

**IRRIGAÇÃO DO ALGODOEIRO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA E DOSES  
DE NITROGÊNIO: EFEITOS SOBRE A CULTURA E O MEIO EDÁFICO.**



UNIVERSIDADE FEDERAL DE  
CAMPINA GRANDE



**PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO**  
**COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

---

## **DISSERTAÇÃO**

**ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: IRRIGAÇÃO E DRENAGEM**

**IRRIGAÇÃO DO ALGODOEIRO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA E DOSES  
DE NITROGÊNIO: EFEITOS SOBRE A CULTURA E O MEIO EDÁFICO.**

**MARCUS DAMIÃO DE LACERDA**

**- Engenheiro Agrônomo -**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**ABRIL – 2005**

---

**COPEAG – COORDENAÇÃO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA AGRÍCOLA**

**MARCUS DAMIÃO DE LACERDA**

**- Engenheiro Agrônomo -**

**IRRIGAÇÃO DO ALGODOEIRO COM ÁGUA RESIDUÁRIA TRATADA E DOSES  
DE NITROGÊNIO: EFEITOS SOBRE A CULTURA E O MEIO EDÁFICO.**

**Orientador: Prof. Dr. José Dantas Neto (UFCG, CCT, DEAg)**

**Orientador: Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão (EMBRAPA, CNPA)**

**Colaborador: M.Sc. Wagner Walker de Albuquerque Alves (Doutorando UFCG)**

**Dissertação apresentada ao Curso de Pós-  
Graduação em Engenharia Agrícola do  
Centro de Ciências e Tecnologia da  
Universidade Federal de Campina Grande,  
em cumprimento às exigências para  
obtenção do Título de Mestre  
em Engenharia Agrícola (M.Sc.), Área de  
Concentração em Irrigação e Drenagem.**

**CAMPINA GRANDE – PARAÍBA**

**ABRIL – 2005**

DIGITALIZAÇÃO:

SISTEMOTECA - UFCG

**Ficha Catalográfica elaborada pela Biblioteca Central da UFCG -CCT**

L 131 i Lacerda, Marcus Damiano de  
2005 Irrigação do algodoeiro com água residuária tratada e doses de nitrogênio: efeitos sobre a cultura e o meio edáfico. / Marcus Damiano de Lacerda. – Campina Grande: UFCG, 2005. –  
90p.: il.  
Inclui Bibliografia.  
Dissertação (Mestrado). UFCG, CCT, DEAg.  
1. Algodão 2. Nitrogênio 3. Água Residuária  
CDU: 633.511

**“Permitida à cópia total ou parcial deste documento, desde que citada à fonte – O autor”**





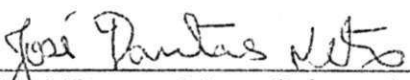
PARECER FINAL DO JULGAMENTO DA DISSERTAÇÃO DO MESTRANDO

MARCUS DAMIANO DE LACERDA

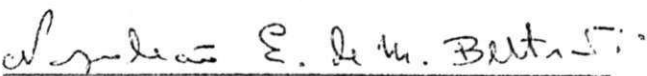
IRRIGAÇÃO DO ALGODOEIRO PERENE, CULTIVAR ERS 200  
MARROM, COM ÁGUA RESIDUÁRIA E NITROGÊNIO: EFEITO  
SOBRE A CULTURA E O MEIO EDÁFICO.

BANCA EXAMINADORA

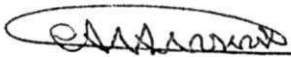
PARECER

  
Dr. José Dantas Neto-Orientador

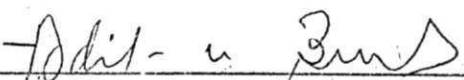
APROVADO

  
Dr. Napoleão Esberard de M. Beltrão-Orientador

APROVADO

  
Dr. Carlos Alberto V. de Azevedo-Examinador

APROVADO

  
Dr. Adilson David de Barros-Examinador

APROVADO

ABRIL - 2005

## **DEDICATÓRIA**

Aos meus pais, **VARELO ESTRELA DE LACERDA** e **ALZENIR MARIA DE LACERDA**, pois foram os responsáveis pela minha formação, onde são às pessoas mais importantes de minha vida.

Minha conquista também lhes pertence, pois o seu apoio, carinho e amor foram imprescindíveis.

Amo Vocês!!!

## AGRADECIMENTOS

À **DEUS**, pela razão de minha existência e sempre presente em minha vida.

À minha Família, que, mesmo à distância, sempre esteve ao meu lado, em especial aos meus pais, **Varelo Estrela e Alzenir Lacerda**; irmãos: **Netinho e Joacil**; cunhadas: **Luciene e Bianca**; sobrinhos: **Lavínia, Giuseppe e Joacil Filho**; e minha tia: **Maria Estrela**, pelo amor, carinho, apoio e incentivo.

Aos meus orientadores: **Dr. José Dantas Neto e Dr. Napoleão Esberard de Macedo Beltrão**, pela orientação dedicada, estímulo, apoio e amizade a mim oferecida.

Aos Examinadores: **Prof. Dr. Carlos Alberto Vieira de Azevedo e Dr. Adilson David de Barros**, pelos conselhos, orientações e gestos de amizade.

Ao meu amigo e Co-Orientador (**SIMBÓLICO**), Doutorando em Recursos Naturais: **M.Sc. Wagner Walker de Albuquerque Alves**, pelo gesto de amizade, incentivo, confiança e apoio durante este tempo que estive em Campina Grande - PB, e na condução e realização deste e outros trabalhos. Onde esta Dissertação fez parte do Projeto “Uso eficiente e integrado de águas residuárias na irrigação do algodão colorido”.

Aos professores da Área de Irrigação e Drenagem: **Hans Gheyi, Pedro Dantas, Vera Antunes e Hugo Guerra**, pela transmissão de conhecimentos e atenção durante o curso.

À Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, pela oportunidade de realização deste curso, por intermédio do Programa de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola.

À CAPES, pela concessão de Bolsa de Estudo.

À Chefe do Restaurante Universitário Maria da Conceição, pela concessão de auxílio alimentar.

Aos funcionários do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola: Rivanilda e Aparecida; funcionários do Laboratório de Irrigação e Drenagem: Neide e Geraldo; aos Laboratoristas do LIS: Doutor, Wilson, Chico, José Maria e Seu José, que demonstraram atenção, amizade e descontração na convivência em Campina Grande/PB.

Aos meus colegas do Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola, pela amizade, convivência e estudos, que são lembrados com alegria e satisfação. Obrigado por tê-los conhecido.

Á todos, um grande abraço e meus cumprimentos **AGRÔNOMICOS**.

## SUMÁRIO

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b><i>iii</i></b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b><i>vi</i></b>
<b>RESUMO.....</b>	<b><i>viii</i></b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b><i>ix</i></b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b><i>1</i></b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b><i>3</i></b>
2.1. Cotonicultura.....	<i>3</i>
2.2. Algodão colorido.....	<i>5</i>
2.3. Sistema de produção do algodão colorido BRS 200 marrom.....	<i>6</i>
2.4. Necessidades hídricas do algodoeiro.....	<i>7</i>
2.5. Adubação nitrogenada.....	<i>9</i>
2.6. Influência da adubação nitrogenada no algodoeiro.....	<i>10</i>
2.7. Exigências nutricionais do algodoeiro.....	<i>13</i>
2.8. Reúso de água na agricultura.....	<i>14</i>
2.9. Qualidade da água para irrigação.....	<i>15</i>
2.10. Cultivo do algodão com água salina.....	<i>17</i>
2.11. Uso de águas residuárias.....	<i>18</i>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b><i>21</i></b>
3.1. Localização do experimento.....	<i>21</i>
3.2. Solo utilizado e preparo.....	<i>21</i>
3.3. Análises físico-hídrica.....	<i>22</i>
3.4. Análises químicas.....	<i>22</i>
3.5. Análise do solo depois do cultivo.....	<i>23</i>
3.6. Delineamento experimental.....	<i>23</i>
3.7. Água de irrigação.....	<i>23</i>
3.8. Determinação da água no solo.....	<i>24</i>
3.9. Controle das irrigações.....	<i>24</i>
3.10. Fase experimental.....	<i>25</i>
3.11. Determinação da área foliar.....	<i>25</i>

3.12.	Determinação da biomassa.....	26
3.13.	Altura das plantas.....	26
3.14.	Análise dos dados.....	26
4.	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO.....</b>	<b>27</b>
4.1.	Área foliar aos 25 dias após emergência (DAE) .....	28
4.2.	Área foliar aos 50 (DAE) .....	29
4.3.	Área foliar aos 75 (DAE) .....	31
4.4.	Área foliar aos 100 (DAE) .....	33
4.5.	Biomassa aos 50 (DAE) .....	35
4.6.	Biomassa aos 100 (DAE) .....	37
4.7.	Número de botões florais.....	40
4.8.	Número de maçãs.....	41
4.9.	Altura de planta aos 25 (DAE) .....	42
4.10.	Altura de planta aos 50 (DAE) .....	43
4.11.	Altura de planta aos 75 (DAE) .....	44
4.12.	Altura de planta aos 100 (DAE) .....	45
4.13.	Consumo de água.....	47
4.14.	Condutividade elétrica (CEes).....	48
4.15.	Teor de sódio ( $\text{Na}^+$ ).....	50
4.16.	Relação de adsorção de sódio (RAS) .....	53
4.17.	pH do solo.....	55
4.18.	Teor de cloreto ( $\text{Cl}^-$ ).....	56
4.19.	Teor de potássio ( $\text{K}^+$ ).....	58
4.20.	Teor de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ).....	60
4.21.	Teor de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ).....	61
4.22.	Teor de magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ).....	62
5.	<b>CONCLUSÕES.....</b>	<b>64</b>
6.	<b>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>65</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b>	Área foliar aos 25 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	29
<b>Figura 2.</b>	Área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	30
<b>Figura 3.</b>	Superfície de resposta da área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	31
<b>Figura 4.</b>	Área foliar aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses de crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	32
<b>Figura 5.</b>	Superfície de resposta da área foliar aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	32
<b>Figura 6.</b>	Área foliar aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	34
<b>Figura 7.</b>	Superfície de resposta da área foliar aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	34
<b>Figura 8.</b>	Área foliar do algodoeiro em função dos dias decorridos, nos tratamentos com o uso de água residuária (fatorial) e água de abastecimento (testemunha).....	35
<b>Figura 9.</b>	Biomassa seca aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função de doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	36
<b>Figura 10.</b>	Superfície de resposta da biomassa seca aos 50 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	37
<b>Figura 11.</b>	Biomassa aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro em função de doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	38
<b>Figura 12.</b>	Superfície de resposta da biomassa aos 100 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	39
<b>Figura 13.</b>	Biomassa do algodoeiro em função dos dias decorridos, nos tratamentos com o uso de água residuária (fatorial) e água de abastecimento (testemunha).....	39

