



UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

CURSO DE PÓS GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL

CAMPUS II - CAMPINA GRANDE

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA
E ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO
(*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) E NO MEIO EDÁFICO.

OLGA EDUARDA FERREIRA

CAMPINA GRANDE

JULHO-2003

**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA E
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO
(*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) E NO MEIO EDÁFICO.**

UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL
DISSERTAÇÃO DE MESTRADO EM ENGENHARIA CIVIL E AMBIENTAL

EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA E
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO
(Gossypium hirsutum L. x. latifolium Hutch.) **E NO MEIO EDÁFICO.**

OLGA EDUARDA FERREIRA

ORIENTADORES

Dra. ANNEMARIE KÖNIG

Dr. NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO

CAMPINA GRANDE-PB

2003

OLGA EDUARDA FERREIRA

**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA E
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO
(*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.) E NO MEIO EDÁFICO.**

Dissertação apresentada ao curso de mestrado
em Engenharia Civil e Ambiental da
Universidade Federal de Campina Grande, em
cumprimento às exigências para obtenção do
grau de Mestre.

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS
SUB-ÁREA: ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL

CAMPINA GRANDE-PB

2003



Ficha catalográfica

F383 e
2003

Ferreira, Olga Eduarda

Efeitos da aplicação de água residuária doméstica tratada e adubação nitrogenada na cultura do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r.*latifolium* Hutch.) e no meio edáfico/Olga Eduarda Ferreira.-Campina Grande: UFCG, 2003.

78p.: il.

Dissertação (Mestrado). UFCG / CCT

Inclui bibliografia

1. Esgotos 2. Algodoeiro herbáceo 3. Nutrientes
4. Ambiente edáfico 5. Qualidade de fibra
6. Irrigação por sulcos 7. Sódio no solo I. Título

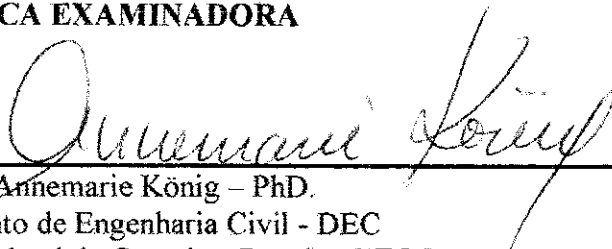
CDU:628.321

**EFEITOS DA APLICAÇÃO DE ÁGUA RESIDUÁRIA DOMÉSTICA TRATADA E
ADUBAÇÃO NITROGENADA NA CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO
(*Gossypium hirsutum* L.x. *latifolium* Hutch.) E NO MEIO EDÁFICO.**

OLGA EDUARDA FERREIRA

Dissertação aprovada em: 18 de julho de 2003


BANCA EXAMINADORA



Prof.^a Annemarie König – PhD.
Departamento de Engenharia Civil - DEC
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Pesq. Prof. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão – D.Sc.
Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA
Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA



Prof. Rui de Oliveira – PhD.
Departamento de Engenharia Civil - DEC
Universidade Federal de Campina Grande - UFCG



Prof. Rafael Kopschitz Xavier Bastos – PhD.
Departamento de Engenharia Civil - DEC
Universidade Federal de Viçosa - UFV

CAMPINA GRANDE – PB

JULHO DE 2003

Dedico este trabalho às pessoas mais importantes de minha vida. Aos meus pais, Antônio Olímpio Fidelis Ferreira e Paulina Paula Ferreira, principais estimuladores de meu crescimento pessoal e profissional. Aos meus irmãos, Oneide, Dair e Valter pelo carinho e apoio. A Márcio Araújo pelo carinho, incentivo e paciência durante esses dois anos.

AGRADECIMENTOS

Aos meus orientadores, Annemarie König e Napoleão Beltrão, pela oportunidade de aprendizado, orientação e apoio na condução do trabalho, além da amizade.

A todos os professores da área de saneamento, especialmente a professora Beatriz Ceballos pela oportunidade de realização das análises laboratoriais e a Rui de Oliveira pelos preciosos conselhos.

Aos pesquisadores do CNPA, José Wellington Santos pela realização da análise estatística e a José Renato Cortez Bezerra pelo auxílio dado no tocante à irrigação.

A Nísia Leão pela correção de português.

Ao pesquisador da EMEPA, José Fideles Filho pela ajuda na medição e entendimento das características espectrais do algodoeiro.

A José Marcelo Dias, assistente de pesquisa, pela imprescindível ajuda durante toda a fase experimental e amizade surgida.

Aos amigos Eliezer Siqueira e Marcos Antônio Irmão pela boa vontade e ajuda nas medições de campo. A Tatiana e Márcia Azevedo pelo auxílio na colheita do experimento.

A Roselene de Lucena Alcântara pela ajuda nas análises microbiológicas e pela oportunidade de convivência e aprendizado.

A todos os funcionários do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, em destaque Tereza, Gleibson, Edivaldo, Tampa, Napoleão Alves e especialmente ao Sr. Fernando, Chico Preto, Bereu, Barão, Mário e Raimundo que muito me ajudaram na montagem da infraestrutura e na finalização do trabalho de campo.

Aos funcionários da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE-Catingueira) na pessoa de Sr. Silva pela tão valorosa ajuda e pelo tratamento a mim dedicado.

Aos funcionários da Área de Saneamento: Alves, Cristina e Walmária pelo carinho e amizade e aos bolsistas do laboratório: Eddy e Thaís pela colaboração nas atividades laboratoriais e a Hugo e Nívson, com quem dividi momentos alegres e tristes no primeiro campo experimental em Guarabira.

À Coordenação de Aperfeiçoamento do Ensino Superior (CAPES) pelo apoio financeiro concedido.

À Fundação Nacional de Saúde (FUNASA) pelo apoio financeiro.

Ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pelo apoio na realização da parte experimental e pela oportunidade de estágio durante esta fase.

À Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA), Regional da Borborema, pela área cedida dentro da Estação de Tratamento de Esgotos e à unidade da cidade de Guarabira, nas pessoas de Vera e André pelo apoio na implantação e condução do primeiro campo experimental.

ÍNDICE

LISTA DE FIGURAS.....	i
LISTA DE TABELAS.....	ii
RESUMO.....	iv
1 – INTRODUÇÃO.....	1
2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA.....	03
2.1- Uso de águas residuárias tratadas em irrigação.....	03
2.1.1- Qualidade da água para irrigação.....	04
2.1.1.1- Problemas relacionados à qualidade da água.....	04
2.1.1.1.1- Salinidade.....	04
2.1.1.1.2- Infiltração de água.....	05
2.1.1.1.3- Toxicidade de íons específicos.....	05
2.1.1.1.4- Outros problemas.....	05
2.1.1.2- Diretrizes para interpretar a qualidade da água de irrigação.....	06
2.1.2- Potencial e limitações da utilização de águas residuárias na agricultura.....	08
2.1.2.1- Potencial fertilizante.....	08
2.1.2.2- Problemas relacionados às características físico-químicas das águas residuárias.....	08
2.1.2.3- Aspectos sanitários.....	09
2.1.2.3.1- Métodos de tratamento.....	10
2.1.2.3.2- Normas e critérios de qualidade de efluentes para irrigação.....	10
2.2- A Cultura do algodão herbáceo.....	14
2.2.1- Exigências nutricionais.....	15
2.2.2- Marcha de absorção de nutrientes.....	15
2.2.3- Influência da adubação nitrogenada e de outros nutrientes no comportamento do algodoeiro.....	17
2.2.3.1- Nitrogênio.....	17
2.2.3.2- Fósforo.....	17
2.2.3.3- Potássio.....	18
2.2.4- A fibra do algodão.....	18
2.2.4.1- Características físicas da fibra.....	19
2.2.4.1.1- Índice micronaire (finura emµg/pol).....	19
2.2.4.1.2- Resistência.....	19
2.2.4.1.3- Alongamento.....	19
2.2.4.1.4- Comprimento a 2,5% SL (Span Length) e a 50% SL.....	19
2.2.4.1.5- Uniformidade de comprimento ou relação de uniformidade (UR).....	20
2.2.4.1.6- Índice de fibras curtas.....	20
2.2.4.1.7- Reflectância (Rd).....	20
2.2.4.1.8- Grau de amarelo (+b).....	20
2.2.5- Fatores que influem nas características da fibra.....	21
2.2.5.1- Condições climáticas.....	21
2.2.5.2- Fertilidade do solo.....	21
2.2.5.3- Pragas.....	21
2.2.5.4- Plantas daninhas.....	22
2.2.5.5- Época de plantio.....	22
2.2.6- Origem e características da cultivar BRS 187 H.....	22
3 - MATERIAIS E MÉTODOS.....	24
3.1 - Localização do experimento.....	24
3.2 - Descrição da Estação de Tratamento de Esgoto.....	24
3.3 - Descrição do sistema experimental.....	24
3.3.1 - Delineamento experimental.....	24

3.3.2 – Sistema de irrigação.....	27
3.4 - Descrição dos trabalhos de campo.....	28
3.4.1- Coleta de amostras de esgoto.....	28
3.4.2 – Coleta de amostras de solo.....	29
3.4.3 - Preparo do solo.....	29
3.4.4 – Plantio e tratos culturais.....	30
3.4.5 – Medição de variáveis de crescimento e componentes da produção.....	31
3.5 – Descrição das variáveis analisadas.....	31
3.5.1 - Variáveis de crescimento do algodoeiro.....	31
3.5.2 – Características espectrais da cultura.....	31
3.5.3- Componentes da produção do algodoeiro.....	32
3.5.4 - Características tecnológicas da fibra.....	32
3.5.5 – Produtividade.....	32
3.5.6 – Precocidade.....	32
3.5.7- Variáveis do solo.....	32
3.6 – Condições climáticas.....	32
3.7- Análise estatística.....	33
4 - APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS.....	34
4.1- Características do meio edáfico antes da instalação do experimento.....	34
4.2 - Características das águas utilizadas na irrigação.....	37
4.3- Características do meio edáfico após término do experimento.....	41
4.3.1- Característica sanitária do solo.....	41
4.3.2- Características de fertilidade do solo.....	42
4.3.3- Características do extrato de saturação.....	45
4.4- Variáveis relacionadas à cultura teste, o algodão herbáceo.....	46
4.4.1- Componentes de produção e produtividade.....	46
4.4.2- Características tecnológicas da fibra.....	49
4.5- Análise de crescimento não destrutiva.....	49
4.6- Efeitos dos tratamentos nas características espectrais do algodoeiro.....	53
5 – CONCLUSÕES.....	67
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	69

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 3.1- Distribuição aleatória dos tratamentos em unidades experimentais e em blocos no campo experimental.....	26
Figura 3.2- Sistema de distribuição de água para irrigação.....	27
Figura 3.3- Solo preparado através de aragem e gradagem.....	29
Figura 3.4- Sistema de plantio em covas e com densidade de duas plantas/cova.....	30
Figura 3.5- Dados de: A -precipitação total(mm), temperatura média(°C) e umidade relativa do ar (%); B -insolação (Hs e dec) e evaporação total(ml), durante a condução do experimento.....	33
Figura 4.1- Valores médios de microrganismos indicadores de contaminação: coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (CTe), <i>Escherichia coli</i> (EC), em amostras de solo um mês antes da instalação do experimento e um mês após a suspensão da irrigação com água de abastecimento e água residuária na área experimental da catingueira.....	42
Figura 4.2- modelos para variáveis do solo: A - modelo linear para a concentração de potássio (K^+) no solo proveniente do desdobramento AxD para a água residuária; B - linear para a concentração de H+Al no solo influenciado pelo fator doses de adubação (análise de variância); C - Modelo linear para a saturação de bases (V) no solo influenciado pelo fator doses de adubação(análise de variância).....	44
Figura 4.3- modelos para as variáveis componentes de produção: A - modelo linear para peso de capulho significativo para as doses de adubação (análise de variância); B - modelo linear para % de fibra proveniente do desdobramento AxD para água de abastecimento; C - modelo linear para produtividade de algodão em caroço proveniente do desdobramento AxD para água de abastecimento.....	48
Figura 4.4- Modelo sigmoidal para altura de planta (cm) nos tratamentos: A - Testemunha absoluta; B - sem adubação nitrogenada e com adubação de fundação; C -60 kg N/ha e adubação de fundação; D -90 kg N/h e adubação de fundação; E -120 kg N/ha e adubação de fundação; F -180 kg N/ha e adubação de fundação.....	50
Figura 4.5- Modelo sigmoidal para diâmetro caulinar por planta, nos tratamentos : A - Testemunha absoluta; B - testemunha relativa (0 kg N/ha) com adubação de fundação; C -60 kg N/ha e adubação de fundação; D -90 kg N/ha e adubação de fundação; E -120 kg N/ha e adubação de fundação; F -180 kg N/ha e adubação de fundação.....	51
Figura 4.6- Modelo exponencial para área foliar, nos tratamentos: A - testemunha absoluta; B - testemunha relativa (0 kg N/ha) com adubação de fundação; C -60 kg N/ha e adubação de fundação; D -90 kg N/ha e adubação de fundação; E -120 kg N/ha e adubação de fundação; F -180 kg N/ha e adubação de fundação.....	52
Figura 4.7- Característica espectral do dossel da cultura de algodão, irrigado com água de abastecimento (A) e água residuária (B), adubado com diferentes doses de nitrogênio.....	55

ÍNDICE DE TABELAS

Tabela 2.1- Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação.....	07
Tabela 2.2- Diretrizes da WHO para a qualidade microbiológica e de tratamento de águas residuárias utilizadas na agricultura.....	12
Tabela 2.3- recomendações para revisão das diretrizes da WHO para a qualidade microbiológica e de tratamento de águas residuárias utilizadas na agricultura.....	13
Tabela 2.4- Quantidades de nutrientes extraídos, exportados e retornados ao solo pelo algodoeiro herbáceo com uma população de 88.800 plantas e produtividade de 2.500 kg/ha.....	15
Tabela 2.5- Principais características físicas da fibra e de produção e análise comparativa da Cultivar BRS 187 8H com outras cultivares de algodão herbáceo.....	23
Tabela 3.1- Composição dos tratamentos em função do tipo de água e doses de nitrogênio.....	25
Tabela 4.1- Características químicas do solo antes da instalação do experimento.....	36
Tabela 4.2- Características físicas do solo antes da instalação do experimento.....	37
Tabela 4.3- Análise química da água de abastecimento usada na irrigação no campo experimental. Período: setembro a outubro de 2002.....	38
Tabela 4.4- Análises físico-químicas e microbiológicas da água residuária utilizada na irrigação no campo experimental.....	39
Tabela 4.5- Resumos das análises de variâncias para as variáveis de fertilidade de solo, fósforo assimilável, potássio, sódio, cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, hidrogênio e alumínio (trocaíveis), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), após finalização do experimento.....	56
Tabela 4.6- Valores médios das variáveis de fertilidade solo, fósforo assimilável, potássio, sódio, cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, hidrogênio e alumínio (trocaíveis), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), após finalização do experimento.....	57
Tabela 4.7- Desdobramento da interação tipo de água (abastecimento e residuária) x doses de nitrogênio para a variável, concentração de potássio no solo, após o término do experimento.....	58
Tabela 4.8- Valores médios do desdobramento da interação tipo de água (abastecimento e residuária) x doses de nitrogênio para a variável concentração de potássio no solo após finalização do experimento.....	58
Tabela 4.9- Resumos das análises de variâncias para as variáveis de solo, condutividade elétrica (CEe), cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, sódio, potássio, sulfato, carbonato, bicarbonato, cloreto, razão de absorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio intercambiável (PSI), no extrato de saturação após finalização do experimento.....	59
Tabela 4.10- Valores médios das variáveis de solo, condutividade elétrica (CEe), cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, sódio, potássio, sulfato, carbonato, bicarbonato, cloreto, razão de absorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio intercambiável (PSI), no extrato de saturação após finalização do experimento.....	60

Tabela 4.11- Resumos das análises de variâncias para as variáveis, número de capulhos por planta, precocidade, peso de 100 sementes, percentagem de fibra, peso de capulho e rendimento de algodão em caroço, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	61
Tabela 4.12- Valores médios das variáveis, número de capulhos por planta, precocidade, peso de 100 sementes, peso de capulho, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	62
Tabela 4.13- Desdobramento da interação tipo de água x doses de nitrogênio para as variáveis, percentagem de fibra e rendimento de algodão em caroço, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	63
Tabela 4.14- Valores médios do desdobramento da interação tipo de água x doses de nitrogênio para a variável percentagem de fibra, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	63
Tabela 4.15- Valores médios do desdobramento da interação tipo de água x doses de nitrogênio para a variável produtividade de algodão em caroço, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro.....	63
Tabela 4.16- Resumos das análises de variâncias para as variáveis de fibra, comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, alongamento à ruptura, índice micronaire, reflectância, grau de amarelo e índice de fiabilidade, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	64
Tabela 4.17- Valores médios das variáveis de fibra, comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, alongamento à ruptura, índice micronaire, reflectância, grau de amarelo e índice de fiabilidade, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	65
Tabela 4.18- Resumos das análises de variâncias para as variáveis, altura de planta, comprimento da raiz principal, fitomassa seca da parte aérea por planta, fitomassa seca da raiz por planta, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	66
Tabela 4.19- Valores médios das variáveis, Altura por planta, comprimento da raiz principal por planta, fitomassa seca da parte aérea por planta, fitomassa seca da raiz por planta, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.....	66
Tabela 4.20- Valores de doses de nitrogênio, área foliar, matéria seca, refletância média do visível (400-700nm) e refletância média do infravermelho (700-1100) obtidos na cultura de algodão nos diferentes tratamentos.....	67
Tabela 4.21- Valores de doses de nitrogênio, área foliar, matéria seca, refletância média do visível (400-700nm) e refletância média do infravermelho (700-1100) obtidos na cultura de algodão nos diferentes tratamentos.....	67

RESUMO

A água residuária doméstica pode conter nutrientes acima da demanda da maioria das culturas e seu uso agrícola pode proporcionar uma economia significativa de fertilizantes, além de aliviar a demanda e preservar a oferta de água. O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos da aplicação da água residuária tratada por um sistema de lagoas, na irrigação do algodão herbáceo, cultivar BRS 187 8H (*Gossypium...*), cultura de grande importância socioeconômica para a região do Nordeste, e sobre o ambiente edáfico. O experimento foi conduzido em condições de campo, nas dependências da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) do município de Campina Grande, PB, pertencente à Companhia de Água e Esgotos da Paraíba (CAGEPA). O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, com 12 tratamentos e quatro repetições, sendo o número de tratamentos originário de um fatorial misto $[(2 \times 5) + 2]$ e os fatores dois tipos de água (abastecimento e residuária tratada por sistema de lagoas), cinco dosagens de nitrogênio (0, 60, 90, 120 e 180 kgN/ha) com fundação de P e K (40 kg/ha e 20 kg/ha) e duas testemunhas absolutas. Na água residuária analisaram-se concentrações de matéria orgânica (DBO, DQO), nutrientes (nitrogênio amoniacal, fósforo total, ortofosfato solúvel...), indicadores microbiológicos (coliformes fecais) e parasitológicos (ovos de *Ascaris lumbricoides*). Nas amostras de solo, retiradas no início e no final do experimento, foram analisadas variáveis referentes à fertilidade e à salinidade. Devido à elevada concentração de nitrogênio amoniacal (53 mg N-NH₃/L), fósforo total (7 mg/L), potássio (21 mg/l), além de cálcio (36 mg/L) e magnésio (33 mg/L) na água residuária, estima-se que foram adicionados ao solo cerca de 387 kg/ha de nitrogênio, 153 kg/ha de potássio, 51 kg/ha de fósforo, 263 kg/ha de cálcio e 241 kg/ha de magnésio, ao se aplicar, pela irrigação por sulcos, uma lâmina de 730mm de água. Com esse potencial nutritivo a água residuária influenciou algumas características físicas da fibra, como comprimento, alongamento, finura e fiabilidade sem, no entanto, afetar a qualidade geral da fibra, que apresentou elevado índice de reflectância, com valor médio de 78 %, caracterizando o algodão produzido como de elevada qualidade intrínseca, segundo os padrões de exigência da indústria têxtil internacional. A produção, por sua vez, foi influenciada pela água residuária, tendo o algodão herbáceo atingido produtividades elevadas, com valores superiores a 3300 kg/ha de algodão em caroço, que corresponde a mais de 1200 kg/ha de fibra, valor bem acima da média mundial da mais recente safra computada de 2001/2002 e figurando entre as cinco maiores do mundo. Verificou-se, então, que a água residuária foi capaz de substituir a adubação nitrogenada mineral em 180 kg/ha. Em relação ao ambiente edáfico, no período de outubro/2002 a fevereiro/2003 a água residuária influenciou a concentração de potássio com incremento de 58 %, em relação à água de abastecimento, considerando-se a média de todos os tratamentos adubados com nitrogênio. No contraste entre as testemunhas, a água residuária aumentou em mais de 100 % o teor de sódio trocável no solo e, em relação à média de todos os tratamentos adubados com nitrogênio, esta elevou o teor de sódio no solo em 79 %. Para as outras variáveis não foram observados efeitos significativos do uso da água residuária e, sob o aspecto sanitário, não foi possível se avaliar os riscos da sobrevivência de microrganismos patogênicos no solo, visto que se trata de um solo com contaminação previamente elevada.

Palavras-chave: esgotos, algodoeiro herbáceo, nutrientes, ambiente edáfico, qualidade de fibra, irrigação por sulcos, sódio no solo

SUMMARY

Usually domestic wastewater contain nutrients above demand for great number of cultures and its agricultural application can provide significant reduction of fertilizer consumption besides demand alleviation and preservation of water supply. The objective of this dissertation was to evaluate cotton culture and to understand the soil environment by use of wastewater irrigation treated by a system of ponds. The cultivar BRS 187 8H (*Gossypium sp*) was observed, culture of great importance to Brazilian Northeast region. The experiment was conducted at field conditions on the Wastewater Treatment Plant (ETE) facilities of Campina Grande Prefecture, Paraíba State, on Paraíba Water and Sewerage Company (CAGEPA). The experimental Randomized Blocks Design was considered with 12 treatments and 4 repetitions with treatments number derived from mixed factorial [(2x5)+2] and factors from two water classes (supply and pond system treated wastewater), 5 nitrogen dosages (0, 60, 90, 120 and 180kgN/ha) with initial soil dosages of P and K (40kg/ha and 20ka/ha) and two absolute witnesses. Wastewater analysis of Organic Matter (OOD, BOD), nutrients concentration (Ammoniac Nitrogen, Total Phosphorus, Soluble Phosphorus...), Microbiological indicators (*Coli sp*) and parasites (eggs of *Ascaris lumbricoides*). Soil samples collected at the beginning and at the end of field work were analyzed relating to fertility and salinity. Due to high wastewater concentration of Ammoniac Nitrogen (53mg N-NH₃/L), Total Phosphorus (7mg/l), Potassium (21mg/l), Calcium (36mg/l) and Magnesium (33mg/l), were added to soil about 387kg/ha of Nitrogen, 153kg/ha of Potassium, 51kg/ha of Phosphorus, 263kg/ha of Calcium and 241kg/ha of Magnesium during application, by 670mm irrigation table. Due to the nutrition potential wastewater influenced some physical fiber characteristics like length, Fineness (Micronaire Index) and CSP Count Strength Product presenting high reflectance index (78% average value) distinguishing cotton produced by what means inherent high quality according to International Textile Industry pattern. Production consequently was influenced by wastewater with cotton reaching high productivities and amount superior to 3300kg/ha of cotton seed corresponding to 1200kg/ha of cotton fiber, value above world average value (2001/2002) and performing within the five higher world productivities. Wastewater was able to substitute 180kg/ha application of Nitrogen fertilizers. Wastewater influenced soil environment from October/2002 to February/2003 and with regard to Potassium concentration increased 58% considering the average of all treatments using Nitrogen Fertilizers. Contrasting witnesses' wastewater increased for more then 100% available Sodium and regarding all average treatments fertilized with Nitrogen, it increased the soil Sodium in 79%. To other variables were not observed significant effects of wastewater use and from sanitation point of view was not possible to evaluate risks of pathogenic microorganisms' survival because soil had previous high contamination.

Key-words: Wastewater, Herbaceous Cotton, Nutrients, Soil Environment, Fiber Quality, Irrigation, Soil Sodium

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, mais de 86 milhões de pessoas nascem por ano na Terra (Cyberpl, 2003), acelerando o explosivo crescimento e a caótica urbanização de terras de cultivo, afetando a atividade agrícola e obrigando a prioridade do uso das águas superficiais para o abastecimento e a indústria (Cavallini,2002).

O setor agrícola é o maior usuário de água a nível mundial, consumindo cerca de 70 % de toda a água derivada das mais diversas fontes (rios, lagos e aquíferos subterrâneos), seguido da indústria, da produção de energia e do abastecimento doméstico que consomem, juntos, os outros 30 %. Avalia-se, pela necessidade de água dos cultivos, em termos médios, que para produzir uma tonelada de grão são utilizadas mil toneladas de água, desconsiderando-se a ineficiência dos métodos e sistemas de irrigação e o seu manejo inadequado (Paz *et al.*, 2000).

No Brasil, esta atividade consome cerca de 68 % mas, devido ao crescimento das áreas irrigadas, este valor deverá chegar a 80 % nos próximos dez anos, aumentando os conflitos de uso que hoje ocorrem na grande maioria das bacias hidrográficas brasileiras, especialmente naquelas com desenvolvimento agrícola e urbano significativo (Hespanhol, 2003a). No entanto, embora a irrigação seja vista como vilã ao consumir tanta água, sem ela imensas áreas de terras férteis hoje ocupadas por lavouras que representam o sustento de comunidades prósperas, seriam terras áridas e abandonadas (Bezerra *et al.*, 1999).

Neste cenário, a opção pelo uso de águas residuárias tratadas ou reúso de águas é muito importante e em algumas regiões pode ser uma das poucas alternativas de sobrevivência (Léon e Cavallini,1996), principalmente em áreas de escassez de água, como regiões áridas e semi-áridas, onde ela é um fator limitante para o desenvolvimento urbano, industrial e agrícola (Hespanhol, 2003a). Segundo Silva *et al.*(2000) nas capitais nordestinas o racionamento de água já limita a higiene e, na área rural, há muito tempo dificulta a atividade agrícola. Muitos são os autores que defendem o reúso de águas, entre eles Mota *et al.* (1997) que enumeram várias razões pelas quais o reúso deveria ser uma prática comum no Nordeste brasileiro, dentre as quais a liberação de água de boa qualidade para finalidades mais nobres, como o consumo humano e a possibilidade de economia significativa de fertilizantes inorgânicos com o uso agrícola dos efluentes de esgotos sanitários tratados. Além do mais, Tsutiya (2001) salienta que o reúso implica em redução de custos, sobretudo se for considerado em associações com novos projetos de sistemas de tratamento, uma vez que os

padrões de qualidade de efluentes necessários para os diversos tipos de uso, são menos restritivos que os necessários para proteção ambiental.

