecanismos e tecnologias a serem empregadas no trato dessa questão e uma das alternativas que se têm apontado para o enfrentamento do problema, é o reúso de água, importante instrumento de gestão ambiental dos recursos hídricos e detentor de tecnologias para sua adequada utilização (PHILIPPI JÚNIOR, 2003).

A irrigação com esgotos domésticos tratados é uma prática frequente em países desenvolvidos e em desenvolvimento, por oferecer vantagens, como a disponibilidade permanente de água, aporte de nutrientes, aumento do rendimento dos cultivos e melhoria na qualidade do solo, além da economia com fertilizantes industriais (SILVA, 2000).

A potencial riqueza dos componentes dos esgotos – água e matéria orgânica, constituem um apreciável insumo para o sistema produtivo quando utilizado de maneira adequada e com tecnologias eficazes, não permitindo que o mesmo se torne mais um perigoso instrumento de disseminação de doenças e de mal-estar à população.

Embora importantes vantagens justifiquem amplamente o uso das águas residuárias na agricultura, existem restrições ou riscos potenciais que devem ser considerados, como a contaminação microbiológica dos produtos, a bioacumulação de

elementos tóxicos, a salinização e impermeabilidade do solo e o desequilíbrio de nutrientes no solo. Porém esses riscos podem ser reduzidos significativamente pelo tratamento dos esgotos, objetivando eliminar os micro-organismos patogênicos, medidas de proteção à saúde dos grupos expostos e através de diversas estratégias de manejo agrícola (LEÓN & CAVALLINI, 1999).

Em relação ao manejo agrícola, deve-se combinar os métodos de irrigação, as práticas agrícolas e o tipo de cultura. A irrigação localizada, segundo LÉON & CAVALLINI (1999), é o método que gera menor risco de contaminação e protege adequadamente os grupos expostos. Preferencialmente, o cultivo de produtos agrícolas que não sejam de consumo direto reduzindo, desta forma, os riscos de contaminação em humanos. A cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) pode ser considerada uma boa opção pois, além de possuir elevado valor agregado, mostra-se altamente responsiva às práticas de adubação e irrigação, possibilitando a obtenção de uma série de benefícios combinados.

A adubação orgânica, por sua vez, consiste da aplicação, em solos cultivados, de produtos de origem orgânica processados sob diversas formas (tortas, esterco, cinzas, vermicompostos, etc). Em geral, os fertilizantes orgânicos possuem baixa concentração mineral e, se aplicados corretamente, possibilitam adequado suprimento de nutrientes às plantas, além de atuarem como agentes condicionantes, melhorando as características físicas dos solos. Pode-se citar, como exemplos, o aumento da aeração, da disponibilidade de água no solo e a melhoria da agregação das partículas, aspectos esses que auxiliam no controle dos processos erosivos e de degradação dos solos.

A bacia do Rio Ipojuca tem importância estratégica para o Estado de Pernambuco por estarem inseridos, em sua área, diversos municípios de grande relevância, tanto pela densidade populacional quanto pela participação em diversos setores da economia do Estado, como agricultura, pecuária leiteira, avicultura e agroindústria. A bacia abrange municípios das mesorregiões do Sertão, Agreste e Zona da Mata, sendo que os núcleos urbanos de maior destaque no agreste se situam nesta bacia (ex: Pesqueira, Belo Jardim, Caruaru).

OBJETIVO GERAL

Avaliar os efeitos de diferentes lâminas de irrigação e adubação orgânica no crescimento e rendimento do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch., cultivar BRS Safira CNPA 01-55).

Objetivos Específicos

- ✓ Realizar balanço estatístico dos parâmetros físico-químicos do efluente usado na irrigação;
- ✓ Comparar a produção do algodão BRS Safira cultivado, em condições de sequeiro e irrigado com efluente secundário;
- ✓ Avaliar os efeitos do efluente secundário sobre os atributos físico-químicos do solo, quando submetido aos níveis de irrigação, à presença e ausência de adubação orgânica;
- ✓ Delinear estratégias para a participação dos atores locais na inovação tecnológica, mobilizando-os para a educação ambiental.

2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 Considerações Gerais

Cerca de 29,2% da superfície total da Terra é emersa, a outra fração (70,8%) é coberta por água. Entretanto, do total da água existente no planeta, 97,21% correspondem à água salgada, imprópria para a maioria das necessidades humanas e cerca de 2,15% se encontram sobre as planícies das regiões próximas aos polos. Assim, menos de 0,70% correspondem a água doce. Desses 0,70% de água doce existentes no planeta, 97% são águas subterrâneas e somente 3% correspondem à água superficial (SOUSA & LEITE, 2003). Sendo assim, as fontes de água para o uso humano imediato e sem grandes custos se reduzem a estas últimas. Esses valores ressaltam a grande importância de se preservar os recursos hídricos na Terra e de se evitar a contaminação da pequena fração mais facilmente disponível (VON SPERLING, 1996).

O conjunto das atividades humanas cada vez mais diversificadas, associado ao crescimento demográfico, vem exigindo atenção maior quanto às necessidades de uso da água. Em muitas regiões do globo a população ultrapassou o ponto em que podia ser abastecida pelos recursos hídricos disponíveis. Hoje, existem 26 países que abrigam 262 milhões de pessoas e que se enquadram na categoria de áreas com escassez de água (PHILIPPI JÚNIOR, 2003).

A região Nordeste do Brasil, com uma área de 1.561.177,8 km², participa de 18,26% da área do território nacional e se caracteriza pelos escassos recursos hídricos. Nesta região predomina o clima do semiárido, com médias térmicas elevadas em torno de 25°C com chuvas irregulares e concentradas em poucos meses do ano (IBGE, 2000).

A falta de chuvas durante longos períodos impede a agricultura perene, comprometendo a produção agrícola. Isto desorganiza a economia da sociedade nordestina, já que grande parte da população vive da pequena agricultura e, tradicionalmente, ocorrem migrações para outras regiões (GUERRA, 1981).

A precariedade de recursos hídricos torna a água um problema vital na sobrevivência das populações nordestinas que, com frequência, armazenam e utilizam águas de má qualidade, tanto para consumo humano como para a irrigação.

2.2. Origem e Composição das Águas Residuárias

Água residuária é um termo usado para caracterizar os despejos provenientes das diversas modalidades do uso e da origem das águas, tais como as de uso doméstico, comercial, industrial, as de estabelecimentos públicos, áreas agrícolas, de superfície, de infiltração, pluviais e outros efluentes sanitários (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994; JORDÃO & PESSOA, 1995; BRAGA et al., 2002).

Os esgotos domésticos provêm principalmente de residências e de edificações públicas e comerciais que concentram aparelhos sanitários, lavanderias e cozinhas. Apesar de variarem em função das condições socioeconômicas das populações, do clima e dos hábitos, os esgotos domésticos têm características bem definidas e se compoem, basicamente, das águas de banho, urina, fezes, restos de comida, sabões, detergentes e águas de lavagem (VON SPERLING, 1996; BRAGA et al., 2002).

Segundo VON SPERLING (1996), as águas residuárias domésticas contêm aproximadamente 99,9% de águas. A fração restante inclui sólidos orgânicos e inorgânicos, suspensos e dissolvidos, além de micro-organismos. Portanto, é em virtude dessa fração de 0,1% que há necessidade de se tratar os esgotos.

2.3. Processos de tratamento das águas residuárias para reúso na irrigação

O tratamento adequado das águas residuárias é essencial para a proteção da saúde pública, pois os esgotos podem contaminar a água, os alimentos, os utensílios domésticos, as mãos, o solo ou serem transportados por vetores, como moscas e baratas, provocando infecções. Outra importante razão para se tratar as águas residuárias, é a preservação do meio ambiente, já que a matéria orgânica pode ocasionar a exaustão do oxigênio dissolvido, culminando com a morte de peixes e outros organismos aquáticos, escurecimento da água e aparecimento de maus odores; é porvável que os detergentes presentes nas águas residuárias provoquem a formação de espumas em pontos de agitação da massa líquida; os defensivos agrícolas podem determinar a morte de peixes e outros animais. Os nutrientes exercem uma forte “adubação” da água, provocando o crescimento acelerado de vegetais microscópicos que conferem odor e gosto desagradáveis (HESPANHOL, 2003b).

Do ponto de vista técnico, tratar esgotos é reduzir os constituintes sólidos existentes nas águas residuárias, os quais prejudicam a qualidade da água. Na Tabela 2.1

são apresentados os principais constituintes de natureza orgânica e mineral que deverão ser retirados ou reduzidos das águas residuárias.

Tabelas 2.1 Principais constituintes presentes nas águas residuárias e suas respectivas consequências

CONSTITUINTE	CONSEQUÊNCIA
Sólidos em suspensão	Menor atividade fotossintética; Menor concentração de oxigênio dissolvido; produção de turbidez e cor
Matéria orgânica biodegradável	Diminuição do oxigênio dissolvido
Nutrientes (N & P)	Crescimento da vida aquática, eutrofização
Metais pesados advindos, geralmente, de despejos comerciais e industriais;	Doenças cardiovasculares; dano ao cérebro e carcinogênios
Matéria orgânica refratária (detergentes e seus derivados fenóis e pesticidas agrícolas)	Danos à saúde humana e ao Meio Ambiente
Sólidos inorgânicos dissolvidos (Ca^{+2} , Na^+ , SO_4^{-2})	Alterações de sabor e corrosão; Salinização do solo
Bactérias, helmintos, vírus e protozoários	Doenças epidêmicas e endêmicas

Fonte: SOUSA & LEITE (2003)

Tecnicamente, o tratamento compreende três níveis: (a) primário: remove material em suspensão, geralmente sólidos grosseiros, utilizando-se grades, caixa retentora de areia ou sedimentador; (b) secundário: envolve remoção de matéria carbonácea; (c) terciário: remove nitrogênio, geralmente por sistema biológico, através de processo de nitrificação e desnitrificação, além de fósforo, também por tratamento químico, utilizando-se cloreto férrico ou sulfato de alumínio.

A redução de organismos patogênicos no caso específico de esgotos sanitários, faz parte do tratamento terciário. Neste caso, a redução ocorre, geralmente, por cloração, ozonização, aplicação de efluente no solo, lagoa de maturação e lagoa de polimento.

Segundo SOUSA & LEITE (2003), os processos de tratamento de águas residuárias podem ser classificados em: físicos, químicos e biológicos. Os processos físicos se caracterizam pela remoção dos constituintes fisicamente possíveis de separação, tais como sólidos grosseiros, flutuantes e decantáveis; já os processos químicos se caracterizam, em geral, pela adição de produtos químicos à água a ser tratada. Os processos químicos mais utilizados são: floculação, precipitação e oxidação. O processo biológico de tratamento é o mais utilizado no mundo inteiro e resulta na transformação dos constituintes da água em moléculas mais simples e estáveis. Trata-se da oxidação do

material orgânico presente, de modo que ocorre sua transformação em substância de estrutura molecular simples e de baixo conteúdo energético.

2.3.1. Reator Anaeróbio de Fluxo Ascendente e Manta de Lodo (UASB)

O reator de fluxo ascendente e manta de lodo – tipo UASB (Upflow Anaerobic Sludge Blanket) – é o sistema mais usado de tratamento anaeróbio de esgoto a taxa elevada, por apresentar as seguintes vantagens: baixos custos de implantação e operação, simplicidade operacional e índices mínimos de mecanização e sustentabilidade. No Brasil este tipo de reator encontra grande aplicabilidade devido às condições favoráveis ambientais de temperatura (VAN HAANDEL & LETTINGA, 1994).

Os reatores anaeróbios têm dificuldade em produzir um efluente que se enquadre nos padrões estabelecidos pela legislação ambiental. Torna-se de grande importância, portanto, o pós-tratamento dos efluentes dos reatores anaeróbios, como forma de completar a remoção de matéria orgânica e proporcionar a remoção de constituinte pouco afetado no tratamento anaeróbio (nutrientes e patogênicos) (CHERNICHARO, 1997).

Uma das modalidades de pós-tratamento além das lagoas de polimento, é a aplicação no solo, no qual o efluente supre as necessidades das plantas, tanto em termos de água quanto de nutrientes (VON SPERLING, 1996).

2.3.2. Aspectos Sanitários do Uso de Águas Residuárias na Irrigação

A descarga de água residuária sem nenhum tratamento prévio pode contaminar o ambiente com vírus, bactérias, protozoários e helmintos, gerando um grave problema para a saúde pública, de vez que propagam doenças virulentas, bacterianas e parasitárias, afetando os trabalhadores que manuseiam a terra, a população que habita próximo às áreas cultivadas e os consumidores das culturas irrigadas (LÉON & CAVALLINI, 1999)

Considerando o público exposto (trabalhadores e consumidores), a Organização Mundial da Saúde (OMS, 1989) apresentou recomendações para a qualidade microbiológica das águas residuárias a serem utilizadas na agricultura. Nessas recomendações a água é classificada em três grupos A, B e C (Tabela 2.2). Os parâmetros utilizados nesta classificação destacam dois indicadores microbiológicos: número de ovos de helmintos por litro e concentração de coliformes fecais.

Tabela 2.2 Diretrizes recomendadas para a qualidade microbiológica das águas residuárias utilizadas na agricultura

Categoria	Condições de uso	Grupo exposto	Nematóides intestinais (ovos/L) ¹	Coliformes fecais (UFC/100 mL) ²	Tratamento requerido
A	Culturas consumidas cruas, campos esportivos, jardins públicos	Trabalhadores, consumidores e público em geral	≤ 1	≤ 1000	Série de Lagoas estabilização (tratamento equivalente)
B	Culturas de cereais, industriais e forrageiras, prados e árvores	Trabalhadores	≤ 1	Não se recomenda nenhuma norma	Lagoas de estabilização por 8 a 10 dias (ou tratamento equivalente)
C	Categoria B, sem os trabalhadores e o público estarem expostos	Nenhum	Não se aplica	Não se aplica	Sedimentação Primária

Fonte: Adaptada de WHO (1989)

2.3.3. Potencial de Reúso de Água na Agricultura

Uma vez poluída, a água pode ser recuperada e reusada para fins benéficos diversos. A qualidade da água utilizada e o objeto específico do reúso estabelecerão os níveis de tratamento recomendados, os critérios de segurança a serem adotados e os custos de capital e de operação e manutenção. As possibilidades e maneiras de reúso dependem, evidentemente, de características, condições e fatores locais, tais como decisão política, esquemas institucionais, disponibilidade técnica e fatores econômicos, sociais e culturais.

Segundo BREGA FILHO & MANCUSO (2003),¹ o reúso de água pode ser classificado em duas grandes categorias: reúso potável e reúso não potável.

Dentre os tipos básicos de reúso não potável, pode-se citar os seguintes: agrícola, industriais, recreacionais, domésticos, manutenção de vazões, aquíicultura e recarga de aquíferos subterrâneos.

A reutilização ou o uso de águas residuárias não é um conceito novo e tem sido praticado em todo o mundo, há muitos anos. Porém o que influenciou, de forma

tecnicamente correta a utilização controlada de esgotos para fins agrícolas, foram as iniciativas inglesas, quando se buscou a despoluição do rio Tâmis (PAGANINI, 2003).

Quando se reutilizam as águas residuárias, faz-se necessário conhecimento total de suas características físicas, químicas e microbiológicas, para facilitar na escolha de atividades em que essas águas poderão ser empregadas, evitando malefícios aos que dela usufruem (DUARTE, 2002).

Existem, no Brasil, poucos registros referentes ao reúso de efluentes tratados em diversas atividades, principalmente na agricultura. Entretanto, isto não quer dizer que não haja a prática informal desta atividade. A falta de sistemas de tratamento de esgotos na maioria dos municípios das cidades brasileiras e de mananciais com água de boa qualidade, favorece a prática do reúso indiscriminado de águas residuárias.

Um bom planejamento na prática do reúso permite a continuidade das atividades exercidas pelo homem, sobretudo da agricultura, já que tal atividade vem sendo diretamente afetada pela grande escassez de água. Além disso, o reúso de águas residuárias na agricultura não proporciona apenas o volume de água exigido pelas plantas mas, também, os nutrientes de que necessitam para se desenvolver, bem como proporciona economia de água podendo, assim, ser empregada em atividades mais nobres (HESPANHOL, 2003a)

Em pesquisa desenvolvida por DUARTE (2002), utilizando água residuária tratada na irrigação da cultura do pimentão, a pesquisadora afirma que as águas utilizadas mostraram serem fonte adequada de nutrientes, suprimindo as necessidades nutricionais da cultura.

As águas de qualidade inferior, tais como esgotos, particularmente os de origem doméstica, águas de drenagem agrícola e águas salobras devem, sempre que possível, ser consideradas fontes alternativas para os usos menos restritivos. O uso de tecnologias apropriadas para o desenvolvimento dessas fontes é hoje, junto com a melhoria da eficiência do uso e do controle da demanda, a estratégia básica para a solução do problema da falta universal de água.

2.3.4. Reúso na Agricultura

A vazão de retirada para usos consuntivos no País para o ano de referência de 2006, é de 1.841 m³/s. No Brasil, o setor de irrigação é o que possui a maior parcela de vazão de retirada (cerca de 47% do total). Verifica-se, para o abastecimento urbano, que

são reservados 26% do total, 17% para a indústria, 8% para dessedentação animal e apenas 2% para abastecimento rural.

Segundo HESPANHOL (2003a), durante as duas últimas décadas o uso de esgotos para irrigação de culturas aumentou significativamente em razão de fatores, como: dificuldades na identificação de novas fontes de água para irrigação; minimização dos riscos à saúde pública; custos elevados dos sistemas de tratamento e aceitação sociocultural da prática do reúso agrícola, entre outros.

A aplicação controlada de esgotos no solo é uma forma efetiva de controle da poluição e alternativa para aumentar a disponibilidade hídrica em regiões áridas e semiáridas. Os maiores benefícios desta forma de reúso são os associados aos aspectos econômicos, ambientais e de saúde pública.

Conforme ARAÚJO (1999) e LÉON & CAVALLINI (1999), o reúso de águas tratadas tem sido praticado mundialmente, sobretudo em regiões áridas ou semiáridas, como se pode confirmar em países como o México (Vale de Mezquital), Tunísia (Tunis), Arábia Saudita (Riyadh e Dirab), Estados Unidos (Califórnia), Chile (Santiago) e em Israel. Os principais cultivos irrigados com águas residuárias nesses países são: milho, alfafa, aveia, cevada, feijão, trigo, cabaceira, pimenta, tomate, cítricos, algodão, eucalipto, árvores e sementes de vegetais, grama e árvores ornamentais e forrageiras.

No Brasil, a prática planejada do reúso agrícola é ainda pequena e se resume a algumas experiências isoladas em cidades do Rio Grande do Sul, São Paulo e Ceará. Além disso, o Brasil não possui uma política própria de regulamentação para a prática do reúso, utilizando, então, diretrizes recomendadas por órgãos, como a WHO, ou as normas para uso recomendadas pelo CONAMA.

DUARTE (2002), irrigou pimentão com água residuária tratada, porém com concentrações de ovos de helmintos superiores aos recomendados por WHO (1986) obteve frutos com qualidade satisfatória, atendeu aos critérios exigidos pela WHO (1986). A pesquisadora atribuiu a qualidade dos frutos ao manejo adequado dispensado no momento de coleta e armazenamento do produto.