<b>Figura 14.</b>	Análise de regressão do número de botões florais das plantas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>40</b>
<b>Figura 15.</b>	Análise de regressão do número de maçãs por planta de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>41</b>
<b>Figura 16.</b>	Altura de planta aos 25 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>42</b>
<b>Figura 17.</b>	Altura de planta aos 50 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>44</b>
<b>Figura 18.</b>	Altura de planta aos 75 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>45</b>
<b>Figura 19.</b>	Altura de planta aos 100 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>46</b>
<b>Figura 20.</b>	Altura de planta do algodoeiro em função dos dias decorridos, nos tratamentos com o uso de água residuária e água de abastecimento.....	<b>46</b>
<b>Figura 21.</b>	Análise de regressão do consumo de água pelo algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>48</b>
<b>Figura 22.</b>	Superfície de resposta do consumo de água pelo algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>48</b>
<b>Figura 23.</b>	Análise de regressão da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no final do experimento do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>50</b>
<b>Figura 24.</b>	Superfície de resposta da condutividade elétrica do algodoeiro, em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>50</b>
<b>Figura 25.</b>	Análise de regressão dos teores de sódio ( $\text{Na}^+$ ) em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>52</b>
<b>Figura 26.</b>	Superfície de resposta da dos teores de sódio ( $\text{Na}^+$ ), em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>53</b>
<b>Figura 27.</b>	Análise de regressão da relação de adsorção de sódio, em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>54</b>
<b>Figura 28.</b>	Superfície de resposta da relação de adsorção de sódio, em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>54</b>
<b>Figura 29.</b>	Análise de regressão do pH do solo, em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>55</b>

<b>Figura 30.</b>	Superfície de resposta do pH do solo, em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>56</b>
<b>Figura 31.</b>	Análise de regressão do cloreto no solo ( $\text{Cl}^-$ ), em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>57</b>
<b>Figura 32.</b>	Superfície de resposta do cloreto no solo, em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>58</b>
<b>Figura 33.</b>	Análise de regressão dos teores de potássio ( $\text{K}^+$ ), em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>59</b>
<b>Figura 34.</b>	Superfície de resposta do potássio ( $\text{K}^+$ ), em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>59</b>
<b>Figura 35.</b>	Análise de regressão dos teores de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>60</b>
<b>Figura 36.</b>	Análise de regressão dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>61</b>
<b>Figura 37.</b>	Análise de regressão dos teores de magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>62</b>
<b>Figura 38.</b>	Superfície de resposta do magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	<b>63</b>



## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 1.</b>	Avaliação dos vários métodos de irrigação quanto ao uso de água residuária tratada.....	<b>19</b>
<b>Tabela 2.</b>	Resultado das análises física, químicas e de fertilidade do solo utilizado como substrato.....	<b>22</b>
<b>Tabela 3.</b>	Resultado da análise do solo (salinidade), antes do experimento.....	<b>23</b>
<b>Tabela 4.</b>	Resultados da qualidade das águas usadas no experimento.....	<b>31</b>
<b>Tabela 5.</b>	Características químicas (fertilidade e salinidade), depois do cultivo aplicado água residuária e água de abastecimento.....	<b>27</b>
<b>Tabela 6.</b>	Análise de variância da área foliar aos 25 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>26</b>
<b>Tabela 7.</b>	Análise de variância da área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>29</b>
<b>Tabela 8.</b>	Médias dos mínimos quadrados da interação dos dois fatores testados, doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>30</b>
<b>Tabela 9.</b>	Análise de variância da área foliar aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>31</b>
<b>Tabela 10.</b>	Análise de variância da área foliar aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>33</b>
<b>Tabela 11.</b>	Análise de variância da biomassa seca aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>35</b>
<b>Tabela 12.</b>	Análise de variância da biomassa seca aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>38</b>
<b>Tabela 13.</b>	Análise de variância do número de botões florais das plantas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>40</b>
<b>Tabela 14.</b>	Análise de variância do número de maçãs por planta de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	<b>41</b>

<b>Tabela 15.</b>	Análise de variância da altura de planta aos 25 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.....	42
<b>Tabela 16.</b>	Análise de variância da altura de planta aos 50 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	43
<b>Tabela 17.</b>	Análise de variância da altura de planta aos 75 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	44
<b>Tabela 18.</b>	Análise de variância da altura de planta aos 100 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	45
<b>Tabela 19.</b>	Análise de variância do consumo de água pelo algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	47
<b>Tabela 20.</b>	Análise de variância da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no final do experimento do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	49
<b>Tabela 21.</b>	Análise de variância para o teor de sódio ( $\text{Na}^+$ ) no extrato de saturação do solo, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	51
<b>Tabela 22.</b>	Análise de variância da relação de adsorção de sódio (RAS), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	53
<b>Tabela 23.</b>	Análise de variância do cloreto no solo ( $\text{Cl}^-$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	57
<b>Tabela 24.</b>	Análise de variância do potássio ( $\text{K}^+$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	58
<b>Tabela 25.</b>	Análise de variância do bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	60
<b>Tabela 26.</b>	Análise de variância dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	61
<b>Tabela 27.</b>	Análise de variância dos teores de magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.....	62

## RESUMO

Objetivou-se com esse trabalho verificar o efeito da água residuária, de abastecimento e de doses de nitrogênio sobre a cultura do algodão marrom (*Gossypium hirsutum* L.), variedade BRS 200 marrom. O experimento foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Campina Grande. Os níveis de água residuária e de abastecimento no solo foram de 25, 50, 75 e 100% da água disponível (AD) e as doses de nitrogênio (N) foram de 0, 150, 300 e 450 kg ha<sup>-1</sup>. Usou-se o delineamento em blocos ao acaso em esquema fatorial misto (4 x 4) + 1, mais uma testemunha irrigada com água de abastecimento com 75% da (AD) e recebendo 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, com três repetições. A unidade experimental foi representada por um vaso plástico contendo 9 kg de solo, o qual foi coletado nos 20 cm superficiais do perfil de um solo de textura franco-argilo-arenoso. Foram avaliadas variáveis relativas ao crescimento, desenvolvimento e produção da cultura, e ao consumo de água e meio edáfico, em termos de salinidade. Verificou-se que a área foliar aos 100 dias após emergência (DAE) sofreu efeito significativo, apresentando médias de 844,27 e 412,13 cm<sup>2</sup>, respectivamente, para o fatorial e a testemunha. Para a fitomassa aos 100 (DAE), o efeito do contraste foi também significativo, apresentando médias de 17,44 e 10,38 g planta<sup>-1</sup>, sendo a maior produção de fitomassa de 27,32 g planta<sup>-1</sup> alcançada com uma dose de nitrogênio de 228,37 kg ha<sup>-1</sup>. A produção máxima de fitomassa de 21 g planta<sup>-1</sup> foi atingida com uma disponibilidade de água para a cultura em torno de 72%. A ETc máxima estimada na interação N e AD de 736 mm foi alcançada com 86,71% de água disponível e dose de nitrogênio de 178 kg ha<sup>-1</sup>. Para a condutividade elétrica do extrato de saturação, o fatorial diferiu estatisticamente em relação à testemunha, com médias de 2,17 e 1,1 dS m<sup>-1</sup>, respectivamente. O valor mais baixo da relação de adsorção de sódio de 4,14 foi conseguido com teor de água disponível no solo de 73,38% e dose de 362,48 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Para o teor de sódio, o contraste entre o fatorial e a testemunha teve efeito significativo, respectivamente, com médias de 13,18 e 4,88 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>.

**Palavras-chave:** Algodão, água residuária, sódio, crescimento

## ABSTRACT

The objective of this research was to verify the effect of wastewater and of provisioning water and of nitrogen doses on the brown cotton crop (*Gossypium hirsutum* L.), variety BRS 200 brown. The experiment was conducted in green house belonging to the Department of Agricultural Engineering of the Federal University of Campina Grande, Paraíba state. The levels of wastewater and of provisioning water in the soil were of 25, 50, 75 and 100% of the available water (AW) and the doses of nitrogen (N) were of 0, 150, 300 and 450 kg ha<sup>-1</sup>. The statistical design in randomized blocks was used, in mixed factorial (4 x 4) + 1, plus a proof irrigated with provisioning water with 75% of the AW and receiving 300 kg ha<sup>-1</sup> of nitrogen, with three repetitions. The experimental unit was represented by a plastic vase containing 9 kg of soil, which was collected in the 20 cm superficial layer of the profile of a sandy-clay-loam soil. The variables relative to growth, development and production of the crop and to water consumption and edaphic medium, in terms of salinity, were evaluated. It was verified that the foliar area at the 100 days after emergency (DAE) suffered significant effect, presenting averages of 844.27 and 412.13 cm<sup>2</sup>, respectively, for the factorial and the proof. For the biomass at 100 DAE, the effect of the contrast was also significant, presenting averages of 17.44 and 10.38 g plant<sup>-1</sup>, being the largest production of biomass of 27.32 g plant<sup>-1</sup> reached with a nitrogen dose of 228.37 kg ha<sup>-1</sup>. The maximum production of biomass of 21 g plant<sup>-1</sup> was reached with water availability for the crop around 72%. The maximum Etc estimated in the interaction N and AW of 736 mm was reached with 86.71% of available water and nitrogen dose of 178 kg ha<sup>-1</sup>. For the electrical conductivity of the saturation extract, the factorial differed statistically in relation to the proof, with averages of 2.17 and 1.1 dS m<sup>-1</sup>, respectively. The lowest value of the sodium adsorption ratio of 4.14 was gotten with soil available water content of 73.38% and nitrogen dose of 362.48 kg ha<sup>-1</sup>. For the sodium content, the contrast between the factorial and the proof had significant effect, respectively, with averages of 13.18 and 4.88 mmol<sub>c</sub> L<sup>-1</sup>.