Um outro aspecto significativo em geral é que, os agricultores, não usam fertilizantes nas culturas do semi-árido. São considerados antieconômicos, principalmente em função do risco de falha na produção por falta de água. O fato de não usarem fertilizantes faz com que a única alternativa para a agricultura seja a itinerante, com períodos de cultivo e de pousio variáveis em função da fertilidade natural e da disponibilidade de água (Sampaio *et al.*, 1995)

Neste cenário, encontra-se a cotonicultura nordestina promovida, em sua maioria, por pequenos produtores, em pequenas propriedades e em regime familiar mas, como salientam Beltrão *et al.* (1999), com grande potencial para desenvolver e produzir um dos melhores algodões do mundo.

No Brasil, assim como no mundo, o algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) é uma das principais culturas exploradas. Para o Nordeste brasileiro, trata-se de cultura de grande importância socioeconômica, em que um enorme contingente de mão-de-obra depende, direta e indiretamente, de sua exploração (Beltrão *et al.*, 1999).

A cultura, que já chegou a ocupar uma área de aproximadamente 3,2 milhões de hectares, no início da década de 80 ocupa, atualmente, aproximadamente 172,1 mil hectares. Esta redução foi associada a prejuízos provocados pela infestação do bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman), ao alto custo dos insumos (fertilizantes, inseticidas), à falta de competitividade da agricultura familiar com a tecnificada do cerrado e à imposição climática; esta, caracterizada pela irregularidade das chuvas que, em anos de seca, não atinge 30% da altura pluvial anual média, que é inferior a 1000 mm em aproximadamente dois terços da área total da região nordestina (Silva *et al.*, 1988; Anuário Brasileiro do Algodão, 2001; 2002).

Atualmente, o algodão é cultivado de forma empresarial, com elevada tecnologia em algumas regiões nordestinas, como no cerrado do Maranhão e Bahia, podendo-se citar a região de Bom Jesus da Lapa (BA), onde é irrigado com pivô central, atingindo produtividades elevadas comparadas às do Mato Grosso, no cerrado (Anuário Brasileiro do Algodão, 2002); no entanto, esta realidade ainda é, para poucos, vista em relação ao grande volume de investimentos necessários para a sua implementação.

Diante da importância da cultura do algodão para a região do Nordeste e da atual busca de sistemas agrícolas que sejam produtivos, conservem os recursos naturais e protejam o ambiente visou-se, com este trabalho estudar a viabilidade do emprego da água residuária tratada como fonte alternativa de água e de nutrientes, no cultivo do algodão herbáceo avaliando os seus efeitos sobre o ambiente edáfico e sobre a produtividade da cultura.

2 - REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1- Uso de águas residuárias tratadas em irrigação

Na maioria das capitais nordestinas o racionamento de água limita a higiene e, na área rural, há muito tempo dificulta a atividade agrícola (Silva *et al.*, 2000). Segundo Mota *et al.* (1997) várias são razões pelas quais o reúso deveria ser uma prática comum no nordeste brasileiro:

- Constitui um suprimento de água na região, proporcionando a liberação de água de boa qualidade para outras finalidades mais nobres, como consumo humano
- Evita o lançamento de efluentes das ETEs para os corpos d'água e, com isto a eutrofização do corpo receptor
- Os esgotos contêm nutrientes que podem ser reutilizados na agricultura, diminuindo os custos com fertilizantes inorgânicos, com aumento no rendimento dos cultivos e possibilitando a ampliação da fronteira agrícola.

Muitos autores defendem o uso de efluentes tratados sobretudo em áreas de escassez de água, como regiões áridas e semi-áridas, onde a água é fator limitante para o desenvolvimento (Hespanhol, 2003a); no entanto, o problema do reúso de águas, em especial de águas residuárias domésticas, está nos riscos à saúde da população. Várias doenças de veiculação hídrica como febre tifóide, salmonelose, cólera, hepatite e poliomielite, podem ocorrer pela utilização dessas águas (Feachem *et al.*, 1983).

Na América Latina, por exemplo, existem mais de 500.000 ha de cultivos irrigados com águas residuárias mas, em sua maior parte, sem tratamento (Cavallini, 2002). Em alguns lugares os riscos são bastante elevados, como no México, onde são aproveitados na irrigação agrícola cerca de 108 m³/s de água residuária, o equivalente a 3,4 km³/ano, sendo que deste apenas 8,2 % têm algum processo de tratamento e os outros 91,8 % são aplicados sem tratamento algum em 254597 ha distribuídos em 26 distritos de irrigação (Jiménes Cisneros *et al.*, 2002). Na costa peruana existiam, até 1996, mais de 4000 ha também irrigados com água bruta (Léon & Cavallini, 1996). No entanto, há muitos casos de sucesso com o uso controlado de efluentes na irrigação agrícola, muitos dos quais como parte de planos e programas governamentais, como é o caso de Israel, onde mais de 70% do volume das águas residuárias tratadas são utilizados na irrigação, com a utilização de sistemas avançados de irrigação (EPA, 1992).

Ayers & Westcot (1999), salientam que a agricultura pode tolerar muito mais águas de baixa qualidade que a indústria e o uso doméstico, o que a torna uma opção para os problemas

relacionados com a destinação de efluentes, porém o uso na agricultura dessas águas residuais deve ser cuidadosamente planejado, para controlar, a longo prazo, os efeitos de salinidade, sodicidade, nutrientes e oligoelementos, sobre os solos e as culturas.

2.1.1- Qualidade da água para irrigação

A qualidade da água de irrigação é importante na agricultura, porque dela depende a produção agrícola, tanto nos aspectos qualitativos como nos quantitativos (Laraque, 1991), visto que ela influencia as propriedades do solo, podendo melhorar sua fertilidade, como também contribuir com sua salinização (Molle & Cadier, 1992).

Para as regiões áridas e semi-áridas, caracterizadas por baixos índices pluviométricos e intensa evaporação, assim como para a maior parte do Nordeste brasileiro, a avaliação da qualidade da água empregada na irrigação é de suma importância pelo risco dessas regiões sofrerem os processos de salinização e de sodificação, devido à acumulação gradativa de sais no solo com as irrigações sucessivas. A falta de informações relevantes sobre a qualidade da água e o manejo adequado pode levar essas áreas à improdutividade, causando enormes prejuízos socioeconômicos (Costa *et al.*, 1982; Medeiros, 1992; Gheyi *et al.*, 1999).

2.1.1.1-Problemas relacionados à qualidade da água

A qualidade da água de irrigação é definida principalmente pela quantidade total de sais dissolvidos e sua composição iônica (Richards, 1954). De acordo com Gheyi *et al.* (1999), qualquer que seja a fonte, superficial ou subterrânea, a água usada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e o tipo de sais presentes nela possam variar bastante. Os principais íons encontrados na composição da maioria das águas, são: sódio, cálcio, magnésio, cloreto, sulfato e bicarbonato, além de potássio e carbonato (Leprum, 1983). Embora estejam presentes na água em quantidades relativamente pequenas, podem exercer efeitos significativos a medida em que a água é evaporada ou consumida pelas plantas (Ayers & Westcot, 1999).

Os problemas mais comuns estão relacionados com a salinidade do solo, infiltração de água, toxicidade de íons específicos e outros problemas, tais como excesso de nutrientes, oligoelementos e contaminação microbiológica pelo uso da água residuária doméstica.

2.1.1.1.1- Salinidade

Os problemas de salinidade surgem pelo aumento de sais no solo, provenientes da água de irrigação ou do lençol freático alto, principalmente na zona radicular em concentração tal que não permite que as culturas retirem água suficiente da zona radicular, diminuindo o

potencial osmótico, levando as plantas a sofrerem déficit hídrico e redução da produção. Se a extração de água pelas raízes se reduz muito, as plantas diminuem seu crescimento e chegam a apresentar sintomas semelhantes aos provocados por estiagem (Ayers & Westcot, 1999).

2.1.1.1.2- Infiltração de água

Os problemas de infiltração ocasionados pela qualidade da água ocorrem, em geral, nos primeiros centímetros do solo, estão ligados à estabilidade estrutural do solo e ao teor de sódio em relação ao de cálcio e magnésio e ao teor total de sais. Os altos teores de sais aumentam a velocidade de infiltração em solos argilosos, pela floculação das partículas, enquanto o baixo teor de sais, ou proporção alta de sódio em relação ao cálcio e de magnésio provoca a dispersão das partículas coloidais obstruindo os poros do solo, dificultando assim a infiltração. O problema principal é o não suprimento adequado de água para as plantas e, como problemas secundários, ocasionados pela necessidade de irrigações prolongadas para assegurar infiltração suficiente de água, tem-se a formação de crostas, invasão de ervas daninhas, transtornos de nutrição, inundação da cultura e podridão de sementes (Ayers & Westcot, 1999).

2.1.1.1.3- Toxicidade de íons específicos

Os problemas de toxicidade surgem quando certos constituintes (íons) do solo ou da água são absorvidos pelas plantas e acumulados em seus tecidos em concentrações suficientemente altas para provocar transtornos no metabolismo que, dependendo da sensibilidade da cultura e das quantidades absorvidas, podem provocar desde simples queimaduras ou cloroses até diminuição da superfície fotossinteticamente ativa e, conseqüentemente, redução dos rendimentos. Os íons de maior importância são o cloreto, o sódio e o boro, que causam toxicidade mesmo em pequenas concentrações. A acumulação é mais rápida em climas quentes e secos onde as plantas transpiram mais e, em conseqüência absorvem mais (Ayers & Westcot, 1999).

2.1.1.1.4- Outros problemas

Águas ricas em nitrogênio podem causar crescimento vegetativo excessivo, maturação tardia, acamamento e má qualidade dos frutos. Altos teores de bicarbonato, gesso e ferro podem causar manchas em folhas e frutos, quando a água é aplicada por aspersão (Ayers & Westcot, 1999).

O problema sanitário deverá ser levado em consideração quando forem aplicadas águas residuárias, ou quando houver problemas de infiltração ou drenagem insuficiente (Ayers & Westcot, 1999).

A presença de sedimentos minerais e substâncias orgânicas em suspensão pode causar sérios problemas nos sistemas de irrigação, tais como entupimento dos equipamentos ou obstrução dos poros do solo, reduzindo a infiltração dos solos, já poucos permeáveis (Ayers & Westcot, 1999).

2.1.1.2- Diretrizes para interpretar a qualidade da água de irrigação

As diretrizes para se avaliar a qualidade da água de irrigação referem-se sobretudo aos efeitos a longo prazo da qualidade da água sobre a produção das culturas, nas condições de solo e manejo agrícola (Ayers & Westcot, 1999).

Segundo Gheyi *et al.* (1999), existem várias classificações de adequabilidade de água de irrigação, mas para as condições brasileiras se tem utilizado a recomendada pela FAO, a classificação proposta pela University of Califórnia Committee of Consultants (1974), divulgada por Ayers & Westcot (1991, com atualização em 1999). Essas diretrizes têm caráter prático e têm sido utilizadas para avaliar os constituintes da água superficial, subterrânea, água de drenagem, efluentes de esgotos e outras águas residuais. Baseiam-se no estudo do grau de restrição no uso de águas com problemas potenciais, tais como: salinidade, problemas de infiltração, toxicidade de íons específicos e outros problemas (Ayers & Westcot, 1999).

De acordo com Ayers & Westcot (1999), a interpretação se dá da seguinte forma: quando se utilizam águas com valores menores aos correspondentes a “nenhuma” restrição de uso da Tabela 2.1, de modo geral não se apresentam ou não se identificam problemas nas culturas ou no solo. No caso de restrição “ligeira a moderada”, exige-se cuidado gradualmente maior na seleção das culturas e das alternativas de manejo, para alcançar o potencial máximo de rendimento. A restrição “severa” implica no aparecimento de problemas no solo e nas culturas com redução nos rendimentos e na necessidade de se contar com manejo hábil e efetivo, bem como de plano de operação especificamente adaptado à qualidade da água que vai ser utilizada, para obter rendimentos aceitáveis.

Gheyi *et al.* (1999), salientam que essas diretrizes não têm mostrado resultados satisfatórios para as condições edafoclimáticas brasileiras, pois extensas áreas se têm apresentado afetadas por sais, mesmo se utilizando águas que, segundo essa classificação, seriam águas adequadas com ligeiro a moderado riscos potenciais. No Nordeste, por exemplo, cerca de 30% das áreas irrigadas dos projetos públicos estão com problemas de salinização

(Oliveira,1999; Paz *et al.*,2000). Deste modo, Gheyi *et al.* (1999), acrescentam que o desenvolvimento de um sistema de classificação de água próprio é imprescindível, visto que Tabela 2.1- Diretrizes para interpretar a qualidade da água para irrigação

Problema potencial	Unidades	Grau de restrição de uso		
		Nenhuma	Ligeira e moderada	Severa
Salinidade (afeta a disponibilidade da água para a cultura)²				
Cea	dS/m	<0,7	0,7-3,0	>3
Ou				
SDT	mg/l	<450	450-2000	>2000
Infiltração (avaliada usando CEa e RAS conjuntamente)³				
RAS= 0 – 3 e CEa=		>0,7	0,7-0,2	<0,2
RAS= 3– 6 e CEa=		>1,2	1,2-0,3	<0,3
RAS= 6– 12 e CEa=		>1,9	1,9-0,5	<0,5
RAS= 12 – 20 e CEa=		>2,9	2,9-1,3	<1,3
RAS= 20 – 40 e CEa=		>5,0	5,0-2,9	<2,9
Toxicidade de íons específicos (afeta culturas sensíveis)				
Sódio (Na⁺)⁴				
Irrigação por superfície	RAS	<3	3-9	>9
Irrigação por aspersão	meq/l	<3	>3	
Cloreto(Cl⁻)⁴				
Irrigação por superfície	meq/l	<4	4-10	>10
Irrigação por aspersão	meq/l	<3	>3	
Boro(B)	mg/l	<0,7	0,7-3,0	>3,0
Oligoelementos				
Outros (afeta culturas sensíveis)				
Nitrogênio(NO ₃ -N) ⁵	meq/l	<5	5,0-30	>30
Bicarbonato (HCO ₃)				
(apenas aspersão convencional)	meq/l	<1,5	11,5-8,5	>8,5
PH		Faixa normal: 6,5-8,4		

¹Fonte: University of Califórnia Committee of Consultants,1974

²CEa: condutividade elétrica da água medida a 25C

³Ras: relação de adsorção de sódio

⁴A maioria das culturas arbóreas e plantas lenhosas são sensíveis ao sódio e ao cloreto; no caso de irrigação por superfície, usam-se os valores indicados. Para a maioria das culturas anuais que não são sensíveis, usam-se tabelas de tolerância das culturas à salinidade

⁵NO₃-N, significa nitrogênio em forma de nitrato expresso em termos de nitrogênio elementar (no caso de análises de águas residuais devem ser incluídos NH₄⁺-N e N-orgânico)

só assim se teria um prognóstico seguro do efeito resultante da irrigação realizada com determinada água.

2.1.2- Potencial e limitações da utilização de águas residuárias na agricultura

De acordo com Glória (1992) é devido à composição dos esgotos sanitários que o seu uso revela, simultaneamente, potencialidades e limitações, sobretudo na agricultura.

Léon & Cavallini (1996) e Souza & Leite (2002), concordam que o grande potencial está na disponibilidade contínua de nutrientes, principalmente nitrogênio, fósforo e potássio, e na grande quantidade de esgotos gerada próximos dos centros urbanos e em condição de ser usada após tratada nos cinturões agrícolas localizados nas proximidades das cidades. Para Mendonça (2000) as limitações estão nas concentrações de microrganismos patogênicos, na possível presença de metais pesados, nos sólidos inorgânicos dissolvidos e em compostos não biodegradáveis.

2.1.2.1- Potencial fertilizante

Pela composição típica dos esgotos sanitários apresentada por Metcalf & Eddy (1991), nutrientes como nitrogênio e fósforo são encontrados em concentrações que variam de 20 a 85 mg/l para o nitrogênio(total) e de 4 a 15 mg/l para o fósforo (total).

Bastos (1999), afirma que esses teores de macro e também de micronutrientes são suficientes para atender à demanda da maioria das culturas, e com a sua utilização na irrigação agrícola é possível se obter ótima produtividade com uma economia significativa de fertilizantes inorgânicos.

2.1.2.2- Problemas relacionados às características físico-químicas das águas residuárias

Segundo Paganini (1997, 2003), os principais constituintes dos esgotos sanitários que provocam restrições ao uso de águas residuárias na agricultura, por significarem riscos potenciais aos solo e culturas, são: alto teor total de sais, íons específicos como sódio, cloretos e boro, excesso de nutrientes e oligoelementos. As concentrações na água desses constituintes dependem, entre outros fatores, do tipo de esgoto, da parcela de contribuição de efluentes industriais e dos processos de tratamento empregados na recuperação de água (Blum, 2003).

O alto teor total de sais em solução, teor de íons tóxicos e concentração relativa de sódio na água residuária podem provocar prejuízo às plantações irrigadas (salinidade excessiva e toxicidade) e problemas de permeabilidade do solo (Léon & Cavallini, 1996; Von Sperling, 1996; Ayers&Westcot, 1999; Mendonça, 2000).

A preocupação com o nível de metais pesados no solo, segundo Glória (1992), advém da capacidade de retenção dos mesmos pelo solo, de sua movimentação no perfil do solo com possibilidade de atingir o lençol freático e da sua biodisponibilidade para os diferentes vegetais. Para Paganini (2003), a biodisponibilidade, constitui um sério risco à saúde humana, na medida em que é introduzido na cadeia alimentar pelo consumo de vegetais, carnes ou água contaminada. Entretanto, Blum (2003) enfatiza que a presença de metais nos esgotos sanitários só ocorrerá devido a contribuições de efluentes oriundos de indústrias.

Outro aspecto da utilização da água residuária é a presença de elementos traço ou oligoelementos; normalmente, estão presentes em todas as águas, em concentrações baixas, mas nas águas residuárias se encontram em níveis que se podem tornar potencialmente tóxicos às plantas por se acumularem nos tecidos e no solo. Segundo Ayers & Westcot (1999), estudos recentes sobre o uso de águas residuárias têm indicado que 85% dos oligoelementos aplicados se acumulam no solo e que sua maioria se encontra nos primeiros centímetros e a absorção desses elementos pelas plantas é tão pequena que não se pode esperar que reduza apreciavelmente sua acumulação nos solos, num tempo razoável.

Além desses o boro, nutriente essencial para o crescimento de plantas pode, quando se acumula no solo chegar a níveis tóxicos e prejudicar o desenvolvimento das culturas (Reichardt, 1990), afetando a superfície fotossintética da folhagem. Em concentrações menores que 0,5 ppm de boro na água de irrigação, estas são consideradas seguras mas valores da ordem de 3 a 4 ppm já são tóxicos para a maioria das culturas (Ayers & Westcot, 1999).

O nitrogênio é outro nutriente presente nas águas residuárias em nível considerável e que pode afetar substancialmente a produtividade de culturas sensíveis, como frutas e grãos (Léon & Cavallini, 1996). Segundo Ayers & Westcot (1999), culturas sensíveis são afetadas por concentrações superiores a 5 mg/L, enquanto a maior parte das culturas não é afetada até que as concentrações excedam 30 mg/L.

Nas águas residuárias domésticas os níveis deste elemento são altos (Metcalf & Eddy, 1991), com efeito para as plantas semelhante ao aplicado com os fertilizantes químicos, podendo a aplicação de quantidades excessivas com a irrigação promover o crescimento vegetativo da planta em detrimento ao seu desenvolvimento, prolongando o ciclo e aumentando a suscetibilidade da cultura às pragas e doenças (Léon & Cavallini, 1996; Souza *et al*, 1999).

2.1.2.3- Aspectos sanitários

A principal limitação do uso agrícola dos esgotos sanitários refere-se à sua qualidade microbiológica, pois pode veicular os mais variados microrganismos patogênicos, como vírus, bactérias, protozoários e helmintos (Tsutiya, 2001), responsáveis por muitas enfermidades de ordem microbiológica e parasitológica, como cólera, hepatite, meningite, encefalite, diarreias e gastroenterites, amebíase e helmintíase (Mara, 1976; WHO, 1989; van Haandel & Lettinga, 1994; Ceballos, 2000).

A informação disponível indica que quase todos os microrganismos patogênicos sobrevivem no ambiente em tempo suficiente para representarem riscos à saúde, em particular aqueles patógenos cujo período de sobrevivência excede os ciclos de crescimento das culturas, como ocorre com algumas verduras, pondo em perigo a saúde das pessoas que manipulam e consomem esses produtos (Feachem *et al.*, 1983; Cairncross, 1992; Léon & Cavallini, 1996).

De acordo com a WHO (1989), em função da frequência de infecção ou enfermidade os maiores riscos sanitários relativos à utilização de excretas e de águas residuárias sem tratamento na irrigação de culturas, se devem aos nematóides intestinais (*Ascaris* spp, *Trichuris* spp e *Ancilostoma* spp) e as bactérias intestinais e com os vírus constituindo pouco ou nenhum risco.

2.1.2.3.1- Métodos de tratamento

Dentre todos os tratamentos biológicos de água residuária, o método por lagoas de estabilização é considerado o mais simples e o mais adequado para regiões tropicais e em desenvolvimento (Silva & Mara, 1979; Silva, 1982, von Sperling, 1996; Mendonça, 2000), por requerer apenas 20 % dos investimentos e 10 % dos custos de operação que outras tecnologias demandam (Cavallini, 2002). Como em outros processos convencionais de tratamento, os sólidos e sais dissolvidos praticamente não são removidos (Metcalf & Eddy, 1991); entretanto, podem alcançar alta eficiência na remoção de microrganismos patogênicos e ovos de nematóides, quando bem dimensionadas e operadas (Mendonça, 2000), possibilitando o uso de seu efluente em qualquer atividade agropecuária (Léon & Cavallini, 1996).

Bastos (2002), por outro lado, salienta que é possível se fazer uso de efluentes de séries de lagoas, tanto para a irrigação restrita como para a irrestrita, adequando-se a seleção de culturas à qualidade microbiológica e aos variados teores de nutrientes possíveis de serem obtidos em cada lagoa. Esta flexibilidade do sistema possibilita a otimização e o planejamento

integrado de sistemas de tratamento em lagoas de estabilização e a aplicação produtiva na agricultura.

2.1.2.3.2- Normas e critérios de qualidade de efluentes para irrigação

De acordo com Tsutiya (2001), para o uso agrícola dos efluentes de ETEs são geralmente utilizados, na maioria dos países, as diretrizes da Organização Mundial de saúde (OMS), os padrões de qualidade do Estado da Califórnia e as diretrizes recomendadas pela agência de Meio Ambiente dos Estados Unidos, a EPA (Environmental Protection Agency), tendo essas diretrizes, desde a sua publicação, servido de referência e adotadas como normas em diversos países, seja como meras cópias ou adaptadas às particularidades locais.

Segundo Hespanhol (2003), a legislação Estadual da Califórnia (EUA) é tida como uma das mais completas e abrangentes entre as que são utilizadas atualmente. As normas e os padrões, baseados nos critérios da Califórnia (EUA), que preconizam a utilização de efluentes para irrigação irrestrita, apresentam qualidade microbiológica próxima dos padrões de potabilidade de água e se encontram justificados na teoria de “risco nulo”, que tem como finalidade obter a ausência de microrganismo patogênicos no meio. Esses padrões permitem somente 23 CT/100ml ou 2,2 CF/100ml, segundo a cultura irrigada e o método de irrigação utilizado (Leon & Cavallini, 1996).

Os critérios recomendados pela Organização Mundial de Saúde em 1989, foram desenvolvidos a partir de modelos teóricos e evidências epidemiológicas, além de informações então disponíveis sobre a remoção de patógenos, principalmente por meio de lagoas de estabilização. Os estudos epidemiológicos e microbiológicos foram desenvolvidos em países em desenvolvimento que, em sua maioria, apresentam a predominância de helmintíase em relação às outras enfermidades e, assim, juntamente com o padrão bacteriológico (<1000 CF/100ml) adotado, que é bem mais flexível que o baseado nos critérios da Califórnia (EUA), a OMS prescreveu também um padrão parasitológico (<1 ovo de helmintos/l), buscando praticamente a ausência de parasitas nos efluentes (WHO, 1989; Léon & Cavallini, 1996; Bastos, 2002; Hespanhol, 2003). Na Tabela 2.2 estão as diretrizes sanitárias da WHO(1989) para o uso de esgotos tratados na agricultura.

De acordo com Bastos (2002), desde a publicação das recomendações da OMS, em 1989, diversos são os estudos que vêm sendo conduzidos no sentido de se avaliar os riscos potenciais e reais à saúde, associados à utilização de esgotos sanitários na agricultura, dentre os quais, estão as observações sugeridas por Blumental *et al.* (2000) que se encontram na Tabela 2.3.

Tabela 2.2 - Diretrizes recomendadas pela OMS para a qualidade microbiológica das águas residuárias tratadas utilizadas na agricultura¹

Categoria	Condições de aproveitamento	Grupo exposto	Nematóides intestinais ² (média aritmética) (ovo/L) ³	Coliformes fecais (média geométrica) (NMP/100mL)	Tratamento requerido (para se obter a qualidade microbiológica exigida)
A	Irrigação de culturas consumidas cruas; campos esportivos; jardins públicos.	Trabalhadores, consumidores, público.	≤1	≤1000 ⁴	Série de lagoas de estabilização que permitem obter a qualidade microbiológica indicada ou tratamento equivalente
B	Irrigação de culturas de cereais, indústrias e forrageiras, prados e árvores ⁵	Trabalhadores	< 1	Não se recomenda nenhuma norma	Detenção em lagoas de por 8 a 10 dias que permitem obter a qualidade microbiológica indicada ou tratamento equivalente
C	Irrigação localizada na categoria B, quando nem os trabalhadores nem o público estão expostos.	Ninguém	Não se aplica	Não se aplica	Tratamento prévio segundo necessidade da tecnologia de irrigação, porém não menos que sedimentação primária.

¹Em casos específicos, deve-se considerar os fatores epidemiológicos, socioculturais de cada região e modificar os padrões de acordo com sua exigência

²Espécies Ascaris e trichuris e Ancilostomas.

³Durante o período de irrigação

⁴Convém estabelecer uma diretriz mais restrita (<200 CF/100) ml para prado público, como os hotéis, nos quais o público pode entrar em contato direto

⁵No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes da colheita da fruta e esta não deve ser colocada na superfície do solo. Não é conveniente irrigar por aspersão

Tabela 2.3 :Recomendações para revisão das diretrizes da OMS para a qualidade microbiológica das águas residuárias tratadas utilizadas na agricultura ^a

Categoria	Condições de aproveitamento	Grupo exposto	Técnicas de irrigação	Nematóides intestinais ² (média aritmética) (ovos/L) ³	Coliformes fecais (média geométrica) (NMP/100 mL)	Tratamento requerido (para se obter a qualidade microbiológica exigida)
A	Irrigação irrestrita A1 para culturas consumidas cruas; campos esportivos; jardins públicos.	Trabalhadores, consumidores, público.		≤0.1	≤10 ³	Série de lagoas de estabilização que permitem obter a qualidade microbiológica indicada ou tratamento equivalente.(ex. tratamento convencional secundário acrescido de lagoa de polimento ou filtração e desinfecção)
B	Irrigação de culturas de cereais, indústrias e forrageiras, prados e árvores ⁵	B1 trabalhadores (mas não criança < 15 anos), comunidade próxima.	aspersão	≤ 1	≤10 ⁵	Detenção em lagoas de estabilização incluindo uma lagoa de maturação ou o tratamento equivalente. (ex. tratamento convencional secundário acrescido de lagoa de polimento ou filtração).
		B2 assim como B1	Inundação ou sulcos	≤ 1	≤ 10 ³	Como categoria A
		B3 trabalhadores (incluindo criança < 15 anos), comunidade próxima.		≤ 0.1	≤ 10 ³	Como categoria A
C	Irrigação localizada na categoria B, quando nem os trabalhadores nem o público estão expostos.	ninguém	Gotejamento	Não se aplica	Não se aplica	Tratamento prévio segundo necessidade da tecnologia de irrigação, porém não menos que sedimentação primária.