A eficiência do uso das águas residuárias na agricultura depende, basicamente, das estratégias adotadas para otimizar a qualidade e a quantidade da produção, tendo em vista uma melhoria da produtividade do solo, do ambiente e da saúde pública, em que uma combinação apropriada dos diferentes componentes permitirá o resultado ótimo para a condição específica de manejo. O requisito básico é contar com as informações sobre as

características do efluente da área que se pretende utilizar e combinar os tipos de culturas, os métodos de irrigação e as práticas de manejo (LÉON & CAVALLINI, 1999).

O principal critério para se selecionar o método de irrigação é a eficiência do uso de água mas, quando se usam águas residuárias, existem outros fatores que devem ser levados em consideração, tais como o risco de contaminação dos trabalhadores e dos cultivos.

Visando à utilização de águas residuárias, é necessário um sistema de tratamento com alta capacidade de remoção de matéria orgânica e nutrientes, elementos esses que se deseja aproveitar como fertilizantes. Reconhecidamente, a irrigação localizada é o método que gera o menor risco de contaminação protegendo, de forma adequada a saúde dos consumidores e dos agricultores. Este método de irrigação permite uma economia considerável de água porém tem custo de implantação elevado além de exigir baixa concentração de sólidos, para evitar a obstrução dos emissores (gotejadores) (LÉON & CAVALLINI, 1999).

2.4. Qualidade de Águas para a Agricultura

De acordo com AYERS & WESTCOT (1999), a agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água, porém o aspecto da quantidade tem sido desprezado devido à abundância de fontes de água que, no passado, eram de boa qualidade e de fácil utilização; todavia, em muitos lugares esta situação está mudando em decorrência do uso intenso, tendo-se que recorrer ao uso de águas de qualidade inferior, tornando-se conveniente um planejamento efetivo que assegure o melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade.

O conceito de qualidade de água refere-se, de acordo com LIMA (1998), à sua adaptabilidade para determinado uso, isto é, se suas características físicas, químicas e biológicas são adequadas à necessidade do usuário.

Segundo PHILIPPI JÚNIOR (2003), as águas de irrigação devem de modo geral, ser analisadas em relação à concentração total de sais (salinidade), a proporção relativa de sódio em relação a outros cátions (permeabilidade do solo); a concentração de elementos tóxicos; a concentração de íons e ao aspecto sanitário (contaminação por bactérias patogênicas). Ponderando os impactos de uma irrigação de longo prazo, sobre o rendimento e a qualidade dos produtos agrícolas, e do ambiente, especialmente o solo,

AYERS & WESTCOT (1999), classificam a água em sem restrição ao uso, com restrição leve a moderado e restrição severa (Tabela 2.3).

Tabela 2.3. Diretrizes para a interpretação da qualidade de água para irrigação

Problema Potencial	Unidades	Grau de restrição ao uso		
		Nenhum	Leve a moderado	Severo
Salinidade				
CEa ¹	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>3,0
SDT ²	mg/L	<450	450-2000	>2000
Infiltração (avaliada usando CEa e RAS conjuntamente)				
RAS ³ = 0-3 e CEa		>0,7	0,7-0,2	<0,2
= 3-6		>1,2	1,2-0,3	<0,3
= 6-12		>1,9	1,9-0,5	<0,5
= 12-20		>2,9	2,9-1,3	<1,3
= 20-40		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidade de íons específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na)				
Irrigação por superfície	RAS	<3,0	3,0-9,0	>9,0
Irrigação por aspersão	meq/L	<3,0	>3,0	
Cloretos (Cl)				
Irrigação por superfície	meq/L	<4,0	4,0-10,0	>10,0
Irrigação por aspersão	meq/L	<3,0	>3,0	
Boro (B)				
	mg/L	<0,7	0,7-3,0	>3,0
OUTROS(afeta culturas sensíveis)				
Nitrogênio (NO₃-N)⁴	mg/L	<5,0	5,0-30	>30
Bicarbonatos (HCO₃)	meq/L	<2,0	2,0-8,5	>8,5
pH			Faixa normal: 6,50-8,40	

Fonte: Ayers & Westcot, 1999. ¹ CEa – condutividade elétrica da água; medida da salinidade, expressa em deciSiemens por metro (dS/m) a 25^oC ou milimhos/cm (mmho/cm). Ambas as medidas são equivalentes

² SDT – total de sais em solução, expresso em miligramas por litro (mg/l). ³ RAS Relação de Adsorção de Sódio. ⁴ Nitrogênio na forma de nitrato expressos em termos de nitrogênio elementar

2.5. Cultivo do algodoeiro

Algodoeiro é o nome vulgar dado a várias espécies do gênero botânico *Gossypium*, da família Malvaceae. Existem cerca de 40 espécies, arbustivas, nativas das regiões subtropicais e tropicais, algumas das quais são utilizadas para a produção da fibra têxtil, conhecida como algodão.

O Brasil é o quarto maior exportador de algodão, precedido pelos Estados Unidos, Uzbequistão e Austrália. Segundo dados do Acompanhamento da Safra Brasileira (CONAB, 2010), a cultura está presente em 15 estados brasileiros sob as mais variadas condições de ambiente, sendo os três principais produtores os estados de Mato Grosso, Bahia e Goiás, com produções estimadas de 1.432,2; 1098,9 e 215,2 mil toneladas de algodão em caroço, respectivamente. Na região nordeste os três maiores produtores são os estados da Bahia, Piauí e Rio Grande do Norte.

A cadeia produtiva do algodão movimentou, em 2007, mais de 26.800 empresas responsáveis por 1,5 milhão de empregos diretos e indiretos. As exportações brasileiras de produtos têxteis geraram cerca 2,4 bilhões de dólares, propiciando uma receita bruta de 41,3 bilhões de dólares (IEMI, 2008).

O algodoeiro herbáceo (*G. hirsutum* L. var. *latifolium* Hutch.), é a espécie mais cultivada no Brasil; trata-se de uma planta adaptada ao clima quente, com ciclo vegetativo que varia de quatro a sete meses, conforme a quantidade de calor recebida.

A espécie apresenta tolerância relativamente alta à seca quando comparada a culturas como a soja, arroz e milho, entre outras. Isto se deve à sua capacidade de aprofundamento do sistema radicular em condições de déficit hídrico, o que permite à planta absorver água em camadas mais profundas do solo em situações de stress (ROSOLEM, 2007). No entanto, uma vez que as atividades fisiológicas e metabólicas da cultura estão diretamente vinculadas ao seu consumo hídrico, esta capacidade adaptativa se dará em detrimento da produtividade (BEZERRA *et al.*, 2003).

Os efeitos da deficiência de água podem ser observados em quase todas as fases de desenvolvimento do algodoeiro, porém o comprometimento da produção é mais relevante quando as variações do conteúdo de água ocorrem na fase de floração (HEARN, 1975; PRIETO & ANGUEIRA, 1999; HAN *et al.*, 2001).

O manejo hídrico inadequado, com períodos de déficit prolongado, poderá afetar o crescimento vegetativo da planta (HANK, 2007), com conseqüente redução na produção de fotoassimilados (LIU *et al.*, 2007) prejudicando, desta forma, a produtividade da cultura

(KIMBALL & MAUNEY, 1993; GERIK *et al.*, 1996; SARANGA *et al.*, 1998; PETTIGREW, 2004), além de interferir na qualidade da fibra (LUZ *et al.*, 1998; LIU *et al.*, 2008), resultando em inúmeros prejuízos para o produtor.

Em contrapartida e de acordo com BELTRÃO *et al.* (1997), o algodão é particularmente sensível à falta de oxigênio na zona radicular; desta forma, condições de alta pluviosidade, que podem resultar em encharcamento do solo com conseqüente anoxia na região das raízes, levariam também à redução da produtividade da cultura.

Em termos de nutrição, o algodoeiro herbáceo se caracteriza como cultura altamente exigente, em virtude de apresentar elevada sensibilidade à deficiência de nutrientes, em especial nitrogênio, potássio, enxofre e boro (CROZIER, 2008).

Em geral, nos primeiros trinta dias após a emergência a cultura se mostra mais exigente em magnésio (Mg), enxofre (S) e ferro (Fe). Na fase entre a formação de botões florais e o máximo florescimento, torna-se mais sensível à carência de nitrogênio (N), fósforo (P), potássio (K) e cálcio (Ca) (CARVALHO *et al.*, 2007).

A fertilização correta com níveis adequados de nutrientes é o fator de maior importância sobre o crescimento e desenvolvimento da cultura do algodoeiro, sendo responsável por cerca de 60% da produtividade final obtida. A produtividade do BRS Safira em condições de sequeiro obteve rendimento médio de 1.915 kg ha⁻¹ e 1.221 kg ha⁻¹ para média de três locais, nos anos de 2003 e 2004 respectivamente; sob condições de irrigação o rendimento pode ser superior a 3.500 kg ha⁻¹ (EMBRAPA, 2004).

2.6. Adubação orgânica

Em geral, os adubos orgânicos são adicionados ao solo por incorporação antes do plantio e, após sua mineralização, esses compostos liberam nutrientes que poderão ser absorvidos pelas culturas, contribuindo para sua nutrição. De acordo com KIEHL (1985), a matéria orgânica constitui importante fonte alternativa de nutrientes para as plantas, pois permite fornecer, a estas, todos os macro e micronutrientes dos quais necessitam para seu pleno crescimento e desenvolvimento.

O esterco bovino é o material usado com maior frequência para composição de substratos; observa-se, no entanto, que seu teor de N é baixo (0,77%) e esta carência precisa ser compensada por outros componentes do substrato ou com fertilizantes químicos (SEVERINO *et al.*, 2006). Entre os quais se encontraram os teores: N= 0,77%; P= 0,87%; K= 0,32%; Ca= 0,30% e Mg= 0,18% para o esterco bovino proveniente de vacas leiteiras

de Campina Grande, Paraíba. PORTO *et al.*, 2008, que trabalharam com esterco produzido em Esperança, Paraíba, Região Nordeste encontraram, na sua composição, os valores: N = 7,35 g kg⁻¹; S = 2,25 g kg⁻¹; K = 4,37 g kg⁻¹; P = 1,76 g kg⁻¹; Ca = 0,70 g kg⁻¹; Mg = 0,47 g kg⁻¹; Na = 543,21 mg kg⁻¹; Fe = 111,78 mg kg⁻¹; B = 19,15 mg kg⁻¹; Mn = 86,88 mg kg⁻¹; Zn = 24,3 mg kg⁻¹ and Cu = 124 mg kg⁻¹.

Ademais, a aplicação de adubos orgânicos propicia uma melhoria significativa nas características físicas dos solos. Pode-se citar, como exemplo, o aumento da aeração, da disponibilidade de água no solo e a melhoria da agregação das partículas, aspectos que auxiliam no controle dos processos erosivos e de degradação dos solos (DRINKWATER *et al.*, 1995). A adubação orgânica também está associada a outros efeitos benéficos tais como o incremento da matéria orgânica do solo e da atividade dos micro-organismos benéficos, a maior disponibilização de nutrientes, o aumento da capacidade de troca de cátions e a redução na população de patógenos, além da estabilização do pH (LIMA, 2001; BULLUCK *et al.*, 2002).

2.7. Educação ambiental

Os impactos decorrentes de determinada tecnologia dependem do diálogo com a população durante a concepção das soluções, da proximidade entre os gestores e a população, de um processo continuado de avaliação do serviço e de integração entre o saneamento e áreas afins (HELLER & NASCIMENTO, 2005). Um paradigma alternativo para a tecnologia emerge da articulação dos níveis de produtividade e da sociedade. A educação ambiental contribui para o processo dialético estado-sociedade civil, que possibilite a definição de políticas públicas a partir do diálogo e para a articulação de princípios de estado e comunidade, sob a égide da comunidade que coloca o estado como seu parceiro no processo de transformação, que resulte na sustentabilidade (SORRENTINO *et al.*, 2005). A sustentabilidade passa pela educação (CAMPOS, 2006) que pode construir outra lógica pela formação da consciência, da educação cidadã contra a consumista, da sustentabilidade contra insustentabilidade (GADOTTI, 2007). Educação ambiental, na sua perspectiva crítica e emancipatória, visam à deflagração do processo de mudanças (SORRENTINO *et al.*, 2005).

A sustentabilidade requer participação popular e a aceitação das tecnologias desenvolvidas; custo moderado de investimento e operação; legislação que propicie boas

práticas; envolvimento de vários segmentos da sociedade, inclusive das empresas (McLEOD & CHERRET, 2008; LOPEZ, *et al.*, 2007).

MUGA & MICHELICIC (2008), investigaram os indicadores de sustentabilidade de diferentes sistemas de tratamento de esgotos, incorporando os aspectos sociais, econômicos e ambientais. Dentre os indicadores de sustentabilidade destacaram a aceitabilidade da tecnologia pela produção, a melhoria de sua qualidade e os aspectos educacionais.

MARTINS *et al.* (2002), estudando os impactos do saneamento na saúde da população de Itapetinga SP, no período de 1980 a 1987, constataram que algumas pesquisas não apresentaram impactos significativos do saneamento na saúde da população pela falta de programas de educação.

O empoderamento de qualquer tipo de tecnologia, além de possibilitar sua efetivação, implica em evitar ou minimizar os riscos. De acordo com ALENCAR (2005), as tecnologias possibilitam diversos benefícios mas é preciso evitar os desvios. Não haverá empoderamento sem a superação dos preconceitos. Este empoderamento de tecnologia significa tornar a comunidade envolvida protagonista de sua própria história (GOHN, 2004), pois quando as mudanças são construídas no cotidiano por pessoas comuns que se dispõem a atuar coletivamente, ousando para alcançar os propósitos compartilhados, tornam-se efetivas (SOUZA, 2000).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Localização da área experimental

O experimento foi instalado e conduzido em duas etapas, sendo um cultivo de sequeiro e outro irrigado, em área das nascentes da Bacia Hidrográfica do Rio Ipojuca (Figura 3.1 (a)), no distrito de Mutuca, Município de Pesqueira, PE, nas dependências da Unidade Piloto de Tratamento e Reúso de Esgoto Doméstico Para Fins Produtivos – Mutuca (ETE – MUTUCA), com coordenadas geográficas, 8°16'46"S e 36°34'22" de latitude e longitude, respectivamente, e altitude 654 metros (Figura 3.1 (b)).



Figura 3.1 (a) – Localização da Bacia do Rio Ipojuca (Município de Pesqueira)



Figura 3.1 (b) – Local de instalação do experimento - Unidade Piloto de Tratamento e Reúso de Esgoto Doméstico para Fins Produtivos

O clima da região é classificado como BSHW semiárido quente, com temperatura média anual em torno de 27°C, umidade relativa do ar de 73% e velocidade média do vento de 2,5 m/s, com precipitação média anual de 670 mm (MOLINIER *et. al.*,1994) com regime de chuvas entre os meses de maio a julho (CISAGRO, 1990). Pode-se observar, através da Figura 3.2, a precipitação acumulada para os meses em que se realizou o experimento.

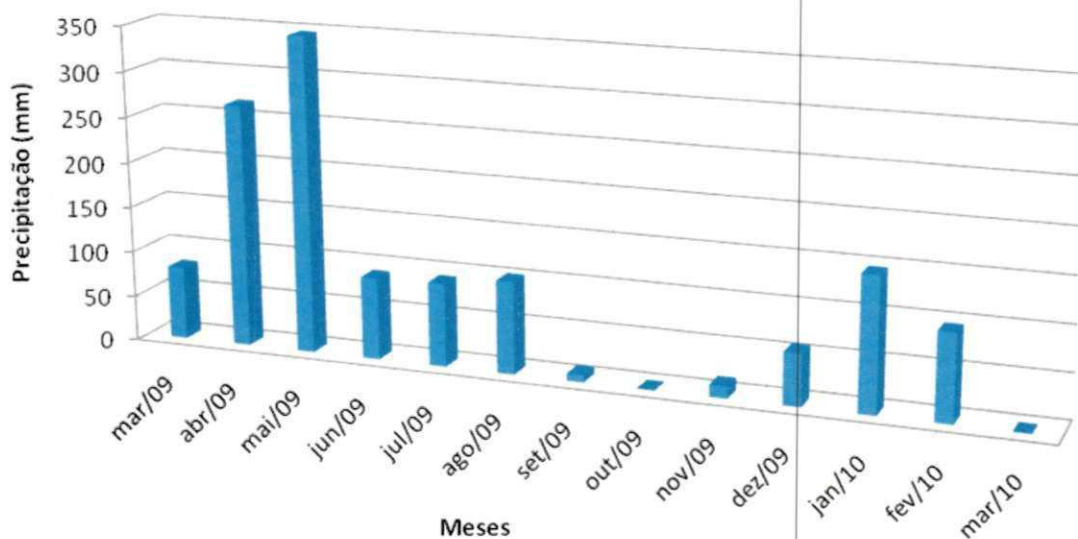


Figura 3.2 – Precipitação mensal acumulada

3.2. Delineamento experimental e análise estatística dos dados

O delineamento experimental foi em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema fatorial (4 x 2) x 4, cujos fatores foram quatro lâminas de irrigação correspondentes a 60, 80, 100 e 120% da evapotranspiração da cultura; ausência e presença de adubação orgânica.

A adubação orgânica foi feita por cobertura antes do plantio, com esterco bovino, pois este se encontra com abundância na região, por se tratar de uma bacia leiteira do Estado. Foi considerada a proporção 80 kg ha⁻¹ nas parcelas adubadas e zero na parcelas sem adubação.

Os dados obtidos foram tabulados em planilhas eletrônicas e submetidas a análise de variância, utilizando-se o software SISVAR v 5.3 da Universidade Federal de Lavras para verificação da significação estatística das variáveis investigadas.

3.3. Sistema de tratamento

A estação de tratamento de esgotos existente no município de Mutuca (ETE-MUTUCA) é constituída de um tratamento preliminar com grades de barra, desarenador e calha Parshall; em seguida, um reator UASB, combinado com um filtro anaeróbio de fluxo descendente e lagoa de polimento (Figura 3.3), dando aos efluentes um grau de tratamento secundário. A ETE-MUTUCA atende a uma parte do distrito de Mutuca correspondente a 150 residências com uma média de 5 moradores por unidade, 750 pessoas, cuja renda média é de um salário mínimo. A vazão que alimenta o reator UASB foi estimada em 3.000 l dia^{-1} Figura (3.3).



Figura 3.3 – Estação de tratamento de esgoto (ETE-MUTUCA)

Para caracterização da água de irrigação foram coletadas quatro amostras (C_1 , C_2 , C_3 , C_4), em épocas diferentes durante o experimento, sendo: do afluente (esgoto bruto, A_1), do efluente tratado na saída da lagoa de polimento (A_2), após o sistema de filtragem da irrigação (cabeçal de controle, A_3), no último gotejador (gotejador mais distante, A_4). As amostras foram acondicionadas em garrafas plásticas com tampa de plástico, com volume total de 2000 ml e posteriormente conservadas a 4°C , e transportadas ao laboratório.