**Key-Word:** Cotton, wastewater, sodium, growth.

## 1. INTRODUÇÃO

Na atualidade uma das grandes preocupações da humanidade refere-se ao uso racional dos resíduos de esgotos domésticos, a água residuária, que é rica em vários nutrientes e pode ser usada com alguns cuidados, como a monitoração do solo, utilizada como fonte de água de irrigação, tendo assim um destino de elevada utilidade para a sociedade. Confirmando que o uso de água residuária doméstica tratada em irrigação é uma fonte alternativa de água e nutritiva para as culturas irrigadas no Nordeste, como ressaltam Sousa & Leite (2002).

A reutilização de efluentes tratados na irrigação de culturas agrícolas, ao invés de descarregá-los nos cursos d'água, tem sido uma alternativa popular e atrativa (Bond, 1998) e tem tido uma rápida expansão nos anos recentes por várias razões, nos locais onde culturas necessitam serem irrigadas e os recursos hídricos são escassos, como é o caso de regiões semi-áridas, os efluentes têm sido uma fonte suplementar d'água para sustentabilidade da agricultura irrigada (Bouwer & Idelovitch, 1987; Al-Jaloud *et al.*, 1995). Para se evitar problemas de contaminação com coliformes fecais e outros microorganismos, o uso de culturas que não sejam diretamente comestíveis pode ser uma saída para o uso da água de esgotos, como é o caso do algodão.

O nitrogênio é o elemento mais importante para a produção do algodão, já que, em quantidades baixas ou altas, a maioria dos solos necessita da adição de fertilizantes nitrogenados para a obtenção de rendimentos satisfatórios. Este elemento influencia tanto a taxa de expansão quanto à divisão celular, determinando, assim, o tamanho final das folhas, o que faz com que o nitrogênio seja um dos fatores determinantes da taxa de acúmulo de biomassa. Um acréscimo no suprimento de nitrogênio estimula o crescimento, atrasa a senescência, e muda a morfologia das plantas, e, além disso, o aumento nos níveis de adubação nitrogenada causa um aumento significativo no conteúdo de clorofila das folhas (Fernández *et al.*, 1994).

O nitrogênio está relacionado ao crescimento e ao desenvolvimento reprodutivo da planta e quando em excesso pode estimular um crescimento exagerado da planta, alongando o ciclo, diminuindo a eficácia dos tratamentos fitossanitários, dificulta a colheita mecânica, como também de acordo com Bielorai *et al.* (1984), nas maiores taxas de aplicação de efluente pode haver maior período vegetativo, excesso de crescimento e diminuição na produção de linter, devido ao excesso de nitrogênio e à aplicação de água.

A cotonicultura é explorada economicamente em vários países do mundo em uma área anual superior a 32 milhões de hectares, produção e consumo de quase 20 milhões de

toneladas, e produtividade média de 654 kg de fibra ha<sup>-1</sup> (International Cotton Advisory Committee, 2002). A Embrapa-Algodão iniciou em 1989 um programa de desenvolvimento de cultivares de algodão colorido, a partir de materiais nativos de fibras coloridas coletadas em populações locais do semi-árido nordestino. Como resultado desse programa em 2000 foi obtida a cultivar BRS 200 de fibra marrom recomendada para exploração no Nordeste (Embrapa, 2001). O algodão colorido BRS 200 de fibra marrom tem apresentado excelente potencial de cultivo no semi-árido nordestino, onde as condições edafoclimáticas possibilitam a sua exploração sem o uso de defensivos agrícolas (Santana *et al.*, 1999). O crescimento e o desenvolvimento do algodoeiro são antagônicos, ou seja, fatores do meio que promovem maior crescimento vegetativo, como excesso de fertilizante nitrogenado ou de água, reduzem o desenvolvimento (Beltrão *et al.*, 1997).

Para tanto, tem-se buscado estabelecer práticas de cultivo que permitam viabilizar sua exploração sob técnicas racionais e econômicas. Neste caso apesar do avanço já alcançado, ainda são necessárias informações mais específicas sobre o manejo da cultura, incluindo neste processo, a utilização de águas residuárias.

Considerando esses aspectos, o objetivo da pesquisa foi verificar os efeitos de diferentes níveis de água residuária disponível no solo e doses crescentes de nitrogênio na cultura do algodoeiro, cultivar BRS 200 Marrom.

## 2. REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Cotonicultura

Segundo informações contidas em Santos *et al.*, (1992), a cultura do algodoeiro é eminentemente de clima tropical e cultivada na maioria das regiões de clima quente, sendo os maiores produtores mundiais são China, Estados Unidos da América do norte, União Soviética, Índia, Paquistão, Brasil, Turquia, Egito, México e Sudão.

Durante décadas, a cotonicultura figurou como atividade tradicional e de grande importância socioeconômica para a região semi-árida do Nordeste do Brasil (SUDENE, 1979), devido, principalmente, ao grande contingente de mão-de-obra nela envolvida, direta e indiretamente, já que sua fibra, produto principal, possui cerca de 400 aplicações industriais.

Na região Nordeste a cotonicultura sempre foi explorada na dependência de precipitação pluvial caracterizando-se como uma atividade de risco, devido à má distribuição e irregularidade das chuvas. Apesar de ser uma cultura relativamente resistente à seca, seu rendimento pode ser sensivelmente reduzido quando déficits severos de água no solo são estabelecidos (Krantz *et al.*, 1976).

O algodão é um dos principais produtos agrícolas brasileiros que vêm registrando acentuado crescimento nas exportações. A melhoria na qualidade da fibra, a contínua expansão da cultura no cerrado, os ganhos crescentes de produtividade e a redução nos custos de produção são fatores que estão impulsionando o algodão nacional no mercado externo. Da participação de 6% no mercado internacional, registrada na safra 2003/04, os embarques da fibra nacional devem saltar para uma parcela de 10% na safra 2013/14, segundo o economista Glauco Carvalho, da consultoria MB Associados. A perspectiva é de as exportações de algodão chegarem ao patamar de 800 mil toneladas em dez anos (Gazeta Mercantil, 2005).

Segundo (Beltrão *et al.*, 1993), a cotonicultura constitui-se em uma das principais opções agrícolas para o Brasil, chegando a envolver, direta e indiretamente nos diversos segmentos da sociedade, cerca de 15% da economia nacional. No mercado mundial de algodão no Brasil sempre desempenhou papel de grande produtor/exportador, mas a abertura do mercado ao produto importado com baixas taxas de juros anuais e, em função das adversidades climáticas, juntamente com problemas fitossanitários, no decorrer das últimas décadas, fez o país passar para condição de grande importador de pluma (Barros & Santos, 1997). Existe, no entanto, expectativa de retomada de crescimento da cotonicultura brasileira, tendo ocorrido um processo de modernização em explorações empresariais, aumentando sua

competitividade, esperando-se, com isto, aumento significativo do volume de produção dos próximos anos. O processo produtivo está direcionado para as regiões Centro-Oeste, Nordeste e Minas Gerais e para as áreas planas e irrigáveis destas regiões. Essas regiões apresentam grande potencial para crescimento da cotonicultura, além de produzir algodão de boa qualidade.

A China é o maior produtor de algodão do mundo, porém consome muito e necessita de importação de pluma de outros países. Para a safra 2004/05, a expectativa é de os chineses somarem um volume de 6,314 milhões de toneladas, 30% superior ao total registrado na safra anterior. Em seguida, estão os Estados Unidos, com produção de 5 milhões de toneladas da matéria-prima esperadas para a safra 2004/05. Em igual período do ano anterior, os americanos do norte colheram 3,975 milhões de toneladas de algodão. A Índia é o terceiro maior produtor de algodão, com 3,484 milhões de toneladas, seguida pelo Paquistão, com 2,504 milhões de toneladas.

O Brasil é o quinto país no mundo em volume colhido da fibra natural, com 1,274 milhão de toneladas, de acordo com o relatório de fevereiro de 2005 do USDA (Gazeta Mercantil, 2005).

Apesar de ter havido redução da área plantada com o algodoeiro, nos últimos anos, no Nordeste, esta região apresenta potencialidade de expansão com a cultura, em várias áreas, tais como a produção irrigada via agricultura familiar com maior nível tecnológico, irrigação em áreas potenciais por grandes grupos empresariais e a exploração na região dos cerrados do Piauí, Maranhão e Bahia (Embrapa, 2002).

Para região semi-árida do Nordeste brasileiro, a cotonicultura tem sido uma atividade agrícola de grande importância socioeconômica por agregar grande contingente de mão-de-obra tanto no campo quanto na cidade e dispor do segundo maior parque têxtil do país, com elevada demanda em matéria-prima (Beltrão *et al.*, 1986). Entretanto, em função da instabilidade climática da região semi-árida, para se ter uma cotonicultura economicamente sustentável e produtiva torna-se imprescindível o uso da irrigação.

Os algodões de fibras coloridas, mesmo sendo tão antigas quanto os de fibras brancas, foram considerados indesejáveis ao longo do tempo, não tendo sido estudados no passado. Recentemente, com a busca por produtos ecologicamente corretos, que não poluam o ambiente e, por dispensar a necessidade de coloração artificial, tem-se dado ênfase à pesquisa e exploração do algodão de fibras coloridas, no intuito de se obter cultivares produtivos e com boas características de fibras (Carvalho & Santos, 2003).