¹Em casos específicos, deve-se considerar os fatores epidemiológicos, socioculturais de cada região e modificar os padrões de acordo com sua exigência

²Espécies Ascaris e trichuris e Ancilostomas,o limite é também estendido para proteger os riscos de protozoários parasitas

³Durante o período de irrigação

⁴Convém estabelecer uma diretriz mais restrita (<200 CF/100) ml para prado público, como os hotéis, nos quais o público pode entrar em contato direto

⁵No caso de árvores frutíferas, a irrigação deve cessar duas semanas antes da colheita da fruta e esta não deve ser colocada na superfície do solo. Não é conveniente irrigar por

2.2 – A CULTURA DO ALGODÃO HERBÁCEO

O algodoeiro herbáceo ou anual é uma planta de grande complexidade morfológica, com crescimento indeterminado; possui estrutura organográfica singular com dois tipos de ramificação, ramos frutíferos e vegetativos e dois tipos de folhas, do fruto e do ramo (Beltrão & Souza, 1999).

De origem tropical e subtropical, o algodoeiro necessita, para externar boa produtividade e fibra de alta qualidade, de dias ensolarados com menos de 30 % de nebulosidade, temperatura média do ar acima de 20 °C, umidade relativa do ar média em torno de 60 %, inexistência de inversão térmica e de precipitações pluviais entre 500 e 1800 mm. As chuvas devem ser bem distribuídas e regulares nos períodos de floração, crescimento e desenvolvimento dos frutos, com maior intensidade de radiação solar e escassez hídrica na colheita, pois a energia solar é um dos componentes principais para a abertura dos frutos, ao lado do etileno, hormônio e agente químico para abertura dos frutos (Beltrão & Azevedo, 1993; Amorim Neto *et al.*, 1998). Segundo Silva *et al.* (1995), estima-se que para uma produtividade de 2500 kg/ha, a cultura chega a absorver cerca de 700 mm de água, regularmente distribuídos segundo seu estágio de desenvolvimento.

As plantas do algodoeiro herbáceo são exigentes no que se refere ao solo, preferindo os bem drenados e de boa fertilidade; mas, por ser uma cultura de ampla adaptação, pode ser cultivada em diversos tipos de solo de características adversas e menos férteis, desde de que sejam feitas correções que atendam às suas necessidades básicas (Medeiros *et al.*, 1999). São tolerantes à salinidade; no entanto, durante a fase de germinação e estágio de plântula apresentam-se pouco tolerantes, tendo a germinação retardada ou até mesmo inibida, tal qual o seu crescimento inicial (Ayers & Westcot, 1991; Souza & Beltrão, 1999). São sensíveis ao estresse anoxítico e hídrico e, dependendo do tempo de duração e do estágio fenológico em que se encontram, poderão sofrer decréscimo no crescimento radicular, na absorção dos nutrientes, redução do metabolismo com influência sobre o crescimento e desenvolvimento da planta, além de decréscimo no rendimento (Souza *et al.*, 1997; Souza & Beltrão, 1999).

2.2.1 – Exigências nutricionais

Como destacam Carvalho *et al.* (1999), embora o algodoeiro seja considerado uma planta moderadamente exigente em nutrientes e não esgotante do solo, comparado ao que é extraído por outras culturas de importância econômica, a adubação praticada em seu

cultivo tem sido superior ao que é retirado por ele do solo, chegando a prática de adubação e de calagem (correção de solos ácidos) a representar cerca de 25% das despesas gerais da cultura.

Segundo Silva *et al.* (1995), estima-se que, com a colheita de uma tonelada de produto, somente abandonam o terreno via torta, casca de sementes e outros resíduos, cerca de 21; 8 e 20 kg de N, P₂O₅ e K₂O, respectivamente. Desta forma, para uma colheita de 2 t de algodão em caroço/ha estariam sendo exportados próximo de 42, 16 e 40kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O; Entretanto, Staut & Kurihara (2001), mostram que esses valores são bem diferentes (Tabela 2.4).

Tabela 2.4 – Quantidade de nutrientes extraídos, exportados e retornados ao solo pelo algodoeiro, com uma população de 88800 plantas e produtividade de 2500 kg/ha

	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	Ca	Mg	S	Mn	Cu	Fe	Zn
	kg/ha						g/ha			
Extraído	212	32	118	44	19	10	131	41	1475	155
Exportado	152	21	35	05	10	06	26	22	189	111
Retornado	60	11	83	39	09	04	105	19	1286	44

Fonte: Staut (1996), citado por Staut & Kurihara (2001)

Silva *et al.* (1995) e Carvalho *et al.* (1999) explicam que essa diferença ocorre principalmente pela destruição dos restos culturais no controle de doenças e de população remanescente de pragas e pela exposição do solo à erosão pelo manejo cultural, uma vez que a cultura é sensível às plantas daninhas.

2.2.2- Marcha de absorção de nutrientes

As plantas obtêm os nutrientes de que necessitam através da absorção pelas raízes dos elementos existentes no solo. A absorção desses nutrientes se dá por três processos: por interceptação radicular, fluxo de massa e difusão. Ao se desenvolver, sistema radicular encontra os nutrientes que podem ser absorvidos pelo processo de interceptação radicular. A água do solo está constantemente sendo absorvida para atender às necessidades das plantas e, nesse processo, os nutrientes contidos em solução são absorvidos pelo processo de fluxo de massa. Finalmente, por causa da absorção de nutrientes cria-se um gradiente de concentração na solução do solo próximo à superfície da raiz, com teores mais baixos próximos e mais altos distantes delas, ocasionando o movimento por difusão dos nutrientes da superfície do solo para a raiz, porém a absorção dos nutrientes da solução do solo dependerá, antes de qualquer coisa, de sua disponibilidade. A disponibilidade de um nutriente em determinada condição depende, além das formas químicas em que o mesmo

se encontra no solo, da capacidade de absorção da cultura, do desenvolvimento do sistema radicular, do tempo de crescimento e de condições climáticas e da disponibilidade dos outros nutrientes (Raij, 1991).

Segundo Vivancos (1989), a marcha de absorção de nutrientes no algodoeiro é bastante similar à formação de matéria seca, coincidindo com a intensificação da demanda de nutrientes a partir da época do aparecimento dos primeiros botões florais até a formação das primeiras cápsulas, reduzindo-se proporcionalmente durante o período de maturação. A variação na extração desses elementos é função da variedade, do clima, da capacidade produtiva e da fertilidade do solo.

Frye & Kairuz (1990) destacam que há no algodoeiro, durante a fase de estabelecimento das plantas, maior absorção de fósforo, magnésio, enxofre e ferro. Na fase dos primeiros botões florais e formação das primeiras flores, o nitrogênio, o potássio, o cálcio e o enxofre são absorvidos com maior intensidade; já na fase de floração plena e de formação das primeiras maçãs, ocorre maior absorção de nitrogênio, fósforo, potássio e cálcio, enquanto durante o período de maturação e abertura dos primeiros capulhos o fósforo, o potássio, o magnésio e o ferro são elementos absorvidos com maior intensidade, o que explica a necessidade de parcelamento da adubação (Silva, 1999).

Silva (1999) observou, em estudo com solução nutritiva, que a fase de máxima absorção do nitrogênio pelo algodoeiro, ocorre aos 30 e 40 dae (dias após a emergência da plântula) e está estreitamente ligada à presença e à disponibilidade de potássio e fósforo. Frye & Kairuz (1990) ressaltam que nutrientes como fósforo, cálcio, potássio e magnésio são limitantes para o algodoeiro, mas os efeitos da adubação nos aumentos de rendimento se devem, principalmente pela ação do nitrogênio e pela ação conjunta de NK, NPK ou NP.

Por se tratar de elemento afetado por uma dinâmica complexa e que não deixa efeitos diretos das adubações, o manejo adequado da adubação nitrogenada é um dos mais difíceis, pois a sua dinâmica é influenciada pela disponibilidade de resíduos orgânicos, pela relação C/N do solo e dos resíduos, umidade do solo e pelo pH (Raij, 1991 e 1995). De acordo com Berton (1992), mesmo com um bom manejo, de maneira geral dificilmente a eficiência da adubação nitrogenada ultrapassa 50%, possivelmente pelas perdas consideráveis desse nutriente que deixam a zona explorada pelas raízes, por processos de lixiviação, volatilização e escoamento superficial.

Para amenizar as perdas, Messias *et al.* (1998), aconselham que a quantidade total de nitrogênio adicionada com os fertilizantes seja aplicada de forma fracionada, a fim de

que a planta possa encontrar, no solo, o nitrogênio de que necessita, nos períodos críticos do seu ciclo vital. Segundo Silva (1999), no manejo cultural do algodão, tanto em condições irrigadas como de sequeiro, a adição de nitrogênio químico é normalmente parcelada, aplicando-se um terço por ocasião da semeadura e dois terços restantes entre 30 e 35 dae.

2.2.3- Influência da adubação nitrogenada e de outros nutrientes no comportamento do algodoeiro

2.2.3.1- Nitrogênio

O nitrogênio é o nutriente que o algodoeiro retira do solo em maior quantidade. É fundamental no desenvolvimento da planta, sobretudo dos órgãos vegetativos (Staut & Kurihara, 2001).

Como elemento básico para o desenvolvimento, o nitrogênio influi na produção do algodoeiro (Passos, 1980), embora seus efeitos estejam relacionados à disponibilidade de fósforo e de potássio no solo (Sabino *et al.*, 1976; Passos, 1980). Por exemplo, Silva *et al.* (1974) e Sabino *et al.* (1976) estudando um grupo de solos ricos em potássio, observaram que a adubação nitrogenada melhorou características físicas da fibra como comprimento, resistência e uniformidade.

Malavolta *et al.* (1974), afirmam que o suprimento de nitrogênio condiciona o número e o comprimento dos ramos vegetativos e produtivos e a quantidade de folhas e frutos. Tucker & Tucker (1968), comentam que condições de deficiência de nitrogênio causam redução na velocidade de floração e na duração do florescimento mais intenso, nos períodos iniciais de crescimento reduz o tamanho da planta e o número de possíveis sítios florais. Por outro lado, em quantidade excessiva estimula o crescimento vegetativo com prolongamento do ciclo do algodoeiro (Silva, 1995). De acordo com Frye & Kairuz (1990) o excesso de nitrogênio produz plantas vigorosas, porém com pouca frutificação e abertura tardia e irregular dos capulhos.

2.2.3.2- Fósforo

O fósforo exerce importante papel no crescimento inicial da raiz e, em consequência, sobre a implantação, o enraizamento, o vigor da planta e a precocidade da cultura. Influencia a formação de fibras maduras e eleva a produtividade do algodoeiro (Vivancos, 1989).

Conforme a Fundação Mato Grosso... (1997), o efeito direto desse nutriente sobre o tamanho do capulho, o peso de semente, a porcentagem de línter e sobre o comprimento da fibra, parece ser pequeno ou nulo, embora indiretamente participe das reações de transferência de energia metabólica, envolvida em todos esses processos. Segundo Rodrigues & Carnero (1991), o fósforo faz com que os capulhos tenham maior tamanho e sejam mais pesados, além de favorecer a abertura dos capulhos.

2.2.3.3- Potássio

Ainda é pouco conhecida a ação do potássio (Passos, 1980) mas, segundo Malavolta *et al.* (1967), Frye & Kairuz (1990) e Vivancos (1989), este elemento tem grande influência sobre a altura das plantas e o tamanho dos capulhos, além de estimular a floração; é também muito eficaz no aumento da resistência a pragas e doenças, atuando na produtividade e na qualidade da fibra do algodoeiro. No entanto, Malavolta (1982), aponta fatores como baixa temperatura no solo, limitada difusão de oxigênio no terreno, falta de umidade e altas relações Ca^{+2}/K^{+} ou Mg^{+2}/K^{+} , influenciando na diminuição de sua absorção e acrescenta, ainda, que é possível que altas concentrações de Na^{+} e NH_4^{+} no substrato possam diminuir a absorção do K^{+} , a ponto de induzir o aparecimento de sintomas de deficiência.

2.2.4- A fibra do algodão

A fibra de algodão é, entre as fibras naturais, a mais consumida pela indústria têxtil nacional e internacional em razão de suas características físicas: comprimento, uniformidade de comprimento, finura, maturidade, resistência, alongamento, cor, brilho e sedosidade, as quais se transferem para o fio, tecido e confecção, dando-lhes diversidade de aplicação e beleza e sensação de bem-estar a quem as usa (Santana *et al.*, 1999).

De acordo com Correa (1965), a fibra do algodão desenvolve-se a partir da fecundação da flor, na epiderme na parede mais externa da semente e se origina de uma única célula. A formação da fibra do algodão é o resultado de um complexo processo biológico, desencadeado desde o florescimento até a abertura dos capulhos, durante um período variável de 50 a 75 dias, depois dos quais se obtém a fibra. Esse complexo processo é constituído pelas fases de alongamento das células, de deposição de celulose e de abertura dos frutos ou maçãs (Griddi-Papp *et al.*, 1992)

2.2.4.1- Características físicas da fibra

As propriedades físicas da fibra determinam a sua qualidade ou valor tecnológico (Griddi-Papp *et al.*, 1992). De acordo com Santana & Wanderley (1995) e Santana *et al.* (1999), as características mais importantes para a indústria têxtil e avaliadas internacionalmente são:

2.2.4.1.1- Índice micronaire (finura em $\mu\text{g/pol}$)

Destina-se a medir o diâmetro externo da fibra ou a área da seção transversal da fibra ou, ainda a massa por unidade de comprimento (título da fibra) e representa, atualmente um conjunto de todos esses fatores, aliado à sua maturidade. Essa característica tem influência direta na formação de “neps” no processo da abertura e de cardagem. Fibras finas tendem a formar mais “neps” que as grossas, produzem fios mais resistentes, devido ao maior número de fibras da seção do fio, mas produzem fios com maiores problemas de afinidade tintorial e com maior quantidade de “neps”. Fibras finas produzem fios mais uniformes com relação à ruptura na fiação.

A classificação para o micronaire segundo Santana & Wanderley (1995), é a seguinte: muito fina (abaixo de 3,0), fina (3,0 a 3,9), média (4,0 a 4,9), grossa (5,0 a 5,9) e muito grossa (acima de 6,0).

2.2.4.1.2- Resistência

A resistência das fibras é definida pela parede secundária, ou seja, pela quantidade de celulose depositada no interior da fibra e tem, na classificação, relação direta com a resistência do fio e o andamento do fio na fiação. É obtida pela medição da força requerida para romper uma amostra de fibra (gf/tex). A classificação para resistência, segundo Lima & Nabas (1997), é a seguinte: Muito fraca (abaixo de 22 gf/tex), fraca (23 a 26), média (27 a 30), forte (31 a 33) e muito forte (acima de 34).

2.2.4.1.3- Alongamento

É o comprimento médio da distância em que as fibras se distendem antes da ruptura. A classificação para alongamento, conforme Santana & Wanderley (1995) é: muito baixo (abaixo de 5 %), baixo (5,0 a 5,8 %), médio (5,9 a 6,7 %), muito alto (acima de 7,6 %).

2.2.4.1.4- Comprimento a 2,5% SL (Span Length) e a 50% SL

É o comprimento médio que atinge, respectivamente, 2,5 % e 50 % das fibras distribuídas ao acaso, em um pente ou pinça especial. Exerce influência sobre o título e a

aparência do fio obtido e é um fator importante na obtenção de fio resistente, determinando os ajustamentos e detalhes de construção das máquinas utilizadas na fiação.

2.2.4.1.5- Uniformidade de comprimento ou relação de uniformidade (UR)

É a relação existente entre os 50 % SL para os 2,5 % SL, representando uma medida de irregularidade do comprimento das fibras dentro de uma população e indica a presença, em maior ou menor percentagem, de fibras mais curtas no material. Baixa uniformidade prejudica a tenacidade, regularidade e aparência do fio e aumenta o desperdício nas máquinas de beneficiamento e no equipamento industrial. Uma fibra de boa qualidade para a fiação e que assegure um bom rendimento para as máquinas, deve apresentar UR = 45 %. A classificação segundo Santana & Wanderley (1995), para esta característica é: muito irregular (valor abaixo de 41 %), irregular (41 a 42 %), média (43 a 45 %), uniforme (45 a 46 %), muito uniforme (acima de 46 %).

2.2.4.1.6- Índice de fibras curtas

É a proporção em percentagem de fibras curtas (pelo peso) com comprimento inferior a 12,7 mm contida em uma amostra de fibra. A classificação, segundo a Fundação Blumenauense de Estudos Têxteis (s.d.), é a seguinte: muito baixo (valor abaixo de 6 %), baixo (entre 6 e 9 %), regular (entre 10 e 13 %), alto (entre 14 e 17 %) e muito alto (acima de 17 %). A classificação do índice de fiabilidade no HVI* é: muito baixa (abaixo de 1750), baixa (1750 a 2000), média (2000 a 2250), alta (2250 a 2500) e muito alta (acima de 2500).

2.2.4.1.7- Reflectância (Rd)

É a quantidade de luz refletida de um objeto. É medida sobre uma escala preta e branca, que varia de 0 a 100 unidades de Rd. A fibra do algodão varia de 40 a 85 Rd. Altos valores de Rd indicam fibras mais claras.

2.2.4.1.8- Grau de amarelecimento (+b)

É parte da escala de "Hunter" que indica o amarelecimento da fibra, essa escala é uma tecnologia desenvolvida por "Nickerson-Hunter", nos Estados Unidos da América do Norte para classificação e que foi posteriormente, adaptada ao sistema HVI. Para o algodão, o grau de amarelecimento na escala de "Hunter" varia de 4 a 18 e os valores de

* HVI é uma combinação de aparelhos de medição usados para acessar quantitativamente as características físicas das fibras de algodão, que podem fornecer informações mais rapidamente e em maior quantidade e com tanta precisão quanto as classificações e ensaios laboratoriais (Luna, 1994).

+b e Rd plotados em um diagrama de graus de cor, fornecem a classificação do algodão, informando a cor e o tipo. Por exemplo, no diagrama, o algodão de código 11 corresponde ao algodão branco normal e do tipo 3 a $\frac{3}{4}$.

2.2.5- Fatores que influenciam as características da fibra

As características tecnológicas da fibra, apesar de serem condicionadas por fatores hereditários, sofrem decisiva influência dos fatores ambientais, conforme situações de cultivo, como as condições climáticas, fertilidade do solo, incidência de pragas e o aparecimento de doenças (Kondo & Sabino, s.d).

2.2.5.1- Condições climáticas

As condições climáticas podem prejudicar e retardar a formação e a maturação da fibra. A fase crítica abrange o auge do florescimento à colheita. A temperatura e a luminosidade influem decisivamente na quantidade de celulose depositada, que se associa ao grau de maturação da fibra de algodão. No geral, dias chuvosos e encobertos consecutivos e temperatura abaixo de 20 °C retardam a deposição de celulose e dificultam a desidratação gradual da casca da maçã, que, aliada à expansão da massa de fibras e ao aumento da pressão interna, provocam a abertura do fruto, constituindo a que se denomina capulho (Gridi-Papp *et al.*, 1992; Santana *et al.*, 1999).

2.2.5.2- Fertilidade do solo

Solos com problemas de nutrição prejudicam a boa formação, tanto da fibra como da semente, tendo-se observado efeitos marcantes da calagem quando associada à adubação mineral. Por exemplo, em solos deficientes em fósforo, a adubação fosfatada tende a aumentar o comprimento da fibra e a carência de potássio causa desuniformidade no comprimento e diminui a quantidade de celulose depositada na parede da fibra, tornando-a imatura. A maturidade influi diretamente na maioria das características da fibra e do fio (Gridi-Papp *et al.*, 1992; Santana *et al.*, 1999).

2.2.5.3- Pragas

As pragas não controladas infestam os algodoais durante o florescimento, provocam má formação e abertura prematura dos capulhos e fazem com que as fibras obtidas sejam de qualidade inferior à requerida pela indústria têxtil. Na literatura, as mais perigosas são os ácaros e o curuquerê, embora a lagarta da maçã e a lagarta rosada

provoquem maior incidência de fungos nas maçãs e manchas nas fibras, o que também deprecia o produto (Gridi-Papp *et al.*, 1992; Santana *et al.*, 1999).

2.2.5.4- Plantas daninhas

A falta de um manejo cultural eficiente, a ocorrência de plantas daninhas impede a boa formação da fibra, com prejuízos na sua finura, maturidade, uniformidade do comprimento e resistência, além de provocar redução do rendimento da planta do algodão.

2.2.5.5- Época de plantio

A época do plantio determina todas as fases da cultura, inclusive a data da colheita. Plantando na época recomendada, o agricultor situa, automaticamente, o seu algodão no período do ano mais adequado para garantir condições favoráveis à obtenção de fibras bem formadas e de boa qualidade.

2.2.6- Origem e características da cultivar BRS 187 8H

As características descritas a seguir foram obtidas junto ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (EMBRAPA, 1999a).

A BRS 187 8H, é uma cultivar de algodoeiro herbáceo desenvolvida para as condições do Nordeste. Originária do cruzamento entre a linhagem resistente à broca da raiz e de alta produtividade (CNPA 77/105) que, por sua vez, descende da cultivar SU 0450/8909, com a linhagem D₃-79, de origem americana. Após os cruzamentos nas gerações segregantes, várias seleções foram efetuadas, surgindo a linhagem CNPA 86-1190-5, que deu origem à BRS 187 8H.

Esta cultivar é um material de ciclo e portes intermediários, com plantas apresentando de 0,90 a 1,00 m de altura, com pilosidade no caule e pouca pilosidade na folha, cor do caule arroxeadada, folhas com 5 lóbulos e com recorte normal e presença de 1 nectário na nervura principal da folha, brácteas com 12 a 13 dentes, inserção do primeiro ramo frutífero na altura do 5º ao 6º nó e de 10 a 15 ramos frutíferos, capulhos com 4 a 5 lojas, fibra branca clara e com boa retenção de cápsula e capulhos com tamanhos intermediários com peso médio de 6,5g.

O início do florescimento ocorre entre 40 e 45 dias após a emergência da plântula e o ciclo até a colheita é de 120 a 130 dias, em condições de sequeiro, no Nordeste brasileiro; apresenta resistência à virose (doença azul) e alternaria. Possui tolerância a ramulária e bacteriose, mas é susceptível à ramulose nas condições do cerrado do Centro-Oeste.

Na Tabela 2.5 encontram-se as principais características físicas de fibra e de produção e uma análise comparativa da cultivar BRS 187 8H com outras cultivares, cujos resultados são médias de 57 ensaios conduzidos nos principais municípios produtores do Brasil, nas safras de 1994 até 1999 (EMBRAPA, 1999a).

Tabela 2.5 – Principais características físicas da fibra e de produção e análise comparativa da Cultivar BRS 187 8H com outras cultivares de algodão herbáceo

Características ^a	BRS	IAC	IAC	CNPA
	187 8H	22	20	7H
Rendimento (kg/ha) ^b	2120	1714	1834	1888
Rendimento (%)	124	100	116	112
Altura média (cm)	100	104	100	100
Peso médio de capulho (g)	6,5	6,6	7,1	6,7
Peso médio de 100 sementes	11,8	11,9	12,6	12,5
Percentagem média de fibra (%)	38,7	38,7	39,3	39,0
Comprimento S. L. 2,5% (mm)	28,1	27,4	27,4	29,3
Uniformidade de comprimento (%)	50,4	47,5	74,4	53,2
Resistência HVI (gf/tex)*	24,2	24,6	23,1	23,3
Finura (índice Micronaire)	4,5	4,2	4,5	3,8
Elongação (%)	7,0	6,1	6,2	6,0
Maturidade	63,9	-	63,0	62,0
Fiabilidade	2212	-	-	-
Análises do Fio Singelo Título 27 tex				
Resistência (cN/tex)	14,4	-	-	-
Elongação (%)	5,3	-	-	-
Análises da Resistência a doenças** (notas de 1 a 5)				
Alternaria (nota) ^c	1,3	-	-	2,0
Virose (nota) ^c	1,2	-	-	1,5
Bacteriose (nota) ^c	2,1	-	-	2,6
Ramularia (nota) ^c	2,2	-	-	3,0

^aCaracterísticas de fibras médias de 1995, 1996, 1997

^bMédia de rendimento obtida no período de 1994 a 1997

^cNotas médias determinadas no Ensaio Regional do Cerrado conduzido na safra 98/99

* Padrão ICC. Corresponde entre 24 – 25 gf/tex pelo padrão HVI

** nota 1=resistente – nota 5 = susceptível

Fonte: EMBRAPA (1999b)

De acordo com a EMBRAPA (1999b), nos ensaios regionais de algodoeiro herbáceo, conduzidos nas safras de 1994 até 1999, nos principais municípios produtores do Brasil, a BRS 187 8H demonstrou, em média, uma produtividade de 2120kg/ha de algodão em caroço, que corresponde a 24%, 16% e 12% de incremento, levando-se em consideração a produtividade média das cultivares IAC22, IAC20 e CNPA7H, respectivamente. Essas produtividades são consideradas, em média, baixas em função da grande maioria dos ensaios ter sido conduzido na região semi-árida do Nordeste e em anos secos. Em anos de precipitação normal ou sob irrigação, sua produtividade ultrapassa os 4550 kg/ha.

3- MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 - Localização do experimento

A pesquisa foi desenvolvida nas dependências da Estação de Tratamento de Esgotos (ETE) da Companhia de Água e Esgoto da Paraíba (CAGEPA), no bairro da Catingueira, município de Campina Grande, PB (7 ° 13 ' 11" S; e 35 ° 52 ' 31" W a 550 m acima do nível do mar).

A cidade, situada no chamado Agreste da Borborema, apresenta clima quente e úmido com chuvas de março a agosto e estiagem de setembro a fevereiro (Governo do Estado da Paraíba, 1987). As temperaturas médias variam de 17 a 30 °C e a precipitação pluviométrica anual média é de 802,7 mm, com evaporação total de 1417 mm e insolação anual total de 2224 horas (INMET, 1992). Os solos da região são do tipo Solonetz solodizado textura média, Vertissolo, Regossolo distrófico, solos Litólicos eutróficos (Carvalho, 1982), hoje denominados pela Embrapa (1999b), classificação de solos do Brasil, de Planossolo, Vertissolo e Neossolos.