As análises químicas realizadas foram dos seguintes parâmetros: Demanda Química de Oxigênio (DQO), Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Sólidos em Suspensão Totais (SST), Sólidos em Suspensão Voláteis (orgânicos) (SSV), Sólidos em Suspensão Fixos (inorgânicos) (SSF), Sólidos Totais (ST), Sólidos Voláteis (SV), Sólidos Fixos (SF), Condutividade Elétrica (CE), pH, Sólidos Dissolvidos Totais (SDT), Sólidos Dissolvidos Voláteis (SDV), Sólidos Dissolvidos Fixos (SDF), Fósforo (P), Nitrogênio Total Kjeldhal (NTK), Sulfatos, Alcalinidade Total, Dureza Total, Dureza de Cálcio, Dureza de Magnésio, Cloretos, Sódio e Potássio utilizou-se a metodologia do Standard Methods of Water and Wastewater, APHA (2005). Os resultados se encontram em anexo.

3.3.1. Análises químicas das águas de irrigação

A partir dos dados obtidos nas quatro coletas (C₁,C₂,C₃,C₄) foi calculada a razão de adsorção de sódio (RAS) para a amostra A₄ (último gotejador) que é a água efetivamente utilizada na irrigação, apresentados na Tabela 3.1.

Tabela 3.1. Análise das águas de irrigação (A₄) nas 4 coletas

	pH	CE dS m ⁻¹	P	Na	K	Ca (mg L ⁻¹)	Mg	SO ₄	Cl ⁻	RAS	Classe
C ₁	7,76	2,23	20,8	193,6	76,8	161,3	48,1	260,8	328,2	4,86	C3S1
C ₂	8,63	2,50	37,7	320,0	74,0	145,1	48,1	69,9	353,5	8,32	C4S1
C ₃	7,35	2,09	7,9	116,4	50,4	193,5	67,4	224,1	353,5	2,59	C3S1
C ₄	7,76	1,35	20,8	169,1	65,9	104,8	43,3	224,1	403,9	4,96	C3S1

*Razão de adsorção de sódio:
$$RAS = \frac{Na}{\sqrt{\frac{Ca+Mg}{2}}}$$

3.4. Instalação da área experimental e condução do experimento

3.4.1. Preparo do solo

Na instalação do experimento realizou-se primeiro, na área experimental, um gradeamento para uniformização do terreno e incorporação da vegetação nativa ao solo como se pode observar na Figura (3.4).

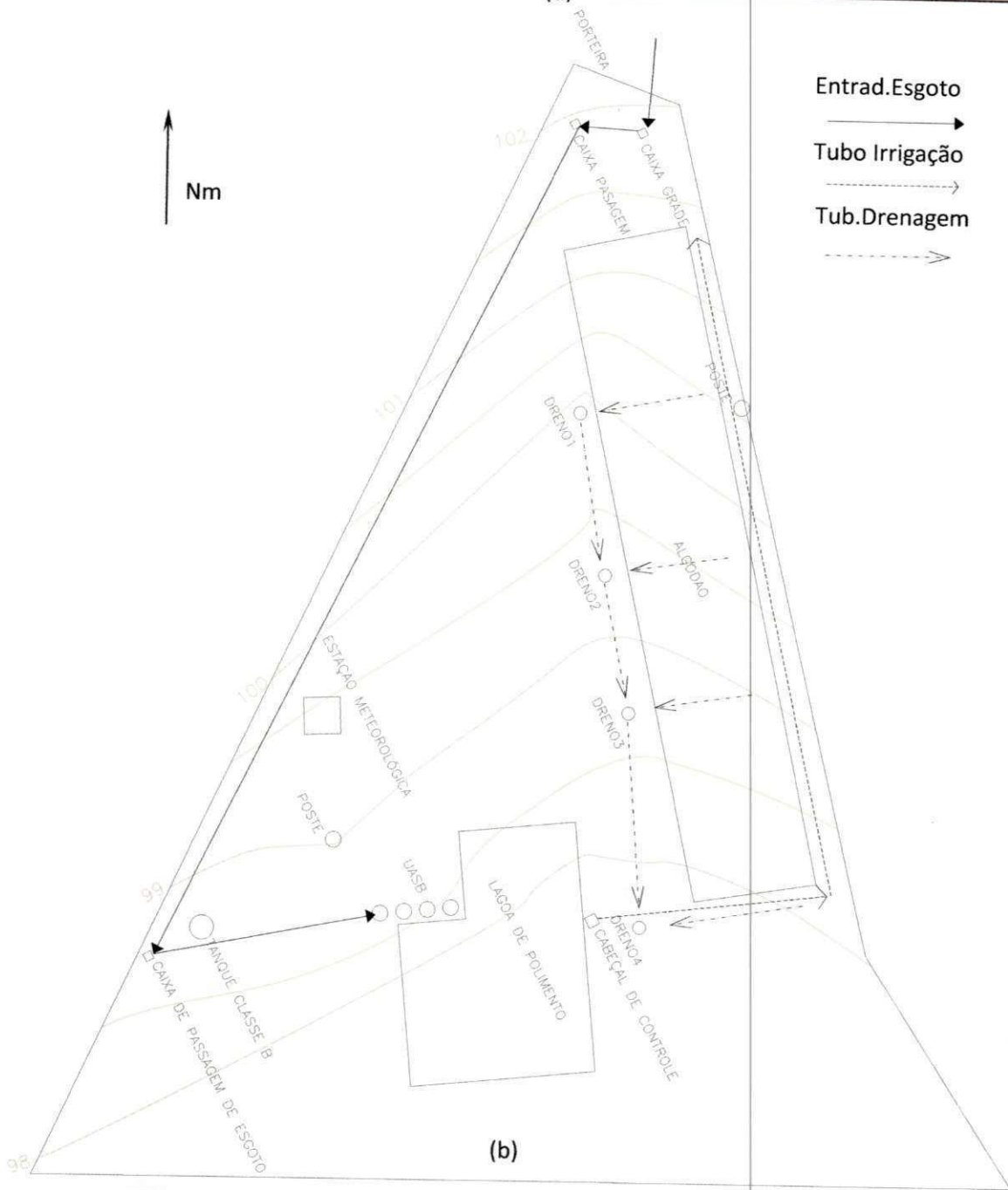


Figura 3.4 – Atividades de gradeamento na área experimental

Posteriormente, realizou-se um levantamento topográfico planialtimétrico (Figura 3.5(a)), com a caracterização de todos os componentes físicos da área. A área total da estação experimental é de 3.614 m² de acordo com o croqui mostrado na Figura (3.5(b)). A área de plantio é de 533 m², com declividade de 6%, encontrada através do nivelamento.



(a)



(b)

Figura 3.5 – (a) Levantamento Topográfico, (b) Planta Planialtimétrica

Observam-se ainda, na Figura 3.4(b), setas indicando a entrada dos esgotos, distribuição da tubulação de irrigação e a localização de cada um dos quatro drenos no limite entre os blocos.

3.5. Estação meteorológica

Para obtenção de dados meteorológicos, como temperatura, umidade relativa do ar e níveis de precipitação, foi necessária a montagem de uma miniestação meteorológica. A ETE-MUTUCA, já possuía uma estação; no entanto foi constatado, no primeiro contanto realizado com a mesma, que seria necessário melhorar suas condições para que fosse possível a obtenção dos dados imprescindíveis à realização da pesquisa.

A miniestação meteorológica montada contou com a colaboração da SRH-PE (Secretaria de Recursos Hídricos do Estado de Pernambuco) através do LAMEPE (Laboratório de Meteorologia de Pernambuco) como se vê na Figura (3.6), para acompanhamento dos dados e elaboração dos cálculos de irrigação; a miniestação era constituída dos seguintes equipamentos: Tanque Classe A, Termo-Higrógrafo e Pluviômetro, além de uma mini PCD (plataforma de coleta de dados).



Figura 3.6 – Estação meteorológica

3.6. Montagem do sistema de irrigação

O sistema de irrigação aplicado foi do tipo localizada, através do método por gotejamento. Os emissores utilizados foram do tipo Katif, autocompensante com faixa de pressão variando de 80 a 300 kPa e vazão de $3,85 \text{ l h}^{-1}$. O espaçamento foi de 0,40 m entre plantas e 0,70 m entre fileiras e as linhas laterais com comprimento de 10 metros com registros individuais na entrada para controle das lâminas de irrigação (Figura 3.7 e 3.8).

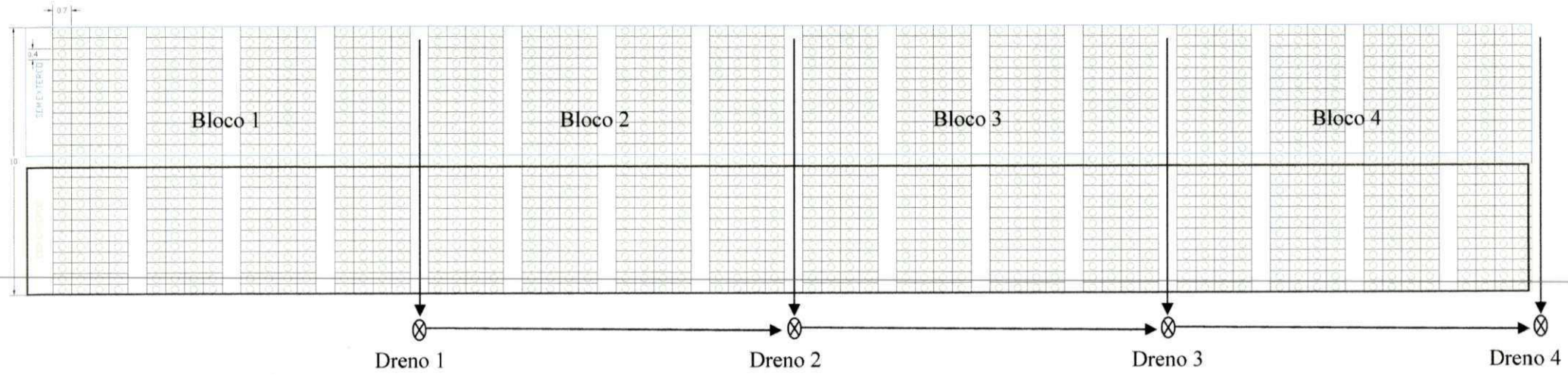


Figura 3.7 – Croqui do sistema de irrigação

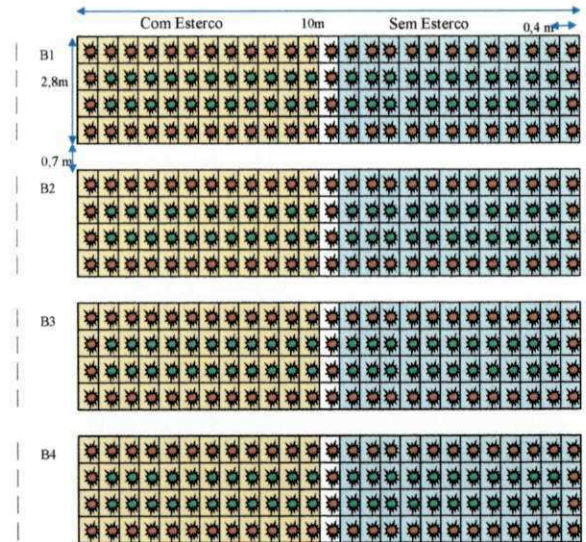


Figura 3.8 – Detalhe de um bloco com espaçamento entre plantas

Foi montado um cabeçal de controle cujo sistema de filtragem incluiu um filtro de areia para $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$ e dois filtros de disco 200 MESH para $12 \text{ m}^3 \text{ h}^{-1}$. O moto da bomba centrífuga utilizada é de 3 HP, funcionando afogada. Através da Figura 3.9 observa-se uma foto geral do sistema de irrigação montado.



Figura 3.9 – Foto do sistema de irrigação e do cabeçal de controle

3.7. Montagem do sistema de drenagem

Um sistema de drenagem (Figura 3.10) foi instalado para evitar o encharcamento da área do plantio, em virtude de se tratar de um solo com grandes problemas de condutividade hidráulica. Foram montados 4 drenos, localizados no final de cada bloco, seguindo a declividade do terreno, espaçados 11 metros; os blocos foram isolados com uma lona plástica, logo após o dreno. A profundidade dos drenos foi de 0,90 m, onde o perfil do solo atingia essa profundidade, porém houve dreno instalado a 0,40 m, já sobre a rocha, ver Figura 3.10. Para escoamento foi usado um tubo corrugado perfurado (Kananet) da Kanaflex, feito em PEAD (Polietileno de Alta Densidade) com diâmetro de 65 mm e 10 m de comprimento, contendo brita ao seu redor e revestido com uma manta de sacos de rafia e coberto com areia para facilitar a drenagem.



Figura 3.10 – Isolamento dos blocos e profundidade dos drenos

Os poços de visita foram localizados no final de cada dreno, acompanhando o dreno coletor (Figura 3.11). Foram coletadas quatro amostras (C_1, C_2, C_3, C_4) de águas de drenagem (A_5, A_6, A_7 e A_8), em cada um dos quatro poços de visita localizados ao final dos blocos 1, 2, 3 e 4, respectivamente. Para caracterização química dos seguintes parâmetros: DQO, DBO, SST, SSV, SSF, ST, SV, SF, Condutividade CE, pH, SDT, SDV, SDF, Fósforo, Nit. Total Kjeldhal, Sulfatos, Alc. Total, Dureza Total, Dureza de Cálcio, Dureza de Magnésio, Cloretos, Sódio e Potássio, usando-se a metodologia do Standard Methods of Water and Wastewater, APHA (2005). Os resultados se encontram em anexo.



Figura 3.11 – Poço de visita

3.7.1 Análises químicas das águas de drenagem

A partir dos dados obtidos nas quatro coletas (C_1, C_2, C_3, C_4) foi calculada a razão de adsorção de sódio (RAS), de cada coleta, para as amostra A_5, A_6, A_7 e A_8 (dreno 1, dreno 2, dreno 3 e dreno 4, respectivamente) que são as águas drenadas e coletadas nos quatro poços de visita de cada bloco do experimento, conforme a Tabela 3.2.

Tabela 3.2. Análises das águas drenadas nos 4 drenos para as 4 coletas.

		pH	CE dS m ⁻¹	P	Na	K	Ca (mg L ⁻¹)	Mg	SO ₄	Cl ⁻	RAS	Classe
C ₁	A ₅	8,15	5,40	7,9	540,7	148,2	483,8	259,9	503,1	1161,5	6,97	C4S1
C ₂	A ₅	8,70	17,23	0,5	586,6	509,2	1112,7	1010,7	603,2	4999,4	4,33	C4S1
C ₃	A ₅	7,49	13,40	1,9	1717,0	405,4	999,9	818,2	902,8	5655,8	13,80	C4S1
C ₄	A ₅	8,22	9,55	8,6	1426,5	282,3	685,4	721,9	902,8	3231,6	12,83	C4S1
C ₁	A ₆	8,13	5,50	12,8	540,7	139,4	483,8	279,1	1049,8	1161,5	6,85	C4S1
C ₂	A ₆	8,00	23,30	0,06	175,0	457,8	1499,8	1453,5	743,3	6463,8	1,09	C4S1
C ₃	A ₆	7,83	14,00	2,7	1717,0	421,4	1128,9	779,7	1543,7	3332,9	13,61	C4S1
C ₄	A ₆	8,10	8,98	9,9	1202,9	245,9	685,4	625,7	1543,7	2726,7	11,31	C4S1
C ₁	A ₇	8,05	15,30	40,5	2180,0	413,5	1032,1	924,1	1658,5	4241,9	16,79	C4S1
C ₂	A ₇	7,61	22,3	>0,01	2520,0	436,6	1435,3	1415,0	918,6	6261,8	15,99	C4S1
C ₃	A ₇	7,85	13,75	2,7	1620,6	391,2	951,5	904,8	1474,8	4999,4	12,77	C4S1
C ₄	A ₇	7,22	1,17	8,8	44,1	17,5	137,1	48,1	1474,8	202,0	1,17	C3S1
C ₁	A ₈	8,20	15,4	3,11	521,4	447,2	1048,2	904,8	1899,7	3736,9	4,03	C4S1
C ₂	A ₈	8,34	5,42	2,39	521,4	149,1	451,5	221,4	249,3	1010,0	7,11	C4S1
C ₃	A ₈	7,71	3,69	4,72	328,6	114,3	403,2	221,4	374,5	909,0	4,62	C4S1
C ₄	A ₈	8,32	3,11	7,6	319,5	110,2	241,9	154,0	374,5	353,5	5,59	C4S1

*Razão de adsorção de sódio: $RAS = \frac{Na}{\frac{Ca+Mg}{2}}$

3.8. Balanço dos Componentes da Água Residuária

A partir dos parâmetros: DQO, DBO, SST, SSV, SSF, ST, SV, SF, Ce Condutividade, pH, SDT, SDV, SDF, Fósforo, Nitrogênio Total Kjeldhal, Sulfatos, Alcalinidade Total, Dureza Total, Dureza de Cálcio, Dureza de Magnésio, Cloretos, Sódio e Potássio, obtidos para as quatro amostras (C₁, C₂, C₃, C₄) de água de irrigação (A₁, A₂, A₃ e A₄) e para a água de drenagem (A₅, A₆, A₇ e A₈), realizou-se o balanço dos componentes da água residuária.

O estudo e a interpretação dos resultados de um conjunto de dados envolvem a análise de uma infinidade de variáveis, tornando o trabalho difícil e demorado, além de suscetível a erros na interpretação, o que pode levar à perda de informações relevantes. A utilização de métodos multivariados, tais como a análise de componentes principais (ACP), se destaca como importante ferramenta para avaliar características de um sistema de tratamento de esgoto do tipo UASB utilizado na pesquisa (FERREIRA *et al.*, 1999; WOLD *et al.*, 1987).

O balanço dos componentes foi feito através de um método estatístico de Análise de Componentes Principais (ACP). Esta técnica permite transformar um conjunto de variáveis originais, intercorrelacionadas, num novo conjunto de variáveis não correlacionadas, as componentes principais. O objetivo mais imediato da ACP é verificar se existe um pequeno número das primeiras componentes principais que seja responsável

por explicar uma proporção elevada da variação total associada ao conjunto original, conforme RODRIGUES & BRANCO, 2006.

A finalidade fundamental da análise de componentes principais é a obtenção de um pequeno número de combinações lineares (componentes principais) de um conjunto de variáveis que retenham o máximo possível de informações contidas nas variáveis originais (SAEG, 2007).

O método da ACP permite a redução da dimensionalidade do conjunto de dados contendo n variáveis pois, embora as informações estatísticas presentes nas variáveis originais sejam as mesmas dos n -componentes principais, é comum se obter, em apenas 2 ou 3 primeiras componentes principais (CP), mais de 90% das informações (MOITA NETO & MOITA, 1998). A análise de componentes principais também pode ser usada para avaliar a importância das próprias variáveis escolhidas, ou seja, as variáveis originais com maior peso (Loading) na combinação linear dos primeiros componentes principais são as mais importantes do ponto de vista estatístico (MOITA NETO & MOITA, 1998). Devido a um grande número de parâmetros e amostras analisadas nos efluentes brutos e tratados, utilizou-se a técnica de análise exploratória de projeções em componentes principais (ACP) para avaliar possíveis agrupamentos e verificar a existência de anomalias.