## 2.2. Algodão colorido

O algodão colorido já era cultivado pelos incas há mais de 4.500 anos a.C. e por outros povos antigos das Américas, África e Austrália. No Brasil, a cultivar BRS 200 – Marrom obtida de um bulk (conjunto de linhagens fenotipicamente semelhantes) e derivada do algodão mocó (arbóreo ou perene) é de natureza genética complexa envolvendo pelo menos três espécies de algodão na sua origem; de certa forma é mais complexo que o algodão de fibra branca (Freire *et al.*, 1999). No mundo foram catalogadas 52 espécies silvestres que produzem fibra colorida. Depois de um longo período sem utilização pela humanidade, cerca de 2.000 anos, começou a haver novamente interesse pelo algodão colorido devido à presença de pigmentos naturais em suas fibras eliminando a necessidade de tintura com corantes sintéticos e diminuindo os impactos ambientais. A partir de 1979, a Dr<sup>a</sup> Sally Fox selecionou no Texas, USA, algodões de fibra marrom e iniciou um processo de melhoramento genético (Icac Recorder, 1992). Nessa mesma época, melhoristas da Embrapa-Algodão iniciaram, no Nordeste brasileiro, trabalho semelhante, utilizando-se do algodoeiro arbóreo mocó.

A maioria dos algodões silvestres possui coloração marrom, em varias tonalidades. O algodão de fibra branca tem sido alvo, desde a metade do século XX, de constantes trabalhos de melhoramento genético e, como resultado, foram produzidos cultivares de desempenhos superiores e adaptadas. No algodão colorido, as cores mais comuns da fibra são o marrom e o verde. Esses algodões não foram tão estudados no passado e, com isto, acentuou-se mais a diferença de rendimento e de fibra entre eles e as cultivares de fibra branca (Carvalho, 2001).

Os algodões coloridos eram considerados indesejáveis, porque poderiam contaminar em cruzamentos, os brancos, razão porque foi pouco estudado; o verde, além disto, é uma cor que desvanece rapidamente sob a luz solar. Apesar de ser controlada geneticamente, a cor da fibra possui um componente ambiental que determina a sua manifestação fenotípica, além da luz solar, do conteúdo de minerais e do tipo de solo (Natural Colors of Cotton, 1992).

No Nordeste brasileiro foram coletadas em tipos locais, plantas de algodão de fibra creme e marrom, em mistura com algodoeiro branco cultivado das espécies *G. barbadense* L. e *G. hirsutum* L. r. *marie galante* Hutch. Estes algodões encontram-se preservados em banco de germoplasma e tem servido para a composição de população para trabalhos de melhoramento visando á obtenção de cultivares de coloração marrom e creme.

### 2.3. Sistema de produção do algodão colorido BRS 200 marrom

Por ser uma cultivar de ciclo semiperene (três anos de exploração econômica), descendente dos algodoeiros arbóreos do Nordeste, podendo ser plantada no seridó e sertão, preferencialmente nas localidades zoneadas para exploração do algodoeiro arbóreo. Entretanto, pode ser explorada, também, sob condições irrigadas, no semi-árido, quando possibilitará a obtenção de rendimentos de até 3.300 kg de algodão em caroço por hectare, Embrapa, (2000).

Magalhães *et al.*, (1987). Verifica, portanto uma necessidade crescente de tornar a cotonicultura menos dependente de fatores climáticos, e, por meio do manejo das irrigações, maximizar a eficiência na exploração dos recursos de água e solo disponíveis, elevando assim, a produtividade da cultura a patamares significativos.

O ciclo da cultivar BRS 200 Marrom é de três anos; originou-se de um bulk de três linhagens de algodão arbóreo (mocó) (*Gossypium hirsutum* L. var. "Marie-Galante" Hutch), e segundo o zoneamento elaborado pelo Ministério da Agricultura (MAPA) para o algodão perene, deve ser plantada a uma distância de pelo menos 5 km das áreas cultivadas com algodão arbóreo de fibra de cor branca para evitar cruzamentos naturais; caso haja necessidade de adubação, evidenciada pela análise do solo, adubar no plantio com fósforo, (60 kg de  $P_2O_5$   $ha^{-1}$ ) quando o teor de fósforo for inferior a 12 ppm ou colocar 20 t  $ha^{-1}$  de esterco de curral bem curtido, além do potássio na dosagem 40 kg  $ha^{-1}$  de  $K_2O$  e 30 kg  $ha^{-1}$  de nitrogênio no plantio mais 60 kg em cobertura.

A população ideal é em torno de 40.000 plantas  $ha^{-1}$  (1,00 m x 0,5 m, com duas plantas cova<sup>-1</sup> ou 1,0 m x 0,3 m com 4 a 6 plantas por metro de fileira). O controle das plantas daninhas pode ser feito via herbicidas de pré-emergência, com diuron, trifuralina, alachor, pendimethalin, oxidiazon ou outros, isolados ou misturados.

As pragas, em especial as principais das áreas mais secas do Nordeste (bicudo, curuquerê e pulgão), devem ser controladas obedecendo ao Manejo Integrado de pragas (MIP), lançando-se mão, sempre, das amostragens e dos níveis de dano e controle, além do uso de produtos seletivos.

Depois da colheita, após a colocação de gado para se alimentar dos restos culturais deve-se, podar as plantas a 20 cm de altura, corte em bisel (bico-de-gaita) (Embrapa, 2000).

O restante do sistema de cultivo é semelhante ao da cultivar BRS 200 em sistema de sequeiro, tendo-se sempre cuidado com as pragas e as plantas daninhas, que devem ser controladas convenientemente (Embrapa, 2000).

## 2.4. Necessidades hídricas do algodoeiro

A água é fator fundamental na produção de vegetal e sua falta ou excesso afeta de maneira decisiva o crescimento e o desenvolvimento das plantas e, por isso, seu manejo racional é um imperativo na maximização da produção agrícola (Reichardt, 1987).

Mais de 60% da área mundial cultivada com algodoeiro são irrigadas (Waddle, 1984). A nível mundial, entre todas as culturas o algodoeiro ocupa 7% de toda área irrigada (World Bank, 1990). Isto devido a importância do seu produto principal, a fibra, matéria prima para vestimenta de aproximadamente 50% da humanidade (Barreto *et al.*, 1994).

Como as demais culturas, o algodoeiro herbáceo para desenvolver-se, crescer e produzir satisfatoriamente necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas e de manejo compatível com a sua capacidade de absorção e retirada de água do solo pelas raízes (Barreto *et al.*, 1994).

O consumo hídrico do algodoeiro durante o seu ciclo varia em função da cultivar, das práticas culturais, da disponibilidade de umidade no solo e da demanda atmosférica, exibindo considerável variação para diferentes regiões (Grimes & Elzik, 1969).

Oliveira (1976) para meses caracterizados como frios e quentes-secos, no semi-árido brasileiro obteve, respectivamente, uma variação no consumo entre 588 e 686 mm no ciclo da cultura. Azevedo *et al.*, (1991) determinaram o consumo total de uma cultivar de fibra branca (CNPA Precoce 1) e de ciclo curto para região semi-árida do Estado da Paraíba da ordem de 440mm. Para cultivar de ciclo médio (CNPA 6H) no semi-árido do Estado do Rio Grande do Norte, Bezerra *et al.*, (1993) observaram consumo de água pelas plantas de 616,5 mm.

A irregularidade pluviométrica é um dos fatores que mais têm limitado o rendimento do algodoeiro no Nordeste, representando perdas de até 70% na produção e produtividade (Aragão Júnior *et al.*, (1988). Portanto, há necessidade crescente de tornar a cotonicultura menos dependente do fator chuva e de maximizar a eficiência na exploração dos recursos de água e solo disponíveis por meio do manejo das irrigações elevando, assim, a produtividade da cultura a níveis significativos (Magalhães *et al.*, 1987).

A necessidade hídrica das plantas, geralmente é estimada com base no processo evapotranspiratório. Breirsdorf & Mota (1971), referem-se a evapotranspiração como sendo um processo dinâmico e peculiar, representando pela água de constituição da planta mais as perdas que ocorrem na forma de vapor, através da superfície do solo (evaporação) e foliar (transpiração), com variações locais e espaciais devido às condições edafoclimáticas e ao estado de desenvolvimento das plantas.

Para Kramer (1974), a transpiração é considerada fator dominante nas relações hídricas da cultura, por ser responsável pelo gradiente de energia que provoca o movimento da água dentro e através da planta.

Aragão Júnior *et al.*, (1988), considera a irregularidade pluviométrica, um dos fatores que mais tem limitado o rendimento do algodoeiro no Nordeste; representando perdas de até 70% na produção e produtividade.

Doorenbos & Kassam (1994), consideram que, durante todo o ciclo vegetativo, o algodoeiro necessita de 700 a 1300 mm de água.

O algodoeiro herbáceo apesar de ser uma cultura relativamente resistente à seca, seu rendimento pode ser sensivelmente reduzido quando déficits severos de água no solo são estabelecidos (Krantz *et al.*, 1976).

Na irrigação do algodoeiro, além do aspecto quantitativo importante a qualidade da água disponível. A irrigação deve ser feita obedecendo-se ao turno de rega e à determinação periódica da água disponível no solo (irrigar sempre que ela cair abaixo de 50%), (Embrapa, 2000).

De modo geral, o consumo hídrico do algodoeiro durante o ciclo total varia entre 450 mm e 750 mm para região semi-árida do Nordeste (Amorim Neto & Beltrão, 1992).

Segundo Paulino & Pereira (1994), citados por Luz *et al.*, (1998), um dos fatores mais significativos na produtividade vegetal é a água disponível no solo, porém as condições ideais de umidade no solo são raras e a deficiência hídrica é, geralmente, mais uma regra que exceção, sobretudo em regiões de clima árido e semi-árido.

O manejo da irrigação deve ser efetuado de forma a proporcionar à cultura condições de disponibilidade hídrica adequada em quantidade e frequência, ou seja, o quanto e quando deve ser aplicado de água, evitando o excesso ou a escassez de umidade.

Os aspectos agronômicos básicos necessários ao planejamento da irrigação se resumem em duas questões: 1) determinação da quantidade de água útil admitida pelo solo; 2) determinação das necessidades hídricas das plantas, indispensáveis para o pleno crescimento e desenvolvimento da cultura. A primeira depende das características físicas e hídricas do solo, bem como, do tipo de cultura a implantar. A segunda, por sua vez, depende da cultura e das condições climáticas da região (Bezerra *et al.*, 1999).