3.2 - Descrição da Estação de Tratamento de Esgoto

Em 1940 Campina Grande já era beneficiada com rede coletora de esgotos e tratamento físico e químico das águas residuárias, mas em 1969 foi proposta a instalação de uma nova ETE para atender ao crescimento urbano e à implantação de indústrias. Localizada no bairro da Catingueira, a estação foi projetada para funcionar em duas etapas: a primeira com capacidade para depurar os efluentes da cidade até 1980 e população de projeto de 260000 habitantes, e na segunda, haveria a duplicação da capacidade da primeira com o sistema funcionando com grade, caixa de areia e tratamento biológico por lagoas em série com aeração mecânica. Atualmente, o sistema de aeração encontra-se desativado (Oliveira, 2002).

3.3 – Descrição do sistema experimental

3.3.1 – Delineamento experimental

O trabalho de campo constituiu-se na irrigação do algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch.), cultivar BRS 187 8H, submetido a 12 tratamentos, utilizando-se de delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições (Figura 3.1) e esquema de análise fatorial misto $[(2 \times 5) + 2]$, sendo os fatores dois tipos de água de irrigação (abastecimento e residuária), cinco dosagens de nitrogênio (0, 60, 90, 120 e

180 kg/ha) e duas testemunhas absolutas: uma com água de abastecimento e outra com água residuária.

Nos 10 tratamentos originados do fatorial (2 x 5) foi aplicado um lastro de fundação de P_2O_5 e K_2O , em que a fonte desses nutrientes foi o cloreto de potássio (KCl) e o superfosfato triplo e, como fonte de adubação nitrogenada, foi usado o sulfato de amônio $(NH_4)_2SO_4$; em função da variação na dosagem de nitrogênio e a presença das testemunhas os tratamentos ficaram distribuídos segundo a Tabela 3.1.

A área experimental totalizou 964,5 m², com 48 parcelas de 4 x 5 m (20 m²) contendo quatro linhas de plantio espaçadas 1,0 m entre si. Os blocos, representação das repetições, foram espaçados entre si, em 1,5 m. Como área útil da parcela consideraram-se as duas linhas centrais com 4,4 m de extensão, totalizando 8,8 m², pela desconsideração de 0,30 m em ambas as extremidades nas duas linhas centrais e, também, das duas linhas laterais de cada parcela para efeito de bordaduras.

Tabela 3.1 - Composição dos tratamentos em função da variação da dosagem de nitrogênio

Tratamento	Descrição
T1	Irrigado com água de abastecimento sem adubação nitrogenada e fundação de P e K
T2	Irrigado com água residuária sem adubação nitrogenada e fundação de P e K
T3	Irrigado com água de abastecimento sem adubação nitrogenada mas com fundação de P e K
T4	Irrigado com água residuária sem adubação nitrogenada mas com fundação de P e K
T5	Irrigado com água de abastecimento e com adubação nitrogenada de 60 kg/ha e fundação de P e K.
T6	Irrigado com água residuária e com adubação nitrogenada de 60 kg/ha e fundação de P e K
T7	Irrigado com água de abastecimento e com adubação nitrogenada de 90 kg/ha e fundação de P e K
T8	Irrigado com água residuária e com adubação nitrogenada de 90 kg/ha e fundação de P e K
T9	Irrigado com água de abastecimento e com adubação nitrogenada de 120 kg/ha e fundação de P e K
T10	Irrigado com água residuária e com adubação nitrogenada de 120 kg/ha e fundação de P e K
T11	Irrigado com água de abastecimento e com adubação nitrogenada de 180 kg/ha e fundação de P e K
T12	Irrigado com água residuária e com adubação nitrogenada de 180 kg/ha e fundação de P e K

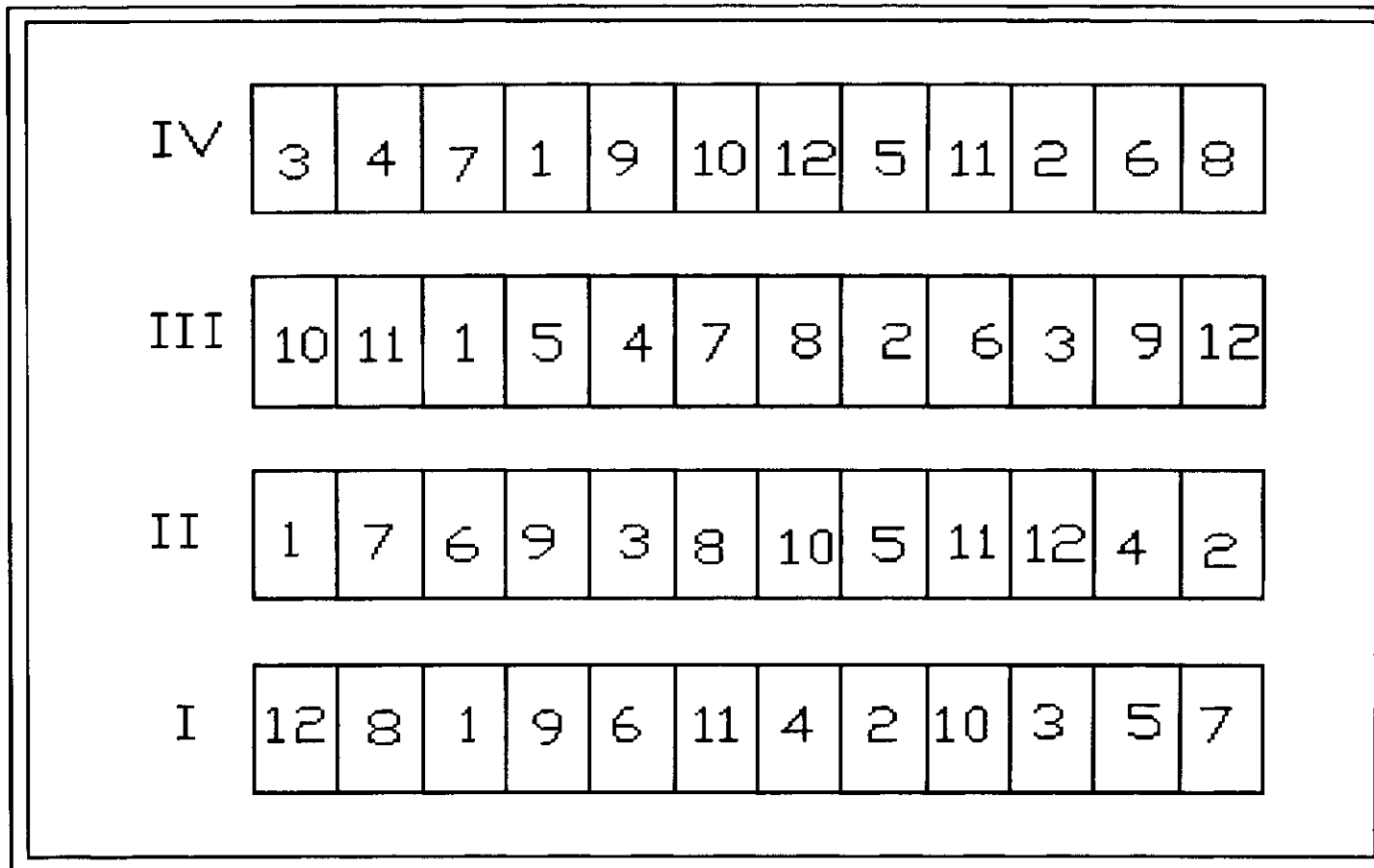


Figura 3.1- Distribuição aleatória dos tratamentos em unidades experimentais (4 x 5 m) e em blocos no campo experimental

3.3.2 – Sistema de irrigação

O sistema foi constituído por sulcos fechados em ambas as extremidades, alimentados por tubos janelados de 75 mm de diâmetro ligados a duas bombas, uma para adução de água de abastecimento e outra para água residuária (efluente das lagoas).

A água de abastecimento usada no experimento foi retirada da tubulação da CAGEPA, instalada nas proximidades da área experimental e armazenada em quatro tanques de fibra de vidro com capacidade de 3 e 5 m³, formando dois sistemas com capacidade de 8 m³, que eram usados alternadamente, a cada rega, possibilitando o armazenamento da água por 24 horas para a eliminação do cloro residual. Na alimentação dos tubos janelados com esse tipo de água, foi usado um conjunto motobomba Sthil modelo P835 acoplada à saída das caixas.

A água residuária tratada (efluente das lagoas) era conduzida até o sistema, através de uma tubulação de recalque de 75 mm de diâmetro e 350 m de comprimento por uma bomba centrífuga mono-estágio, série BC-92S/K da Schneider, instalada em uma plataforma próxima ao vertedor de saída da segunda lagoa.



Figura 3.2-Sistema de distribuição de água para irrigação

A quantidade de água fornecida às plantas, na pré-germinação e durante o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro, foi determinada em função da necessidade hídrica da cultura (estádios fenológicos), natureza do solo (capacidade de campo e ponto de murcha), clima da região e do método de irrigação usado, seguindo as metodologias descritas em Amorim Neto & Beltrão (1992) e Bezerra *et al.* (1999).

A lâmina de irrigação aplicada durante o crescimento e desenvolvimento do algodoeiro foi determinada segundo a metodologia de Hargreaves (1974), de acordo com a qual o algodoeiro deveria receber, segundo os estádios fenológicos, lâminas variando de 2,5 a

7,5 mm/dia, o que corresponderia a 53 e 150 l/dia, volumes estes requeridos na fase inicial de plântula e na fase de máxima floração. No ciclo como um todo, os tratamentos receberam em média um total de 670mm.

3.4. - Descrição dos trabalhos de campo

3.4.1– Coleta de amostras de esgoto

Para a monitoração da qualidade da água de irrigação, efluente final da ETE de Campina Grande, foram coletadas, quinzenalmente, entre 14 e 15 horas amostras para análises físico-químicas e microbiológicas, que foram acondicionadas em garrafas plásticas de 2 litros e vidro âmbar estéril, armazenadas em caixa de isopor com gelo e encaminhadas ao Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AESA) do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da UFCG, para análise. As variáveis analisadas e os métodos analíticos empregados seguiram a metodologia de APHA (1995).

3.4.2 – Coleta de amostras de solo

A coleta e a caracterização de amostras de solo foram realizadas em duas fases: em julho de 2002, antes das atividades de aragem e gradagem do solo, e a segunda após o término do experimento, em fevereiro de 2003. A coleta foi feita com auxílio de um enxadão, com retirada do material vegetal existente sobre o solo e coleta dos primeiros 20 cm de profundidade do solo. O solo coletado foi colocado em sacos plásticos, devidamente identificados por bloco e ponto amostrado. Na primeira fase de cada bloco foram retiradas três amostras, totalizando 12 pontos e, na segunda, foi coletada, dentro do sulco de irrigação, uma amostra em cada parcela, no total de 48 amostras. As características químicas avaliadas e os métodos analíticos empregados seguiram a metodologia proposta pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA (1979), sendo a caracterização química e física do solo inicial realizada no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Departamento de Engenharia Agrícola da UFCG (LIS-UFCG) e a análise da fase final do experimento realizada no Laboratório de Química e Fertilidade do Solo da Universidade Federal da Paraíba, Campus de Areia.

A caracterização microbiológica do solo foi realizada no Laboratório de Saneamento da Área de Engenharia Sanitária e Ambiental (AESA) do Departamento de Engenharia Civil (DEC) da UFCG. As amostras de solo de cada ponto foram coletadas através de um tubo de aço galvanizado estéril, com aproximadamente 30 cm de comprimento e 5 cm de diâmetro com uma das extremidades em bixel; o cilindro era introduzido com auxílio de uma marreta

de 5 kg, até profundidade de 20 cm. Após a cravação e retirada deste, o solo nele contido era transferido para um saco plástico estéril e armazenado em caixa de isopor. Para a quantificação no solo de coliformes totais, coliformes fecais ou termotolerantes e *Escherichia coli*, empregou-se a técnica de tubos múltiplos, segundo metodologia prescrita em APHA (1995), usando como meios de cultura: verde brilhante bilis 2% para coliformes totais e EC+MUG para coliformes termotolerantes e *E. coli*.

3.4.3 - Preparo do solo

Para o preparo do solo foram feitas duas arações usando-se arado de discos e grade niveladora, uma em julho/2002, para descompactar e nele incorporar a vegetação, e a outra em setembro/2002, antecedendo o plantio em 02/10/2002. Os sulcos de irrigação foram feitos seguindo-se curvas de nível locadas no terreno, com uso de um nível topográfico e através do emprego de um sulcador com espaçamento entre os dentes de 1m; antecedendo o plantio, os sulcos foram irrigados com água de abastecimento para levar o solo à capacidade de campo e a uma umidade adequada para a germinação das sementes (item 3.3.3) e a delimitação das parcelas com 4,0 x 5,0m (20m²) só foi feita no dia seguinte à marcação e irrigação dos sulcos.



Figura3.3- Solo preparado através de aragem e gradagem

A dosagem da adubação de fundação ou pré-plantio obedeceu à análise química do solo e à recomendação da 2^a aproximação para o Estado de Pernambuco (Cavalcanti *et al*, 1998). As parcelas com apenas adubação de fundação receberam, no plantio, em dose integral, apenas a metade do prescrito na 2^a aproximação (80 kg/ha de fósforo e 40 kg/ha potássio) ou seja, 40 kg/ha de P₂O₅ e 20 kg/ha de K₂O. Para aquelas com previsão de receberem adubação nitrogenada de cobertura aplicou-se, junto com a adubação de fundação, mais 1/3 de nitrogênio, enquanto os 2/3 restantes da adubação nitrogenada foram aplicados

em duas fases, uma no início do abotoamento e a segunda no início da frutificação, período correspondente a 35 e 55 dae respectivamente.

As fontes de adubação usadas foram o superfosfato triplo (41% de P_2O_5), o cloreto de potássio (58% K_2O) e sulfato de amônio (20% N).

3.4.4 – Plantio e tratos culturais

O plantio foi realizado no dia 02 de outubro de 2002, de forma manual, em covas espaçadas 20 cm, usando-se sementes deslintadas, semeadas na face lateral dos sulcos de irrigação, em número de 5 sementes por cova, próximo à zona de molhamento do sulco; juntamente com o plantio foi realizada a adubação de fundação, de acordo com as recomendações técnicas de Beltrão *et al* (1994).



Figura 3.4- Sistema de plantio em covas e densidade de duas plantas/cova

A germinação das sementes ocorreu em 07/10/2002, aos 5 dias após o plantio. No 15º dia após a germinação fez-se o desbaste deixando-se duas plantas por cova, o que resultaria numa densidade populacional de 100000 plantas por hectare (Figura 3.4).

Para evitar a invasão de plantas daninhas foi feito o controle físico através de capina manual; no controle de pragas seguiram-se as recomendações de Almeida e Silva (1999), usando-se como estratégia a monitoração semanal através de vistoria nas plantas e o controle químico, através de inseticidas e acaricida seletivo, aplicados segundo recomendações do fabricante, em função do tipo de praga e o estágio de desenvolvimento da cultura. As principais pragas que atacaram o algodoeiro, foram: pulgão (*Aphis gossypii* Glover), bicudo (*Anthonomus grandis* Boheman) e formigas cortadeiras, que inviabilizaram as análises em uma parcela do terceiro bloco pelo corte das plantas na área útil da parcela.

3.4.5 – Medição de variáveis de crescimento e componentes da produção

No acompanhamento do crescimento e desenvolvimento do algodoeiro foram feitas medições periódicas da altura, diâmetro caulinar e comprimento da nervura central de folhas em 5 plantas devidamente identificadas, na área útil de cada unidade experimental, em intervalos regulares de 22 dias a contar da emergência das plântulas. Para essas medições foram usados paquímetro com 0,05 mm de precisão e régua milimetrada de 50 cm e, na análise de componentes da produção e qualidade da fibra, foram colhidos 20 capulhos na área útil de cada parcela, sendo um a dois capulhos por planta, este(s) retirado(s) no terço médio de cada planta. Para conservar as características da pluma os capulhos foram acondicionados em sacos de papel até o seu encaminhamento ao Laboratório, para análise no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (CNPA-EMBRAPA), em Campina Grande, PB.

3.5 – Descrição das variáveis analisadas

3.5.1 - Variáveis de crescimento do algodoeiro

Os efeitos da aplicação da água residuária e da água de abastecimento sobre o crescimento do algodoeiro foram avaliados através das variáveis: altura, diâmetro caulinar e área foliar. Para isto, utilizou-se a metodologia proposta por Beltrão *et al.* (2001), baseada em análise não destrutiva (medições periódicas da altura, diâmetro caulinar e comprimento da nervura central foliar). A área foliar das plantas foi determinada em função do número de folhas de cinco plantas e do comprimento longitudinal de 6 folhas (2 do terço superior, 2 do terço médio e 2 do terço inferior). De posse da área média das folhas e multiplicando-a pelo número de folhas da planta, obteve-se a área foliar por planta. A área foliar foi obtida por meio da equação (3.1) proposta por Wendt (1967).

Área foliar por planta (AF)

$$\text{Log } y = 0,006 + 1,863 \text{ log } x \quad (3.1)$$

donde:

y é o comprimento da folha

x a área foliar em cm²

A soma dos valores de x de todas as folhas de uma mesma planta corresponde à área foliar total da referida planta.

3.5.2 – Características espectrais da cultura

As propriedades espectrais de uma cultura podem ser utilizadas para a monitoração das condições de crescimento ao longo do ciclo, assim como da estimativa da produtividade,

por meio de técnicas de sensoriamento remoto. As medidas espectrais foram feitas com um espectrorradiômetro portátil LI – 1800, às 13 horas local.

3.5.3- Componentes da produção do algodoeiro

As componentes da produção analisadas foram: peso médio de um capulho, peso médio de 100 sementes e percentagem de fibra.

3.5.4 - Características tecnológicas da fibra

As características físicas analisadas foram comprimento, uniformidade de comprimento, índice de fibras curtas, resistência, alongamento à ruptura, índice micronaire, reflectância, grau de amarelecimento e índice de fiabilidade. Para a análise física da fibra empregou-se o sistema HVI, “High Volume Instruments”, modelo 900 da SPINLAB /ZELLWEGER USTER, instalado no Laboratório de Fibras e Fios do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão (Santana *et al.*, 1999), com a interpretação dos resultados feita em conformidade com as exigências de aceitação pela indústria têxtil nacional e internacional (Santana e Wanderley, 1995).

3.5.5 - Produtividade

A mensuração da produtividade do algodão é feita em kg/ha de algodão em caroço ou em pluma.

3.5.6 – Precocidade

O índice de precocidade é avaliado pelo quociente do total produzido na primeira colheita, em relação ao total produzido nas demais colheitas. Quanto maior este índice, mais precoce será o material. Geralmente, selecionam-se materiais com aproximadamente 100 a 110 dias do plantio à colheita (Farias *et al.*, 1999).

3.5.7- Variáveis do solo

As características químicas do solo analisadas se referiam à fertilidade e à salinidade, sendo que, para a fertilidade, foram analisados: pH, fósforo assimilável, potássio, sódio, cálcio, magnésio, hidrogênio e alumínio (trocáveis), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e percentagem de saturação de bases (V) e, para a salinidade; condutividade elétrica (CEe), cálcio, magnésio, sódio, potássio, carbonato, bicarbonato, cloreto, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio intercambiável (PSI).

3.6 – Condições climáticas

Os dados das condições climáticas no período de setembro/2002 a março/2003, foram fornecidos pelo Posto Climatológico do Sistema Nacional de Meteorologia localizado nas dependências da EMBRAPA-ALGODÃO, em Campina Grande, PB, e encontram-se na Figura 3.5.

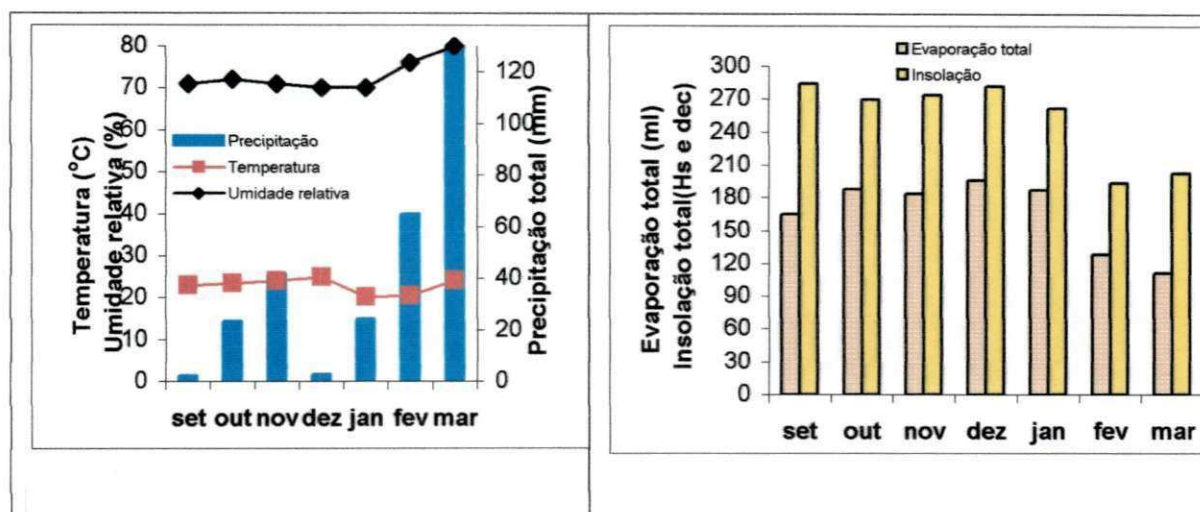


Figura 3.5: dados de: A - precipitação total (mm), temperatura média (°C), umidade relativa do ar (%); B- insolação (Hs e dec) e evaporação total (ml), durante o experimento

3.7- Análise estatística

Para as variáveis de solo e da cultura fez-se análise de variância, usando-se o teste de Tukey a nível de 5% de probabilidade, de acordo com Gomes (1985) e para as doses de nitrogênio fez-se análise de regressão seguindo-se informações de Banzatto & Kronka (1995); como programa para análise estatística, utilizou-se o proc GLM do SAS versão 8.2 (SAS/STAT...2000).

4- APRESENTAÇÃO, ANÁLISE E DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

4.1- Características do meio edáfico antes da instalação do experimento

Sampaio *et al.* (1995), relatam que a área semi-árida do Nordeste brasileiro é caracterizada por uma grande diversidade ambiental, tornando difícil generalizações sobre fertilidade de solos. Apesar disso, concluem que as deficiências de fósforo ($<10\text{mg/dm}^3$) são comuns, enquanto as de potássio (K) e calcário são mais restritas e acrescentam que esses solos também são deficientes em nitrogênio (N), em vista das respostas significativas obtidas com adições de N e P.

Na Tabela 4.1 são apresentados os resultados da caracterização química do solo, representativo da região de Campina Grande, PB, classificado como sendo um neossolo regolítico associado, de textura média (EMBRAPA, 1999b). Em todos os blocos (repetição dos tratamentos do experimento) foram observadas condições de normalidade quanto à salinidade e à sodicidade, ausência de alumínio (Al) trocável e pH próximo da neutralidade (6,6-7,3), caracterizando um solo com boas condições para o cultivo do algodoeiro (Kiehl, 1979).

Segundo Silva (1999), em solos ácidos o fósforo (P) pode se unir ao alumínio (Al) e ao ferro (Fe) permanecendo pouco aproveitável às plantas; com pH em água abaixo de 5,0, o alumínio (Al), Manganês (Mn) e Ferro (Fe) passam para formas mais disponíveis, podendo se tornar tóxicas à maioria das plantas cultivadas. No caso do algodoeiro, seu desenvolvimento é prejudicado quando o pH em água do solo cai abaixo da faixa 5,5-5,2. A faixa ideal de pH do solo, para o algodoeiro, está em torno de 6,8 a 7,0 e com concentrações adequadas de cálcio e baixa saturação de alumínio, pois são fatores limitantes ao crescimento e desenvolvimento radicular e que, conseqüentemente, influencia o crescimento da parte aérea (Beltrão *et al.*, 1999).

Foram observados também baixa condutividade elétrica (1,22 dS/m), baixos teores de nitrogênio (0,6 g/kg) e matéria orgânica (11,6 g/kg), com baixo a médio teor de fósforo assimilável, na maioria bem menos que o denominado nível crítico (10 mg /dm^3) confirmando o relatado por Sampaio *et al.* (1995), além de desequilíbrio entre os teores de cálcio e magnésio trocáveis no solo (Kiehl, 1979; Tome Jr., 1997).

As características físicas do solo apresentadas na Tabela 4.2, denotam um solo com natureza textural equilibrada, teor de argila (material coloidal) de bom nível, associado a um bom teor de silte (Cavalcanti, 1998; Medeiros *et al.*, 1999).

Tabela 4.1- Características químicas do solo antes da instalação do experimento. Catingueira, Campina Grande, PB, 2003

Características químicas	Blocos			
	I	II	III	IV
	Fertilidade do solo			
Cálcio (cmol/dm ³)	3,14	2,64	3,14	2,97
Magnésio (cmol/dm ³)	3,34	3,64	3,00	3,33
Sódio (cmol/dm ³)	0,46	0,76	0,36	0,53
Potássio (cmol/dm ³)	0,48	0,14	0,24	0,29
Soma de bases (cmol/dm ³)	7,42	7,18	6,74	7,11
Hidrogênio (cmol/dm ³)	0,00	1,32	0,00	0,44
Alumínio (cmol/dm ³)	0,00	0,00	0,00	0,00
CTC (cmol/dm ³)	7,42	8,50	6,74	7,55
Carbonato de Cálcio Qualitativo	presença	Presença	ausência	Ausência
Carbono Orgânico (g/kg)	6,9	8,9	4,5	6,8
Matéria orgânica (g/kg)	11,9	15,3	7,7	11,6
Nitrogênio (g/kg)	0,6	0,8	0,4	0,6
Fósforo Assimilável (g/kg)	0,01	0,004	0,003	0,006
pH H ₂ O (1: 2,5)	7,32	7,26	6,6	6,93
Cond. Elétrica-dS/m (Suspensão Solo-água)	0,22	0,23	0,25	0,23
	Salinidade do solo			
pH (extrato de saturação)	6,94	6,95	6,36	6,65
Cond. Elétrica-dS/m (extrato saturação)	0,62	2,60	0,45	1,22
Cloreto (mmol/l)	3,75	25,00	2,50	10,42
Carbonato (mmol/l)	0,00	0,00	0,00	0,00
Bicarbonato (mmol/l)	3,00	1,10	2,40	2,17
Sulfato (mmol/l)	ausência	Ausência	ausência	Ausência
Cálcio (mmol/l)	1,12	1,87	0,50	1,16
Magnésio (mmol/l)	1,38	10,63	2,50	4,84
Potássio (mmol/l)	0,44	0,18	0,26	0,29
Sódio (mmol/l)	2,96	19,96	2,46	8,46
Porcentagem de saturação	30,00	31,66	28,33	30,0
Relação de adsorção de sódio	2,64	7,98	2,02	4,21
PSI	6,20	8,94	5,34	6,83
Salinidade	Não salino	Ligeiramente salino	Não salino	Não salino
Classe do solo	Normal	Normal	Normal	Normal

Fonte: Laboratório de irrigação e salinidade (LIS), Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG. Catingueira, Campina Grande - PB. 2003

A densidade aparente do solo, também denominada densidade global ou peso específico aparente, teve valor médio um pouco elevado, 13,87 kg/m³ (1,38 g/cm³), porém suportável pelo algodoeiro; no entanto, embora o seu valor limite dependa, de maneira geral, do tipo de solo (textura), valores acima de 1,6 g/cm³ já começam a ser problemáticos para a penetração das raízes das plantas, como salienta Kiehl (1979).