3.9. Adubação

A adubação foi feita com esterco bovino, material encontrado com facilidade na região, por se tratar de uma bacia leiteira do Estado. O esterco bovino foi adquirido com produtores do distrito de Mutuca, já bem curtido, e incorporado ao solo antes dos plantios (sequeiro e irrigado) (Figura 3.12). Foram consideradas as proporções de zero e 80 kg ha^{-1} de N, para ausência e presença de adubação, respectivamente.



Figura 3.12 – Incorporação do adubo no solo

3.10. Solo da área

O solo da área foi classificado de acordo com o Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SIBCS), apresentado em EMBRAPA (1999), como PLANOSSOLO HÁPLICO Sáfico Sódico Hipereutrofico, A moderado, textura média/muito argilosa cascalhenta, fase caatinga hiperxerófila, relevo suave ondulado. A descrição morfológica do solo é feita a seguir:

- **An** 0-10cm; Bruno-acinzentado escuro (10YR 4/2, úmido), Bruno-acinzentado (10YR 5/2, seco) franco arenosa; grãos simples; muito friável, não plástica e não pegajosa; transição clara e plana;
- **En** 10-35cm; Bruno-acinzentado (10YR 5/2, úmido); franco-argilo-arenosa, grãos simples, muito friável, não plástica e não pegajosa, transição abrupta e plana;
- **Btn** 35-65cm; Bruno acinzentado (10YR 5/2, úmido); mosqueado comum médio difuso cinzento-escuro (10YR 4/1, úmido); muito argilosa; maciça coesa; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana;
- **BCn** 65-80cm; Bruno (10YR 4/3, úmido), mosqueado comum médio difuso cinzento muito escuro (2,5YR 3/0, úmido); muito argilosa; maciça coesa; firme, muito plástica e muito pegajosa; transição gradual e plana;
- **Cr** 80-90cm+.

3.10.1. Análise físico-química do solo

As análises foram realizadas no Laboratório de Fertilidade da Universidade Federal Rural de Pernambuco, de acordo com a metodologia apresentada pela EMBRAPA (1997). As características físicas e químicas se encontram nas Tabelas 3.3 e 3.4.

Tabela 3.3. Características físicas do solo da área experimental

Horizontes	Frações da amostra total (%)	Comp. Granulométrica			Argila dispersa H ₂ O g kg ⁻¹	Grau de flocula %	Densidade t m ⁻³		Porosidade. %			
		da terra fina (g kg ⁻¹)					Solo	Partículas				
Simbol.	Prof.cm	Calhaus	Cascalho	TFSA	AT	Silte	Arg.					
An	0-10	0	15	85	566	240	194	174	10	1,76	2,60	32
En	10-35	11	31	58	466	280	254	194	24	1,80	2,63	32
Btn	35-65	0	22	78	326	60	614	554	10	1,49	2,56	42
BCn	65-80	0	17	83	326	80	594	524	12	1,57	2,53	38

Terra Fina Seca ao Ar – TFSA; Areia Total – AT; Argila – Arg.

Tabela 3.4. Características químicas do solo da área experimental (antes do plantio)

Horizontes	pH água	Complexo Sortivo (cmol _c , kg ⁻¹)								Valor V (%)	PST %	P Disponível mg kg ⁻¹	Carbono Orgânico g kg ⁻¹	Matéria Orgânica g kg ⁻¹
		Ca ²⁺	Mg ²⁺	K ⁺	Na ⁺	Valor S (soma)	Al ³⁺	H ⁺	Valor T (soma)					
An	8,6	2,70	0,10	0,28	0,93	4,01	0,0	0,0	4,01	100	23	25	13,12	22,62
En	8,9	2,35	0,40	0,20	0,39	3,34	0,0	0,0	3,34	100	12	12	3,54	6,10
Btn	8,8	7,10	4,95	0,55	0,88	13,48	0,0	0,0	13,48	100	7	4	3,77	6,50
BCn	8,4	5,50	5,25	0,49	1,79	13,03	0,0	0,0	13,03	100	14	3	3,18	5,49

Soma de bases – Valor S; Capacidade de troca de cátions – Valor T; Percentagem de saturação por bases – Valor V; Percentagem de sódio trocável - PST

3.11. Plantio

Foram realizados dois plantios, um de sequeiro e o outro irrigado. Os plantios foram feitos semeando-se de três a quatro sementes por cova, na profundidade de 0,05m, como mostrado na Figura 3.13. A emergência ocorreu nove dias após o plantio e 28 dias após procedeu-se ao desbaste cortando-se as plantas rentes ao solo, permanecendo apenas duas plantas por cova Figura (3.13).



Figura 3. 13 – Plantio e desbaste da cultura do algodão

O plantio de sequeiro foi iniciado no dia 21 de março de 2009 e colhido em duas etapas nos dias 19 de agosto e 10 de setembro de 2009; o irrigado foi plantado no dia 25 de setembro de 2009 e colhido em março de 2010, também em duas etapas (Figura 3.14).



Figura 3.14 – Colheita aos 130 DAE

3.12. Tratos Culturais

Foram feitas três capinas aos 20, 40 e 70 dias do plantio. O controle de pragas foi feito através de três pulverizações, conforme recomendação do fabricante, com o produto agrícola Connect (Bayer), para combater infestação do pulgão-do-algodoeiro (Figura 3.15), que atacaram as plantas da bordadura. Este produto é recomendado também para tratamento da mosca branca e do bicudo, no entanto, não foi detectada presença desses insetos na plantação.



Figura 3.15 – Pulgão do algodoeiro

3.12.1. Cultivar

A cultura utilizada foi o algodão herbáceo, cultivar BRS Safira (Figura 3.16). Em 1996, realizou-se o cruzamento entre um material introduzido dos EUA, que apresentava coloração da fibra marrom-escuro e a cultivar CNPA 87-33 de fibra branca de boa qualidade e ampla adaptação na região Nordeste. A cultivar CNPA 01-55 foi a selecionada

após vários ciclos por apresentar alta resistência a problemas decorrentes de viroses, sendo indicado para o cultivo em áreas zoneadas do semiárido nordestino, obtendo-se rendimento médio em caroço superior a 3.500 kg ha^{-1} , irrigado; em condições de sequeiro na região Nordeste, o rendimento médio foi 1.915 kg ha^{-1} de algodão em caroço. O ciclo da cultivar no semiárido nordestino é, em média, 120 a 150 dias (EMBRAPA, 2004).



Figura 3.16 – Cultivar BRS Safira

3.13. Variáveis Avaliadas

3.13.1. Variáveis de Crescimento

Para estimar os efeitos da aplicação das lâminas de irrigação e da adubação sobre o crescimento do algodão, foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de planta (AP), área foliar (AF) e diâmetro caulinar (DC). Realizaram-se quatro biometrias espaçadas em 30 dias, a primeira aos 30 dias após a emergência (DAE) e seguidas de mais três, totalizando quatro coletas em 120 dias.

A variável altura de planta foi obtida através de medição entre a base do caule e o seu ápice, com uso de uma trena como se observa na Figura 3.17. Segundo BENINCASA (2003), a altura de planta corresponde à distância entre a base do caule ou colo e o ápice do mesmo; em plantas intactas se considera a superfície do solo como o limite inferior do comprimento.

Para medição do diâmetro caulinar foi usado um paquímetro rente ao chão. Na obtenção da área foliar foi realizado o seguinte procedimento: medida linear do comprimento, com régua, da nervura principal de cada folha por planta (Figura 3.17).



Figura 3.17 – Biometria

As áreas foliares foram calculadas através da Equação (3.1), proposta GRIMES & CARTER, (1969).

$$Y=0,4322X^{2,3002}$$

Equação 3.1

donde,

Y = Área foliar folha⁻¹, expressa em cm²;

X = Comprimento da nervura principal da folha, expresso em cm

3.13.2. Variáveis de Produção

Para investigar a produção da cultura do algodão, foram analisadas duas variáveis: número de maçãs (NM) e produção do algodão em caroço (P) (Figura 3.14). O número de maçãs foi obtido através da contagem por planta. A produção foi coletada em duas etapas, aos 115 e 130 DAE, para a produção de sequeiro e também para a irrigada; sendo feita a pesagem posteriormente, e extrapolado para um hectare.

3.14. Determinação das Lâminas e Controle de Irrigação

Em seguida à completa emergência das plântulas, que ocorreu aos 30 dias após o plantio, a irrigação foi realizada num turno de rega de 48 horas, com reposição da evapotranspiração da cultura, de acordo com a Equação (3.2) (ALLEN *et al.*, 2006).

$$ET_c = ET_o \times K_c$$

.....Equação 3.2

donde,

ET_c = Evapotranspiração da cultura, em mm dia^{-1} ;

ET_o = Evapotranspiração de referência, em mm dia^{-1} ;

K_c = Coeficiente de cultivo (Figura 3.18)

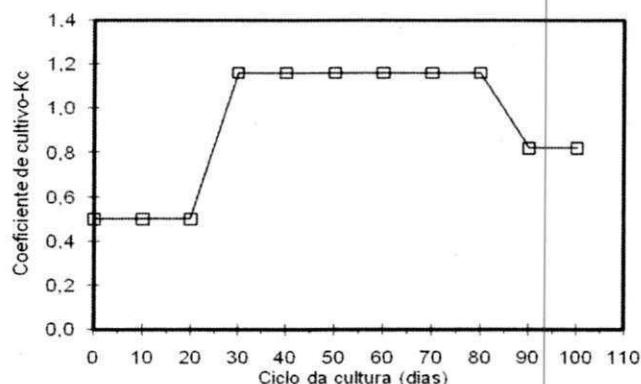


Figura 3.18. – Coeficiente de cultivo

A ET_o foi calculada pelo método do Tanque Classe “A”, através da Equação (3.3), a partir dos dados meteorológicos obtidos pela miniestação meteorológica da ETE – Mutuca.

$$ET_o = K_p \times EV$$

Equação 3.3

donde,

K_p = coeficiente de tanque;

EV = evapotranspiração do tanque, em mm dia^{-1}

Adotou-se um coeficiente de tanque de 0,75, de acordo com as características da estação meteorológica (ALLEN *et al.*, 2006).

A fonte de água utilizada para irrigação da cultura do algodoeiro foi o efluente de esgoto doméstico tratado em reator UASB.

3.15. Atividades de educação ambiental

As atividades de educação ambiental foram realizadas dentro do princípio da pesquisa participativa, no sentido de sensibilizar e mobilizar os gestores públicos, os

professores da escola do distrito, os alunos, suas famílias e os líderes locais para a viabilização do projeto e possibilitar a superação do preconceito relacionado ao reúso de produtos originados de esgotos.

Nesse contexto foi realizada uma capacitação para os professores da Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite, do Distrito de Mutuca, promovida por um projeto de extensão da UFRPE, com a participação de bolsistas dessa instituição. Referida capacitação constou ainda de uma visita técnica a estação de tratamento (ETE – MUTUCA).

Durante a capacitação surgiu a necessidade de realizar uma visita técnica à UFRPE e à ETE – Mangueira, na cidade do Recife, com o objetivo de se apresentar os trabalhos desenvolvidos na universidade e mostrar o funcionamento de uma estação de tratamento de esgoto, em uma realidade diferente do Distrito de Mutuca.

Foi realizada, também, uma visita técnica à unidade experimental, com os professores e os alunos do IFPE-PESQUEIRA.

A sensibilização dos gestores públicos ocorreu através de uma visita de autoridades (municipais e estaduais) à ETE – MUTUCA, em cuja oportunidade foi apresentado o projeto e os visitantes puderam conhecer a área experimental, para a qual se propõe uma nova tecnologia de tratamento de esgoto.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Introdução Geral

Neste capítulo são feitas as discussões referentes aos resultados obtidos com a implantação da área experimental. Inicialmente se apresentam os resultados obtidos com a água residuária, seguidos da análise de variância para as variáveis de crescimento e produção com suas interações entre as lâminas aplicadas (60, 80, 100 e 120%) e a presença ou ausência de adubação orgânica realizada. Na sequência, os resultados das análises de solo.

Finalizando o capítulo se discutem as considerações a respeito da sensibilização da comunidade com a implantação da nova tecnologia.

4.2. Balanço dos Componentes da Água Residuária

4.2.1. Aplicação de Análise de Componentes Principais – ACP

As figuras a seguir mostram os resultados das análises de componentes principais (ACP) a partir de todos os parâmetros físico-químicos das análises do esgoto bruto A1 (afluente), esgoto tratado A2, após sistema de filtragem para irrigação A3, saída no gotejador A4 e nos quatro drenos (A5, A6, A7 e A8).

Obtiveram-se dois gráficos da ACP com três componentes principais, totalizando 79% das amostras caracterizadas por esses componentes, conforme os parâmetros destacados na Tabela 4.1 representando 60% de variância explicada na primeira componente principal (CP1), 12% na segunda componente principal (CP2) e 7% na terceira componente principal (CP3).

Tabela 4.1 Peso das três primeiras componentes principais e percentagem de variância explicada.

	CP1(60%)	CP2(12%)	CP3(7%)
DQO	-7,05E-02	0,523	8,50E-02
DBO	-0,100	0,353	2,88E-02
SST	-0,185	0,409	-5,97E-02
SSV	-0,184	0,347	2,74E-02
SSF	-4,06E-02	0,204	-0,181
ST	0,264	0,101	1,56E-03
SV	0,255	0,147	-4,51E-02
SF	0,266	8,03E-02	2,14E-02
CE	0,262	6,95E-02	-1,16E-03
pH	9,36E-02	-0,228	0,516
SDT	0,265	9,10E-02	2,69E-04
SDV	0,256	0,127	-5,19E-02
SDF	0,266	7,48E-02	2,25E-02
Fósforo (P)	-6,43E-02	6,09E-02	-0,126
NTK	-0,163	0,291	0,312
Sulfatos	0,207	-4,28E-02	-8,58E-02
Alc.Total	5,39E-02	5,50E-02	0,729
Dureza Total	0,264	8,64E-02	9,82E-03
Dureza Ca	0,249	5,46E-02	-7,40E-02
Dureza Mg	0,262	0,103	3,61E-04
Cloretos	0,196	0,169	2,43E-02
Sódio	0,207	6,33E-02	-0,136
Potássio	0,261	3,45E-02	8,04E-02

Demanda Química de Oxigênio - DQO; Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO; Sólidos em Suspensão Totais - SST; Sólidos em Suspensão Voláteis - SSV; Sólidos em Suspensão Fixos - SSF; Sólidos Totais - ST; Sólidos Voláteis (orgânicos) - SV; Sólidos Fixos (inorgânicos) - SF; Condutividade Elétrica - CE; Sólidos Dissolvidos Totais - SDT; Sólidos Dissolvidos Voláteis - SDV; Sólidos Dissolvidos Fixos - SDF; Nitrogênio Total Kjeldahl - NTK; Alcalinidade Total - Alc.Total

As três componentes principais (CP1, CP2 e CP3, representadas pelos valores em negrito na Tabela 4.1), permitiram representar aproximadamente 79% da variância dos dados originais, podendo ser utilizadas para verificar semelhanças e diferenças dentro do conjunto amostral (Figuras 4.1 e 4.2).

Observou-se na Figura 4.1, ao longo do eixo CP1 (linha horizontal), uma separação nítida das amostras do efluente bruto e tratado no reator UASB (representada pelos símbolos cheios) que se situam ao lado esquerdo do gráfico e da água residuária tratada lixiviada nos drenos (representada pelos símbolos vazados), posicionadas no lado direito do mesmo nas quatro coletas realizadas. Esta componente está mais influenciada

diretamente pelas variáveis de cloretos, sódio, sulfatos, cálcio, potássio, condutividade, dureza total, sólidos voláteis, sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos, sólidos dissolvidos voláteis, sólidos fixos e sólidos totais. As amostras coletadas nos drenos foram as que apresentaram maior concentração desses parâmetros, devido ao contato com o solo (Tabela 3.4) da área, que é Sálco Sódico apresentando, normalmente, reação alcalina, com valores de pH superiores a 8,5, elevada concentração de cátions de sódio e alta presença de sais solúveis, em virtude da alta taxa de evaporação e da baixa precipitação pluviométrica da região. Ao longo do eixo CP2 (linha vertical), apresenta maior concentração de sólidos suspensos totais, fixos, voláteis, DBO e DQO nas amostras A1-C1, e A1-C3 em dias de coletas diferentes pelas respectivas amostras serem do esgoto bruto, exceto da A1-C4, por se tratar de uma amostra colhida após uma precipitação, a menor concentração desses parâmetros em virtude da diluição dos esgotos.

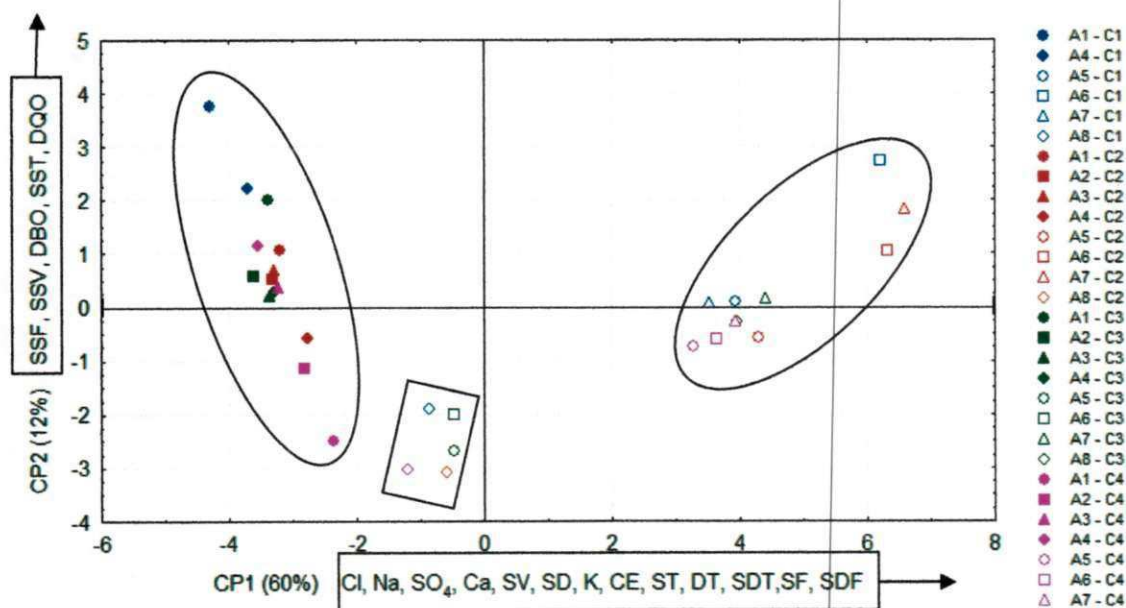


Figura 4.1 – Gráfico dos escores das variáveis da componente principal CP1 versus variáveis da componente principal CP2 das amostras de A1 a A8 nas 4 coletas da estação de Pesqueira

Observou-se na Figura 4.2 que, ao longo do eixo CP3 (linha vertical), as variáveis que mais influenciaram foram: NTK, Alcalinidade Total e pH. As amostras que obtiveram mais influência dessas variáveis foram nos esgotos brutos, uma vez que a presença dessas variáveis é característica dos esgotos não tratados.