## 2.5. Adubação nitrogenada

A adubação mineral é reconhecidamente fator de grande importância na produção agrícola, e dos nutrientes minerais fornecidos através da adubação química, o nitrogênio é o que recebe maior atenção. Dada a importância no crescimento e desenvolvimento dos vegetais, é o elemento que mais limita a produção das culturas (Malavolta, 1981). Um dos fatores que influencia a eficiência de utilização do nitrogênio pela planta é a disponibilidade hídrica do solo após sua aplicação (Fleck *et al.*, 1989). Também a temperatura, o pH, o complexo de troca de cátions e o teor de matéria orgânica influenciam o comportamento do nitrogênio no solo, e podem elevar as perdas deste elemento para a atmosfera (Malavolta, 1981).

Alguns estudos revelam que apenas 50% dos adubos nitrogenados aplicados são aproveitados pelas plantas, pois o restante se perde por lixiviação, volatilização ou é imobilizado no solo por ação microbiológica (Ambrosano *et al.*, 1997). As maiores perdas quando se utiliza uréia ocorrem quando ela é aplicada na superfície do solo sem incorporação (Rodrigues & Kiehl, 1986; Cruciani *et al.*, 1998; Trivelin *et al.*, 2002). Em solos arenosos o aproveitamento do nitrogênio pode ser de apenas 5 ou 10% devido a perdas por lixiviação ou desnitrificação (Osiname *et al.*, 1983; Duque *et al.*, 1985).

As exigências de nitrogênio pelas plantas variam dependendo do estágio de desenvolvimento, e em algumas culturas o excesso desse nutriente pode causar desenvolvimento vegetativo exuberante em detrimento da produção de tubérculos, frutos e sementes. Em outras espécies pode proporcionar folhas mais suculentas e susceptíveis a doenças, ou reduzir a produção. O fornecimento de doses adequadas favorece o crescimento vegetativo, expande a área foliar e leva o potencial produtivo da cultura. O nitrogênio atua na síntese de aminoácidos e proteínas e participa também da constituição da clorofila, ácidos nucleicos e enzimas; compostos vitais para a planta (Raij, 1991; Filgueira, 2000; San Juan, 2000).

O parcelamento das aplicações dos fertilizantes químicos lixiviáveis, especialmente os nitrogenados é largamente recomendado para diversas culturas, como recurso para reduzir as perdas dos nutrientes, assegurando maior disponibilidade à plantas durante o ciclo de desenvolvimento quando atingem estágios máximos de absorção e transformação metabólica (Cervellini *et al.*, 1986).

## 2.6. Influência da adubação nitrogenada no algodoeiro

Os pesquisadores e produtores de algodão vêm procurando utilizar uma adubação que promova o maior benefício com o menor custo. Embora não haja uma receita de adubação correta para todos os solos, é preciso considerar as análises de solo e de folhas, histórico do manejo dos campos e acompanhamento de lavouras de algodão (Anuário Brasileiro do Algodão, 2001).

O nitrogênio é um dos nutrientes mais importantes para o algodoeiro, podendo ser fixado pelas leguminosas, com interferência significativa sobre os aspectos qualitativos e quantitativos da produção, Sabino *et al.*, (1994) citado por Zanin *et al.*, (2001). A resposta do algodoeiro a adubação nitrogenada está condicionada diretamente a disponibilidade de outros nutrientes, Silva *et al.*, (1997) citado por Zanin *et al.*, (2001). Segundo Frye & Kairuz, citado por Carvalho *et al.*, (1999), em quantidades baixas ou altas, a maioria dos solos necessita da adição de fertilizantes nitrogenados para a obtenção de rendimentos satisfatórios.

A marcha de absorção de nutrientes na cultura do algodoeiro é bastante similar à formação de matéria seca, coincidindo 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 Carvalho *et al.*, (1999). A quantidade de Nitrogênio a ser utilizada na adubação depende das condições climáticas (intensidade e distribuição das chuvas, luminosidade e temperatura, etc.) da textura e do teor de matéria orgânica do solo, além do sistema de rotação de culturas adotado. Muitos trabalhos de pesquisa mostram que a resposta de produtividade do algodoeiro a adubação nitrogenada é linear, até a aplicação da dose de  $120 \text{ kg ha}^{-1}$  (Grespan & Zancanaro, 1999).

Segundo Silva (1999), foram constatados prejuízos à germinação e ao desenvolvimento inicial do algodoeiro quando aplicadas altas doses de nitrogênio. Porém, resultados mais consistentes foram obtidos com a aplicação efetuada em cobertura entre 30 e 40 dias de idade das plantas, fase de maior absorção do nutriente. Foi definido mediante estudos, que uma pequena dose de nitrogênio deve ser usada no sulco de semeadura e o restante em cobertura, única ou parcelada, dependendo da textura do solo e do histórico da gleba, na fase entre o abotoamento e o florescimento. Essa forma de adubação na cultura do algodoeiro tem sido sugerida como alternativa para corrigir eventuais carências tardias, que pudessem ocorrer na fase de frutificação, mesmo sabendo que as plantas absorvem o N fornecido via foliar.

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, embora seus efeitos estejam relacionados à disponibilidade de fósforo e de potássio no solo (Sabino *et al.*, 1976), o mesmo autor 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), citado por Carvalho *et al.*, (1999), o excesso de nitrogênio produz plantas vigorosas, porém com pouca frutificação e abertura tardia e irregular dos capulhos.

O algodoeiro apresenta grande limitação interna no metabolismo do N, em função da competição que se estabelece entre a redução do CO<sub>2</sub> e a do nitrato. Assim para que ocorra o máximo de fotossíntese, a planta algodoeiro com metabolismo C<sub>3</sub>, necessita cerca de duas vezes mais N na folha quando comparado a espécies com metabolismo C<sub>4</sub>, Beltrão & Azevedo, (1993).

A adubação nitrogenada adequada regulariza o ciclo das plantas evitando a antecipação da maturação dos frutos, aumenta o peso de sementes e de capulhos e a produção final. O comprimento de fibra é a característica mais beneficiada; em algumas oportunidades demonstrou também melhorar a maturidade e o índice micronaire (Silva, 1999).

Para Bassett *et al.*, 1970 e Staut, 1996, citado por Mondino & Galizzi, 2001, as exigências nutricionais de qualquer vegetal está determinada pela quantidade de nutrientes que extrai durante seu ciclo. O algodoeiro extrai aproximadamente 150 kg ha<sup>-1</sup> de N, 20 kg ha<sup>-1</sup> de P e 35 kg ha<sup>-1</sup> de K para produzir uns 2500 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço.

As condições de fertilidade do solo, entre outros fatores, têm influenciado sobre a qualidade da fibra. Poucos solos são capazes de abastecer naturalmente os requerimentos nutricionais do vegetal a fim de obter altos rendimentos de fibra de boa qualidade, por que naqueles terrenos com alguma deficiência, recorrer a uma fertilização adequada pode

melhorar os parâmetros tecnológicos que definem suas qualidades (Mondino & Galizzi, 2001).

Para Oliveira *et al.*, (1998) citado por Furlani *et al.*, (2001) a aplicação de doses crescentes de nitrogênio na cultura do algodoeiro (0; 60; 120; 180 kg ha<sup>-1</sup> de N), a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup> foi a que contribuiu para uma maior produtividade.

Quanto à altura de plantas, o menor valor que é o desejável, foi apresentado pela dose de 100 kg ha<sup>-1</sup> de N, enquanto que para peso de um capulho e finura, os maiores valores foram obtidos pelas doses de 50 à 150 kg ha<sup>-1</sup> de N (Medeiros *et al.*, 2001).

Em estudos realizados por Furlani *et al.*, (2001), analisaram valores superiores de maturidade da fibra quando se efetuou a aplicação do nitrogênio aos 50 dias da emergência das plantas, quando comparado com os tratamentos com aplicação aos 20 e aos 30 dias, sendo quatro momentos de aplicação (20, 30, 40 e 50 dias) e três doses de N (30; 40; e 70 kg de N ha<sup>-1</sup>).

Silva *et al.*, (1988) citado por Furlani *et al.*, (2001) verificaram que houve um efeito significativo na medida em que se aumentam as doses de N de (0, 20, 40 e 60 kg ha<sup>-1</sup>), especialmente quando foi aplicado regulador de crescimento, indicando uma interação entre estes dois insumos. Da mesma forma Campos *et al.*, (1995) citado por Furlani *et al.*, (2001) relataram que a medida que se aumentou a dose de N de 0 para 50, 100, 150 e 200 kg ha<sup>-1</sup>, houve um efeito significativo e diretamente proporcional em termos de produtividade do algodão.

Para Mondino *et al.*, (2001) as aplicações de N tanto a 50 quanto a 100 kg ha<sup>-1</sup> melhoraram a resistência da fibra. A influência da fibra para o comprimento foi inconsistente e variou de um ano para outro.

Oliveira *et al.*, (1988) citado por Furlani *et al.*, (2001) relataram que a aplicação de doses crescentes de N à cultura do algodoeiro (0, 60, 120 e 180 kg ha<sup>-1</sup>) promoveram um aumento da produtividade para a dose de 120 kg ha<sup>-1</sup>.

Foram analisados por Beltrão *et al.*, (1988) a redução do crescimento vegetativo do algodoeiro mediante capação, conjuntamente com adubação nitrogenada, observando que a capação realizada aos 20 dias da emergência das plantas reduziu a produtividade do algodão no caso da ausência de adubação nitrogenada.

Furlani *et al.*, (2001) afirmam que quando se efetuou a aplicação de nitrogênio aos 30 dias após a emergência das plantas, pode-se constatar que as doses de 40 e 70 kg ha<sup>-1</sup> de N propiciaram os maiores valores de altura de plantas quando comparados àquele verificado para a dose de 30 kg ha<sup>-1</sup> de N.



## 2.7. Exigências nutricionais do algodoeiro

A absorção de nutrientes depende da variedade do algodoeiro e das condições pluviométricas ou de irrigação da região. *Gossypium arboreum* é menos exigente que *Gossypium hirsutum*; os híbridos são mais exigentes que as variedades; as variedades precoces e compactas são mais eficientes no uso dos nutrientes que as variedades tardias.