Tabela 4.2- Características físicas do solo antes da instalação do experimento. Catingueira, Campina Grande, PB, 2003

Características Físicas	Bloco			
	I	II	III	IV
Granulometria (g/kg)				
Areia	585,7	559,4	593,7	579,6
Silte	155,8	165,4	131,7	151,0
Argila	258,5	274,5	274,7	269,2
Classificação textural	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso	Franco Argilo Arenoso
Densidade aparente (kg/m ³)	13,6	14,0	14,0	13,9
Densidade real (kg/m ³)	26,6	27,1	26,8	26,8
Porosidade (%)	49,07	48,39	47,95	48,47
Umidade (%)				
Natural	1,76	1,42	1,46	1,55
0,33 atm	10,02	11,95	12,17	11,38
Eqüivalente	-	-	-	-
15,00 atm	4,49	4,3	4,39	4,39
Água disponível	5,53	7,65	7,78	6,99

Fonte: Laboratório de irrigação e salinidade (LIS), Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG. Catingueira. Campina Grande - PB. 2003

A porosidade, que do ponto de vista agrônomo desempenha importante função na produtividade dos solos face à sua influência sobre a retenção de água, a aeração e o enraizamento das plantas, apresentou valores razoáveis em torno de 47 a 49 %, embora a densidade global tenha sido um pouco elevada.

A disponibilidade de água no solo, que é a diferença entre a capacidade de campo (que é o teor de água retido quando o solo é submetido a tensões de 33 kPa) e o ponto de murcha (o teor de água retida sob tensão de 15 kPa) foi razoável, como pode ser visto na Tabela 2.

4.2 - Características das águas utilizadas na irrigação

De acordo com Gheyi *et al.* (1999), qualquer que seja a fonte a água usada na irrigação sempre contém sais, embora a quantidade e o tipo de sais presentes nelas possam variar bastante; desta forma, a avaliação da qualidade da água nas regiões áridas e semi-áridas, como na maior parte do Nordeste brasileiro, torna-se imprescindível, visto que, por serem regiões caracterizadas por baixos índices pluviométricos e intensa evaporação, as plantas e os solos irrigados nessas regiões podem sofrer com os processos de salinização, isto é, acumulação gradativa de sais solúveis no solo com as irrigações sucessivas.

Na Tabela 4.3 encontram-se os valores médios para a condutividade elétrica (medida do conteúdo de sais), pH (nível de acidez), cátions disponíveis (Na^+ , K^+ , Ca^{+2} e Mg^{+2}) e ânions presentes, em especial o bicarbonato e o cloreto, na água de abastecimento de Campina Grande.

Tabela 4.3: Análise química da água de abastecimento usada na irrigação no campo experimental. Período: setembro a outubro de 2002

Água de abastecimento					
pH	C.E.a (dS/m)	Na^+ (mg/l)	K^+ (mg/l)	Ca^{+2} (mg/l)	Mg^{+2} (mg/l)
8,45	0,46	527	3,86	19,91	7,2
HCO_3^- (mg/l)	CO_3^{-2} (mg/l)	SO_4^{-2} (mg/l)	Cl^- (mg/l)	NH_3^+ (mg/l)	NO_3^{-2} (mg/l)
79,3	ausente	20,8	405,5	0,57	0,94

Fonte: Laboratório de Saneamento Ambiental (AESA), Departamento de Engenharia Civil, UFCG. Metodologia de APHA, 1995

A água utilizada no experimento apresentou baixo nível de salinidade ($<0,5\text{dS/m}$) e pH ainda dentro da normalidade (6,5-8,4) conforme pode ser observado na Tabela 4.3. Os teores de Na^+ e Cl^- obtidos apresentam-se muito elevados quando comparados com os obtidos para as águas do Açude Epitácio Pessoa (Boqueirão) que abastece Campina Grande e de pequenos açudes na cidade de Lagoa Seca (7 km de Campina Grande), em análises realizadas recentemente (Macêdo & Menino, 1998; Barros *et al.*, 1999), o que implica na hipótese mais provável de que houve algum erro na calibração do instrumento usado nas análises, entre outras possíveis hipóteses; mesmo assim, deve-se ter cuidado com o uso, pois a água deste açude é classificada como C_2 (salinidade média) com valores para o Na^+ e Cl^- , em período de estiagem, variando de 52-225 mg/l e 117-353 mg/l, respectivamente (Macêdo & Menino, 1998), o que implica em cuidados ao longo do tempo no seu uso na irrigação pois o sódio, além de tóxico para as plantas, dispersa as partículas do solo, reduzindo a porosidade e a circulação do ar, levando a uma série de estresses secundários para as plantas, em especial para as mais sensíveis (Ayers & Westcot, 1999)

Para o cloreto, Molle & Cadier (1992) reportam que concentrações tóxicas estão entre 142 e 355mg/l e constituem perigo para a planta quando as concentrações ultrapassam este limite. Laraque (1991) destaca que o sódio se torna perigoso em concentrações entre 69 e 207 mg/l e muito problemático acima desta faixa, devido a efeitos como queimaduras e necroses ao longo das bordas das folhas das plantas. De acordo com Ayers & Westcot (1999), o

algodoeiro é uma planta tolerante à salinidade, suportando teores de salinidade de até 7,7dS/m no solo e de 5,1dS/m na água de irrigação.

Na Tabela 4.4 são apresentadas as características químicas, físicas e biológicas da água residuária, proveniente dos esgotos domésticos de Campina Grande, PB, durante o período de outubro/2002 a janeiro/2003.

Tabela 4.4: Análises físico-químicas e microbiológicas da água residuária utilizada na irrigação de tratamentos no campo experimental

Variáveis	Out/02	Nov/02	Dez/02	Jan/03	Média
Temperatura (°C)	22,0	24,0	30,0	26,0	25,5
PH	7,33	6,79	7,40	7,13	-
Turbidez (NTU)	76	28	25	35	41
Condutividade elétrica (dS/m)	1,52	1,62	1,50	1,36	1,5
Cloretos (mgCl/L)	218	186	260	240	226
Cálcio (mg/L)	49	42	29	19	35
Magnésio (mg/L)	23	38	31	31	25
Carbonato (mg/L)	0	0	0	0	0
Bicarbonato (mg/L)	539	494	421	281	434
OD (mg/L)	0,6	1,5	4,5	3,0	2,4
DBO (mg/L)	54	90	94	103	26
DQO (mg/L)	214	15	679	714	405
Sólidos Totais (mg/L)	766	793	731	760	762
Sol. Totais fixos (mg/L)	557	533	496	584	542
Sol. Totais voláteis (mg/L)	209	260	235	176	220
Sol. Suspensos (mg/L)	92	95	106	110	101
Sol. Suspensos fixos (mg/L)	12	21	3	9	11
Sol. Suspensos voláteis (mg/L)	80	74	103	101	89
Sódio (mgNa/L)	135,8	106,9	98,2	113,6	113,6
Potássio (mgK/L)	18,3	16,7	17,5	17,5	17,5
Amônia (mgNH ₃ -N/L)	53,5	52,6	50,2	51,6	52
Nitrato (mg/L)	0,2	0,5	0,7	0,5	0,5
Fósforo Total (mgP/L)	6,4	7,4	6,5	6,1	6,6
Ortofosfato solúvel (mgP/L)	4,8	3,1	3,7	0,8	3,1
Coliformes Fecais (NMP/100mL)	2,5x10 ⁶	2,6x10 ⁶	5,0x10 ⁶	4,5x10 ⁶	3,5x10 ⁶
Clorofila "a" (ug/L)	139,0	175,0	40,0	254,0	152
Helmintos (ovos/L)	0	0	0	0	0

Considerando-se a água residuária, verificou-se que a condutividade elétrica (1,5dS/m) foi superior à encontrada na água de abastecimento (0,46 dS/m), sofrendo um aumento substancial de 66,7% e com concentrações de cloreto (226mg/l) e sódio (114 mg/l) muito superiores aos outros íons, como cálcio, magnésio e potássio

Os teores mais elevados de Na⁺, Cl⁻, Ca⁺², K⁺, Mg⁺² e HCO₃⁻, na água residuária são relativos à sua presença na água de abastecimento, conforme análises realizadas por Macêdo & Menino (1998) e ao uso de detergentes sintéticos e sabões em pó, a base de sais de sódio como silicato de sódio, carbonato de sódio, sulfato de sódio e de fezes humanas que também

atenderia, durante a fase experimental, à qualidade microbiológica sugerida, quando consideradas as condições de manejo cultural do algodoeiro, o grupo exposto (familiar) e o sistema de irrigação (sistema por sulcos). De acordo com Blumenthal *et al.* (2000), para o grupo exposto e para o sistema de irrigação utilizado o enquadramento correto seria no nível B3, que requer, para o efluente uma concentração de CF, máxima de 10^3 UFC/100ml.

Para a utilização desse efluente na cultura do algodoeiro, ou de forma irrestrita em outra cultura, é necessário que se busque melhorar a eficiência da ETE quanto a esse indicador de contaminação, para que se possa aproveitar, de forma adequada e sem riscos à saúde pública o seu efluente, que apresenta ser uma fonte alternativa de água e nutritiva para as culturas irrigadas no Nordeste.

4.3- Características do meio edáfico após o término do experimento

Após o cultivo do algodoeiro irrigado durante quase cinco meses, com água de abastecimento e residuária, o solo foi novamente analisado, retirando-se as amostras por unidade experimental e no meio dos sulcos onde a água foi aplicada no processo de irrigação.

4.3.1- Característica sanitária do solo

Os períodos de sobrevivência de bactérias entéricas relatados na literatura variam amplamente, em função da capacidade de sobrevivência do próprio microrganismo, da textura e pH do solo, da incidência de luz solar, da temperatura ambiente, da capacidade de retenção de água e da atividade da microbiota do solo e eventualmente, em condições bastante favoráveis as bactérias podem-se multiplicar no meio ambiente (Feachem *et al.*, 1983).

Na Figura 4.1 são apresentadas as concentrações de bactérias contaminantes do solo antes da instalação do experimento e depois de cessada a irrigação, com diferenciação para os tipos de água usados na irrigação: água residuária (efluente de lagoa) e abastecimento (sem cloro), respectivamente.

Observa-se que o solo já apresentava, antes da instalação do experimento, alta concentração de coliformes termotolerantes, e a presença de *Escherichia coli*, bactéria exclusiva do trato intestinal de animais homeotérmicos, sinalizando que, em parte, a contaminação do solo teve, como fonte, material de origem fecal.

Após a suspensão da irrigação e no período da última colheita do algodão, coletou-se novamente o solo para análise e se verificou que, praticamente, não houve alterações nas concentrações de coliformes termotolerantes e de *E. coli* no solo, tanto com a aplicação de

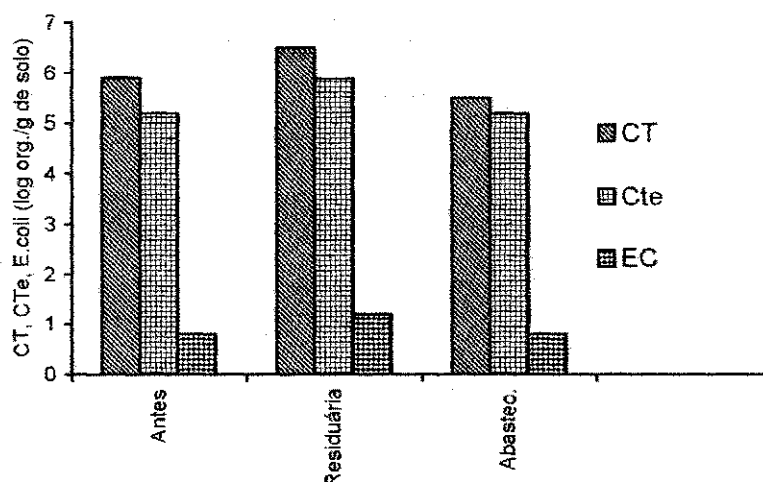


Figura 4.1: Valores médios de microrganismos indicadores de contaminação: coliformes totais (CT), coliformes termotolerantes (Cte), *Escherichia coli* (EC), em amostras de solo, um mês antes da instalação do experimento e um mês após a suspensão da irrigação com água de abastecimento e água residuária, na área experimental da Catingueira, Campina Grande, 2003, PB

água de abastecimento como de água residuária (Figura 4.1) denotando que há manutenção da contaminação pela continuidade de fontes externas.

Feachem *et al.* (1983), relatam que o tempo de sobrevivência de coliformes e coliformes fecais é influenciado pela disponibilidade de nutrientes no solo e sua sobrevivência é prolongada em solos que recebem regularmente aplicações de efluentes de origem doméstica, fezes e urina mas, geralmente, os coliformes fecais sobrevivem por apenas 10 semanas, com 90% de redução, entre duas a três semanas. Sob condições de umidade e baixa temperatura, alguns sobrevivem por vários meses porém, onde as condições são de elevada temperatura e de solo bem drenado, a eliminação completa dos coliformes fecais poderá ocorrer em duas semanas.

4.3.2- Características de fertilidade do solo

Verifica-se, na Tabela 4.5, significância estatística para diversas variáveis estudadas e fontes de variação (tipo de água, doses de N, testemunhas etc.).

Embora a água residuária contivesse teor de fósforo total elevado, não foi constatada diferença estatística para este elemento, de suma importância para o metabolismo das plantas. A função linear simples contraste ortogonal entre o fatorial e a testemunha (Tabela 4.5) para o fósforo significativa, denota a complexidade das relações entre os nutrientes, em especial o nitrogênio e o fósforo, como é prescrito por Primavesi (1980).

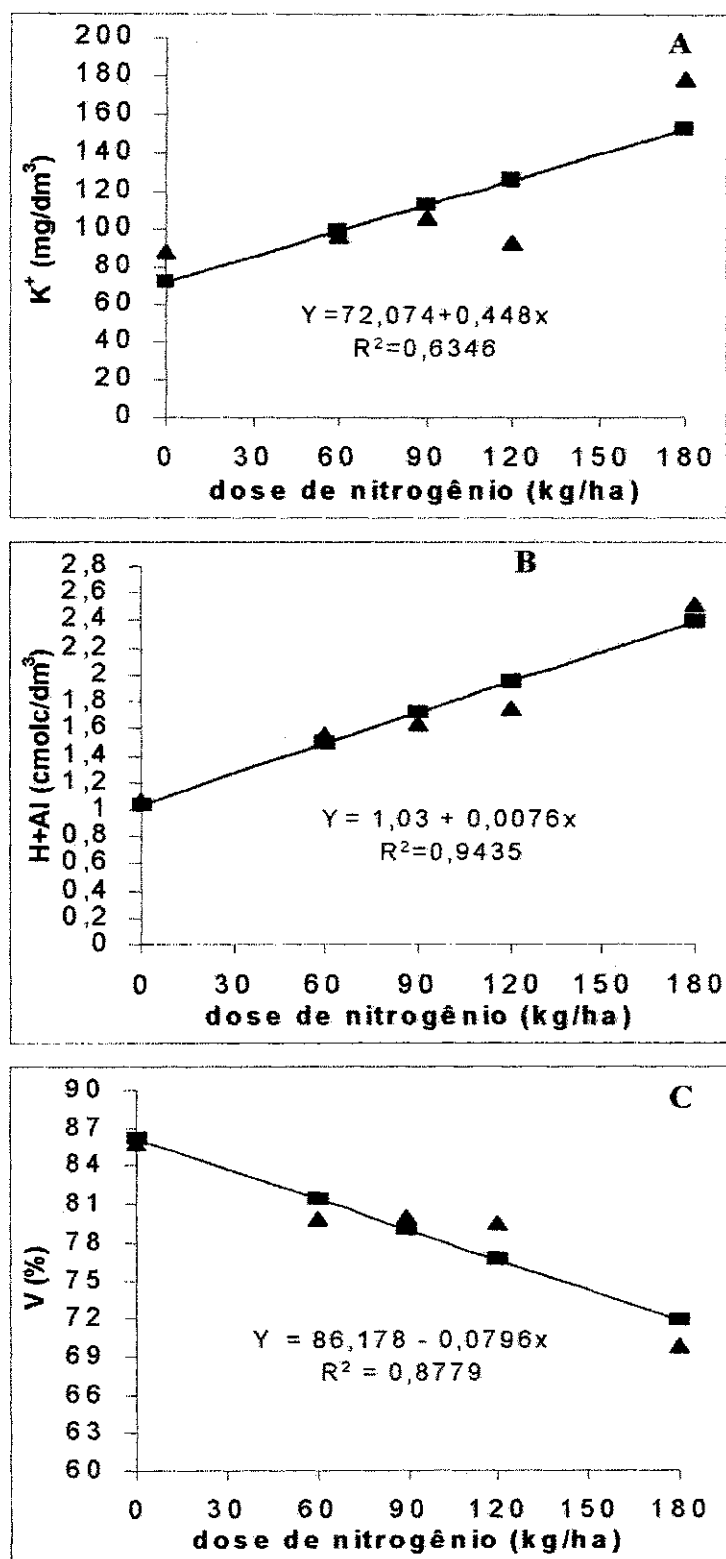


Figura 4.2- Modelos para as variáveis do solo: A- modelo linear para a concentração de potássio (K⁺) no solo proveniente do desdobramento AxD para água residuária; B- modelo linear para a concentração de H+Al no solo influenciado pelo fator doses de adubação (análise de variância); C- modelo linear para saturação de bases (V) no solo influenciado pelo fator doses de adubação (análise de variância)

tendo o modelo linear se adequado mais para o efeito das doses, conforme Figura 4.2C; logicamente, a saturação de bases caiu devido ao aumento nos teores da acidez hidrolítica.

Quanto ao teor de sódio trocável, elemento não essencial e responsável pela dispersão das partículas do solo, causando problemas de aeração, além da toxidez direta e redução da atividade da água a ser utilizada pelas plantas superiores (Ayers & Westcot, 1999; Oliveira, 1997 e Cavalcanti, 1998), verificou-se, de acordo com a Tabela 4.5, valores significativos a nível de 1 % de probabilidade pelo teste F, entre os tipos de água usada na irrigação e no contraste entre as testemunhas, considerando-se as águas utilizadas sem o acompanhamento da fertilização química com N, P e K.

Visualizando-se a Tabela 4.6, verifica-se que a irrigação com água residuária aumentou em mais de 100 % o teor de sódio trocável no solo, em apenas quatro meses de cultivo do algodão. Como a interação entre os fatores estudados para esta variável foi não significativa sendo, assim, independentes entre si, verifica-se que, na média de todos os tratamentos adubados com nitrogênio e todos com o lastro de P e K, a água residuária incrementou o teor de sódio no solo em 79,54 %, como pode ser observado na Tabela 4.6, porém o aumento não é, a priori, muito preocupante, desde que haja constante monitoração do solo e que se faça uso de rotação de culturas e de cultivos na época das chuvas para que possibilitem a infiltração da água no solo e haja a lavagem e saída do perfil do solo do sódio e, se preciso for, deve-se usar um pouco de sulfato de cálcio para deslocar o sódio no complexo de troca (Kiehl, 1979; Cavalcanti, 1998).

Em relação aos teores de cálcio e magnésio trocáveis, não se verificaram alterações significativas entre os fatores estudados e suas interações, conforme pode ser observado nas Tabelas 5 e 6.

4.3.3- Características do extrato de saturação do solo

Considerando-se as determinações realizadas no extrato de saturação do solo, que de certa forma simula a solução do solo, onde os nutrientes por contato radicular, fluxo de massa e difusão (Mengel e Kirkby, 1979), chegam às raízes para serem absorvidos para o espaço livre aparente da planta e depois por via dos carregadores absorvidos para o simplasto da planta (Epstein, 1975), verificou-se que houve aumentos significativos com relação ao tipo de água usada para as variáveis, teor de sódio, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio intercambiável (PSI), com valores bem maiores onde se usou a água residuária.

A condutividade elétrica do extrato de saturação, quando se usou a água residuária foi estatisticamente igual à verificada quando se utilizou a água de abastecimento, conforme mostrado na Tabela 4.10. O valor médio obtido de 1,56 dS/m é considerado de nível baixo (Queiroz et al., 1997), embora seja aconselhável o monitoramento, em especial em culturas com elevado nível de tolerância a sais, como o caso do algodoeiro herbáceo (Fageria e Gheyi, 1997).

Nas Tabelas 4.9 e 4.10 podem ser vistos os resultados obtidos para as variáveis estudadas no extrato de saturação do solo, em termos de resumo da ANOVA e de médias, com o teste de Tukey como discriminante.

4.4- Variáveis relacionadas à cultura teste, o algodão herbáceo

4.4.1- Componentes de produção e produtividade

Na Tabela 4.11 encontra-se o resumo da análise de variância das variáveis, número de capulho por planta, peso de um capulho, peso de 100 sementes, percentagem de fibra, precocidade e produtividade de algodão em caroço.

Verifica-se, para o fator tipo de água utilizada na irrigação, significância estatística para as variáveis, peso de um capulho, peso de 100 sementes, percentagem de fibras e produtividade de algodão em caroço; para o fator doses de nitrogênio, Tabela 4.11, houve efeitos significativos apenas para as variáveis peso de um capulho e produtividade de algodão em caroço, enquanto para o contraste, tipo de água e doses, verifica-se que apenas para as variáveis percentagem de fibra e produtividade de algodão em caroço ocorreram interações entre os fatores estudados, denotando a sua interdependência. Por outro lado, as funções lineares simples, contrastes ortogonais, fatorial (efeito médio de todos os tratamentos testados, exceto a testemunha absoluta) e a própria, foram significativos para todas as variáveis, exceto para peso de um capulho e precocidade, conforme indicado na Tabela 4.11. Entre as testemunhas absoluta e relativa, somente para a variável produtividade de algodão em caroço ocorreu significância estatística. Os coeficientes de variação obtidos para todas as variáveis foram considerados baixos, denotando a boa precisão experimental.

O número de capulho por planta, que é o principal componente da produção (Lima, 1981), não foi alterado significativamente pelos fatores testados e sua interação, porém foi menor na testemunha absoluta, como pode ser verificado na Tabela 4.12, devido, possivelmente, à melhor nutrição mineral envolvendo o fatorial, média de todos os tratamentos

adubados e com os dois tipos de água usados. A água residuária, independente da dose de nitrogênio, aumentou o peso de um capulho, importante componente da produção, estando este aumento relacionado à presença de maior quantidade de nutrientes na água, à disposição das plantas. A relação entre as doses de nitrogênio e o peso de um capulho, segundo a ANOVA, foi linear, como pode ser visto na Figura 4.3A, incrementando o peso do fruto; o peso de 100 sementes também foi maior com o uso da água residuária, Tabela 4.12.

A percentagem de fibra foi maior com o uso da água de abastecimento, ocorrendo o inverso do observado para o peso de 100 sementes, sendo este aumento dependente da dose de nitrogênio, conforme as Tabelas 4.13 e 4.14, considerando-se o desdobramento da interação entre esses dois fatores. Na verdade, na medida em que as sementes ficam mais pesadas, há tendência de redução do conteúdo de fibras, como foi verificado por vários autores, entre os quais Meredith Jr (1984), possivelmente devido à competição interna entre as fibras que são células individuais, cada uma com 25 camadas de celulose na parede secundária (Taha e Bourely, 1989) e cerca de 11000 a 14000 por sementes em *Gossipyum hirsutum* L. (Passos, 1977).

Considerando-se ainda, a Tabela 4.14, verifica-se que o efeito dose de N foi significativo para a percentagem de fibra, nas doses 0, 60 e 120 kg N/ha, com regressão significativa para um modelo linear (Tabela 4.13), embora com baixo coeficiente de determinação e, assim, elevada alienação (Figura 5.3 B).

Para a precocidade não se constataram efeitos significativos para todas as fontes de variação, exceto blocos, o que não era esperado pois, em geral, quando a planta está em estresse, em especial nutricional e hídrico, a tendência é acelerar o ciclo e assim ser mais precoce, como um mecanismo de sobrevivência da espécie.

Para a produtividade do algodão em caroço verifica-se, nas Tabelas 4.13 e 4.15, que o fator dose de nitrogênio não foi significativo com o uso da água residuária, denotando que os nutrientes nela presentes é que foram os responsáveis pelo aumento da produtividade; no caso do uso da água de abastecimento, nota-se efeito significativo na dose 0 de N, 60 e 120 kg N/ha e com regressão significativa, conforme pode ser visto na Figura 4.3C, com demonstração de tendência linear entre as doses de nitrogênio e a produtividade da cultura e com alto coeficiente de determinação. Ainda na Tabela 4.15 observa-se que, com o uso da água residuária, foi possível se obter produtividades elevadas para o algodoeiro herbáceo e superiores a 3300 kg/ha de algodão em caroço, o que corresponde a mais de 1.200 kg de fibra/ha, bem acima da média mundial da mais recente safra computada de 2001/2002, e entre

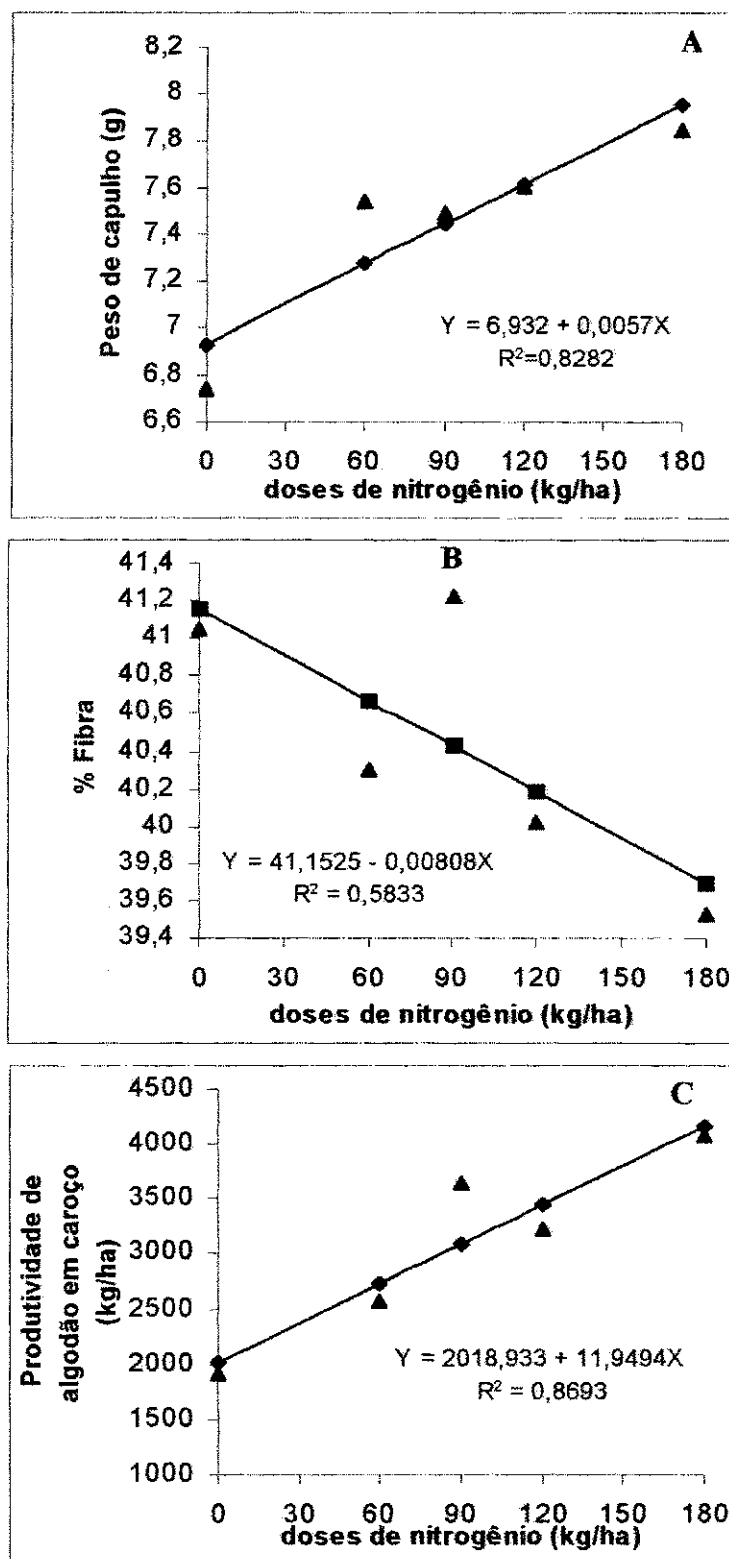


Figura 4.3- modelos para as variáveis componentes de produção: **A-** modelo linear para peso de capulho significativo para as doses de adubação (análise de variância); **B-** modelo linear para % de fibra proveniente do desdobramento AxD para água de abastecimento; **C-** modelo linear para produtividade de algodão em caroço proveniente do desdobramento AxD para água de abastecimento.

as cinco maiores do mundo por países (International Cotton Advisory Committee, 2002) e, principalmente, como se tivesse recebido a adubação mineral máxima estudada, de 180kg/ha, aspecto este é muito importante do ponto de vista prático, evidenciando que a água residuária pode fornecer parte ou até mesmo a totalidade dos nutrientes de que a cultura do algodão necessita.