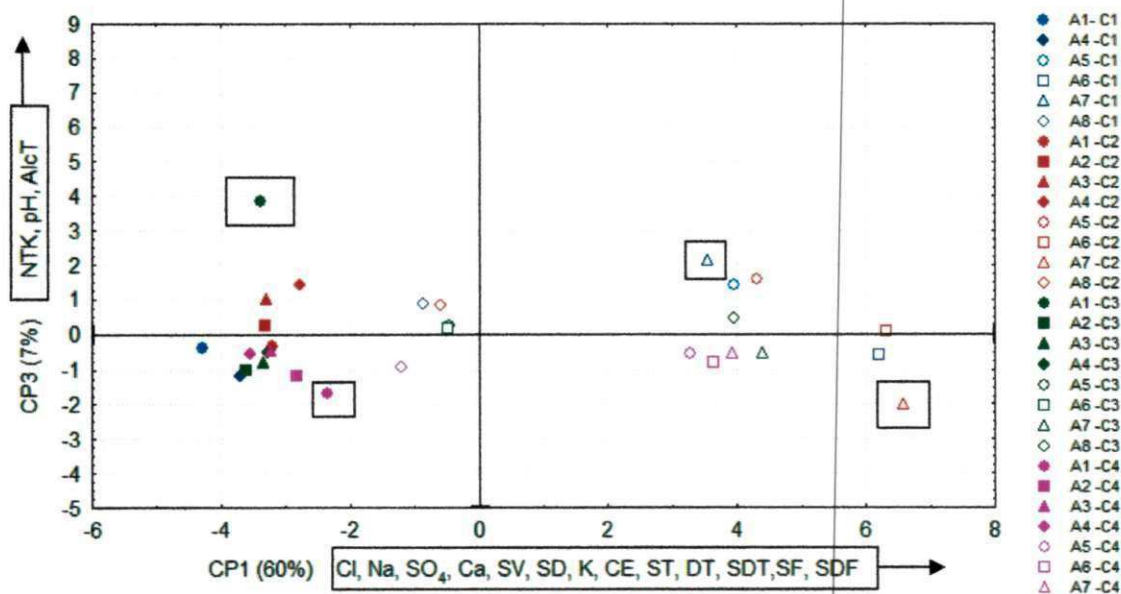


Figura 4.2 – Gráfico dos escores das variáveis da componente principal CP1 versus variáveis da componente principal CP3 das amostras de A1 a A8, nas 4 coletas da estação de Pesqueira

Os resultados obtidos demonstram a facilidade com que o sistema multivariado (ACP) permite extrair informações relevantes a partir de um volumoso conjunto de dados. A identificação de parâmetros redundantes, amostras anômalas e o causal das anomalias, são operações extremamente facilitadas quando a dimensionalidade do conjunto pode ser diminuída, sem perda de informação relevante, com discriminação das variáveis ou fatores físicos na separação entre as amostras coletadas no sistema de tratamento de efluente (reator e solo) em diferentes períodos de amostragem.

4.3. Variáveis de Crescimento

4.3.1. Área Foliar

Na Tabela 4.2 são apresentados os resultados da análise de variância para a área foliar do algodão cultivar BRS Safira, nas diferentes lâminas (60, 80, 100 e 120 % da necessidade hídrica) utilizadas e na presença e ausência de adubação. A área foliar só foi afetada significativamente a nível de 5% pelas lâminas aplicadas nos tratamentos utilizados aos 120 dias após a emergência (DAE). Referidos dados estão de acordo com os obtidos por OLIVEIRA *et al.*, (2008), que encontraram diferenças significativas ($p \leq 0,01$) para a área foliar na cultura do algodão cultivar BRS Verde, nos resultados da análise de

variância, quando trabalharam com dosagens de nitrogênio e níveis de água disponíveis abaixo de 60%. Por outro lado, ALVES *et al.* (2009a), trabalhando com lâminas de água residuária observaram o efeito significativo ($p \leq 0,01$) sobre a área foliar, a partir dos 65 DAE.

Tabela 4.2. Resumo das análises de variância referente à variável Área Foliar, da cultura do algodão BRS Safira

Fonte de variação		Área Foliar			
GL	Quadrado médio				
	30 DAE	60 DAE	90 DAE	120 DAE	
Lâmina	3	31073,486 ^{ns}	685982,296 ^{ns}	500028,260 ^{ns}	518282,450*
Adubação	1	5547,994 ^{ns}	217471,773 ^{ns}	5794,530 ^{ns}	50717,940 ^{ns}
Lâmina x Adubação	3	3701,530 ^{ns}	118287,003 ^{ns}	94142,018 ^{ns}	27255,694 ^{ns}
Blocos	3	11418,332 ^{ns}	18529,649 ^{ns}	319736,279 ^{ns}	493101,828*
Resíduo	21	7181,876	178084,055	240309,118	120959,868
CV %		11,45	16,93	19,25	23,50
Lâmina					
Reg, Pol, Linear		89477,883*	1993218,438*	1355320,295*	650783,059*
Reg, Pol, Quad		895,174 ^{ns}	17127,766 ^{ns}	103036,436 ^{ns}	649435,251*
Reg, Pol, Cúbica		2847,403 ^{ns}	47600,685 ^{ns}	41728,047 ^{ns}	254629,040 ^{ns}
Desvio		0,000	0,000	0,000	0,000
Resíduo		7181,876	178084,056	240309,118	120959,868
Tratamentos		(cm²)			
Com Adubação		726,845 a	2410,693 a	2560,036 a	1519,719 a
Sem Adubação		753,179 a	2575,568 a	2533,124 a	1440,096 a
DMS		62,309	310,277	360,432	255,716

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$); DAE - dias após a emergência (DAE)

No que diz respeito à resposta da área foliar na presença de adubação orgânica (80 kg de N ha⁻¹) ou sua ausência, não se observou significância estatística nos dados apresentados, conforme a Tabela 4.2. LACERDA & SILVA (2007), trabalharam na Fazenda Experimental do Vale do Curu, no município de Pentecoste, Ceará, estudando a aplicação de dose dupla (50 e 100 t ha⁻¹) de esterco bovino na cultura do algodão herbáceo, cultivar CNPA-7H, constataram que, praticamente, não apresentou diferença no desenvolvimento dos parâmetros biométricos do algodão.

FERREIRA et al. (2005) observaram, trabalhando com aplicação de doses de nitrogênio com duas águas (residuária e de abastecimento), somente para os tratamentos que receberam as doses de 60 kg de N ha⁻¹ e de 90 kg de N ha⁻¹, que a irrigação com água residuária promoveu maior área foliar por planta em relação à água de abastecimento, apenas a partir dos 40 DAE; já nos tratamentos que recebem as doses de 120 e 180 kg de N ha⁻¹ ocorreu diminuição no efeito da água residuária quanto à água de abastecimento. Este fato pode ser atribuído ao excesso de nitrogênio disponível no solo, que provoca desequilíbrio dos outros nutrientes envolvidos no processo de absorção.

Na Figura 4.3 está representada a curva de regressão polinomial linear para a variável área foliar, em função das lâminas aplicadas aos 120 dias após a emergência (DAE), da cultura do algodão.

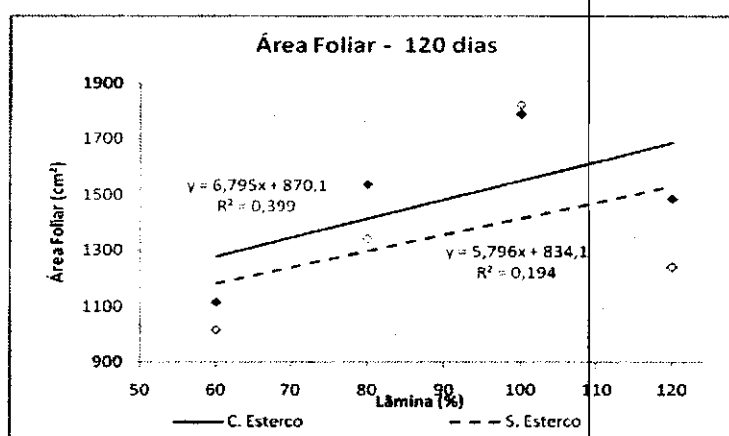


Figura 4.3. - Área Foliar (cm²) em função das lâminas aplicadas, aos 120 DAE, para cultura do algodão BRS Safira

Observa-se, na Figura 4.3, que a adubação orgânica influenciou aumentando a área foliar com a presença do esterco, para todas as lâminas de irrigação aplicadas, mesmo não indicando diferença significativa na análise da variância (Tabela 4.2). Em relação à lâmina de irrigação utilizada, observou-se acréscimo linear, de acordo com o aumento da lâmina aplicada, sinalizando diferença significativa pela análise da variância a partir dos 120 DAE a nível de 5%. Tal comportamento não foi observado aos 30, 60 e 90 dias após a emergência da cultura do algodão (Tabela 4.2).

O incremento linear na área foliar, da ordem de 500 cm² com o aumento da lâmina de 60% para a de 120%, demonstra significância a nível de 5% para a variável lâmina, apresentada na análise de variância, tanto para presença como para ausência de adubação, mesmo esta não apresentando diferença significativa.

4.3.2. Altura de Planta

Na Tabela 4.3 se acham os resultados da análise de variância para altura de planta nas diferentes lâminas utilizadas e na presença e ausência de adubação. Observa-se para esta variável, que houve diferença significativa em relação às lâminas aplicadas a partir da segunda biometria, ou seja, aos 60 DAE, a nível de 1%.

Tabela 4.3. Resumo das análises de variância referente à variável Altura de Planta, da cultura do algodão BRS Safira

Fonte de variação		Altura de Planta			
GL		Quadrado médio			
		30 DAE	60 DAE	90 DAE	120 DAE
Lâmina	3	7,886 ^{ns}	68,349 ^{**}	149,888 ^{**}	239,075 ^{**}
Adubação	1	3,289 ^{ns}	10,125 ^{ns}	2,000 ^{ns}	5,080 ^{ns}
Lâmina x Adubação	3	1,497 ^{ns}	2,109 ^{ns}	7,567 ^{ns}	0,544 ^{ns}
Blocos	3	0,714 ^{ns}	67,865 ^{**}	26,888 ^{ns}	96,184 [*]
Resíduo	21	3,049	14,025	16,649	25,158
CV %		6,23	5,62	5,880	6,79
Lâmina					
Reg, Pol, Linear		12,780 [*]	201,376 ^{**}	432,306 ^{**}	665,244 ^{**}
Reg, Pol, Quad		8,487 ^{ns}	1,531 ^{ns}	13,133 ^{ns}	51,893 ^{ns}
Reg, Pol, Cúbica		2,391 ^{ns}	2,139 ^{ns}	4,225 ^{ns}	0,087 ^{ns}
Desvio		0,00	0,00	0,000	0,00
Resíduo		3,049	14,025	16,649	25,158
Tratamentos		cm			
Com Adubação		27,688 a	67,250 a	69,672 a	74,313 a
Sem Adubação		28,330 a	66,125 a	69,172 a	73,515 a
DMS		1,284	2,753	3,000	3,687

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$); DAE - dias após a emergência (DAE)

ALVES *et. al.* (2009c) encontraram, nas análises de variância da altura do algodoeiro, efeito significativo das lâminas de água residuária sobre todas as alturas, em diferentes fases do ciclo da planta do algodoeiro.

A Figura 4.4 apresenta as curvas de regressão polinomial linear para a variável altura de planta, em função das lâminas aplicadas, considerando as diferentes fases de crescimento, 60 DAE (A), 90 DAE (B) e 120 DAE (C). Percebe-se que a presença de esterco bovino provocou redução nos valores de altura da planta, quando comparado a sua presença, embora este efeito não tenha significância na análise de variância.

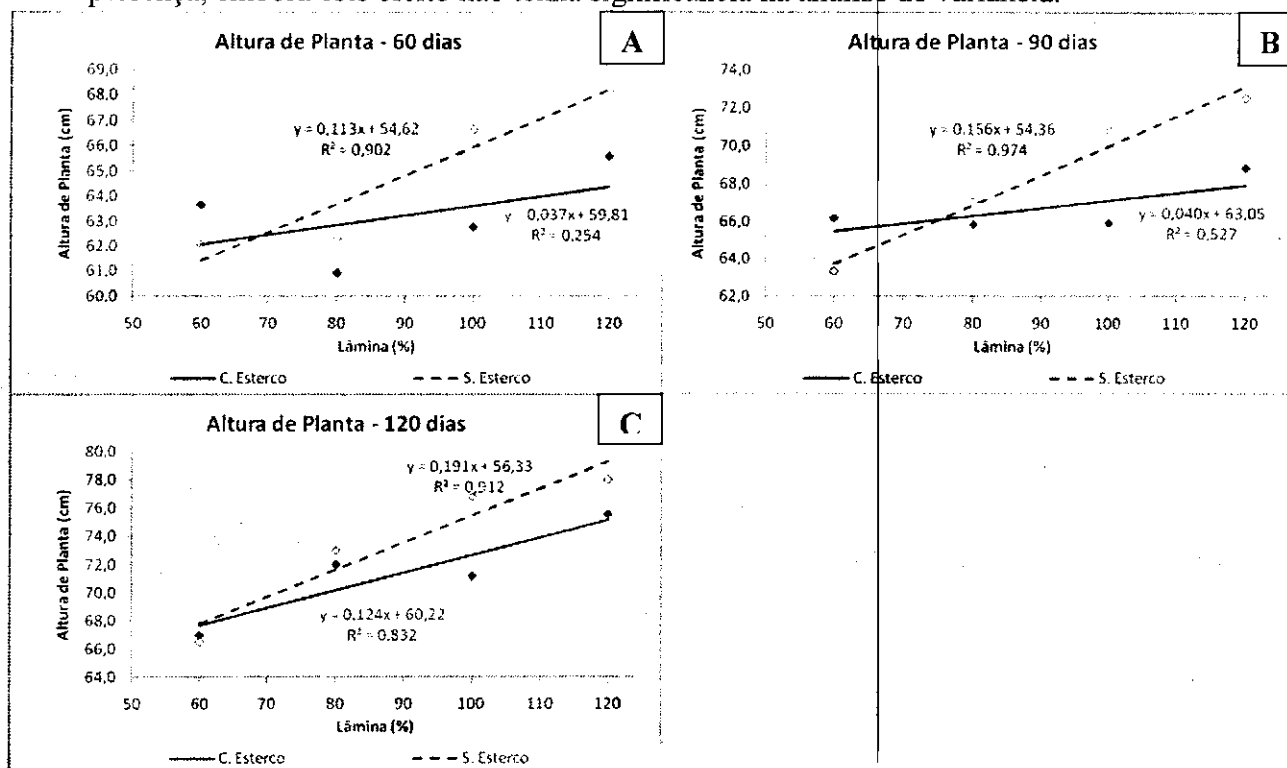


Figura 4.4 – Altura de Planta (cm) em função da lâmina aplicada aos 60 DAE (A), 90 DAE (B) e aos 120 DAE (C), para a cultura do algodão BRS Safira

Nota-se que a altura média das plantas aos 60 DAE (Figura 4.4. A) se situa em torno de 67 cm, valor inferior aos encontrados por ALVES *et. al.* (2009c), quando estudaram algodão de fibra marrom, cultivar BRS 200, em quatro lâminas de irrigação, 781, 643, 505 e 367 mm, com água residuária, ausência e presença de nitrogênio e fósforo e encontraram valores de 79 a 95cm entre a menor e a maior lâmina aplicada aos 65 DAE.

Aos 120 DAE (Figura 4.4. C), a altura de planta atingiu valores em torno de 78 cm, valores esses abaixo dos citados pela EMBRAPA (2004), para a mesma variedade pesquisada BRS Safira, que atingiu 130 cm. ALVES *et. al.* (2009c), também encontraram valores superiores (120 a 150 cm), trabalhando com o algodoeiro, cultivar BRS 200, de fibra marrom, fato que se verifica possivelmente por fatores desfavoráveis, como o solo (Planossolo Sálco Sódico) da área em estudo, que tem camada de impedimento a partir dos 35 cm de profundidade, impedindo o desenvolvimento do sistema radicular.

4.3.3. Diâmetro Caulinar

Na Tabela 4.4 são apresentados os resultados da análise de variância para o diâmetro caulinar nas diferentes lâminas utilizadas e na presença e ausência de adubação.

Tabela 4.4. Resumo das análises de variância referente à variável diâmetro caulinar até 120 DAE, para a cultivar BRS Safira

Fonte de variação		Diâmetro Caulinar			
GL	Quadrado médio				
	30 DAE	60 DAE	90 DAE	120 DAE	
Lâmina	3	0,008**	0,039**	0,030**	0,032*
Adubação	1	0,005 ^{ns}	0,003 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Lâmina x Adubação	3	0,001 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,002 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Blocos	3	0,002 ^{ns}	0,015 ^{ns}	0,006*	0,030*
Resíduo	21	0,002	0,007	0,002	0,010
CV %		6,44	7,48	4,08	8,13
Lâmina					
Reg. Pol, Linear		0,021**	0,113**	0,089**	0,084**
Reg. Pol, Quad		0,003 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,001 ^{ns}	0,000 ^{ns}
Reg. Pol, Cúbica		0,000 ^{ns}	0,005 ^{ns}	0,000 ^{ns}	0,014 ^{ns}
Desvio		0,000	0,000	0,000	0,000
Resíduo		0,002	0,007	0,002	0,010
Tratamentos		(cm)			
Com Adubação		0,606 a	1,109 a	1,081 a	1,185 a
Sem Adubação		0,631 a	1,090 a	1,097 a	1,176 a
DMS		0,029	0,060	0,033	0,070

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si ($p < 0,05$); DAE - dias após a emergência (DAE)

A variável diâmetro caulinar teve o tamanho influenciado pelas lâminas aplicadas em todas as fases do desenvolvimento da cultura do algodão, a nível de 1%. SIQUEIRA *et al.*, 2005, também encontraram significância a nível de 1%, para a mesma variável, quando trabalharam com níveis de salinidade na água de irrigação.

Na Figura 4.5 se tem as curvas de regressão polinomial linear para a variável diâmetro caulinar, em função das lâminas aplicadas nas diversas fases de crescimento, 60 DAE (A), 90 DAE (B) e 120 DAE (C).