Segundo Vivancos, 1989, Furlani Júnior, 2000, citados por Prado (2004), o acúmulo de nitrogênio, pela parte aérea do algodoeiro para cada tonelada produzida, foi de 62, 69 e 60 kg ha<sup>-1</sup>, respectivamente para ambos os pesquisadores. Observa-se, ainda, que para mesmo nutriente as quantidades absorvidas pelas plantas são diferentes. Isto é explicado em função das diferenças entre os autores, quanto a variedade e condições edafoclimáticas, presente em cada experimento. Malavolta (1987), citado por Prado (2004), estudou, ainda, o acúmulo de 1.184 g ha<sup>-1</sup> de N.

Segundo Sarruge *et al.*, (1966), citado por Prado (2004), na ordem os macronutrientes mais extraídos pelo algodoeiro são: nitrogênio, potássio, cálcio, enxofre, magnésio e o fósforo. Para uma produção de 1.350 kg ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, a extração de nitrogênio foi de 84 kg ha<sup>-1</sup> e em outro caso com uma produção de 2.500 kg ha<sup>-1</sup>, a extração de nitrogênio passou a ser de 156 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, assim para uma determinada expectativa de produção temos um nível de fornecimento de nutrientes diferente.

O estudo da marcha de absorção dos macronutrientes dá uma informação muito importante, indicando os períodos de maior exigência dos nutrientes. Conhecidas essas épocas, tem-se um guia para a adubação no que tange aos momentos em que se deve empregar um ou outro nutriente. A marcha de absorção dos macronutrientes pelo algodoeiro, cv. "IAC 11", foi acompanhada por Sarruge *et al.*, 1963, citado por Prado (2004).

Verifica-se que no período em que aparecem as primeiras flores, as quantidades extrativas aumentam bastante; a frutificação exige, por sua vez, a retirada de quantidades adicionais de elementos do solo; até esse momento as plantas haviam absorvido perto de 1/3 de nitrogênio, do fósforo, do cálcio e do magnésio total retirado e, aproximadamente, 1/4 do potássio e do enxofre.

Silva *et al.*, (1979), citado por Prado (2004); estudando a taxa de crescimento do algodoeiro em ambiente deficiente em Boro, verificou-se que a exigência da planta a este elemento é maior durante a fase inicial de desenvolvimento e no período de intensa formação de carga.

## 2.8. Reúso de água na agricultura

A tendência atual é se considerar a água residuária tratada como um recurso hídrico a ser utilizado para diversos fins.

A utilização da “água de reúso” significa um aumento na oferta de água para vários fins, liberando os recursos hídricos disponíveis para utilização em outros usos onde há maior exigência de qualidade, tais como o abastecimento humano.

O uso racional, o controle de perdas e desperdícios e o reúso da água são tão importantes quanto a construção de reservatórios, de poços ou de outras obras hídricas, pois significam, também, aumento na oferta desse escasso líquido.

Na Califórnia, que tem grande tradição no reúso de águas, em 1987 as percentagens de utilização de águas residuárias, em função do tipo de reúso, eram as seguintes: 63% para irrigação agrícola; 14% para recarga de aquíferos; 13% para a irrigação de áreas verdes urbanas; e 10% para aplicações industriais, recreativas e para a vida silvestre (León S. & Cavallini, 1996). Portanto, no mínimo 76% para irrigação.

O uso de esgotos e efluentes tratados na irrigação deve ser planejado para controlar, em longo prazo, os efeitos da salinidade, sodicidade, nutrientes e oligoelementos, sobre os solos e as culturas (Ayres & Westcot, 1991). Quanto aos riscos sanitários, são menores do que geralmente imagina-se e perfeitamente controláveis.

Hespanhol (1988) apresenta dados colhidos em campos experimentais em Nagpur, Índia, pelo Nacional Environmental Engineering Research Laboratory, mostrando os efeitos benéficos da irrigação com esgotos em diversas culturas. A produtividade média foi calculada com dados de culturas de trigo em 8 anos, de arroz em 7 anos, de batata em 4 anos e de algodão em 3 anos, irrigadas com esgoto bruto, esgotos decantados, efluentes de lagoas de estabilização e água mais NPK, e foi verificado que a produção aumentou quando foi usado o seguinte resultado de produtividade em toneladas  $ha^{-1} ano^{-1}$ : Houve um aumento na produção quando se usou o esgoto bruto, esgoto decantado, efluente de lagoas de estabilização em relação ao uso de água mais NPK.

Em 1958, o Conselho Econômico e Social das Nações Unidas estabeleceu uma política de gestão para áreas carentes de recursos hídricos, com base no seguinte conceito: “a não ser que exista grande disponibilidade, nenhuma água de boa qualidade deve ser utilizada para usos que toleram águas de qualidade inferior”, (Hespanhol, 2001, após ONU, 1958).

Segundo Ayres & Westcot (1991), a agricultura utiliza maior quantidade de água e pode tolerar águas de qualidade mais baixa do que a indústria e o uso doméstico. É, portanto,

inevitável que exista crescente tendência para se encontrar na agricultura a solução dos problemas relacionados com a eliminação de efluentes. Inclua-se a agropecuária.

## 2.9. Qualidade da água para irrigação

A agricultura irrigada é a atividade humana que demanda maior quantidade total de água. Em termos mundiais estima-se que esse uso responda por cerca de 80% das derivações de água; no Brasil, esse valor supera os 60%. Muito embora a irrigação venha sendo praticada há vários milênios, a qualidade da água só começou a ter importância a partir do início do século XX (Werneck *et al.*, 1999).

A agricultura irrigada depende tanto da quantidade como da qualidade da água; no entanto, o aspecto da qualidade tem sido desprezado devido ao fato de que, no passado, em geral as fontes de água, eram abundantes, de boa qualidade e de fácil utilização; esta situação, todavia, está se alterando em muitos lugares. O uso intensivo de praticamente todas as águas de boa qualidade implica que, tanto nos projetos novos como nos antigos que requerem águas adicionais, tem-se que recorrer às águas de qualidade inferior. Para evitar problemas conseqüentes, deve existir planejamento efetivo que assegure melhor uso possível das águas, de acordo com sua qualidade. A qualidade da água reflete a sua adaptabilidade para determinado uso, isto é, se suas características físicas, químicas e biológicas são adequadas a necessidade do usuário (Lima, 1998).

Sob o ponto de vista da agricultura entre as características mais importantes em relação ao rendimento e qualidade das culturas, manutenção da produtividade do solo e proteção do meio ambiente, destacam-se a concentração total de sais solúveis, a concentração relativa de sódio e pH.

De acordo com Miranda (1995) a principal vantagem da utilização de águas residuárias na irrigação reside na recuperação de um recurso de maior importância na agricultura – a água. Além disso, os constituintes das águas residuárias, ou pelo menos sua maioria, são produtos que podem aumentar a fertilidade dos solos por conter nutrientes essenciais a vida das plantas. Por outro lado, melhoram também a aptidão agrícola dos solos, devido à matéria orgânica que lhes adicionam com a conseqüente formação de húmus. A reutilização de águas residuárias oferece ainda vantagens do ponto de vista da proteção do ambiente na medida em que proporciona a redução ou mesmo a eliminação da poluição dos meios hídricos habitualmente receptores dos efluentes. Paralelamente dá-se a recarga dos

aquíferos, beneficiados com a melhoria de qualidade da água derivada da depuração proporcionada aos efluentes através da percolação no solo.

Usos específicos podem ter diferentes requisitos de qualidade; assim, uma água pode ser considerada de melhor qualidade, se produzir melhores resultados, ou causar menos problemas; por exemplo: uma água de rio que pode ser considerada de boa qualidade para determinado sistema de irrigação, mas pode, por sua carga de sedimentos, ser inaceitável para uso urbano, sem antes ser tratada para extrair tais sedimentos (Ayers & Westcot, 1991).

Aumentos no teor de ( $\text{Na}^+$ ) trocável e no PST (percentual de sódio trocável) tem sido comum em solos irrigados com efluentes de esgoto tratados, independentemente se o uso for agrícola ou florestal, (Bond, 1998). A toxicidade ao sódio tem sido identificada claramente como resultado de alta proporção de sódio na água (alto teor de sódio ou RAS).

Semelhantemente à salinidade, os principais efeitos do aumento do  $\text{Na}^+$  trocável, bem como do PST, tem sido mais evidente na camada superficial do solo (Cromer *et al.*, 1984). Normalmente, pelo fato do efluente ser salino, a irrigação com água residuária tem levado o aumento da salinidade do solo (Cromer *et al.*, 1984), a qual pode afetar a absorção de água pelas plantas devido a presença de uma maior concentração dos íons  $\text{Na}^+$ ,  $\text{Cl}^-$  e  $\text{HCO}_3^-$  na solução do solo (Bielorai *et al.*, 1984).

Entretanto alguns autores têm assinalado diminuição na salinidade do solo pela irrigação com efluente (Day *et al.*, 1979). No primeiro caso, tratava-se de um solo naturalmente salino. No segundo, os autores verificaram que, em um solo florestal irrigado com efluentes de esgoto tratados por mais de quatro anos, a salinidade foi reduzida devido à lixiviação e à absorção de sais pelas árvores.

A condutividade do estrato de saturação (CEes) do solo expressa a concentração total de sais solúveis no solo, pelo fato de estar intimamente relacionada com a concentração total de eletrólitos dissolvidos na solução. A concentração de sais solúveis no solo também pode ser expressa em total de sólidos dissolvidos (TSD), porém o uso da CEes é preferível, pois a concentração de sais varia inversamente com o teor de umidade do solo.

Um solo de textura argilosa com 0,1 de sais solúveis, com capacidade de campo de 30% corresponde a uma concentração efetiva na solução do solo de 0,33% enquanto para um solo de textura arenosa, com capacidade de campo igual a 10%, esta concentração será 3 vezes maior (1%). Esta diferença devido à textura do solo desaparece quando se expressa a concentração total de sais em termos de CEes (Dias *et al.*, 2003).

O aumento da condutividade elétrica (CE) do solo mediante a irrigação com efluente tem sido comum em sistemas agrícolas (Johns & McConchie, 1994; Al-Nakshabandi *et al.*,

1997), pastagens (Hortenstine, 1976) e florestas (Smith *et al.*, 1996), mais pronunciadamente na camada superficial do solo (Al-Nakshabandi *et al.*, 1997). Esse aumento de salinidade mais evidente na camada superficial do solo pode ser, segundo Al-Nakshabandi *et al.*, (1997), devido a dois fatores: evaporação da superfície do solo, levando ao acúmulo de sais; exposição do subsolo à contínua lixiviação e substituição dos sais na periferia da zona úmida, a qual, normalmente tem apresentado aumento na concentração de sais.