4.4.2- Características tecnológicas da fibra

Observando-se a Tabela 4.16, resumo de análise de variância para as características tecnológicas da fibra do algodão, verificou-se ausência de interações significativas entre os fatores estudados para todas as variáveis computadas, denotando independência entre os fatores testados.

Quanto ao tipo de água usada na irrigação, constatou-se efeitos significativos para as variáveis comprimento de fibra, alongamento, finura e fiabilidade, conforme a Tabela 4.16 e as médias obtidas na Tabela 4.17. A água residuária abaixou um pouco a fiabilidade, porém não a ponto de comprometer a sua qualidade global e de fiação, pois a fibra obtida foi de excelente qualidade em termos globais, estando dentro da faixa geral exigida na atualidade pela indústria têxtil nacional e internacional, conforme limites apresentados por Santana & Wanderley (1995). O elevado índice de reflectância atesta que a qualidade de brancura da fibra foi muito alta, sendo fator extremamente importante na definição do preço do algodão em pluma e em caroço e, assim, de sua qualidade intrínseca. O valor médio de mais de 78 % de reflectância significa que o algodão produzido foi de elevada qualidade, conforme apresentado na Tabela 4.17.

4.5- Análise de crescimento não destrutiva

O crescimento do algodoeiro foi afetado pelos tratamentos, como refletido pelos valores obtidos para as variáveis, altura de planta, diâmetro caulinar e área foliar ao longo do ciclo da cultura, conforme pode ser visualizado nas Figuras 4.4, 4.5 e 4.6, por doses de nitrogênio ministradas e por tipo de água (residuária e de abastecimento).

Pela análise estatística aplicada às variáveis de crescimento: altura e diâmetro caulinar, o modelo que melhor se ajustou e que melhor explicou o fenômeno de crescimento do algodoeiro, foi o modelo sigmoidal; já para a área foliar o modelo que melhor se ajustou foi o exponencial, sendo o expoente uma função polinomial.

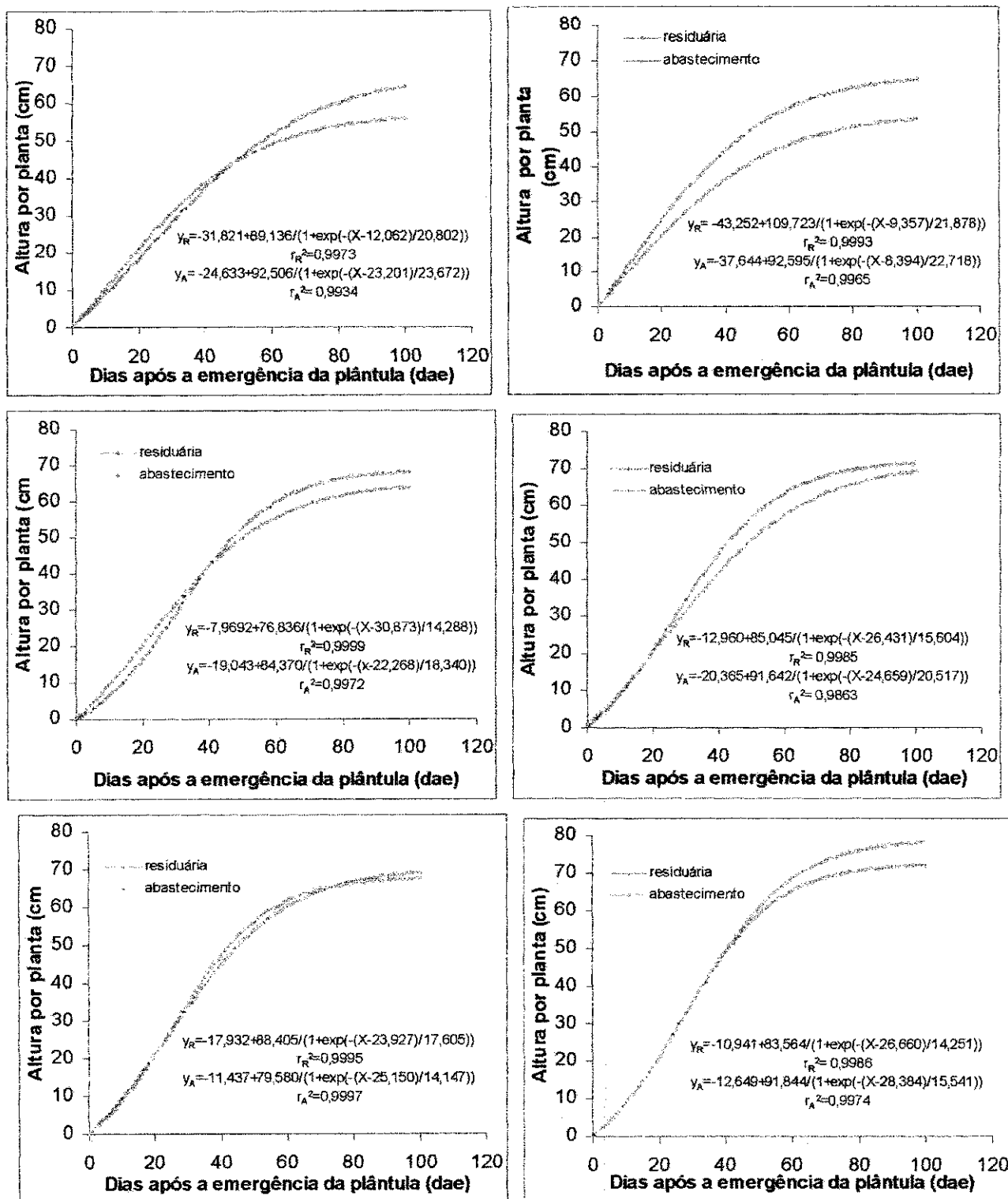


Figura 4.4 – Modelo sigmoidal para altura de planta (cm), função do tipo de água e dose de nitrogênio: A- testemunha absoluta; B- testemunha relativa (0 kg/ha de N) com adubação de fundação (P e K); C- 60 kg N/ha e adubação de fundação; D-90 kg N/ha e adubação de fundação; E-120 kg N/ha e adubação de fundação; F-180 kg N/ha e adubação de fundação.

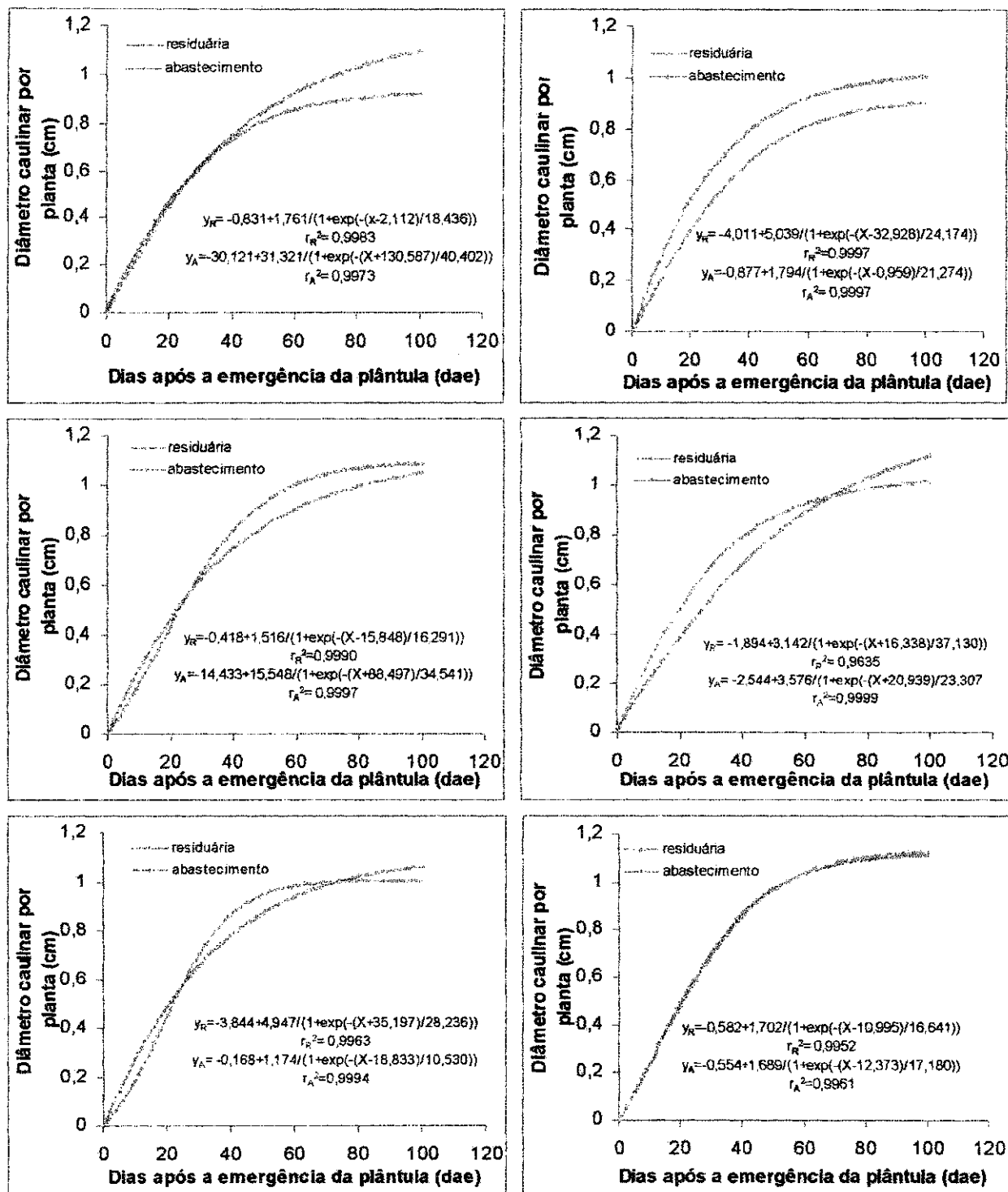


Figura 4.5- Modelo sigmoidal para diâmetro caulinar, função do tipo de água e doses de nitrogênio: A- testemunha absoluta; B- testemunha relativa (0kg/ha de N) com adubação de fundação; C-60 kg N/ha e adubação de fundação; D- 90 kg N/ha e adubação de fundação; E-120 kg N/ha e adubação de fundação; F-180 kg N/ha e adubação de fundação.

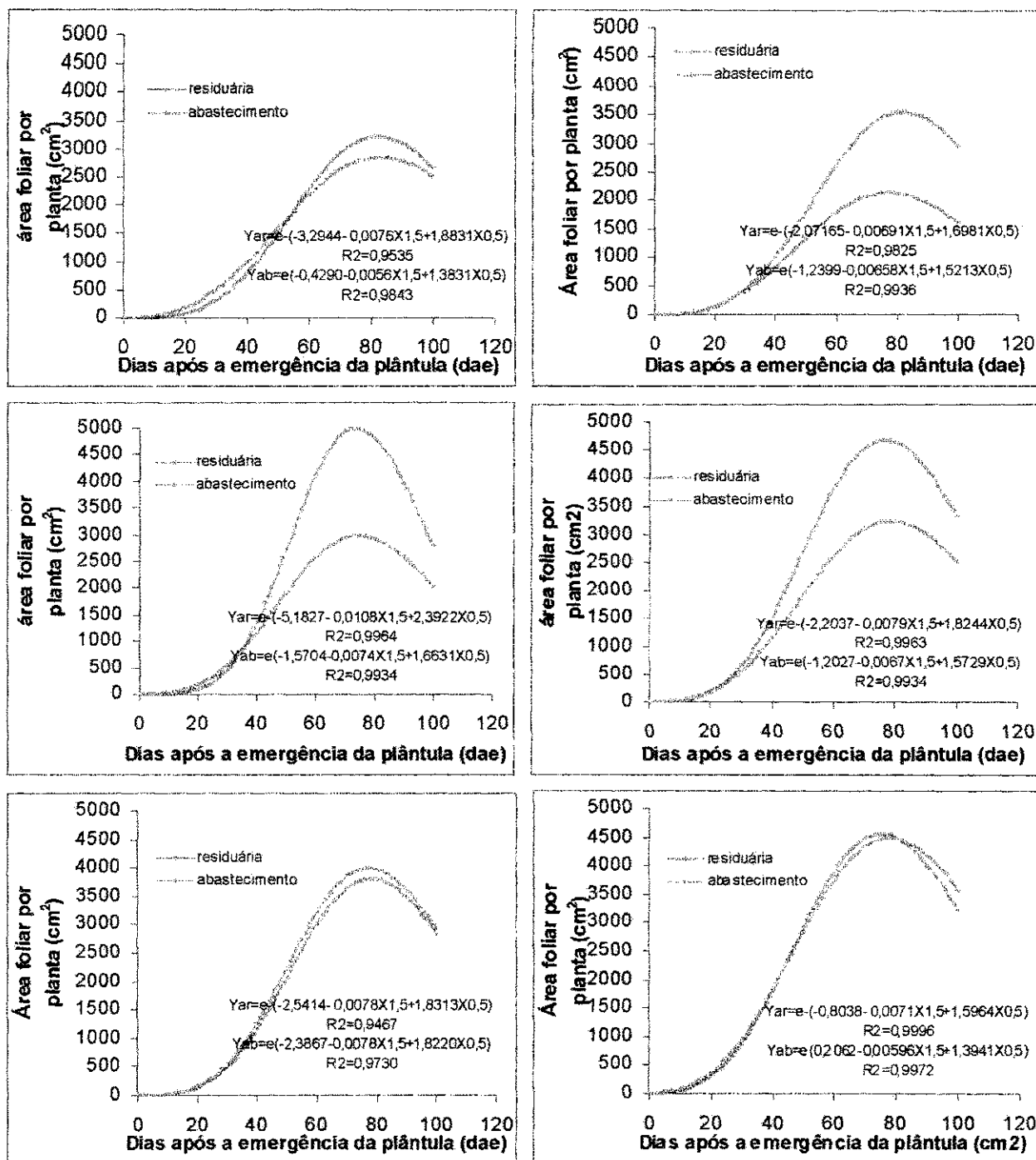


Figura 4.6- Modelo exponencial para área foliar, função por tipo de água e doses de nitrogênio: A- testemunha absoluta; B- testemunha relativa (0kg/ha de N) com adubação de fundação; C-60 kg N/ha e adubação de fundação; D- 90 kg N/ha e adubação de fundação; E-120 kg N/ha e adubação de fundação; F-180 kg N/ha e adubação de fundação.

Para a variável altura de planta (Figura 4.4), verifica-se que na dose 0 kg de N/ha a irrigação com a água residuária promoveu maior crescimento das plantas em relação à água de abastecimento, fato que se verificou até a dose de 90 kg de N/ha, mas na dose 120 kg de N/ha (Figura 4.4 E) não ocorreu diferenciação entre os dois tipos de água, porém na dose de 180 kg/ha a situação foi modificada, o efeito da água residuária foi menor, possivelmente pelo excesso de nitrogênio disponível no solo, causando o desequilíbrio de outros nutrientes envolvidos no processo de absorção pelas plantas, fato que ocorreu também para as outras duas variáveis computadas do crescimento, Figuras 4.5 e 4.6, respectivamente diâmetro do caule e área foliar por planta, importante na definição do tamanho do aparelho assimilatório das plantas na característica do crescimento (Kvet *et al.*, 1971).

No final do experimento e após a época de colheita, foram analisados os efeitos dos tratamentos testados na altura de planta, comprimento da raiz pivotante (principal) e fitomassa da parte aérea e radicular, como pode ser visto nas Tabelas 4.18 e 4.19, respectivamente, resumo da análise de variância e média dos tratamentos, com a decomposição em função dos fatores estudados. Como se observa, praticamente não houve efeitos significativos dos tratamentos em tais variáveis, o que demonstra a elevada plasticidade fisiológica que tem o algodoeiro.

4.6- Efeitos dos tratamentos nas características espectrais do algodoeiro

Nas Tabelas 4.20 e 4.21 tem-se a área foliar por planta, o teor de matéria seca e as medidas de reflectância para os tratamentos, em função dos tipos de água (abastecimento e água residuária tratada) e das diferentes doses de nitrogênio estudadas.

Pela Tabela 4.20 verificou-se que, a medida em que aumentou a dosagem de nitrogênio, ocorreu diminuição na reflectância, o que denota o estabelecimento de relação inversa entre a reflectância e a aplicação de doses crescentes de nitrogênio. Na faixa visível do espectro (400 a 700 nm), observou-se que os menores valores de reflectância se encontram associados aos maiores valores de matéria seca e de área foliar. A área foliar por planta cresce linearmente com as dosagens de nitrogênio (Silva, 2001) provocando maior absorção da radiação solar incidente e, conseqüentemente, diminuição da fração refletida pela cultura, pelo aumento significativo no conteúdo de clorofila das folhas (Fernández *et al.*, 1994) e de pigmentos, como o caroteno.

Para a faixa de comprimento de onda do infravermelho do espectro, a resposta observada foi oposta à da porção do visível do espectro, faixa em que, associados aos maiores

valores de matéria seca e de área foliar, encontram-se os maiores valores de reflectância nos tratamentos que receberam doses de nitrogênio. O aumento na quantidade de biomassa provoca aumento no espalhamento da radiação devido ao maior número de folhas presentes, ocorrendo o fenômeno denominado reflectância aditiva, que ocasiona aumento da reflectância total na porção infravermelha do espectro (Steffen & Moraes, 1993; Peñuelas *et al.*, 1997).

Na Tabela 4.21 observou-se que os menores valores de reflectância na porção do visível do espectro ocorreram nos tratamentos T6 e T8 (doses de 60 e 90 kgN/ha) aumentando com as doses de nitrogênio (N).

Na porção do visível assim como na porção infravermelho do espectro não foi observada a tendência esperada para a relação entre a reflectância e a área foliar e produção de biomassa, cuja resposta foi decorrente, provavelmente, da desuniformidade do dossel sujeito à heterogeneidade da fertilidade do solo e à riqueza da água residuária em nutrientes. As medidas de reflectância foram realizadas em um ponto fixo e a coleta de biomassa o foi em outro local dentro da parcela experimental. Como as medidas de reflectância, área foliar e biomassa não foram realizadas nos mesmos pontos dentro das parcelas, pode ter havido superestimação de uma ou de outra variável, resultando em uma resposta fora dos padrões esperados.

As curvas espectrais (Figura 4.7), nos diferentes tratamentos apresentaram a forma padrão característica da vegetação verde, com baixa reflectância na região do visível e um pico próximo aos 550 nm, onde a clorofila absorve a luz verde em pequena quantidade, tornando a reflectância maior. Próximo aos 730 nm ocorreu um substancial incremento na reflectância, a qual se manteve alta em toda a região do infravermelho próximo, uma vez que os sistemas pigmentais da planta perdem a capacidade de absorver fótons nesse espectro, em virtude do substancial aumento da curva de reflexão. O mínimo de reflexão neste comprimento de onda é causado pela mudança do índice de refração nas áreas frontais de ar/célula do mesófilo.

Na Figura 4.9 observou-se que para os tratamentos com água de abastecimento (Figura 4.7A), na porção do visível, as curvas de reflectância são mais elevadas que nos tratamentos com água residuária (Figura 4.7B), com maiores valores de reflectância no tratamento testemunha e diminuindo à medida que a produção de biomassa aumenta. Na Figura 4.7B em tratamentos que receberam a água residuária, quase não se verifica diferença nas curvas de reflectância para a porção do visível.

As diferenças observadas na reflectância da cultura, quando empregados os dois tipos de água, também foram encontradas por Fideles Filho *et al.* (1999), que salientam que a menor

reflectância para os tratamentos irrigados com água residuária tratada, ocorre em razão da riqueza de nutrientes nessa água, que promove maior desenvolvimento do dossel das plantas, fazendo com que estas absorvam melhor a energia na faixa visível do espectro.

Fideles Filho *et al.*(1999) confirmam que a água residuária tratada pode ser uma boa fonte de nutrientes para as plantas do algodão, em substituição à adubação mineral.

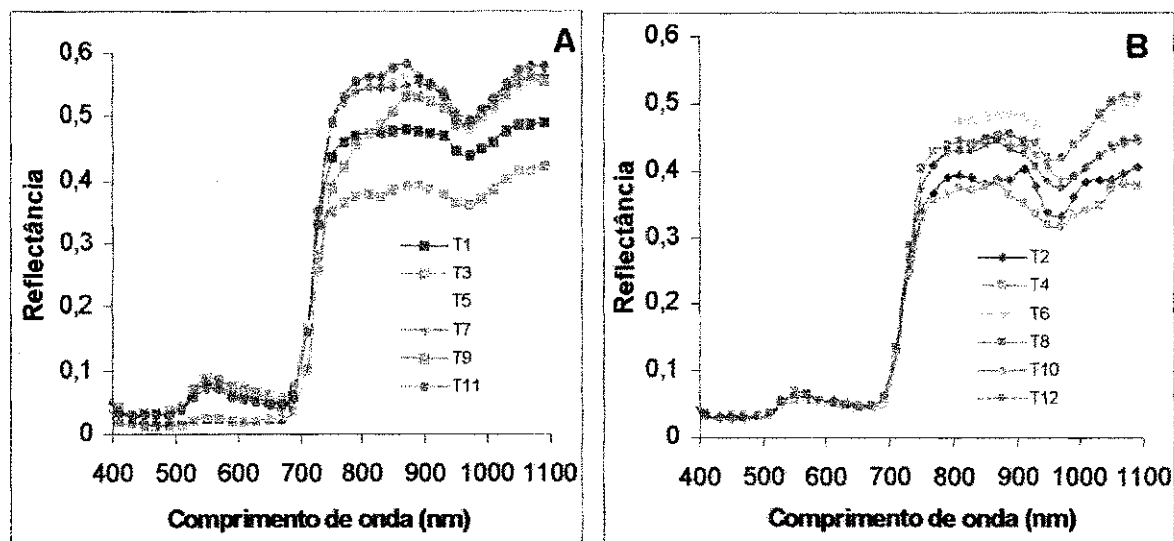


Figura 4.7. Característica espectral do dossel da cultura de algodão, irrigado com água de abastecimento (A) e água residuária (B), adubado com diferentes doses de nitrogênio.

Tabela 4.5 - Resumo da análise de variância das variáveis de fertilidade do solo, fósforo assimilável, potássio, sódio, cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, hidrogênio e alumínio (trocáveis), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), após a finalização do experimento.

Fonte de Variação	G.L	Quadrados médios									
		P mg/dm ³	K ⁺ mg/dm ³	Na ⁺ cmol _c /dm ³	Ca+Mg cmol _c /dm ³	Ca ⁺⁺ cmol _c /dm ³	Mg ⁺⁺ cmol _c /dm ³	H+Al cmol _c /dm ³	SB	CTC	V (%)
Tipo de água (A)	1	79,130 ^{n.s}	16907,310 ^{**}	1,208 ^{**}	0,236 ^{n.s}	0,003 ^{n.s}	0,182 ^{n.s}	0,348 ^{n.s}	1,011 ^{n.s}	2,162 ^{n.s}	0,967 ^{n.s}
Dose(D)	4	30,284 ^{n.s}	2258,939 ^{n.s}	0,020 ^{n.s}	1,018 ^{n.s}	0,455 ^{n.s}	0,183 ^{n.s}	2,173 ^{**}	0,921 ^{n.s}	1,702 ^{n.s}	260,395 ^{**}
Linear	1	69,921 ^{n.s}	7033,900 [*]	0,005 ^{n.s}	1,139 ^{n.s}	0,203 ^{n.s}	0,380 ^{n.s}	8,190 ^{**}	0,616 ^{n.s}	4,307 [*]	914,462 ^{**}
quadrática	1	38,798 ^{n.s}	1344,420 ^{n.s}	0,015 ^{n.s}	0,201 ^{n.s}	0,006 ^{n.s}	0,137 ^{n.s}	0,211 ^{n.s}	0,081 ^{n.s}	0,085 ^{n.s}	37,891 ^{n.s}
Cúbica	1	0,688 ^{n.s}	651,733 ^{n.s}	0,059 ^{n.s}	1,314 ^{n.s}	0,495 ^{n.s}	0,196 ^{n.s}	0,289 ^{n.s}	1,745 ^{n.s}	0,606 ^{n.s}	89,207 ^{n.s}
Des. padrão	1	11,730 ^{n.s}	5,704 ^{n.s}	0,001 ^{n.s}	1,418 ^{n.s}	1,115 ^{n.s}	0,018 ^{n.s}	0,000 ^{n.s}	1,250 ^{n.s}	1,808 ^{n.s}	0,021 ^{n.s}
A x D	4	35,551 ^{n.s}	3730,401 [*]	0,0378 ^{n.s}	0,721 ^{n.s}	0,216 ^{n.s}	0,185 ^{n.s}	0,147 ^{n.s}	0,882 ^{n.s}	1,003 ^{n.s}	28,204 ^{n.s}
Fat vs test.	1	159,056 [*]	691,867 ^{n.s}	0,107 ^{n.s}	1,421 ^{n.s}	0,072 ^{n.s}	0,852 [*]	3,213 ^{**}	2,028 ^{n.s}	0,106 ^{n.s}	428,028 ^{**}
testemunha	1	3,864 ^{n.s}	1446,682 ^{n.s}	0,838 ^{**}	1,805 ^{n.s}	0,245 ^{n.s}	0,720 [*]	0,120 ^{n.s}	0,110 ^{n.s}	0,000 ^{n.s}	18,030 ^{n.s}
Bloco	3	35,292	7665,891	0,042	1,249	0,547	0,147	0,992	1,920	3,173	113,527
Resíduo	32	24,126	1297,375	0,040	0,795	0,331	0,165	0,165	0,805	0,646	27,496
Total	46	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C.V (%)	-	61,8	39,9	31,2	16,2	17,9	17,7	25,5	14,0	10,1	6,5

n. s. - não significativo, * significativo a 5% pelo teste F; ** significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 4.6 - Valores médios das variáveis de fertilidade de solo, fósforo assimilável, potássio, sódio, cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, hidrogênio e alumínio (trocaíveis), soma de bases (SB), capacidade de troca catiônica (CTC) e saturação por bases (V), após a finalização do experimento.