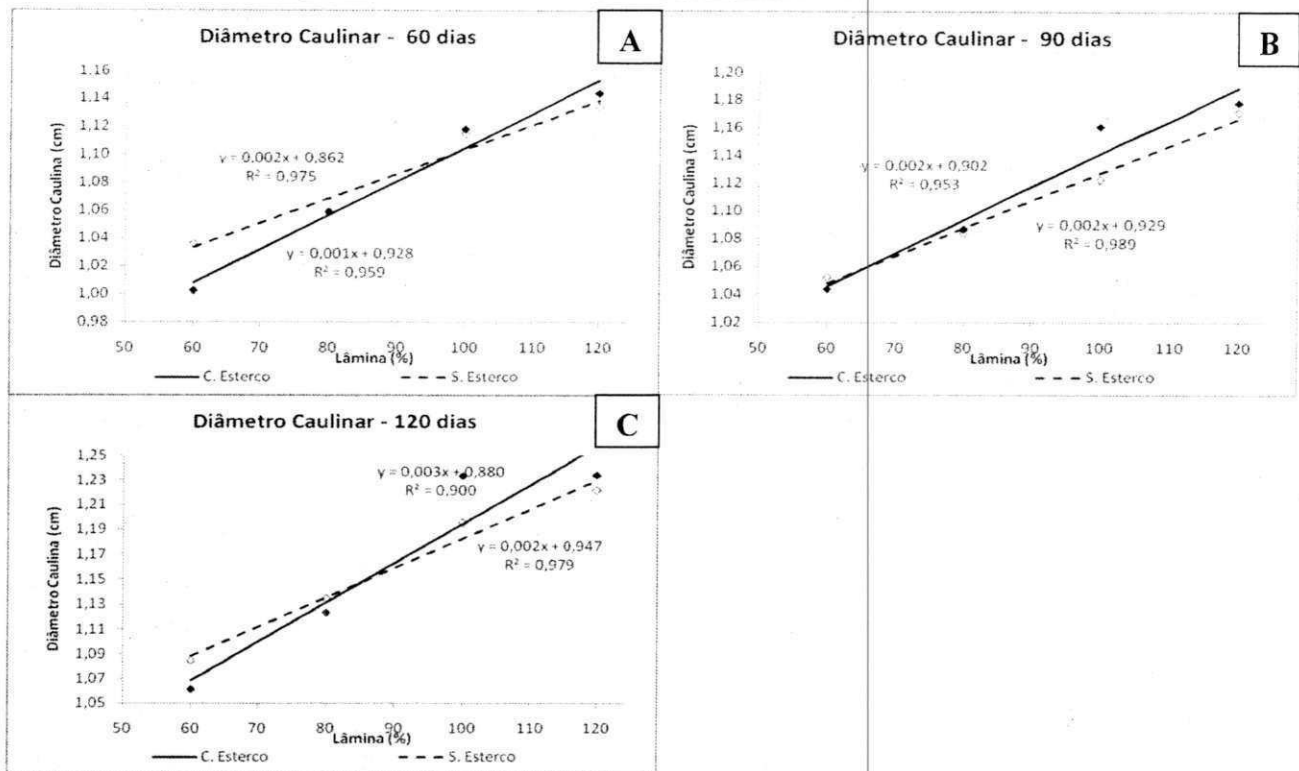


Figura 4.5 – Diâmetro Caulinar (cm) em função da lâmina aplicada aos 60 DAE (A), 90 DAE (B) e aos 120 DAE (C), para a cultura do algodão BRS Safira

Na Figura 4.5 (A, B e C), percebe-se efeito linear do crescimento do diâmetro caulinar com o aumento da lâmina de irrigação, em todas as fases do desenvolvimento da cultura do algodão. O diâmetro caulinar atingiu valores em torno de 1,2 cm aos 120 DAE (Figura 4.5. C). Valores semelhantes foram encontrados por ROSOLEM & FERRELLI (2000), estudando doses de manganês em três cultivares (C-401, ITM e IAC 22) que atingiram valores de 1,09 cm em média. SIQUEIRA *et al.* (2005), observaram valores próximos a 0,8 cm, estabilizados aos 60 DAE, ao trabalharem com níveis de salinidade na água de irrigação.

4.4. Variáveis de Produção

4.4.1 Número de Capulhos

Na Tabela 4.5 são apresentados os resultados da análise de variância para o número de capulhos, nas diferentes lâminas utilizadas e na presença e ausência de adubação.

Observa-se, na Tabela 4.5, que o número de capulhos aos 120 DAE exerceu efeito significativo a nível de 1% na análise de variância, para as lâminas aplicadas.

Tabela 4.5. Resumo das análises de variância referente à variável número de capulhos aos 120 DAE, para a cultivar BRS Safira

Fonte de variação	Número de Capulhos (unidade)				
	Lâmina	Adubação	Lâmina x Adubação	Blocos	Resíduo
GL	3	1	3	3	21
Quadrado médio	5,067**	2,531 ^{ns}	0,703 ^{ns}	1,359*	0,712
CV	7,59				
Lâmina		Reg, Pol, Linear 14,102**	Reg, Pol, Quad 0,945 ^{ns}	Reg, Pol, Cúbica 0,156 ^{ns}	Desvio Resíduo 0,000 0,712
Tratamentos	Com Adubação(unidade)		Sem Adubação(unidade)		
	11,406 a		10,844 a		
DMS	0,620				

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05); DAE - dias após a emergência (DAE)

Na Figura 4.8 se tem a curva de regressão polinomial linear para a variável número de capulhos, em função das lâminas aplicadas aos 120 DAE.

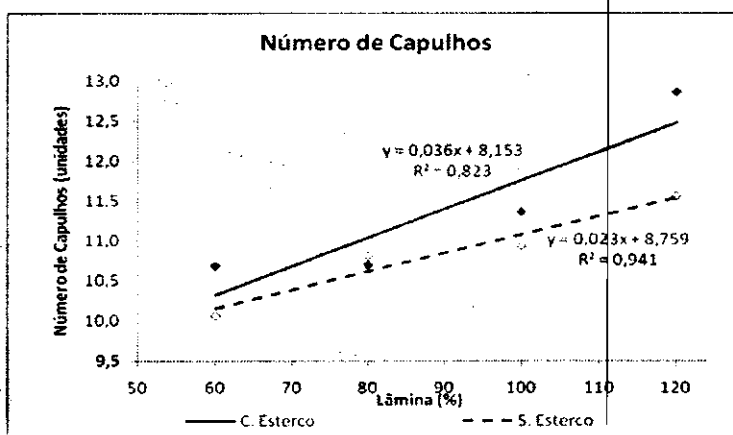


Figura 4.6 – Número de capulhos em função da lâmina de irrigação

Observa-se, na Figura 4.6, que o número de capulhos apresentou crescimento linear de acordo com o aumento da lâmina de irrigação, passando de 10 capulhos na lâmina com 60% da evapotranspiração para 13 capulhos na lâmina com 120%.

4.4.2. Produtividade

Na Tabela 4.6 se acham os resultados da análise de variância para a variável produtividade, nas diferentes lâminas utilizadas e na presença e ausência de adubação. Verifica-se que esta variável foi sensível ao efeito das lâminas de irrigação, apresentando significância em nível de 5%.

Tabela 4.6. Resumo das análises de variância referente à variável produtividade, aos 120 DAE, para a cultivar BRS Safira

Fonte de variação	Produtividade (kg ha ⁻¹)					
	Lâmina	Adubação	Lâmina x Adubação	Blocos	Resíduo	
GL	3	1	3	3	21	
Quadrado médio	381619,737*	437,414 ^{ns}	38593,443 ^{ns}	846791,040**	114039,517	
CV	13,48					
Lâmina		Reg, Pol, Linear	Reg, Pol, Quad	Reg, Pol, Cúbica	Desvio	Resíduo
		560106,772*	442032,680	142719,459 ^{ns}	0,000	114039,517
Tratamentos	Com Adubação(kg ha ⁻¹)			Sem Adubação(kg ha ⁻¹)		
	2502,260 a			2509,654 a		
DMS	248,293					

GL - grau de liberdade; CV - coeficiente de variação; DMS - diferença mínima significativa; Significativo a 0,05 (*) e a 0,01(**) de probabilidade; (ns) não significativo; médias seguidas de mesma letra na vertical não diferem entre si (p < 0,05); DAE - dias após a emergência (DAE)

A curva apresentada na Figura 4.7, representa a produtividade em função das variáveis estudadas.

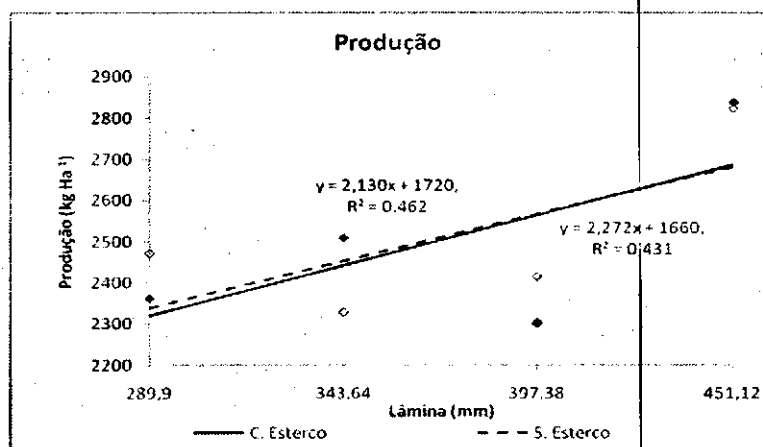


Figura 4.7 – Produtividade (kg ha⁻¹) do algodão BRS Safira, em função da lâmina e irrigação

A Figura 4.7 permite observar que a produção variou de aproximadamente 2300 a 2700 kg ha⁻¹ para as lâminas de 60 e 120%, respectivamente, da evapotranspiração da cultura, evento que correspondeu a um incremento de 400 kg ha⁻¹. FERREIRA, (2005) encontrou valores de produtividade para o algodão herbáceo irrigado com água residuária, em torno de 3000 kg ha⁻¹.

Verifica-se que o valor de produção encontrado para a menor lâmina aplicada ainda foi superior aos valores médios de 1220 e 1915 kg ha⁻¹ registrados, em dados da EMBRAPA (2004), em condições de sequeiro, para esta cultivar, valores superiores aos encontrados no primeiro plantio (produção de sequeiro), em que se registrou uma produção em torno de 920 kg Ha⁻¹, Figura 4.8.

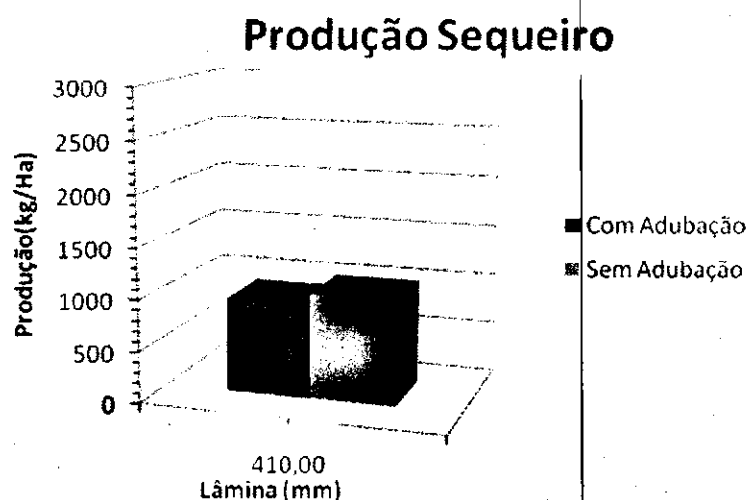


Figura 4.8. Produção da cultura do algodão BRS Safira cultivado sob regime de sequeiro

OLIVEIRA *et. al.* (2008), mostram que houve efeito significativo ($p \leq 0,01$) nos resultados da análise de variância nos tratamentos sobre as variáveis analisadas. O número de capulhos por planta (NC), diâmetro de caule (DC), altura de plantas (AP) e área foliar (AF) do algodão colorido, BRS Verde, foram afetados pelos tratamentos de nitrogênio e pelo teor da umidade disponível no solo.

4.5. Solo

Quando se analisaram as características químicas do solo nas Tabelas 3.4 e 4.7, observou-se uma pequena alteração do pH da análise feita antes do plantio (pH 8,60) para a posterior ao plantio (pH 8,30), esses altos valores de pH é uma característica dos

planossolos, porém esta leve redução do pH explica-se pela lixiviação dos íons que a análise das águas de drenagem demonstra (Tabelas 3.1 e 3.2). GUARÇONI & MENDONÇA, 2003, comentam que a matéria orgânica adicionada pode formar complexos com o Al^{3+} , diminuindo a acidez trocável. Além disso, a liberação de formas iônicas de Ca e Mg da matéria orgânica pode aumentar a força iônica da solução do solo, diminuindo a atividade de H^+ em solução e, conseqüentemente, elevando o pH.

Observa-se, na Tabela 4.7, um incremento no teor de fósforo (P) depois que se utilizaram os efluentes do reator UASB, o que se verifica, sem dúvida, pelos altos valores desse nutriente existente nas águas residuárias (Tabela 3.1) e pelo menor valor drenado (Tabela 3.2) havendo um acúmulo de P no solo. A aplicação de fósforo em dose elevada (800 kg ha^{-1} de P) proporcionou o aumento do pH do solo; este fato pode ser explicado pelas reações de oxirredução que ocorreram no período de incubação e pela adsorção específica de fósforo no solo que libera, para a solução do solo, grupamentos OH^- , aumentando o pH (GUARÇONI & MENDONÇA, 2003).

Tabela 4.7. Características químicas do solo da área experimental, após o plantio

Amostra	pH	P	Na	K	Ca + Mg	Ca	Al	H + Al	C.O	M.O.
0 20(cm)	água - (1:2,5)	(mg/dm^3)			(cmolc/dm^3)				(g/kg)	
Mutuca	8,30	340	0,43	0,48	5,6	3,95	0,0	2,28	10,02	17,27

No que se refere ao sódio (Na), percebe-se redução nos valores de $0,93 \text{ cmol}_{c+} \text{ kg}^{-1}$ de Na, antes do plantio, para $0,43 \text{ cmolc dm}^{-3}$ após o plantio, mesmo se utilizando água residuária na irrigação com valores que chegam a $169,1 \text{ mg de Na L}^{-1}$, este fato ocorreu devido à lixiviação dos sais através do sistema de drenagem, uma vez que se identificaram valores deste elemento na água de drenagem, de até $2520,0 \text{ mg de Na L}^{-1}$, eliminando prováveis problemas que o acúmulo desse íon causaria ao solo e a cultura. Efeito contrário pode ser verificado no potássio (K), aumentando do valor de $0,28 \text{ cmol}_{c+} \text{ kg}^{-1}$ antes do plantio para $0,48 \text{ cmolc dm}^{-3}$ nas análises feitas após o plantio. Observam-se ainda efeitos semelhantes quando se trata de cálcio + magnésio (Ca + Mg) com teores que variam de $2,8 \text{ cmol}_{c+} \text{ kg}^{-1}$ para $5,6 \text{ cmolc dm}^{-3}$, antes e depois do plantio, respectivamente.

Com relação à matéria orgânica (MO) e ao carbono orgânico (CO), há decréscimo desses dois parâmetros, da ordem de $13,12 \text{ g kg}^{-1}$ de CO e $22,62 \text{ g kg}^{-1}$ de MO para $10,02 \text{ g kg}^{-1}$ de CO e $17,27 \text{ g kg}^{-1}$ de MO antes e depois do plantio, respectivamente, isto está relacionado à mineralização da matéria orgânica no solo.

4.6. Educação Ambiental – Estratégia de Sensibilização

A utilização de um espaço dentro do distrito de Mutuca para instalação da Unidade Piloto de Tratamento e Reúso Produtivo, exigiu amplo processo de sensibilização da comunidade, para o qual foram delineadas estratégias visando promover a superação da rejeição da comunidade à implantação do sistema de tratamento de esgotos domésticos, as quais foram apresentadas em duas categorias: mobilização institucional e mobilização social.

A mobilização institucional partiu da necessidade de mitigação dos impactos ambientais gerados pelos esgotos domésticos nos mananciais que abastecem a população e das nascentes do Rio Ipojuca, através de reuniões prévias realizadas com a Secretária de Recursos Hídricos de Pernambuco (SRH) e com a Prefeitura Municipal de Pesqueira. Essas mobilizações estimularam os gestores municipais e estaduais a participarem de uma visita a unidade experimental, onde foi apresentado o projeto (Figura 4.9)



Figura 4.9. Visita dos gestores públicos a ETE – Mutuca e a feira de ciências

Observou-se que os gestores municipais, ao compreenderem a importância do desenvolvimento de alternativas tecnológicas para o tratamento de esgotos e sua destinação final, reconhecendo as implicações adversas à saúde e ao meio ambiente, se mostraram sensíveis à implantação do projeto, disponibilizando a área e designando pessoas, funcionários e secretários, para sua realização. A participação institucional é essencial para disseminação, empoderamento e aplicação em escala real das tecnologias referentes ao tratamento e reúso de esgotos domésticos.

A contribuição da tecnologia do ponto de vista da Educação Ambiental, colabora para reconhecer que no processo de construção do conhecimento ocorram múltiplas interações influenciadas por ordem econômica e social e que requerem a participação de

todos os setores da sociedade (LACERDA, 2007), inclusive a participação institucional, haja vista que a questão central constitui incorporar a preocupação com a qualidade ambiental (GUIMARÃES, 2000) e com a sustentabilidade (GADOTTI, 2007; SAUVÉ, 2005).

Educação ambiental na sua perspectiva crítica e emancipatória (ARAÚJO e OLIVEIRA, 2008; SORRENTINO *et al.*, 2005; ZAKRZEWSKI, 2004), pode representar a possibilidade de abertura de espaços estimulantes para implementar alternativas tecnológicas sustentáveis e possibilidades de participação social (JACOBI, 2005).

A mobilização social partiu do princípio de que a implantação do projeto requeria a informação e correspondente participação da população diretamente afetada, como exercício de cidadania. Além dessa condição cidadã, algumas características e requisitos desse projeto levaram à questão do envolvimento comunitário a níveis de exigência verdadeiramente pragmáticos, ou seja, não apenas como direito de todos e de cada um, mas também como requisito da salubridade ambiental; é alicerçada nessa idéia, que a comunidade deve ter, também, responsabilidade no destino e reúso dos esgotos gerados. Desta forma, a participação da comunidade nas atividades desse projeto foi considerada como uma das mais importantes de suas etapas, pois é a que poderia trazer retorno, tanto do ponto de vista social como do econômico.

Foi necessário traçar algumas metas para que fosse possível envolver as pessoas da comunidade. Decidiu-se, então, utilizar como agentes multiplicadores de informação, educadores da escola do distrito, Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite e os próprios alunos. Fez-se uma capacitação (Figura 4.10) para os professores da escola, ministrada por estudantes de graduação da UFRPE como parte de um projeto de extensão da própria instituição.



Figura 4.10. Capacitação para professores da Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite

Para formação dos agentes multiplicadores das novas tecnologias além da capacitação através das quais difundiram as atuações da universidade no distrito, foram realizadas visitas técnicas: à unidade experimental (ETE – Mutuca), à própria universidade (UFRPE) e a uma estação de tratamento de esgotos (ETE – Mangueira) da cidade do Recife.

As visitas técnicas à ETE – Mutuca, foram organizadas em dois momentos, uma com os professores da escola do distrito, e outro com os professores e alunos do IFPE-Pesqueira, ocasião em que se pôde ver, in loco, o processo de tratamento e reúso dos esgotos coletados do distrito, Figura 4.11.



Figura 4.11. Visita técnica dos professores do distrito e dos professores e alunos do IFPE a ETE - Mutuca

Na visita realizada à UFRPE pelos professores do distrito, foram apresentados trabalhos de pesquisa desenvolvidos pela instituição (Figura 4.12), além de experimentos de reciclagem da universidade, expostos parque de exposição da cidade do Recife.