Tem sido observado em sistemas agrícolas (Al-Nakshabandi *et al.*, 1997), incremento no valor de pH do solo mediante a irrigação com água residuária. Este aumento de pH tem sido atribuído ao pH alto do efluente (Stewart *et al.*, 1990), à adição de cátions trocáveis e de ânions oriundos do efluente (Falkiner & Smith, 1997), à alteração na ciclagem de nutrientes mediante a adição de efluente, levando à redução do  $\text{NO}_3^-$  para  $\text{NH}_4^+$  e a desnitrificação do  $\text{NO}_3^-$ , cujos processos produzem íons  $\text{OH}^-$  e podem consumir prótons (Schipper *et al.*, 1996).

O pH do solo é influenciado pela composição e natureza de cátions trocáveis, composição e concentração de sais solúveis e a presença ou ausência do gesso e carbonato de cálcio e magnésio. Ele serve para indicar a possibilidade de ocorrência de íons tóxicos de alumínio, ferro e manganês no solo, como também o aumento ou a diminuição da disponibilidade de nutrientes para as plantas (Dias *et al.*, 2003).

## 2.10. Cultivo do algodão com água salina

Em todo o mundo, o uso intensivo de águas de boa qualidade tem acarretado, de forma crescente, a diminuição da sua disponibilidade para novos e antigos projetos de irrigação e, por outro lado, a crescente necessidade de expansão das áreas agrícolas, tem gerado a necessidade do uso de águas consideradas de qualidade inferior (Ayers & Westcot, 1999).

O uso de águas salinas na irrigação para produção vegetal é um desafio que vem sendo superado com sucesso em diversas partes do mundo, graças à utilização de espécies tolerantes e à adoção de práticas adequadas de manejo de cultura, solo e da água de irrigação (Rhoades *et al.*, 2000).

Quanto ao comportamento das plantas à salinidade do solo, cada material vegetal possui um limite de tolerância denominado “Salinidade Limiar – SL”, acima do qual seu rendimento é linearmente reduzido com o incremento da salinidade do solo, expressa em termos de condutividade elétrica do extrato de saturação (CEes) e, neste aspecto o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é classificado como tolerante à salinidade, possuindo valor SL de 7,7  $\text{dS m}^{-1}$  a 25°C (Maas, 1984; Ayers & Westcot, 1999).

Mesmo sendo relativamente tolerante ao déficit hídrico e classificado como tolerante aos sais, o algodoeiro tem seu rendimento sensivelmente reduzido quando ocorrem concentrações elevadas de sais no solo na fase de germinação das sementes, e/ou déficit hídrico no início da floração (Marani & Amirav, 1971; Millar, 1976; Maas & Hoffman, 1980).

Estudos revelam que no Nordeste a maior parte das águas disponíveis à irrigação, contém teores elevados de sais, sendo freqüentemente encontradas águas com condutividade elétrica da ordem de 0,2 a 5,0 dS m<sup>-1</sup> (Audry & Suassuna, 1995).

Entre os fatores ambientais que afetam o crescimento e o desenvolvimento das plantas, constam os problemas de salinidade; estes são decorrentes da acumulação de sais solúveis no solo, sobretudo, devido a um manejo inadequado da água de irrigação. Quando as águas de irrigação contêm uma concentração alta de sais solúveis e, especialmente, quando não houver drenagem para lixiviar os sais acumulados, a salinidade pode alcançar níveis prejudiciais às plantas cultivadas em pouco tempo. Atualmente estima-se que cerca de 50% das áreas irrigadas do mundo estejam afetadas por sais ou por problemas de drenagem (Rhoades & Loveday, 1990).

### **2.11. Uso de águas residuárias**

A reutilização de águas residuárias oferece ainda vantagens do ponto de vista da proteção do ambiente na medida em que proporciona a redução ou mesmo a eliminação da poluição dos meios hídricos habitualmente receptores dos efluentes. Paralelamente dá-se a recarga dos aquíferos, beneficiados com a melhoria de qualidade da água derivada da depuração proporcionada aos efluentes através da percolação no solo (Miranda, 1995). A Tabela 1, vários métodos de irrigação quanto ao uso de água residuária tratada.

**Tabela 1.** Avaliação dos vários métodos de irrigação quanto ao uso de água residuária tratada.

<b>Parâmetros de Avaliação</b>	<b>Irrigação por Sulcos</b>	<b>Irrigação por Bacias</b>	<b>Irrigação por Aspersão</b>	<b>Irrigação Localizada</b>
1. Molhamento de folhas e conseqüentes danos as folha resultando em pobreza no rendimento.	Não há injúria foliar quanto as culturas plantadas sobre cumes.	Algumas folhas inferiores podem ser afetadas, mas o prejuízo não é tão sério quanto a redução do rendimento.	Podem ocorrer severos danos as folhas resultando em significativa perda no rendimento.	Não ocorre prejuízo foliar debaixo deste sistema de irrigação.
2. Com repetidas aplicações há acumulação de sais na zona radicular.	Tendência de acúmulo de sais no cume podendo causar danos a cultura.	Movimento de sais verticalmente para baixo e provavelmente não acúmulo de sais na zona radicular.	Há movimento de sais abaixo da zona radicular e não são provavelmente para acúmulo de sais.	Movimento de sais ao longo da direção radial do movimento da água. Os sais retidos na cunha são entre os pontos dos gotejadores.
3. Capacidade para manter a energia potencial da água no solo.	Plantas podem ser sujeitas ao stresse hídrico entre irrigações.	Plantas podem ser sujeitas ao stresse hídrico entre irrigações.	Impossibilidade para manter a energia potencial da água no solo dentro da vala na época de crescimento.	Possibilidade para manter a energia potencial da água no solo dentro da vala na época do crescimento e para minimizar o efeito da salinidade.
4. Sustentabilidade para manejar brackish água residuária sem significativa perda do rendimento.	Com boa gestão e drenagem aceitáveis rendimentos são possíveis.	Mercado para intermediário. Eficientes práticas de irrigação e drenagem podem produzir aceitáveis níveis de rendimento.	Pobreza para mercado. Muitas cultura sofrem danos a folhas e perda no rendimento.	Excelente e Boa. Quase todas as culturas podem crescer com mínima redução no rendimento.

Fonte: Kandiah (1990) citado por Pescod (1992).

Há poucas regiões do mundo ainda livres dos problemas da perda de fontes potenciais de água doce, da degradação da qualidade da água e poluição das fontes de superfície e subterrâneas. Os problemas mais graves que afetam a qualidade da água de rios e lagos decorrem, em ordem variável de importância, segundo as diferentes situações, de esgotos domésticos tratados de forma inadequada, controles inadequados dos efluentes industriais, perda e destruição das bacias de captação, localização errônea de unidades industriais, desmatamento, agricultura migratória sem controle e práticas agrícolas deficientes (Peixinho & Leal, 1996).

Quase todos os usos que o homem faz da água resultam na produção de resíduos, os quais são novamente incorporados aos recursos hídricos, causando a sua poluição. A poluição orgânica das águas superficiais aumenta a concentração de carboidratos, lipídeos e açúcares nos corpos receptores. Esses compostos orgânicos, ao serem degradados pelos organismos decompositores, principalmente bactérias e fungos, liberam ácidos fracos e sais minerais, entre os quais há compostos de nitrogênio e fósforo. No meio rural, as águas do escoamento podem carrear para os recursos hídricos matéria orgânica (folhas, dejetos de animais), sólidos inorgânicos, pesticidas, fertilizantes e compostos químicos (Mota, 1995).

Segundo Lotti (1981) no passado, o problema de gestão de águas residuárias e reuso de efluentes foi guarnecido por países com economia altamente desenvolvida, resultando numa demanda crescente por uma boa qualidade de água para uso doméstico e industrial. Muitos países em desenvolvimento estão revestidos de uma situação similar, especialmente em regiões áridas e semi-áridas, onde a disponibilidade de água é severamente limitada.

Assim, as possibilidades de uso da água estão diminuindo em várias regiões do mundo, ao passo que a demanda por água limpa e sadia está aumentando devido ao crescimento populacional e ao desenvolvimento econômico. Um primeiro passo seria diminuir a poluição na tentativa de restabelecer a qualidade da água e com isto tornar o recurso reutilizável (Kemper, 1997).

O reúso da água na irrigação é uma alternativa que vem se mostrando viável pelas seguintes razões: em áreas onde as culturas mais necessitam de irrigação a água é, via de regra, escassa; a agricultura irrigada requer grandes volumes de água, que representam a maior demanda de água nas regiões secas; as plantas podem ser beneficiadas não somente pela água, mas também, dentro de certos limites pelos materiais dissolvidos nos efluentes, tais como matéria orgânica, nitrogênio, fósforo, potássio e micronutrientes (Pescod, 1992).



### **3. MATERIAL E MÉTODOS**

#### **3.1. Localização do experimento**

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, nas dependências do Centro de Ciências e Tecnologia – CCT, da Universidade Federal de Campina Grande – UFCG, Departamento de Engenharia Agrícola-PB – DEAg, localizada na zona Centro Oriental do Estado da Paraíba, no Planalto da Borborema, cujas coordenadas geográficas são latitude sul 7°13' 11", longitude oeste 35°53'31" e altitude 547,56 m. Conforme o Instituto Nacional de Meteorologia (INMET), o município apresenta precipitação total anual de 802,7 mm, temperatura máxima de 27,5°C, mínima de 19,2°C e umidade relativa do ar de 83%. Os valores médios de temperatura e umidade relativa durante os 100 dias de cultivo no interior da casa de vegetação foram 25,44°C e 66,61% respectivamente para temperatura e umidade relativa.