Fatores	P mg/dm ³	Na ⁺ cmol _c /dm ³	Ca+Mg cmol _c /dm ³	Ca ⁺⁺ cmol _c /dm ³	Mg ⁺⁺ cmol _c /dm ³	H+Al cmol _c /dm ³	SB	CTC	V (%)
Tipo de água									
Abastecimento	7,35a	0,44b	5,52a	3,21a	2,31a	1,61a	6,14 ^a	7,76a	79,16a
residuária	10,16a	0,79a	5,36a	3,19a	2,18a	1,80a	6,46 ^a	8,22a	78,85a
Dose (kg/ha)									
0	7,97	0,64	5,68	3,33	2,35	1,07	6,52	7,59	85,74
60	7,04	0,55	5,488	3,24	2,25	1,56	6,26	7,82	79,85
90	8,74	0,59	5,18	2,92	2,26	1,63	6,04	7,57	80,00
120	7,97	0,67	5,86	3,50	2,36	1,76	6,76	8,51	79,55
180	12,07	0,64	4,99	3,00	1,99	2,52	5,94	8,45	69,91
Fatorial	8,76a	0,62a	5,44a	3,20a	2,24b	1,71b	6,30 ^a	7,99a	79,01b
testemunha	3,87b	0,74a	5,90a	3,30a	2,60 ^a	1,01a	6,85 ^a	7,86a	87,02a
Testemunhas									
Abastecimento	3,18a	0,42b	6,38a	3,48a	2,90 ^d	0,89a	6,97 ^a	7,86a	88,52a
residuária	4,57a	1,07a	5,43a	3,13a	2,30b	1,14b	6,74 ^a	7,87a	85,52a

Em cada coluna e para cada fator, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.7 - Desdobramento da interação tipo de água x doses de nitrogênio para a variável concentração de potássio no solo após a finalização do experimento.

Fonte de variação	G.L	Potássio(K ⁺) (mg/dm ³)
água	1	16907,310 ^{**}
Dose/água de abastecimento	4	285,725 ^{n.s}
Linear	1	2,961 ^{n.s}
Quadrática	1	543,231 ^{n.s}
cúbica	1	73,786 ^{n.s}
Desvio de regressão	1	522,924 ^{n.s}
Dose/água residuária	4	5703,615 ^{**}
Linear	1	14478,926 ^{**}
Quadrática	1	5649,2291 [*]
Cúbica	1	1997,501 ^{n.s}
Desvio de regressão	1	688,807 ^{n.s}
Bloco	3	7665,891 ^{**}
Resíduo	32	1297,375

n.s - não significativo, * significativo a 5% pelo teste F; **significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 4.8 - Valores médios do desdobramento da interação água x doses de nitrogênio para a variável concentração de potássio no solo após a finalização do experimento.

Dose	K ⁺ (mg/dm ³)	
	Água de abastecimento	Água residuária
0	65,937 a	88,220 a
60	77,462 a	95,907 a
90	67,475 a	106,277 a
120	82,840 a	92,832 a
180	62,862 b	178,932 a

Nas linhas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.9 - Resumo da análise de variância para as variáveis de solo, condutividade elétrica (CEe), cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, sódio, potássio, sulfato, carbonato, bicarbonato, cloreto, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio intercambiável (PSI), no extrato de saturação do solo após finalização do experimento.

Fonte de Variação	G.L	Quadrados médios										
		CEe (dS/m)	Ca+Mg (mmol/l)	Ca ⁺⁺ (mmol/l)	Mg ⁺⁺ (mmol/l)	Na ⁺ (mmol/l)	K ⁺ (mmol/l)	SO ₄ ⁻ (mmol/l)	HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	Cl ⁻ (mmol/l)	RAS	PSI
Tipo de água(A)	1	1,552 ^{ns}	8,100 ^{ns}	7,656 ^{ns}	0,006 ^{ns}	162,41 ^{**}	0,085 ^{ns}	0,075 ^{ns}	9,237 ^{ns}	78,400 ^{ns}	37,947 ^{**}	67,159 ^{**}
Dose(D)	4	0,878 ^{ns}	16,475 ^{ns}	6,353 ^{ns}	3,884 ^{ns}	4,017 ^{ns}	0,179 ^{ns}	0,055 ^{ns}	22,238 ^{**}	15,662 ^{ns}	0,460 ^{ns}	0,816 ^{ns}
Linear	1	1,918 ^{ns}	38,514 [*]	11,556 ^{ns}	7,876 ^{ns}	8,747 ^{ns}	0,480 ^{ns}	0,020 ^{ns}	63,728 ^{**}	23,256 ^{ns}	0,0265 ^{ns}	0,048 ^{ns}
Quadrática	1	0,043 ^{ns}	24,191 ^{ns}	6,095 ^{ns}	6,780 ^{ns}	1,171 ^{ns}	0,000	0,017 ^{ns}	2,999 ^{ns}	1,251 ^{ns}	0,610 ^{ns}	1,111 ^{ns}
Cúbica	1	0,737 ^{ns}	1,314 ^{ns}	4,225 ^{ns}	0,826 ^{ns}	3,639 ^{ns}	0,063 ^{ns}	0,008 ^{ns}	0,656 ^{ns}	17,556 ^{ns}	1,126 ^{ns}	1,971 ^{ns}
D. padrão	1	0,813 ^{ns}	1,881 ^{ns}	3,536 ^{ns}	0,054 ^{ns}	2,510 ^{ns}	0,172 ^{ns}	0,173 ^{ns}	20,793 [*]	20,586 ^{ns}	0,080 ^{ns}	0,135 ^{ns}
A x D	4	0,304 ^{ns}	0,444 ^{ns}	0,234 ^{ns}	0,616 ^{ns}	1,347 ^{ns}	0,223 ^{ns}	0,285 ^{ns}	1,280 ^{ns}	27,650 ^{ns}	0,469 ^{ns}	0,871 ^{ns}
Fat vs test.	1	0,031 ^{ns}	1,204 ^{ns}	0,067 ^{ns}	0,817 ^{ns}	19,227 ^{ns}	0,073 ^{ns}	0,010 ^{ns}	55,554 ^{**}	34,126 ^{ns}	3,067 ^{ns}	4,604 ^{ns}
Testemunha	1	2,656 ^{ns}	8,000 ^{ns}	2,531 ^{ns}	1,531 ^{ns}	121,8 ^{**}	0,038 ^{ns}	0,008 ^{ns}	3,125 ^{ns}	87,781 ^{ns}	24,325 ^{**}	40,006 ^{**}
Bloco	3	1,151	11,187 ^{ns}	5,035 ^{ns}	1,701 ^{ns}	3,731 ^{ns}	0,448 [*]	0,594 ^{**}	12,855 [*]	20,852 ^{ns}	0,033 ^{ns}	0,068 ^{ns}
Resíduo	33	0,686	9,150	3,281	2,122	6,556	0,145	0,111	4,105	23,458	1,018	1,714
Total	47	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
C. V (%)	-	52,6	45,5	41,6	64,2	31,2	115,0	26,5	44,9	47,6	22,1	25,5

n.s- não significativo. * significativo a 5% pelo teste F; **significativo a 1% pelo teste F.

Obs.: não foi analisado o teor de carbonato, por este se encontrar nulo nas análises.

Tabela 4.10 - Valores médios das variáveis de solo, condutividade elétrica (CEe), cálcio e magnésio, cálcio, magnésio, sódio, potássio, sulfato, carbonato, bicarbonato, cloreto, relação de adsorção de sódio (RAS) e percentagem de sódio intercambiável (PSI), no extrato de saturação do solo após a finalização do experimento.

Fatores	CEe (dS/m)	Ca+Mg (mmol/l)	Ca ⁺⁺ (mmol/l)	Mg ⁺⁺ (mmol/l)	Na ⁺ (mmol/l)	K ⁺ (mmol/l)	SO ₄ ⁻ (mmol/l)	HCO ₃ ⁻ (mmol/l)	Cl ⁻ (mmol/l)	RAS	PSI
Tipo de água											
Abastecimento	1,37a	6,12a	3,90a	2,22a	5,91b	0,30a	1,22 ^a	3,48a	8,40a	3,47b	3,70b
residuária	1,76a	7,03a	4,77a	2,20a	9,94a	0,39a	1,31 ^a	4,50a	11,20a	5,42a	6,29a
Dose (kg/ha)											
0	1,33	5,94	3,81	2,12	7,56	0,20	1,21	6,37	9,12	4,41	4,95
60	1,37	6,00	4,56	1,44	7,36	0,30	1,22	3,50	9,00	4,34	4,86
90	1,28	5,44	3,44	1,87	7,32	0,23	1,40	5,00	8,38	4,49	5,06
120	1,99	6,44	4,12	2,31	8,73	0,53	1,20	2,63	11,75	4,82	5,49
180	1,85	9,06	5,75	3,31	8,66	0,49	1,29	2,44	10,75	4,17	4,62
Fatorial	1,56a	6,57a	4,34a	2,21a	7,93a	0,35a	1,26 ^a	4,03b	9,80a	4,44a	5,00a
testemunha	1,63a	7,00a	4,44a	2,56a	9,63a	0,24a	1,22 ^a	6,87a	12,06a	5,12a	5,83a
Testemunhas											
Abastecimento	1,05a	6,00a	3,87a	2,12a	5,72b	0,17a	1,23 ^a	6,25a	8,75a	3,38b	3,59b
residuária	2,21a	8,00a	5,00a	3,00a	13,53a	0,31a	1,21 ^a	7,5a	15,38a	6,87a	8,06a

Em cada coluna e para cada fator, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.11 - Resumo da análise de variância para as variáveis, número de capulhos por planta, precocidade, peso de 100 sementes, percentagem de fibra, peso de capulho e produtividade de algodão em caroço, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.

Fonte de variação	G.L	Quadrados médios					
		Número de capulhos/planta ¹	Peso de capulho (g)	Peso de 100 sementes (g)	% fibra	Precocidade (%)	Produtividade de algodão em caroço (kg/ha) ²
Tipo de água (A)	1	0,189 ^{n.s}	0,961*	10,000**	41,006**	97,594 ^{n.s}	4204938,870**
Dose (D)	4	0,180 ^{n.s}	1,406**	0,187 ^{n.s}	0,927 ^{n.s}	121,055 ^{n.s}	1583593,629**
linear	1	0,088 ^{n.s}	4,658**	0,400 ^{n.s}	0,961 ^{n.s}	463,082 ^{n.s}	2106246,412**
quadrática	1	0,297 ^{n.s}	0,577 ^{n.s}	0,095 ^{n.s}	0,037 ^{n.s}	7,459 ^{n.s}	5703270,400**
Cúbica	1	0,250 ^{n.s}	0,315 ^{n.s}	0,225 ^{n.s}	2,209 ^{n.s}	10,151 ^{n.s}	1686205,720*
Desvio de regressão	1	0,084 ^{n.s}	0,073 ^{n.s}	0,030 ^{n.s}	0,500 ^{n.s}	3,530 ^{n.s}	819125,430 ^{n.s}
A x D	4	0,246 ^{n.s}	0,027 ^{n.s}	0,937 ^{n.s}	2,196*	191,262 ^{n.s}	1778536,405**
Fat vs Test.	1	0,742*	2,926**	0,048 ^{n.s}	3,343*	193,411 ^{n.s}	8339647,862**
testemunha	1	0,307 ^{n.s}	0,583 ^{n.s}	1,714 ^{n.s}	1,214 ^{n.s}	3,605 ^{n.s}	6384236,445**
Bloco	3	0,829**	0,657**	2,510*	0,877 ^{n.s}	1268,376*	3486054,802**
Resíduo	32	0,151	0,143	0,811	0,681	74,045	277273,151
Total	46	-	-	-	-	-	-
C.V (%)	-	11,2	5,1	6,7	2,1	15,5	16,3

n.s. - não significativo, * significativo a 5% pelo teste F; ** significativo a 1% pelo teste F.

¹dados transformados em $y = \sqrt{x + 1}$.

Tabela 4.12 - Valores médios das variáveis, número de capulhos por planta, precocidade, peso de 100 sementes, peso de capulho, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.

Fatores	Número de capulhos/planta ¹		Peso de capulho (g)	Peso de 100 sementes (g)	Precocidade (%)
	Original	Transformado			
Tipo de água					
Abastecimento	11,10a	3,45a	7,29b	13,00b	58,09a
residuária	12,10a	3,59a	7,60a	14,00a	54,97a
Dose (kg/ha)					
0	10,13	3,30	6,74	13,25	51,67
60	13,13	3,73	7,54	13,63	55,56
90	11,63	3,53	7,49	13,50	55,59
120	11,63	3,53	7,61	13,50	57,45
180	11,50	3,52	7,85	13,63	62,38
Fatorial	11,60a	3,52a	7,45a	13,50a	55,64a
testemunha	9,38b	3,19b	6,80b	13,43a	51,15a
Entre Testemunhas					
Abastecimento	8,25a	2,99a	6,32a	14,33a	51,82a
residuária	10,50a	3,38a	7,05a	13,00a	50,48a

Em cada coluna e para cada fator, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

¹dados transformados em $y = \sqrt{x + 1}$.

Tabela 4.13 - Desdobramento da interação tipo de água x doses de nitrogênio para as variáveis, percentagem de fibra e produtividade de algodão em caroço, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.

Fonte de variação	G.L	% fibra	Produtividade de algodão em caroço (kg/ha)
Tipo de água	1	41,006**	4204938,870**
Dose/água de abastecimento	4	2,016*	2956783,639**
Linear	1	4,704*	10280776,224**
Quadrática	1	0,428 ^{n.s}	182103,610 ^{ns}
cúbica	1	0,098 ^{n.s}	8347,698 ^{n.s}
Desvio de regressão	1	2,834*	1355907,025 ^{ns}
Dose/água residuária	4	1,106 ^{n.s}	405346,394 ^{n.s}
Linear	1	0,612 ^{n.s}	83831,826 ^{n.s}
Quadrática	1	0,146 ^{n.s}	49331,797 ^{n.s}
Cúbica	1	3,200*	63118,230 ^{n.s}
Desvio de regressão	1	0,467 ^{n.s}	1425103,725 ^{n.s}
Bloco	3	0,871	3486054,802
Resíduo	32	0,681	277273,151

n.s - não significativo, * significativo a 5% pelo teste F; **significativo a 1% pelo teste F.

Tabela 4.14 - Valores médios do desdobramento da interação tipo de água x doses de nitrogênio para a variável percentagem de fibra, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.

Dose	% Fibra	
	Água de abastecimento	Água residuária
0	41,05 a	38,42 b
60	40,30 a	37,80 b
90	41,22 a	38,05 b
120	40,02 a	39,17 a
180	39,52 a	38,55 a

Nas linhas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.15 - Valores médios do desdobramento da interação tipo de água x doses de nitrogênio para a variável produtividade de algodão em caroço, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro.

Dose	produtividade de algodão em caroço (kg/ha)	
	Água de abastecimento	Água residuária
0	1920,725 b	3584,100 a
60	2580,700 b	3924,675 a
90	3642,050 a	3325,300 a
120	3236,375 b	4157,950 a
180	4092,050 a	3722,150 a

Nas linhas, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

a para as características da fibra, comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas e resistência, reflectância, grau de amarelo e índice de fiabilidade, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na

Quadrados médios

Formid. (%)	Índice de fibras curtas	Resistência (gf/tex)	Alongam. à ruptura (%)	Índice micronaire	Reflectância (%)	Grau de amarelo	Índice de fiabilidade
702 ^{n.s}	0,110 ^{n.s}	0,729 ^{n.s}	2,704*	0,702**	1,190 ^{n.s}	23,104*	99002,50**
708 ^{n.s}	1,070 ^{n.s}	34,232**	0,437 ^{n.s}	0,178*	0,342 ^{n.s}	5,145 ^{n.s}	22187,65**
564 ^{n.s}	0,495 ^{n.s}	9,752 ^{n.s}	1,089 ^{n.s}	0,018 ^{n.s}	0,638 ^{n.s}	6,889 ^{n.s}	25704,90*
543 ^{n.s}	0,088 ^{n.s}	0,079 ^{n.s}	0,390 ^{n.s}	0,052 ^{n.s}	0,543 ^{n.s}	6,287 ^{n.s}	11733,43 ^{n.s}
452 ^{n.s}	0,371 ^{n.s}	5,077 ^{n.s}	0,042 ^{n.s}	0,105 ^{n.s}	0,116 ^{n.s}	4,096 ^{n.s}	35521,60**
272 ^{n.s}	3,325 ^{n.s}	122,019**	0,227 ^{n.s}	0,538**	0,071 ^{n.s}	3,306 ^{n.s}	1590,67 ^{n.s}
750 ^{n.s}	0,585 ^{n.s}	14,086 ^{n.s}	0,885 ^{n.s}	0,064 ^{n.s}	0,306 ^{n.s}	6,861 ^{n.s}	5821,25 ^{n.s}
018 ^{n.s}	2,427 ^{n.s}	23,235 ^{n.s}	1,814*	0,382*	0,000 ^{n.s}	12,858 ^{n.s}	16398,67 ^{n.s}
1830 ^{n.s}	0,000 ^{n.s}	15,003 ^{n.s}	0,002 ^{n.s}	0,030 ^{n.s}	0,220 ^{n.s}	0,023 ^{n.s}	2120,048 ^{n.s}
0729 ^{n.s}	0,579 ^{n.s}	20,787 ^{n.s}	0,876 ^{n.s}	0,013 ^{n.s}	1,257 ^{n.s}	3,495 ^{n.s}	9597,27 ^{n.s}
1,368	0,892	7,4725	0,368	0,054	0,634	4,247	4021,65
-	-	-	-	-	-	-	-
1,4	23,2	9,1	5,98	4,8	1,01	15,5	3,0

teste F; **significativo a 1% pelo teste F.

médios das características da fibra, comprimento, uniformidade, índice de fibras curtas, resistência, alongamento à ruptura, ctância, grau de amarelo e índice de fiabilidade, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro

Comprimento (mm)	Uniformidade (%)	Índice de fibras curtas (%)	Resistência (gf/tex)	Alongamento à ruptura (%)	Índice micronaire ($\mu\text{g}/\text{in}$)	Reflectância (%)	Grau de amarelo	Índice de fiabilidade
29,03a	85,67a	4,12a	29,60a	10,48a	4,76b	78,79a	12,36b	2131,90a
28,06b	85,93a	4,22a	29,87a	9,96b	5,02a	78,44a	13,88a	2032,40b
28,89	86,03	4,14	28,68	10,58	4,85	78,91	12,14	2124,00
29,10	86,29	3,65	31,70	10,20	4,71	78,71	13,00	2146,00
28,79	85,05	4,63	26,64	10,25	5,13	78,43	13,00	2030,75
27,80	85,85	4,05	31,13	9,94	4,89	78,43	14,38	2031,75
28,13	85,78	4,38	30,51	10,11	4,86	78,59	13,06	2077,75
28,54b	85,80a	4,17a	29,73a	10,22a	4,89a	78,61a	13,12a	2082,15a
30,07a	85,86a	3,50a	31,86a	09,71b	4,64b	78,63a	14,50a	2137,57a
31,33a	85,20a	3,50a	30,76a	9,50a	4,50a	78,54a	14,58a	2171,17a
29,30b	86,30a	3,50a	33,13a	9,70a	4,70a	78,48a	14,45a	2122,50a

ada fator, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.18 - Resumo da análise de variância para as variáveis, altura de planta, comprimento da raiz principal, fitomassa seca da parte aérea por planta, fitomassa seca da raiz por planta, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.

Fonte de variação	G.L.	Quadrados médios			
		Altura/ planta (cm)	Comprimento da raiz principal/planta (cm)	Fitomassa seca da parte aérea/planta (g)	Fitomassa seca da raiz/planta (g)
Tipo de água (A)	1	176,400 ^{n.s}	35,156 ^{n.s}	269,361 ^{n.s}	1,8065 ^{n.s}
Dose (D)	4	395,181 ^{**}	25,772 ^{n.s}	626,768 [*]	7,494 ^{n.s}
linear	1	1131,564 ^{**}	26,002 ^{n.s}	1123,070 [*]	14,102 ^{n.s}
quadrática	1	60,420 ^{n.s}	0,968 ^{n.s}	58,045 ^{n.s}	1,477 ^{n.s}
Cúbica	1	48,952 ^{n.s}	66,952 ^{n.s}	334,373 ^{n.s}	14,102 ^{n.s}
Des. regressão	1	339,789 [*]	9,167 ^{n.s}	991,583 [*]	0,295 ^{n.s}
A x D	4	101,720 ^{n.s}	14,391 ^{n.s}	196,008 ^{n.s}	1,869 ^{n.s}
Fat vs Test. testemunha	1	80,910 ^{n.s}	28,704 ^{n.s}	91,020 ^{n.s}	4,817 ^{n.s}
Bloco	3	677,967	25,028	274,267	5,521
Resíduo	33	61,641	16,797	189,738	3,979
Total	47	-	-	-	-
C.V (%)	-	10,8	16,9	27,9	24,1

n.s - não significativo; * significativo a 5% pelo teste F; ** significativo a 1% pelo teste F.
¹valores transformados.

Tabela 4.19 - Valores médios das variáveis, altura por planta, comprimento da raiz principal por planta, fitomassa seca da parte aérea por planta, fitomassa seca da raiz por planta, em função do tipo de água e doses de nitrogênio na cultura do algodoeiro herbáceo.

Fatores	Altura / planta (cm)	Comprimento da raiz principal/planta (cm)	Fitomassa seca da parte aérea/planta (g)	Fitomassa seca da raiz /planta (g)
Tipo de água				
abastecimento	71,18a	25,58a	47,35a	8,20a
residuária	73,38a	23,70a	52,54a	8,63a
Dose (kg/ha)				
0	63,56	25,06	39,63	7,00
60	70,31	26,63	47,63	9,06
90	79,56	25,63	59,81	8,75
120	72,31	21,94	44,25	7,88
180	80,63	23,94	58,41	9,38
Fatorial	73,28a	24,64a	49,95a	8,41a
testemunha	69,79a	22,56a	46,25a	7,56a
Testemunhas				
abastecimento	66,83a	23,00a	50,50a	8,50a
residuária	72,75a	22,12a	42,00a	6,62a

Em cada coluna e para cada fator, médias seguidas pela mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade.

Tabela 4.20 - Valores de doses de nitrogênio, área foliar, matéria seca e reflectância média no espectro visível (400-700nm) e reflectância média no infravermelho próximo (700-1100nm), obtidos na cultura de algodão nos diferentes tratamentos.

Água de Abastecimento					
Tratamento	Doses de nitrogênio (kg/ha)	Área foliar (cm ² /planta)	Matéria seca (g/parcela)	Reflectância visível (400-700nm) (%)	Reflectância infravermelho (700-1100nm) (%)
01	Testemunha	3512	38	5,88	45,0
03	00	1357	37	6,55	37,0
05	60	2771	50	4,40	50,0
07	90	4594	59	4,10	51,0
09	120	3956	40	2,78	47,0
11	180	4020	52	5,53	52,0

Tabela 4.21 - Valores de doses de nitrogênio, área foliar, matéria seca e reflectância média no espectro visível (400-700nm) e reflectância média no infravermelho próximo (700-1100nm), obtidos na cultura de algodão nos diferentes tratamentos.

Água Residuária					
Tratamento	Doses de nitrogênio (kg/ha)	Área foliar (cm ² /planta)	Matéria seca (g/parcela)	Reflectância visível (400-700nm) (%)	Reflectância infravermelho (700-1100) (%)
02	Testemunha	4203	42	5,19	36
04	00	4212	43	4,63	34
06	60	3295	45	3,68	44
08	90	4705	61	3,90	43
10	120	3045	49	5,11	40
12	180	2566	65	5,08	40

5- CONCLUSÕES

De acordo com os resultados obtidos, pode-se concluir que:

- ❖ A irrigação com água residuária, média de 670 mm (6700 m³/ha ou 670 l/m²) embora contivesse teor de fósforo total elevado, não provocou aumento significativo desse elemento no solo; no entanto elevou em 58 % o teor de potássio trocável do solo.
- ❖ A irrigação com água residuária elevou em mais de 70 % o teor de sódio trocável no solo, porém ainda sem causar problemas para as plantas, mesmo as mais sensíveis, o que não significa que ao longo do tempo não se tenha que monitorar o solo e as modificações que possam ocorrer com o uso de água residuária na irrigação.
- ❖ As variáveis: acidez potencial, capacidade de troca catiônica (CTC) e a saturação de bases do solo (V) não foram afetadas pela água residuária mas, foram pelas doses de adubação nitrogenada, tendo a saturação de bases seu valor reduzido com o aumento das doses de nitrogênio.
- ❖ No extrato de saturação do solo a água residuária influenciou as variáveis, sódio trocável, razão de adsorção de sódio (RAS), percentagem de sódio intercambiável (PSI), com aumentos significativos; enquanto para a condutividade elétrica, teor de sulfato, teor de cloreto e outros cátions do solo não foram constatados efeitos interativos entre os fatores estudados.
- ❖ Os nutrientes presentes na água residuária promoveram maior crescimento das plantas em relação à água de abastecimento até a dose de 90 kg N/ha, com reversão na dose de 180 kg N/ha para a água de abastecimento.
- ❖ A fitomassa radicular e fitomassa aérea, não foram afetadas pelos tratamentos testados, tipos de água e doses de nitrogênio
- ❖ A resposta espectral do algodoeiro foi alterada conforme as variações na quantidade de biomassa do dossel, causada pela água residuária que é rica em nutrientes, utilizados pelas plantas. Os aumentos na quantidade de biomassa diminuíram a reflectância na porção visível e aumentaram a reflectância na porção infravermelha do espectro nos tratamentos irrigados com água residuária.