Figura 4.12. Visita dos professores do distrito à UFRPE

Os professores da Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite puderam observar, em maior escala, todo o processo que envolve a geração, coleta, tratamento e destinação de esgotos domésticos, quando visitaram a ETE – Mangueira (Figura 4.13).



Figura 4.13. Visita dos professores do distrito à ETE – Mangueira no Recife

Como reflexo deste trabalho, a Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite, envolvida no processo, mobilizou os alunos a desenvolverem uma feira de ciências (Figura 4.14) percebendo-se, de início, o retorno das informações repassadas nas capacitações, como também e fundamentalmente, o envolvimento dos estudantes com a temática ambiental.



Figura 4.14. Maquete da ETE – Mutuca e rio despoluído, trabalhos para a feira de ciências

A feira de ciências realizada na escola, permitiu o contato direto com a comunidade despertando em todos os setores interesse pelos impactos ambientais decorrentes do destino inadequado e com a possibilidade de desenvolvimento de novas tecnologias que permitam destinar melhor esses resíduos; outro aspecto fundamental foi a motivação ao diálogo entre os diversos setores da sociedade, fato muito importante para a aceitabilidade das idéias propostas.

O processo de sensibilização realizado a partir da aplicação das estratégias: mobilização institucional e social, possibilitou a realização de capacitações, visitas técnicas, aulas de campo e atividades didáticas (feira de ciências); proporcionou mudanças na percepção, em relação ao reúso de esgotos domésticos; despertou diferentes setores da sociedade para os impactos decorrentes da falta de gerenciamento dos esgotos domésticos e, por fim, motivou o diálogo entre os gestores públicos e a sociedade civil organizada.

Compreende-se que a sustentabilidade de determinada tecnologia depende do amplo processo de Educação Ambiental e este deve atingir vários setores da sociedade local, de modo a fomentar a articulação entre gestores municipais e sociedade civil organizada e a corresponsabilidade. De acordo com JACOBI (2005), a postura de dependência e de não responsabilidade da população decorre, comumente, da falta de informação que induz à inconsciência ambiental. No entanto, o simples repasse de informação não é suficiente para sensibilizar e motivar mudanças junto à população interveniente. É necessário motivar a construção de conhecimento a partir da realidade da população, de forma emancipatória, provando o processo de sensibilização e de transformação.

A sustentabilidade da tecnologia de tratamento e reúso de esgotos domésticos depende de dez eixos norteadores: aceitabilidade e comprometimento dos gestores públicos municipais e estaduais (mobilização institucional) e dos segmentos sociais locais (mobilização social); baixo custo de instalação, operação e manutenção; facilidade e simplicidade de manejo; eficiência no alcance dos objetivos do tratamento de esgotos; eliminação de odores e higienização; atendimento à legislação ambiental; redução dos impactos ambientais e sociais durante as etapas de desenvolvimento e de implementação da tecnologia; favorecimento do destino ambiental correto dos efluentes; melhoria da qualidade de vida da população local; manutenção e avaliação periódica do sistema e educação ambiental.

5.0 CONCLUSÕES

As variáveis cloretos, sódio, sulfatos, cálcio, potássio, condutividade, dureza total, sólidos voláteis, sólidos dissolvidos totais, sólidos dissolvidos fixos, sólidos dissolvidos voláteis, sólidos fixos e sólidos totais, foram as que mais influenciaram (60 %) a componente principal (CP1) da qualidade da água.

As variáveis da componente CP1 foram mais presentes na água de drenagem indicando elevada lixiviação de sais presentes no solo.

As variáveis de crescimento foram mais sensíveis à necessidade hídrica do que a presença ou ausência de adubação com esterco bovino.

Os maiores valores de produção da cultura foram alcançados para a maior lâmina de irrigação aplicada.

Os teores de carbono e matéria orgânica no solo, ao final do experimento, foram elevados pela aplicação de água residuária.

O trabalho contribuiu para disseminação e empoderamento das tecnologias referentes aos tratamentos e reúso de efluentes domésticos.

6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA, AWWA and WEF. *Standard Methods for the examination of water & wastewater*. M.A.N. Franson (ed.), Port City Press, Baltimore (MA), 2005.

ALENCAR, A.F. **O pensamento de Paulo Freire sobre a tecnologia: traçando novas perspectivas**. V Colóquio Internacional de Paulo Freire. Recife, 19 a 22 de setembro de 2005.

ALLEN, G.R.; PEREIRA, L.S.; RAES, D.; SMITH, M. *Evapotranspiracion Del Cultivo – Guias para determinación de los requerimientos de agua de los cultivos – Estudio FAO Riego y Drenaje – 56*, Roma, 2006.

ALVES, W.W.A.; AZEVEDO, C.A.V.de; DANTAS NETO, J.; LIMA, V.L.A. Área foliar do algodoeiro irrigado com água residuária adubada com nitrogênio e fósforo. **Revista Verde**. v.4, n.1, p. 16-23. Mossoró – RN. Janeiro/março, 2009a.

ALVES, W.W.A.; AZEVEDO, C.A.V.de; DANTAS NETO, J.; SOUSA, J.T.de.; LIMA, V.L.A. Águas residuária e nitrogênio: efeito na cultura do algodão marrom. **Revista Verde**. v.4, n.1, p. 16-23. Mossoró – RN. Janeiro/março, 2009b.

ALVES, W.W.A.; AZEVEDO, C.A.V.de; DANTAS NETO, J.; LIMA, V.L.A. de; SOUZA, J.S.da C. Altura da planta do algodoeiro de fibra marrom irrigado com água residuária doméstica tratada. **Revista Verde**. v.4, n.1, p. 28 - 32 janeiro/março de Mossoró – RN. <http://revista.gvaa.com.br>. 2009c.

ARAÚJO, A. L. de. **Desempenho de colunas experimentais de solo irrigadas com água superficial poluída e cultivadas com alface (*Lactuca sativa*, L.)**. 1999. 130f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande, 1999.

ARAÚJO, M.L.F.; OLIVEIRA, M.M. Formação de professores de Biologia em Educação Ambiental; contribuições, deficiências e estratégias. **Revista Eletrônica do Mestrado em Educação Ambiental**. V.20, p.256 a 272, jan-jun de 2008.

AYERS, R. S.; WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução de GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. V. Campina Grande:UFPB, 153p. (Estudos FAO – Irrigação e Drenagem, 29). 1999.

BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. S.; PEREIRA, J. R.; SANTANA, J. C. F.; DIAS, J. M.; JOSÉ SANTOS, W.; SANTOS, T. S. Efeito do déficit hídrico no solo sobre o rendimento e a fibra do algodoeiro herbáceo, cultivar BRS 201. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande, v.7, n.2/3, p.727-734, 2003.

BELTRÃO, N. E. M.; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L. B. **Recomendações técnicas e considerações gerais sobre o uso de herbicidas, desfolhantes e reguladores de crescimento na cultura do algodão.** Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 32p. (EMBRAPA – CNPA, Documentos, 48). 1997.

OK

1

BENINCASA, M.M.P. **Análise de crescimento de plantas** (noções básicas). Jaboticabal: Funep, 2003.

BRAGA, B.; HESPANHOL, I., CONEJO, J. G. L.; BARROS, M. T. L.; SPENCER, M.; NUCCI, N.; EIGER, S. **Introdução à engenharia ambiental.** São Paulo: Prentice Hall, 72-122p. 2002.

BREGA FILHO, D.; MANCUSO, P. C. S. Conceito de reúso de água. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (eds.). **Reúso de água.** Barueri, SP: Manole, cap. 2. p.21-36. 2003.

BRITO, L. P. de; TINOCO, J. D. Reutilização de águas residuárias tratadas em limpeza viária na cidade de Natal – RN. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL. **Anais...**Porto Alegre, 2000.

BULLUCK, L. R.; BOSIUS, M. G.; EVANYLO, K.; RISTAINO, J. B. Organic and synthetic fertility amendments influence soil microbial, physical and chemical properties on organic and conventional farms. **Applied Soil Ecology**, Amsterdam, v.19, n.2, p.147-160, 2002.

CAMPOS, P. C. Meio ambiente; a sustentabilidade passa pela educação (em todos os níveis, inclusive pela mídia). **Revista em Questão.** Porto Alegre-RS, v.12, n.2, p. 387-419, jun/dez, 2006.

CARVALHO, M. C. S.; FERREIRA, G. B.; STAUT, L. A. Nutrição, calagem e adubação do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil.** ed. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – ABRAPA, p.581-647, 2007.

CHERNICHARO, C. A. de L. **Reatores Anaeróbios.** Belo Horizonte: Departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental – UFMG. 245p. 1997.

CISAGRO – COMPANHIA INTEGRADA DE SERVIÇOS AGROPECUÁRIOS. Projeto de irrigação da Fazenda Nossa Senhora do Rosário. Pesqueira. 120p. 1990.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Acompanhamento da Safra Brasileira: Grãos: Safra 2009/2010: Quarto Levantamento.** Brasília: CONAB, 2010. 45p.

Disponível

em:

< http://www.conab.gov.br/conabweb/download/safra/04_levantamento_jan2010.pdf >.

Acesso em: 15 jan. 2010.

CROZIER, C. R. Fertilization. In: **2008 Cotton Information**. North Carolina: North Carolina State University, 2008. Disponível em: <http://ipm.ncsu.edu/Production_Guides/Cotton/contents.pdf>. Acesso em: 10 nov. 2008.

DRINKWATER, L. E.; LETOURNEAU, D. K.; WORKNEH, F.; VAN BRUGGEN, A. H. C.; SHENNAN, C. Fundamental differences between conventional and organic tomato agroecosystems in California. **Ecological Applications**, Washington, v.5, p.1098-1112, 1995.

DUARTE, A. de S. **Desenvolvimento do pimentão irrigado com água residuária tratada**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande. 108f. 2002.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. **Catálogo BRS Safira**. 1 ed. Campina Grande EMBRAPA – CNPA, 2004.

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Brasília: Embrapa Produção de Informação; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 412p, 1999.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa dos Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2 ed. Rio de Janeiro, EMBRAPA – CNPS, 212p. 1997.

FERREIRA, A.C.; ANDREOLI, C.V & LARA, A.I. *Riscos associados ao uso do lodo de esgoto*. In: Uso e manejo do lodo de esgoto na agricultura. Rio de Janeiro: **Programa de Pesquisa em Saneamento Básico - PROSAB**. Cap. 3, 1999

FORNAZIERI JÚNIOR, A. F. **Mamona: uma rica fonte de óleo e de divisas**. São Paulo: Cone, 72p. 1986.

GADOTTI, M. **Educar para um outro mundo possível**; Fórum Social Mundial como espaço de aprendizagem de uma nova cultura política e como processo transformador da sociedade civil planetária. São Paulo – SP: Publisher Brasil, 207p, 2007.

GERIK, T. J.; FAVER, K. L., THAXTON, P. M.; EL ZIK, K. M. Late season water stress in cotton: I. Plant growth, water use, and yield. **Crop Science**, Madison, v.36, p.914-921, 1996. O.K.
(2)

GOHN, M.G. Empoderamento e participação da comunidade em políticas sociais. **Revista Saúde e Sociedade**. V.13, n.12, São Paulo-SP, maio-agosto. p.20-31, 2004.

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

GUARÇONI, A. M. & MENDONÇA, E.S. **Capacidade Tampão de pH do Solo e Disponibilidade de Fósforo pela Adição de Composto Orgânico**. Magistra, Cruz das Almas - BA, v. 15, n. 2, jul./dez., 2003.

GUERRA, P. B. **A civilização da seca**. Ministério do Interior, DNOCS. Fortaleza, CE. 324p. 1981.

GUIMARÃES, M. **Educação ambiental; no consenso um embate?** Campina - SP: Papirus, 94p (Coleção Papirus Educação), 2000.

HAN, H. L.; KANG, F. J. Experiment and study of the effect of moisture coerce [stress] on cotton producing. **Transactions of the Chinese Society of Agricultural Engineering**, Baoding, v.17, n.3, p.37-40, 2001. OK
3

HANK, H. D. Effect of irrigation systems and moisture regimes at different growth stages on cotton (*Gossypium hirsutum*) yield. **Indian Journal of Agricultural Sciences**, New Delhi, v. 77, n.12, p. 870-872, 2007. OK
4

HEARN, A. B. Response of cotton to water and nitrogen in tropical environment. I. Frequency of watering and method of application of nitrogen, **Journal of Agricultural Science**, Cambridge, v.84, p.407-417, 1975. OK
5

HELLER, L. & NASCIMENTO, N. O. Pesquisa e desenvolvimento na área de saneamento no Brasil e tendências. **Revista de Engenharia Sanitária e Ambiental**, v.10, n.1, Rio de Janeiro-RJ: ABES, p. 24-35, 2005.

HESPANHOL, I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, p.37-95. 2003a.

HESPANHOL, I. Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, p.97-123. 2003b.

IEMI - INSTITUTO DE ESTUDOS E MARKETING INDUSTRIAL. **Brasil Têxtil: Relatório setorial da indústria têxtil brasileira: 2008**. São Paulo: IEMI, 2007. 148p.

INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Anuário Estatístico do Brasil**. Rio de Janeiro: IBGE, 2000.

JACOBI, P.R. Educação Ambiental: o desafio da construção de um pensamento crítico, complexo e reflexivo. **Revista Educação Ambiental e Pesquisa**. v31, n2. São Paulo, p. 233-250, maio-agosto, 2005.

JORDÃO, E. P. & PESSOA, C. A. **Tratamento de esgotos domésticos**. 3ª ed. Rio de Janeiro: ABES, 720p. 1995.

KIEHL, E. J. **Fertilizantes orgânicos**. Piracicaba: Editora Agronômica Ceres, 492p, 1985.

[KIMBALL, B. A.; MAUNEY, J. R. Response of cotton to varying CO₂, irrigation, and nitrogen: Yield and growth. **Agronomy Journal**, Madison, v.85, p.706-712, 1993.]

LACERDA N.B. de & SILVA J.R.C. Efeitos do manejo do solo e da adubação orgânica no rendimento do algodoeiro **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental** v.11, n.2, p.167-172, Campina Grande, PB. 2007.

LEON, S. G.; CAVALLINI, J. M. **Tratamento e uso de águas residuárias**. Tradução de GHERY, H.R.; KONIG, A.; CEBALLOS, B.S.O.; DAMASCENO, F.A.V. Campina Grande: UFPB. 108p. 1999.

LIMA, C. A. A. **Tratamento de esgoto sanitário em reator horizontal de leito fixo (RAHLF) - Escala Piloto**. 2001. 165f. Tese (Doutorado em Engenharia Hidráulica e Saneamento) - Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade Federal de São Carlos, São Carlos, 2001.

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**. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem), Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, MG. 87f. 1998.

[LIU, L. D.; LI, C. D.; SUN, H. C.; GAO, X. F.; REN, X. Effects of water stress on carbohydrate metabolism in cotton with varying boll sizes. **Cotton Science**, Baoding, v.19, n.2, p.129-133, 2007.]

[LIU, R. X.; GUO, W. Q.; CHEN, B. L.; WANG, Y. H.; ZHOU, Z. G. Effects of nitrogen on the dry matter, nitrogen accumulation and distribution of cotton under short-term soil drought during the flowering and boll-forming stage. **Acta Botanica Boreali Occidentalia Sinica**, Beijing, v.28, n.6, p.1179-1187, 2008.]

LOPEZ, D.A.R.; RODRIGUEZ, A.L.; MACHADO, E.L. Comparação de cenário de gerenciamento de lixo urbano em Santa Cruz do Sul-RS por meio do inventário de ciclo de vida. In 24º Congresso de Engenharia Sanitária e Ambiental. **Anais**. Belo Horizonte- MG: ABES. 02 a 07 de setembro de 2007.

[LUZ, M. J. S.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SANTOS, J. W.; AMORIM-NETO, M. S. Resposta do algodoeiro herbáceo irrigado a deficiência hídrica. II. Características tecnológicas da fibra. Campina Grande: Embrapa - CNPA, (EMBRAPA - CNPA, **Comunicado Técnico, 93**). 4p. 1998.]

MARTINS, G.; BORANGA, J.A.; LATORRE, M.R.D.O.; PEREIRA, H.A.S.L. Impactos do saneamento básico na saúde da população de Itapetininga-SP de 1980 a 1997. **Revista**

de **Engenharia Sanitária e Ambiental**. v.7, n.3, jul/set e n.4, out/dez, Rio de Janeiro-RJ: ABES, p. 161-188, 2002.

McLEOD, F. & CHERRET, T. Quantifying the transport impacts of domestic waste collection strategies. **Waste Management**. v. 28, p. 2271-2278, 2008.

MELO, J.C., Sistema condominial: uma resposta ao desafio da universalização do saneamento. **Cadernos sobre teoria, metodologia, empreendimentos, distribuição de água, o sistema e seus "porquês"**. Gráfica Qualidade, 376p, 2008.

MOITA NETO, J.M. & MOITA, G.C. *Uma introdução à análise exploratória de dados multivariados*. **Revista Química Nova**, SBQ, v. 21, n. 4, jul.-ago. 1998.

MOLINIER, M.; ALBUQUERQUE, C.H.C. & CARDIER, E. Análise de pluviometria e isoietas homogeneizadas do nordeste brasileiro. Recife, Sudene 58p. (Hidrologia, 32), 1994.

MUGA, H.E.; MICHELIC, J.R. Sustainability of wastewater treatment technologies. **Journal of Environmental Management**. v. 88, n.3, p. 437-447, aug, 2008.

OLIVEIRA, F.A. de; SILVA, M.N.B. da; OLIVEIRA, A.P. de. SANTOS, D.; PEREIRA W.E.; OLIVEIRA, R.C. de; GONDIM S.C. Efeito da irrigação e da adubação nitrogenada sobre algumas características de desenvolvimento do algodão colorido verde. **Rev. bras. ol. fibros.**, Campina Grande. v.12, n.1. p. 49-57, jan./abr. 2008.

PAGANINI, W. da S. Reúso de água na agricultura. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, p.339 - 431. 2003.

PARENTE, E. J. de S. **Biodiesel: uma aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza: Tecbio, 66p. 2003.

PETTIGREW, W. T. Moisture deficit effects on cotton lint yield, yield components, and boll distribution. **Agronomy Journal**, Madison, v.96, n.2, p.377-383, 2004.

PHILIPPI JÚNIOR, A. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In: MANCUSO, C. S. A; SANTOS, H. F. (Editores). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, p.37-95, 2003.

PORTO M.L.; ALVES J.C.; SOUZA A.P.; ARAUJO R.C.; ARRUDA J.A. Nitrate production and accumulation in lettuce as affected by mineral Nitrogen supply and organic fertilization. **Horticultura Brasileira** 26: 227-230 2008.

PRIETO, D.; ANGUEIRA, C. Water stress effect on different growing stages for cotton and its influence on yield reduction. In: KIRDA, C., MOUTONNET, P., HERA, C., NIELSEN, D. R. (Eds.). **Crop Yield Response to Deficit Irrigation**. ed. Kluwer Academic Publishers, Dordrecht, p.161-179, 1999.

RODRIGUES, P.C. & BRANCO, J.A., **A Análise de Componentes Principais sobre dados dependentes**. p. 1-26. Lisboa. Setembro 2006.