- ❖ Nas características físicas da fibra a água residuária influenciou somente as variáveis: comprimento de fibra, alongamento, finura e fiabilidade, mas não a ponto de afetar a qualidade global da fibra.
- ❖ O algodão produzido apresentou elevado índice de reflectância, com valor médio de 78%, sendo caracterizado como de elevada qualidade intrínseca, segundo os padrões de exigência da indústria têxtil internacional
- ❖ Nos componentes da produção a água residuária aumentou o peso de sementes com diminuição da percentagem de fibra, que foi maior com o uso da água de abastecimento, sendo este aumento dependente das doses de nitrogênio.
- ❖ A produção foi influenciada pela água residuária, com o algodão herbáceo atingindo produtividades elevadas, com valores superiores a 3300 kg/ha de algodão em caroço, que corresponde a mais de 1200 kg/ha de fibra, valor bem acima da média mundial da mais recente safra computada de 2001/2002 e entre as cinco maiores do mundo.
- ❖ A água residuária foi capaz de substituir a adubação nitrogenada mineral em 180 kg/ha considerando o solo sem adubação nitrogenada e irrigação com água de abastecimento.
- ❖ Sob o aspecto sanitário, não foi possível se avaliar os riscos da sobrevivência de microrganismos patogênicos no solo, visto que se trata de um solo com contaminação previamente elevada.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALMEIDA, R.P. de ; SILVA, C. A. D. da. Manejo integrado de pragas do algodoeiro. In BELTRÃO, N. E. de M. (Org.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para transferência de Tecnologia, v.2 (2v.), 1999, p. 756-799

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M. **Determinação da época de irrigação em algodoeiro herbáceo por via climatológica**. Campina Grande : EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 1992. 17p (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico,34)

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M. Zoneamento do algodão herbáceo no nordeste. In: BELTRÃO, N. E. de M.(org.). **O agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: Embrapa Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999,v.1(2v.),p.213-229.

AMORIM NETO, M. da S.; BELTRÃO, N. E. de M.; ARAÚJO, A. E. de; GOMES, D.C. **Definição de época de plantio dos algodoeiros arbóreo e herbáceo para o Nordeste brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA - Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 1998. 20p (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico,77).

ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO 2001. Santa Cruz do Sul, RS. Gazeta do Sul, 2001,143p.

ANUÁRIO BRASILEIRO DO ALGODÃO 2002. Santa Cruz do Sul, RS. Gazeta do Sul, 2002,136p.

APHA, AWWA, WEF. **Standard methods for the examination of water and wastewater**. 19. ed. Washington, DC: APHA, 1995

AYERS, A.S.; WESTCOT, D.W. **A qualidade da água na agricultura**. "water Quality for Agriculture". FAO. Tradução H.R. Ghery e J.F. de Medeiros, UFPB.Campina Grande-PB, 217p. 1999.

BANZATTO. D.A., KRONKA, S. do. N. **Experimentação agrícola**. 3.ed. Jaboticabal: FUNEP, 1995. 247p.

BARROS, A.J.M.; CEBALLOS, B. S. O. de; KÖNIG, A.; GHEYI, H. R. **Avaliação sanitária e físico-química das águas para irrigação de hortaliças no Agreste e Brejo paraibanos**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, 1998, v.2, n.1, p.17-21

BASTOS, R. K. X. Avaliação do tratamento de esgotos sanitários em lagoas de estabilização tendo em vista a utilização do efluente na agricultura e piscicultura. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERÍA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28.,2002,Cancún. **Anais...**Cancun, 2002.

BASTOS, R. K. X. Fertirrigação com águas residuárias. In. FOLEGATTI, M. V. (coord.). **Fertirrigação**. Citrus. Flores. Hortaliças. Guaíba: Agropecuária,1999.p.279-291

BELTRÃO, N. E. de M. (coord.). **Recomendações técnicas para o cultivo do algodoeiro herbáceo de sequeiro e irrigado nas regiões nordeste e norte do Brasil**. Campina Grande:

EMBRAPA- Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 1994, 74p (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnica, 17).

BELTRÃO, N. E. de M. Algodão brasileiro em relação ao Mundo: situação e perspectivas. In: BELTRÃO, N. E. de M.(org). **O agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999, v.1(2v.),p.15-27.

BELTRÃO, N. E. de M.; ALMEIDA, O.A.; PEREIRA, J.R. de; FIDELIS FILHO, J. **Metodologia para estimativa do crescimento do fruto e do volume absoluto e relativo da planta do algodoeiro**. Revista de Oleaginosas e Fibrosas, 5(1): 2001 p. 283-289.

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P de. **Defasagem entre a produtividade real e potencial do algodoeiro herbáceo: limitações morfológicas, fisiológicas e ambientais**. Campina Grande: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 1993. 108p (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico,39).

BELTRÃO, N. E. de M.; AZEVEDO, D. M. P. de. **Controle de plantas daninhas na cultura do algodoeiro**. Campina Grande, PB. EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. EMBRAPA-CNPA; Brasília, EMBRAPA-SPI, 1994.154p.

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J. G. Fitologia do algodão herbáceo (sistemática, organografia e anatomia). In: Beltrão, N. E. de M.(org). **O agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999, v.1 (2v.), p.55-86.

BERTON, R. S. Fertilizantes e poluição. In: Reunião Brasileira de Fertilidade do solo e Nutrição de Plantas,20.,1992, Piracicaba. **Anais...**Piracicaba: Fundação Cargil,1992, p.299-313.

BERTONI, J.; LOMBARDI NETO, F. **Conservação do solo**. Piracicaba, SP.,1985. 368p.

BEZERRA, J.R.C.; AMORIM NETO, M. da S.; SILVA e LUZ, M. J. da; BARRETO, A. N.; SILVA, L.C. Irrigação do algodoeiro herbáceo. In BELTRÃO, N. E. de M. (org.), **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA Comunicação para transferência de Tecnologia, v.2 (2v.), 1999, p. 619-682

BLUM, J. R.C. Critérios e padrões de qualidade da água. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H. F.(eds.).**Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003, p.125-174.

BLUMENTHAL, U. J.; MARA, D. D.; PEASEY, A.; PALACIOS, G. R.; STOOT, R. Guidelines for the microbiological quality of treated wastewater used in agriculture: recommendations for revising WHO guidelines. Bulletin of the health Organization, 2000, p.1104-1116.

CAIRNCROSS. Control of enteric pathogens in developing countries. In: **Environmental microbiology**, ed. Ralph Mitchell Wiley-Liss, New York, 1992, 410p.

CARVALHO, M. G. R. F. de. **Estado da Paraíba: Classificação Geomorfológica**. João

CARVALHO, O. S.; SILVA, O. R. R. F.; MEDEIROS, J. da C. Adubação e calagem. In: Beltrão, N.E. de M.(org). **O agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999, v.1 (2v.), p.173-210.

CAVALCANTI, F. J. de A. (Coord.). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco**: 2. aproximação, Recife: Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, 2. edição revisada, 1998, 198 p.

CAVALLINI, J. M. Sistemas integrados de tratamiento y uso de aguas residuales em America Latina: realidad y potencial. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28., 2002, Cancún. **Anais...** Cancún, 2002.

CEBALLOS, B. S. O. de. Microbiologia sanitária y ambiental. In: MENDONÇA, S.R. **Sistemas de lagunas de estabilización**: Cómo utilizar aguas residuales tratadas em sistemas de regadio. Bogotá: McGRAW-HILL INTERAMERICANA, 2000, p.68-106.

CORRÊA, F. A. A fibra e os subprodutos. In: **Cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo, Instituto Brasileiro de Potassa, 1965, p.509-540.

① COSTA, R.G. ; CARVALHO, H. O.; GHEYI, H. R. Qualidade da água de irrigação da microrregião de Catolé do Rocha-PB. R. Bras. Ci. Solo. Campinas, V.6, p.242-244, 1982.

CYBERPL. População Mundial. Disponível em <<http://cyberpl.com.br/~misaal/geotra/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2003.

DACACH, N. G. **Tratamento primário de esgoto**. Rio de Janeiro: EDC - Ed. Didática e científica, 1991, 106p.

DIAS, L.E.; BARROS, N. F. de; FRANCO, A. A. Nitrogênio. In: DIAS, L.E. (org). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Departamento de Solos/UFV, 1996, v.1 (2v.), p.150-204. (DPS/UFV. Apostila de Fertilidade do solo)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **BRS 187 8H. Cultivar de algodoeiro herbáceo para as condições do nordeste e uso na agricultura familiar**. Campina Grande: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Algodão. 1999a. (Folder explicativo)

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. **Manual de métodos de análise de solo**, Rio de Janeiro: Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos: SNLCS, 1979.

FAGARIA, N. K.; GHEYI, H. R. Melhoramento genético das culturas e seleção de cultivares. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB, 1997, p. 363-383.

FARIAS, F.J.C.; BELTRÃO, N. E. de M. ; FREIRE, E. C. Caracteres de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M. (org.), **O agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para transferência de Tecnologia, v.1 (2v.), 1999. p. 363-369

FEACHEM, R. G.; BRADLEY, D. J.; GARELICK, H.; MARA, D. D. Sanitation and disease-health aspects of excreta and wastewater management, Chichester: John Wiley & Sons, 1983. 501p.

FERNÁNDEZ, S.; VIDAL, D.; SIMÓN, E.; SUGRAÑES, L. Radiometric characteristics of *Triticum aestivum* cv. Astral under water and nitrogen stress. **International Journal of Remote Sensing**, London, v. 15, n. 9, p. 1867-1884, 1994

FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, N. E. M.; RAMANA RAO, T. V. Reflectância do solo seco e úmido e da cultura de amendoim nas bandas do visível e infravermelho próximo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA 11.; REUNIÃO LATINO-AMERICANA DE AGRAMETEOROLOGIA 2., 1999, Florianópolis. **Anais...Florianópolis**: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1999. p. 1782-1787.

FIDELES FILHO, J.; NOBREGA, J. Q.; BELTRÃO, N. E. de M.; BEZERRA, B. G. Características espectrais do algodoeiro irrigado com água de esgotos sanitários tratada e água de abastecimento. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2., 1999, Ribeirão Preto. O algodão no século XX, perspectivas para o século XXI. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA. CNPA, 1999, p.673-676

FRYE, I. A. A.; KAIRUZ, I. A.G. Manejo de suelos y uso de fertilizantes. In: FEDERACIÓN NACIONAL DE ALGODONEROS. **Bases técnicas para el cultivo del algodón em Colombia**. Bogotá: Guadalupe, 1990, p.113-202.

FUNDAÇÃO BLUMENAUENSE DE ESTUDOS TÊXTEIS. **Avaliação da qualidade comercial do algodão brasileiro através de testes no HVI (High Volume Instruments)**. Blumenau, 1994, 14p.

FUNDAÇÃO BLUMENAUENSE DE ESTUDOS TÊXTEIS. **Resultados de testes no HVI e sua interpretação**. Blumenau [sd.], 32p.

GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F. de; SOUZA, J. R. A qualidade de água de irrigação. In: In: FOLEGATTI, M. V.(coord.). **Fertirrigação**. Citrus. Flores. Hortaliças. Guaíba: Agropecuária, 1999. p.237-265.

GLÓRIA, N.A. da. Uso agrônômico de resíduos. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 20. Piracicaba 1992, **Anais dos Simpósios...**Piracicaba. 1992. Fundação Cargill. P.195-212

GOMES, F. P. **Curso de estatística experimental**. 11ed. Piracicaba: Nobel, 1985, 466p.

GOVERNO DO ESTADO DA PARAÍBA (GEP). **Atlas Geográfico do estado da Paraíba**. Secretaria do Estado da Paraíba/UFPB. João Pessoa. PB, 1987

GRIDDI-PAPP, I. L.; CIA, E.; FUZZATTO, M. G.; SILVA, N. M. da; FERRAZ, C. A. M.; CARVALHO, N. de; SABINO, N. P.; KONDO, J. I.; PASSOS, S. M. de G.; CHIAVEGATO, E. J.; CAMARGO, P. P. de CAVALERI, P. A. **Manual do produtor de Algodão**. São Paulo: Bolsa de Mercadorias & Futuros, 1992, 158p.

HESPANHOL I. Potencial de reúso de água no Brasil: agricultura, indústria, município e recarga de aquíferos. In MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F.dos.(ed.) **reúso de águas**. Barueri, SP: Manole, 2003a. p.37-96

HESPANHOL I. Saúde pública e reúso agrícola de esgotos e biossólidos. In MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H.F.dos.(ed.) **reúso de águas**. Barueri, SP: Manole, 2003b. p.97-124

HOLANDA, J. S. de; AMORIM, J. R. A. de. Qualidade da água de irrigação. In: GHEYI, H. R.; QEUIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB, 1997, p.137-169.

INSTITUTO NACIONAL DE METEOROLOGIA DA AGRICULTURA E REFORMA AGRÁRIA (INMET). **Normais climáticas (1961/1990)**. Ministério da Agricultura e Reforma Agrária. Secretaria Nacional de Irrigação. Departamento Nacional de meteorologia.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. Cotton: review of the world situation. Washington, USA. v.55, n.3, january-february, 2002, 19p.

JIMENEZ CISNEROS, B.E.; MEJA, A. C.; CASTRO, V. S. Riego agrícola com água residual y sus implicaciones em la salud. Caso practico. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 28.,2002, Cancún. **Anais...** Cancún, 2002.

KIEHL, E. J. Manual de edafologia. Relações solo-planta. São Paulo, SP, Ceres, 1979. 262 p.

KVET, J. et al. Methodos of growth analisys. In: SESTEK, Z.; CATSKY, J.JARVIL, P. G. (Eds.). **Plants photosynthetic production: manual of methodos**. Haia: s.n. 1971, p.343-349.

LARAQUE, A. Comportements hydrochimiques des açudes du nordeste brésilien semi-aride. Evolution et previsions pour um usage em irrigation. Montpellier, Université de Mertz, France. 1991, 353p.

LEÓN, G.S. & CAVALLINI, J.M. **Tratamiento y uso de aguas residuales**. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias Del Ambiente-Organización Pan Americana de la Salud - Organización Mundial de la Salud, Lima - Peru, 1996. 109p.

LEPRUN, J.C. **Primeira avaliação das águas superficiais do Nordeste**. Relatório de fim de convênio de manejo e conservação do solo do Nordeste brasileiro. Recife: SUDENE, 1983.p.91-141.

LIMA, A. P.; NABAS, H.T. Relatório do laboratório tecnológico de fibras da BM&F. São Paulo:BM&F,1995,não paginado.

LIMA, L. A. Efeitos de sais no solo e na planta. In: GHEYI, H. R.; QEUIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB. 1997, p.113-136.

LIMA, R. N. de. **Análise quantitativa de caracteres morfológicos, agronômicos e tecnológicos do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.)**. Fortaleza, Ceara. Universidade Federal do Ceara. 1981. 61p. (Dissertação de mestrado).

LUNA, L.C. de. **HVI. Características e peculiaridades do sistema e interpretação de resultados**. Bahia: SENAI/CETIQT, 1994, 27p. Trabalho apresentado no XVI CONGRESSO NACIONAL DE TÉCNICOS TÊXTEIS

MACÊDO, L. de S.; MENINO, I.B. **Monitoramento de sais na água e nos solos irrigados do projeto Vereda Grande, PB**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, PB, 1998, v.2, n.1, p.47-51

MALAVOLTA, E. **Potássio, magnésio e enxofre nos solos e culturas brasileiras**. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fosfato, 1982, 91p. (Instituto da Potassa & Fosfato. Boletim Técnico, 4).

MALAVOLTA, E.; HAAG, H. P.; MELLO, F. A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M. O. C. **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. Piracicaba: Pioneira, 1974, p.179-201.

MALAVOLTA, E.; HAAG, H.P.; MELLO, F.A. F. de; BRASIL SOBRINHO, M.O.C. **Nutrição mineral de algumas culturas tropicais**. Piracicaba: Pioneira, 1967. P.193-195

MARA, D. D. Sewage treatment in hot climates. Wiley-Interscience publication, 1976, 167p.

MATO GROSSO: **O algodão no caminho do sucesso**. Rondonópolis: Fundação MT, 1997, 107p. (Fundação MT. Boletim de Pesquisa, 01).

MEDEIROS, J. da C.; SILVA, O. R. R. F. da; CARVALHO, O. S. Edafologia. In: BELTRÃO, N. E. de M.(org.). **O agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999, v.1 (2v.), p.117-171.

MEDEIROS, J. F. de. **Qualidade da água de irrigação e evolução da salinidade nas proximidades assistidas pelo "GAT" nos Estados do RN, PB e CE**. 172f. (dissertação de mestrado em Engenharia Agrícola-Irrigação e Drenagem). Departamento de Engenharia Agrícola, Universidade Federal da Paraíba, Campina Grande: UFPB, 1992.

MENDONÇA, S. R. **Sistemas de Lagunas de estabilización**. In: **Cómo utilizar aguas residuales tratadas em sistemas de regadío**. Colombia: Editorial Nomos S. A., 2000, 370p.

MENGEL, K.; KIRKBY, E. A. **Principles of plant nutrition**. Worblaufen, Bern, International Potash Institute, 1979, 593p.

MEREDITH JR. W. R. Quantitative genetics. In: KOHEL, R. J.; LEWIS, C. F. (eds.) **Cotton**. Madison, Wisconsin, USA. American Society of America. 1984. P. 131-150.

MESSIAS, A. S.; SILVA, D. J.; FREIRE, F. J.; SILVA, M. C. L. da. Fertilizantes. In: CALVALCANTI, F. J. de A (Coord.). **Recomendações de adubação para o estado de Pernambuco: 2. aproximação**. Recife: Comissão Estadual de Fertilidade do Solo, 1998, 2ª edição revisada, p.83-97.

METCALF & EDDY, Inc. **Wastewater Engineering: Treatment, Disposal, Reuse**, 2nd Ed., McGraw-Hill, New York, USA., 1991, 1334p.

MOLLE, F.; CADIER, E. **Manual do pequeno açude**. Recife: SUDENE, 1992. 511p.

MOTA, S.; BEZERRA, F. C.; TOMÉ, L. M. Avaliação do desempenho de culturas irrigadas com esgoto tratado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 19., 1997, Foz do Iguaçu, **Anais...Foz do Iguaçu**, Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental. 1997.

OLIVEIRA, A. de S. **Observações sobre o desempenho das ETE's de Campina Grande e Monteiro (PB)**. 93f. Dissertação (mestrado em Engenharia Civil). Universidade Federal da Paraíba. Campina Grande. 2002.

OLIVEIRA, L. B. de. Degradação e recuperação de solos na região semi-árida do Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 27., 1999, Brasília. **Anais...Brasília**, 1999.

OLIVEIRA, M. de. Gênese, classificação e extensão de solos afetados por sais. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB. 1997, p.1-35.

PAGANINI, W. da S. **Disposição de esgotos no solo: Escoamento à superfície**. São Paulo: Fundo editorial da AESABESP, 1997, 232p.

PAGANINI, W. da S. Reúso de água na agricultura. In MANCUSO, P. C. S; SANTOS, H. F. dos.(ed.) **Reúso de águas**. Barueri, SP: Manole, 2003. p.339-402

PASSOS, S. M. de G. **Algodão**. Campinas, Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1977, 424p.

PAZ, V. P. da S.; TEODORO, R. E. F.; MENDONÇA, F. C. **Recursos Hídricos, agricultura irrigada e meio ambiente**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande, Pb, 2000, v.4, n.3, p.465-473.

PEARSON, H. W. **The reuse of waste stabilization pond effluents for aquaculture and agriculture**. Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. Lima, 1986

PEÑUELAS, J.; ISLA,.; FILELA, I.; ARAUS, J. L. Visible and near-infrared reflectance assessment of salinity effects on barley. **Crop Science**, Madison, v. 37, p. 198-202, 1997.

PRIMAVESI, A. **A agricultura em regiões tropicais**. O manejo ecológico do solo. São Paulo, SP. Nobel, 1980, 541p.

QUEIROZ, J. E.; GONCALVES, A. C.; SOUTO, J. S.; FOLEGATTI, M. V. Avaliação e monitoramento da salinidade do solo. In: GHEYI, H. R.; QUEIROZ, J. E.; MEDEIROS, J. F. de (Eds.). **Manejo e controle da salinidade na agricultura irrigada**. Campina Grande, PB: UFPB. 1997. p.69-111.

RAIJ, B. van. Avaliação da fertilidade do solo. 3 edição. Piracicaba: Potafos, 1987, 142p.

RAIJ, B. van. **Fertilidade do solo e adubação**. São Paulo, Ceres-Potafos, 1991, 343p.

RAIJ, B. van. Sistema integrado de nutrição de plantas. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. Fertilizantes: Insumo básico para agricultura e combate à fome. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/SBCS, 1995. P.116-123.

REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. São Paulo, Brasil. Manole. 1990

RICHARDS, L. A. Diagnosis and improvement of saline and alkali soils. Washington: United States Department of Agriculture, 1954.160p. (Agriculture Handbook,60)

RODRIGUES, D.; CARNERO, J. M.A. **El algodón**. Madrid: Mundi-Prensa, 1991, 242p.

SABINO, N. P.; SILVA, N. M. da; RODRIGUES FILHO, F. S. O. **Efeitos da aplicação de N e K na qualidade da fibra do algodoeiro cultivado em latossolos roxos do Estado de São Paulo**. Bragatina, Campinas, v.35, 1976, p.381-389.

SAMPAIO, E. V. S. B.; SALCEDO, J.H.; SILVA, F.B.R. Fertilidade de solos do semi-árido do Nordeste. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 21., 1994, Petrolina. Fertilizantes: Insumo básico para agricultura e combate à fome. **Anais...** Petrolina: EMBRAPA-CPATSA/SBCS, 1995. P.51-71.

SANTANA, J. C. F. de; WANDERLEY, M. J. R. **Interpretação de resultados de análises de fibras, efetuadas pelo instrumento de alto volume (HVI) e pelo finurímetro-maturímetro (FMT2)**. Campina Grande: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 1995, 9p (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico,41).

SANTANA, J. C. F. de; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. de M. ; VIEIRA, D. J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In: BELTRÃO, N. E. de M.(org.). **O agronegócio do Algodão no Brasil**. Brasília: EMBRAPA, Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999, v.2 (2v.), p.857-878.

SANTOS, H. F.; MANCUSO, P.C.S. A escassez e o reúso em âmbito mundial. In: MANCUSO, P.C.S; SANTOS, H. F.(eds.). **Reúso de água**. Barueri, SP: Manole, 2003, p.1-20.

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

SILVA S. A. Mara, D.D. Tratamentos biológicos de águas residuárias. Lagoas de estabilização, Rio de Janeiro: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 1979, 140p.

SILVA, M. J. da; BELTRÃO. N. E. de M.; SANTOS, E. O. dos. **Perspectivas da irrigação na cultura algodoeira do nordeste Brasileiro**. Campina Grande: EMBRAPA-Centro Nacional de Pesquisa de Algodão, 1988, 28p (EMBRAPA-CNPA. Comunicado Técnico, 35)

SILVA, N. M. da; CARVALHO, L. H.; CIA, E; FUZATTO, M. G.; CHIAVEGATTO, E. J.; ALLEONI, L. R. F. **Seja doutor do seu algodoeiro**. Piracicaba , SP, Potafos, 1995, 24 p. (Potafos. Arquivo do agrônomo, 8).

SILVA, N. M. da; FERRAZ, C. A. M.; GRIDI-PAPP, I.L.; Cia, E. **Efeitos da aplicação de N e K sobre características gerais do algodoeiro cultivado em latossolos não deficientes em potássio.** *Bragantia*, Campinas, 1974, v.33, p.129-134,.

SILVA, N. M. Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos (Eds.). **Cultura do algodoeiro.** Piracicaba: Potafos, 1999, p.57-92.

SILVA, S. A. **On the treatment of Domestic Sewage in waster Stabilization Pond in Northesat Brazil.** Ph.D Thesis, University of Dundee,U.K.1982.

SILVA, S. A.; de OLIVEIRA, R.; ARAÚJO, A. L. C. Reservatórios profundos tratando esgoto doméstico bruto no Nordeste do Brasil: Ciclo do enxofre. In: CONGRESSO INTERAMERICANO DE INGENIERIA SANITÁRIA Y AMBIENTAL, 27., 2000, Porto Alegre, **Anais...**Porto Alegre, 2000.

SOUSA, J.T. & LEITE, V.D. **Tratamento e utilização de esgotos domésticos na agricultura.** EDUEP, Campina Grande, PB. 2002, 103p.

SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. de M. Fisiologia. In: BELTRÃO, N. E. de M.(org.). **O agronegócio do Algodão no Brasil.** Brasília: EMBRAPA, Comunicação para transferência de Tecnologia, 1999, v.1 (2v.), p.87-116.

SOUZA, J. G. de; BELTRÃO, N. E. de M.; SANTOS, J. W. dos. **Influência da saturação hídrica do solo na fisiologia do algodão em casa de vegetação.** *Revista de Oleaginosas e Fibras*, 1997, v.1, n.1, p.63-71.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: **Algodão: Tecnologia de produção.** EMBRAPA Agropecuária Oeste; EMBRAPA Algodão. Dourados: EMBRAPA Agropecuária Oeste,2001, p.103-123.

STEFFEN, C. A; MORAES, E. C. Tutorial de radiometria. In: SIMPÓSIO BRASILEIRO DE SENSORIAMENTO REMOTO, 7., 1993, Curitiba. **Anais...**Curitiba: Sociedade Latino-Americana de Sensoriamento Remoto/INPE, 1993. p. 2-12.

TAHA, M. G.; BOURELY, J. Etude en microscopie eletronique de la formation des parois des fibres du *Gossypium barbadense* L. En Egypte.Montpeliier, France. *Coton et fibres tropicales.* 1989, v.54 , n. 2 ,p .95-109.

TOME Jr, J. B. **Manual para interpretação de análise de solo.** Guaíba: Agropecuária, 1997, 247p.

TSUTIYA, M. T. Uso agrícola dos efluentes das lagoas de estabilização do Estado de São Paulo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA SANITÁRIA E AMBIENTAL, 21.,João Pessoa, 2001, **Anais...**João Pessoa: Associação Brasileira de Engenharia Sanitária e Ambiental, 2001.

TUCKER, T. C.; TUCKER, B. B. Nitrogen nutrition. In: ELLIOT, F.C.; HOOVER, M.; PORTER JUNIOR, W.K.(eds.). **Advances in production and utilization of quality cotton: principles and practices.** Ames: Iowa State University, 1968, p.183-211, cap.7.

Van HAANDEL, A. C.; LETTINGA, G. Tratamento Anaeróbio de esgotos em regiões de clima quente. Campina Grande, 1994, 198p.

VIVANCOS, A. D. **Tratado de fertilización**. Madrid: Mundi-Prensa, 1989, 601p.

Von SPERLING, M. **Princípios do tratamento biológico de águas residuárias. Lagoas de estabilização**. V.3, departamento de Engenharia Sanitária e Ambiental, Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte, 1996, 134p.

WENDT, C. W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*sorghum vulgare* L.). *Agronomy Journal*, v.59, p.484-486, 1967.

WORLD HEALTH ORGANIZATION. **Health guidelines for use of wastewater in agriculture and aquaculture**. Report of a WHO Scientific Group, Technical Report Series. 778. WHO, 1989, Geneva.72p.