ROSOLEM, C. A. Fenologia e ecofisiologia no manejo do algodoeiro. In: FREIRE, E. C. **Algodão no cerrado do Brasil**. ed. Brasília: Associação Brasileira dos Produtores de Algodão – p.649-688. ABRAPA, 2007

ROSOLEM, C. A. & FERELLI, L. Resposta diferencial de cultivares de algodão ao Mn da solução nutritiva. **Revista Brasileira de Ciência do solo**. v.24. p. 355 a 361. Viçosa, 2000. SAEG. Versão 9.1. Viçosa, MG: **Fundação Arthur Bernardes**, UFV/DBG, 2007.

SAS/SAT User's Guide. In: **SAS Institute. SAS OnlineDoc: version 8.2. Cory, CD-Rom**. 2000.

SARANGA, Y.; FLASH, I; YAKIR, D. Variation in water-use efficiency and its relation to carbon isotope ratio in cotton. **Crop Science**. Madison, v.38 p.782-787, 1998.

SAUVÉ, L. **Uma cartografia das correntes em educação ambiental**. In SATO, M.; CARVALHO, I.C.M. Educação Ambiental; pesquisa e desafios. Porto Alegre – RG: Artmed, 232p. 2005.

SECTMA - Grupo de Recursos Hídricos da UFPE e Secretaria de Ciência Tecnologia e Meio Ambiente do Estado de Pernambuco. **Contaminação da Bacia do Rio Ipojuca devido a Destinação Inadequada de Resíduos Sólidos – Workshop**. Recife – PE Maio-2000.

SEVERINO, L.S.; LIMA, R.deL.S.de; BELTRÃO, N.E.deM. Composição Química de Onze Materiais Orgânicos Utilizados em Substratos para Produção de Mudanças. **Comunicado Técnico 278**. EMBRAPA, Campina Grande, agosto, 2006.

SIQUEIRA, E.daC.; GHEYI, H.R.; BELTRÃO, N.E.deN.; SOARES, F.A.L.; BARROS JUNIOR, G.; CAVALCANTI, M.L.F. Crescimento do algodoeiro colorido sob diferentes níveis de salinidade da água de irrigação. **R. Bras. Eng. Agric. Ambiental**, Campina Grande, v.9, Suplemento), p.263-267, 2005.

SILVA, S. A. Comportamento de formas de enxofre, fósforo e nitrogênio em um reservatório profundo de estabilização tratando águas residuárias domésticas., In: **Congresso Interamericano de Engenharia Sanitária e Ambiental**. 2000, Porto Alegre. **Anais**. Porto Alegre, 2000.

SORRENTINO, M.; TRAJBER, R.; MENDONÇA, P.; FERRARO JR., L. A. Educação ambiental como política pública. **Revista Educação e Pesquisa**. v 31, n 2. São Paulo, p. 285-299, maio-agosto, 2005.

- SOUSA, J.T.; LEITE, V.D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura**. Campina Grande: EDUEP, 103p. 2003.
- SOUZA, N.M. **Educação ambiental**; dilemas da prática contemporânea. Rio de Janeiro-RJ: Universidade Estácio de Sá, 282p. 2000.
- VAN HAANDEL, A.C.; LETTINGA, G. **Tratamento Anaeróbio de Esgotos – Um manual para regiões de clima quente**. Campina Grande: Epgraf. 210p. 1994.
- VON SPERLING, M. **Noções de qualidade de água, In: Princípios do tratamento biológico de águas residuárias**. Belo Horizonte: UFMG, 187p. 1996.
- WEISS, E.A. **Oilseed crops**. London. Longman, 660p. 1983.
- WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series. 778. WHO, Geneva. 72p, 1989.
- ZAKRZEWSKI, S.B. Por uma educação ambiental crítica e emancipatória no meio rural. **Revista Brasileira de Educação Ambiental**. n zero, Brasília, p. 79-86, 2004.

ANEXOS

PREFEITURA MUNICIPAL DE PESQUEIRA
SECRETARIA DE EDUCAÇÃO, CULTURA E ESPORTES

Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite

Educação Infantil, Ensino Fundamental, Ensino Médio e Educação de Jovens e Adultos. CADASTRO- 26059568
Rua São Francisco, S/N- Distrito de Mutuca- CEP. 55210-000 - Pesqueira - PE

Ata de Capacitação sobre a Unidade Piloto de Tratamento e Reuso da Água de Esgoto Doméstico para fins Produtivos. Aos oito dias do mês de outubro de dois mil e nove, das 08 e 30h às 13h., uma equipe da Universidade Federal Rural de Pernambuco – UFRPE, coordenou capacitação com os professores da Escola Intermediária Henrique Monteiro Leite – Mutuca, com o objetivo de intensificar relevância da Unidade Piloto Tratamento e Reuso da Água de Esgoto Doméstico para fins Produtivos, cuja unidade é lotada neste Distrito. A referida escola possui uma demanda de 708 educandos, 36 educadores e 28 funcionários atendendo desde Creche a 8ª Série do Ensino Fundamental (9º ANO) e Extensão do Ensino Médio da Escola Estadual Cacilda Almeida. Na ocasião participaram 33 professores, além de informações teóricas houve visita de campo à referida Unidade sob o acompanhamento do professor doutor Abelardo Montenegro, professor Ricardo Miranda, Adriana, Coordenadora do SISA e os estagiários, Gustavo Matheus e Gabriele. Maria Eunice de Freitas, secretária da escola, lavrou á presente ata. Os participantes deixaram aqui suas assinaturas. Mutuca, 08 de Outubro de 2009. Maria Eunice de Freitas, Clotides Megulhão Cavalcante, Maria José Cavalcante, Marta Darlene de Lima Mendonça, Terezinha das Neves Cordeiro, José Anderson Holanda, Célia Maria Correia, Cristiane de Fátima F. da Silva, Terezinha de Jesus Ribeiro, Janne Cleide Bezerra, Edinalda Gomes Cordeiro, Carla Regina Monteiro de Oliveira, Denilsa Cordeiro da Silva, Kássia Regina Maia de Lima, Terezinha Maria de Souza, Thaise Ferreira da Silva, Josefa Elba da Silva Maia, Jaquelma Maria da Silva Maia, Adriana Julião dos Santos, Maria Rozania Santana Ventura, Maria Aparecida dos Santos. Geraldo Lopes de Mendonça, Jayana Lopes Monteiro, Maria Célia Urbano, José Edson Almeida, Claudineide Ribeiro da Silva, Maria das Graças Araújo, Rosemilda Maria de Souza Silva, Maria Ely de Mendonça Lima Viana, Janeide Ferreira Leite Ribeiro, Vaufrides Valença Bezerra, Terezinha de Jesus Gomes Leite.

Terezinha de Jesus Gomes Leite

Terezinha de Jesus Gomes Leite

Terezinha de Jesus Gomes Leite
DIRETORA
Matrícula: 20838

1ª Coleta

ANÁLISE	DQO mg de O ₂ /L	DBO mg de O ₂ /L	SST mg/L	SSV mg/L	SSF mg/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L	CONDUTIV uS/cm	SDT mg/L	SDV mg/L	SDF mg/L
Amostra - 1 (Esgoto)	592,21	17,22	138,50	111,50	27,00	1809,00	260,00	1549,00	3090,00	1670,50	148,50	1522,00
Amostra - 4	451,75	53,52	137,00	105,36	31,64	1464,50	266,50	1198,00	2470,00	1327,50	161,14	1166,36
Amostra - 5	470,73	130,82	128,00	117,50	10,50	1474,00	250,00	1224,00	2430,00	1346,00	132,50	1213,50
Amostra - 4 (Emissor)	445,42	59,38	88,60	79,60	9,00	1459,00	262,50	1196,50	2500,00	1370,40	182,90	1187,50
Amostra - 5 (Dreno 1)	292,31	7,92	28,00	6,75	21,25	12861,50	3103,25	9758,25	17230,00	12833,50	3096,50	9737,00
Amostra - 6 (Dreno 2)	364,43	13,86	29,25	10,75	18,50	18030,25	5776,00	12254,25	23300,00	17324,00	5662,75	11661,25
Amostra - 7 (Dreno 3)	391,01	17,81	54,75	21,25	33,50	17667,25	5716,50	11950,75	22300,00	17612,50	5695,25	11917,25
Amostra - 8 (Dreno 4)	85,30	8,66	13,00	1,00	12,00	3300,00	432,00	2868,00	5420,00	3287,00	431,00	2856,00

	pH	Fósforo mg/L	Total Kjeldahl mg/L	Sulfato mg/L	Alc. Total mg de CaCO ₃	Dureza Total mg de CaCO ₃	Dureza de Cálcio mg de Ca/L	Dureza de Magnésio mg de Mg/L	Cloretos (mg de Cl/L)	Sódio (mg de Na/L)	Potássio (mg de K/L)
Amostra - 1 (Esgoto)	7,51	15,43	29,98	31,55	416,67	336,63	161,27	67,38	454,49	440,00	76,62
Amostra - 4	7,96	60,35	39,03	66,59	409,34	277,23	145,14	48,13	353,49	320,00	65,63
Amostra - 5	8,18	38,24	31,39	67,43	454,55	277,23	112,89	67,38	353,49	320,00	71,13
Amostra - 4 (Emissor)	8,63	37,77	29,70	69,93	454,55	277,23	145,14	48,13	353,49	320,00	73,96
Amostra - 5 (Dreno 1)	8,70	0,53	5,66	603,16	533,67	3445,55	1112,75	1010,70	4999,36	586,64	509,24
Amostra - 6 (Dreno 2)	8,00	0,06	8,48	743,35	458,33	4831,69	1499,79	1453,49	6463,82	175,01	457,84
Amostra - 7 (Dreno 3)	7,61	<0,01	8,77	918,59	334,60	4673,27	1435,28	1414,99	6261,83	2520,00	436,58
Amostra - 8 (Dreno 4)	8,34	2,39	0,00	249,34	515,15	1009,90	451,55	221,39	1009,97	521,40	149,10

2ª Coleta

ANÁLISE	DQO mg de O ₂ /L	DBO mg de O ₂ /L	SST mg/L	SSV mg/L	SSF mg/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L	CONDUTIV uS/cm	SDT mg/L	SDV mg/L	SDF mg/L
Amostra - 1 (Esgoto)	140,62	17,96	44,00	27,67	16,33	1288,25	282,75	1005,50	2070,00	1244,25	255,08	989,17
Amostra - 2	200,88	45,78	91,00	70,00	21,00	1378,50	259,00	1119,50	2260,00	1287,50	189,00	1098,50
Amostra - 3	417,93	40,39	141,88	102,50	39,38	1363,75	336,00	1027,75	2110,00	1221,87	233,50	988,38
Amostra - 4 (Emissor)	456,63	48,35	171,00	132,00	39,00	1400,25	361,50	1038,75	2090,00	1229,25	229,50	999,75
Amostra - 5 (Dreno 1)	203,00	5,78	26,40	16,60	9,80	10144,50	2212,50	7932,00	13400,00	10118,10	2195,90	7922,20
Amostra - 6 (Dreno 2)	243,75	7,53	37,20	9,00	28,20	10571,50	2573,50	7998,00	14000,00	10534,30	2564,50	7969,80
Amostra - 7 (Dreno 3)	313,45	19,41	25,80	12,40	13,40	11521,00	3409,00	8112,00	13750,00	11495,20	3396,60	8098,60
Amostra - 8 (Dreno 4)	74,64	19,36	6,00	3,00	3,00	2335,00	355,00	1980,00	3690,00	2329,00	352,00	1977,00

	pH	Fósforo Total mg/L	Kjeldahl mg/L	ULFATO mg/L	Alc. Total g de CaCO ₃	Total g de CaCO ₃	Dureza Total (mg de Ca/L)	Dureza de Cálcio (mg de Mg/L)	Dureza de Magnésio (mg de Cl/L)	Cloretos (mg de Cl/L)	Sódio (mg de Na/L)	Potássio (mg de K/L)
Amostra - 1 (Esgoto)	7,68	18,99	6,36	199,94	279,04	356,44	177,39	67,38	353,49	135,73	87,71	
Amostra - 2	7,36	8,74	14,14	134,47	476,01	336,63	145,14	77,01	403,99	232,15	66,41	
Amostra - 3	7,62	21,20	21,92	210,28	422,98	316,83	209,65	28,88	378,74	155,01	62,86	
Amostra - 4 (Emissor)	7,35	7,94	29,70	224,06	426,77	356,44	193,52	67,38	353,49	116,44	50,44	
Amostra - 5 (Dreno 1)	7,49	1,91	0,00	902,82	498,74	2910,89	999,86	818,19	5655,84	1717,03	405,44	
Amostra - 6 (Dreno 2)	7,83	2,71	3,11	1543,68	443,18	2990,10	1128,87	779,69	3332,91	1717,03	421,42	
Amostra - 7 (Dreno 3)	7,85	2,71	2,83	1474,77	443,18	3029,71	951,48	904,82	4999,36	1620,61	391,24	
Amostra - 8 (Dreno 4)	7,71	4,72	2,12	374,51	377,52	950,50	403,17	221,39	908,98	328,57	114,34	

3ª Coleta

ANÁLISE	DQO mg de O ₂ /l	DBO mg de O ₂ /L	SST mg/L	SSV mg/L	SSF mg/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L	CONDUTIV uS/cm	SDT mg/L	SDV mg/L	SDF mg/L
Amostra - 1 (Esgoto)	526,50	48,54	134,38	111,25	23,13	1686,00	390,50	1295,50	3330,00	1551,62	279,25	1272,37
Amostra - 4	354,90	73,95	133,89	101,11	32,78	1390,00	290,00	1100,00	2240,00	1256,11	188,89	1067,22
Amostra - 5	370,50	29,62	137,50	125,63	11,88	1326,25	235,00	1091,25	2240,00	1188,75	109,37	1079,37
Amostra - 4 (Emissor)	366,60	64,63	140,63	128,75	11,88	1423,00	271,75	1151,25	2230,00	1282,37	143,00	1139,37
Amostra - 5 (Dreno 1)	103,95	2,70	26,50	7,75	18,75	3653,75	816,00	2837,75	5400,00	3627,25	808,25	2819,00
Amostra - 6 (Dreno 2)	200,00	6,45	44,50	13,25	31,25	3603,75	684,75	2919,00	5500,00	3559,25	671,50	2887,75
Amostra - 7 (Dreno 3)	386,10	7,18	43,50	14,50	29,00	12307,50	3352,00	8955,50	15300,00	12264,00	3337,50	8926,50
Amostra - 8 (Dreno 4)	304,20	4,30	52,17	17,93	34,24	12020,00	2860,00	9160,00	15400,00	11967,83	2842,07	9125,76

	pH	Fósforo Total mg/L	Kjeldahl mg/L	ULFATO mg/L	Alc. Total g de CaCO ₃	Total g de CaCO ₃	Total (mg de Ca/L)	Total (mg de Mg/L)	Total (mg de Cl/L)	Cloretos (mg de Cl/L)	Sódio (mg de Na/L)	Potássio (mg de K/L)
Amostra - 1 (Esgoto)	7,74	33,27	98,99	263,11	770,20	415,84	290,28	28,88	353,49	135,73	117,20	
Amostra - 4	7,57	1067,22	25,45	62,12	425,50	297,03	161,27	48,13	353,49	193,58	75,56	
Amostra - 5	7,44	28,04	28,99	234,39	376,26	277,23	177,39	28,88	353,49	155,01	76,44	
Amostra - 4 (Emissor)	7,58	20,80	24,75	260,81	390,15	297,03	161,27	48,13	328,24	193,58	76,80	
Amostra - 5 (Dreno 1)	8,15	7,94	5,52	503,14	462,12	1128,71	483,80	259,90	1161,47	540,70	148,21	
Amostra - 6 (Dreno 2)	8,13	12,76	8,48	1049,83	477,15	1168,32	483,80	279,15	1161,47	540,70	139,35	
Amostra - 7 (Dreno 3)	8,05	40,50	2,12	1658,53	443,18	3168,32	1032,11	924,07	4241,88	2180,00	413,54	
Amostra - 8 (Dreno 4)	8,20	3,11	4,95	1899,72	512,63	3148,52	1048,24	904,82	3736,90	521,41	447,21	

4ª Coleta

ANÁLISE	DQO mg de O ₂ /L	DBO mg de O ₂ /L	SST mg/L	SSV mg/L	SSF mg/L	ST mg/L	SV mg/L	SF mg/L	CONDUTIV uS/cm	SDT mg/L	SDV mg/L	SDF mg/L
Amostra - 1 (Esgoto)	496,75	286,45	151,00	125,00	26,00	1247,50	440,50	807,00	1530,00	1096,50	315,50	781,00
Amostra - 2	81,36	5,26	59,50	29,50	30,00	969,25	159,75	809,50	1449,00	909,75	130,25	779,50
Amostra - 3	276,61	78,51	113,00	100,50	12,50	1114,50	324,50	790,00	1360,00	1001,50	224,00	777,50
Amostra - 4 (Emissor)	260,34	57,35	103,00	94,00	9,00	1078,50	336,50	742,00	1349,00	975,50	242,50	733,00
Amostra - 5 (Dreno 1)	195,25	8,35	44,00	12,00	32,00	7732,50	1791,50	5941,00	9550,00	7688,50	1779,50	5909,00
Amostra - 6 (Dreno 2)	136,17	14,86	58,50	17,00	41,50	7157,00	1566,00	5591,00	8980,00	7098,50	1549,00	5549,50
Amostra - 7 (Dreno 3)	37,16	1,92	14,00	3,50	10,50	787,50	139,00	648,50	1171,00	773,50	135,50	638,00
Amostra - 8 (Dreno 4)	68,13	3,33	11,50	3,50	8,00	2009,50	243,00	1766,50	3110,00	1998,00	239,50	1758,50

	pH	Fósforo mg/L	Total Kjeldahl mg/L	SULFATO mg/L	Alc. Total mg de CaCO ₃	Dureza Total mg de CaCO ₃	Dureza de Cálcio mg de Ca/L	Dureza de Magnésio mg de Mg/L	Cloretos (mg de Cl/L)	Sódio (mg de Na/L)	Potássio (mg de K/L)
Amostra - 1 (Esgoto)	7,15	33,53	3,39	199,94	404,57	227,72	137,08	28,88	353,46	167,05	61,06
Amostra - 2	7,41	5,26	29,70	134,47	379,75	217,82	129,01	28,88	403,95	177,21	61,66
Amostra - 3	7,88	21,17	21,21	210,28	424,42	227,72	120,95	38,50	656,42	173,15	64,99
Amostra - 4 (Emissor)	7,76	20,83	19,80	224,06	392,16	217,82	104,82	43,32	403,95	169,08	65,90
Amostra - 5 (Dreno 1)	8,22	8,56	5,66	902,82	493,92	2326,74	685,39	721,93	3231,59	1426,53	282,25
Amostra - 6 (Dreno 2)	8,10	9,88	2,83	1543,68	449,24	2128,72	685,39	625,67	2726,66	1202,90	245,94
Amostra - 7 (Dreno 3)	7,22	8,79	0,00	1474,77	384,71	267,33	137,08	48,13	201,97	44,09	17,48
Amostra - 8 (Dreno 4)	8,32	7,64	0,00	374,51	456,69	613,86	241,90	154,01	353,46	319,52	110,23