#### **3.2. Solo utilizado e preparo**

Foi utilizado um material de solo de textura franco-argilo-arenoso coletado na camada superficial de 0-20 cm. Após a coleta o material do solo foi conduzido para o laboratório, destorroado, colocado para secar a sombra, passado numa peneira de 2,0 mm (ABNT nº 10) e submetido a análises física, e química, cujos resultados encontram-se na Tabela 2. De acordo com os resultados das análises químicas o solo sofreu correção da acidez, usando carbonato de cálcio, cuja quantidade foi estimada pelo método dos teores de alumínio.

**Tabela 2.** Resultado das análises física, hídrica e química do solo utilizado como substrato, Campina Grande, 2005.

Atributos	Físico	Atributos	Química
Areia (g kg <sup>-1</sup> )	679,40	pH (H <sub>2</sub> O - 1:2,5)	5,63
Silte (g kg <sup>-1</sup> )	89,00	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,20
Argila (g kg <sup>-1</sup> )	233,60	K <sup>+</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,19
Densidade Aparente (g cm <sup>-1</sup> )	1,60	Ca <sup>+2</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,06
Porosidade total (%)	39,39	Mg <sup>+2</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	1,65
a 0,033, MPa, (g kg <sup>-1</sup> )	117,9	Na <sup>+</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	2,86
a 1,5, MPa, (g kg <sup>-1</sup> )	45,4	H <sup>+</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,92
Umidade gravimétrica (g kg <sup>-1</sup> )	189,20	Al <sup>+3</sup> mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup>	0,40
Água Disponível (g kg <sup>-1</sup> )	71,3	M.O. (%)	0,71
		Nitrogênio (%)	0,04
<b>Classificação Textural</b>	<b>Franco-argilo-arenosa</b>		

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade, Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG.

### 3.3. Análises físico-hídrica

As análises físico-hídricas do solo foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Universidade Federal de Campina Grande, de acordo com as metodologias propostas pela Embrapa (1979).

Para determinação da retenção de umidade no solo, utilizou-se câmara de pressão. Para a capacidade de campo na tensão de 0,033 MPa, e para o ponto de murcha permanente na tensão de 1,5 MPa, foi utilizada a membrana de pressão segundo metodologia descrita por Richards (1947). Porém para a capacidade de retenção de água pelo solo, ou água disponível (AD) as plantas, foi considerado a água retida no solo entre a capacidade de campo (método gravimétrico) e o ponto de murcha permanente (água retida na tensão de 1,5 MPa). Para determinação da capacidade de campo pelo método gravimétrico, procedeu-se por diferença de peso entre o solo úmido após livre drenagem e o peso do solo seco em estufa (TFSE).

### 3.4. Análises química

As análises químicas foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade (LIS), Universidade Federal de Campina Grande, de acordo com as metodologias propostas pela Embrapa (1997).

**Tabela 3.** Resultado da análise do solo quanto à salinidade, antes do experimento, Campina Grande, 2005.

<b>Análise do Solo – Salinidade</b>	
pH (Extrato de Saturação)	5,38
Condutividade Elétrica (mmhos cm <sup>-1</sup> a 25°C) (Extrato de Saturação)	0,52
Cloreto (Cl <sup>-</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	3,50
Carbonato (CaCO <sub>3</sub> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,00
Bicarbonato (HCO <sup>-3</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,80
Sulfato (SO <sup>4=</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Ausência
Cálcio (Ca <sup>+2</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,62
Magnésio (Mg <sup>+2</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,63
Potássio (K <sup>+</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,34
Sódio (Na <sup>+</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	2,86
Percentagem de Saturação	23,33
Relação de Adsorção de Sódio (RAS)	2,70
PSI	5,38
Salinidade	Não Salino
<b>Classe do Solo</b>	<b>Normal</b>

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade, Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG.

### 3.5. Delineamento experimental

Usou-se o delineamento em blocos ao acaso num arranjo fatorial misto mais uma testemunha ((4 x 4) + 1) x 3, com três repetições. Os tratamentos foram definidos por quatro níveis de água disponível no solo (AD<sub>1</sub> = 25, AD<sub>2</sub> = 50, AD<sub>3</sub> = 75 e AD<sub>4</sub> = 100%), água residuária urbana tratada pelo reator UASB e lagoa de polimento, e quatro doses de nitrogênio (N<sub>0</sub> = 0, N<sub>1</sub> = 150, N<sub>2</sub> = 300 e N<sub>3</sub> = 450 kg ha<sup>-1</sup>), mais uma testemunha irrigada com água de abastecimento, sendo manejada com 75% da água disponível e 300 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

A unidade experimental foi representada por um vaso de plástico com capacidade para 10 kg de solo. Foi utilizada a uréia como fonte de nitrogênio, parcelados em três aplicações, e com base no alumínio trocável, cerca de 30 dias antes do plantio foi incorporado ao solo carbonato de cálcio para correção da acidez do solo.

### 3.6. Água de irrigação

A água residuária foi proveniente do efluente decantado de um reator anaeróbico de fluxo ascendente (UASB), com tempo de detenção hidráulica de 6 horas, passando por uma lagoa de polimento com 90 L hora<sup>-1</sup>, com tempo de detenção de 15 dias. Estando a estrutura

localizada no PROSAB, Campina Grande, PB, cuja análise encontra-se na Tabela 5. Como testemunha absoluta utilizou-se a água de abastecimento local.

**Tabela 4.** Resultados da qualidade das águas usadas no experimento, Campina Grande, 2005.

Atributos	Unidade	Água de Abastecimento	Água Residuária
pH		7,73	7,99
Condutividade elétrica	dS m <sup>-1</sup>	0,66	1,40
Fósforo Total	mg L <sup>-1</sup>	0,08	5,20
Ortofosfato solúvel	mg L <sup>-1</sup>	0,06	4,50
Amônia	mg de NO <sup>4</sup> L <sup>-1</sup>	0,96	20,00
Nitrato	mg de NO <sup>3-</sup> L <sup>-1</sup>	0,87	1,22
Sódio	mg L <sup>-1</sup>	32,0	132,94
Cálcio	mg Ca <sup>+2</sup> L <sup>-1</sup>	95,70	158,70
Magnésio	mg Mg <sup>+2</sup> L <sup>-1</sup>	124,90	151,50
Potássio	mg de K <sup>+</sup> L <sup>-1</sup>	6,80	20,20
Sólidos Totais	mg L <sup>-1</sup>	430,00	797,00
Sólidos fixos	mg L <sup>-1</sup>	330,00	671,00
Sólidos Voláteis	mg L <sup>-1</sup>	100,00	127,00
D. Q. O.	mg L <sup>-1</sup>	90,00	30,00
Ovos de Helmitos	ovo L <sup>-1</sup>	0,00	0,00
Coliformes Fecais	UFC/100ml	0,00	5,8x10 <sup>2</sup>

Análises realizadas pelo Laboratório de Análises químicas, físicas e microbiológicas do PROSAB, Campina Grande, PB, 2003.

### 3.7. Determinação da água no solo

Para a determinação da umidade no solo, considerou-se como Água Disponível (AD) a diferença entre a Cc e o Pmp. Os valores da Cc e Pmp determinados foram, respectivamente, 117,9 e 45,4 g kg<sup>-1</sup>, sendo usado nesse caso para o cálculo do valor de água disponível, a umidade gravimétrica de 189,2 g kg<sup>-1</sup>.

A capacidade de campo determinada pelo método gravimétrico foi realizada em casa de vegetação, utilizando-se um vaso de plástico com 3 kg de solo, e quatro repetições, sendo o solo umedecido por capilaridade até a saturação durante um período de 12:00 horas. A partir de então, os vasos, cobertos com plástico, foram submetidos à livre drenagem por um período de 20:00 horas. Considerou-se como Cc, o conteúdo de água no solo após a livre drenagem.

### 3.8. Controle das irrigações

Diariamente, com base na massa do conjunto (solo + vaso + tutor + planta), todas as parcelas eram pesadas, e à medida que o conjunto atingisse peso de 10,000; 10,320; 10,650; 10,970 kg, equivalente a 25, 50, 75 e 100% da água disponível do solo, essas parcelas eram

irrigadas com quantidade de água suficiente para que o teor de água no solo atingisse o peso equivalente ao percentual desejado de água disponível.

Durante o experimento por duas vezes aos 40 e 70 dias após a emergência, todas as parcelas foram elevadas à capacidade de campo.

Aos 10 dias após a emergência foi iniciado o controle das irrigações. O consumo total de água pela cultura foi obtido a partir da evapotranspiração da cultura (ETc), com base no somatório do consumo diário, determinado através de pesagens diárias de cada parcela experimental.

### **3.9. Fase experimental**

De acordo com a análise do solo foi processada uma adubação de fundação à base de fósforo e potássio e micronutrientes, sendo 80 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e 40 kg ha<sup>-1</sup> de K<sub>2</sub>O, junto com a adubação de fundação foi aplicado 1/3 da dose de nitrogênio, sendo os 2/3 restantes aplicados aos 15 dias e aos 40 dias em partes iguais. Após submeter os vasos ao teor de água em Capacidade de campo (Cc), realizou-se a semeadura em 26/12/2003 por meios de sulcos abertos na superfície do solo, a uma profundidade média de 2 cm, nos quais foram colocadas para germinar 6 sementes da cultivar BRS 200 marrom, provenientes da EMBRAPA / CNPA.

As sementes no sulco foram cobertas com uma fina camada do próprio solo; verificou-se a emergência aos 5 dias após a semeadura. Aos 15 dias após a emergência, realizou-se o desbaste deixando, apenas duas plântulas por vaso. Aos 50 dias após a emergência foi coletada uma planta para determinação do teor biomassa seca, e a outra planta foi utilizada para o acompanhamento até no final do ciclo vegetativo da cultura, onde foram processadas as medidas de altura de planta, área foliar e produção de biomassa.

### **3.10. Determinação da área foliar**

A área foliar foi determinada com base nas medidas do comprimento da folha, realizadas aos 25, 50, 75 e 100 dias a contar da emergência das plântulas e a partir da equação 2, proposta por Grimes *et al.*, (1969):

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

Eq. 2

Onde,

Y = área foliar folha<sup>-1</sup>; X = comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro.

### 3.11. Determinação da biomassa

A biomassa foi determinada aos 50 dias após emergência das plântulas (DAE), coletando-se uma planta para determinação, e a última sendo coletada aos 100 (DAE). Para o fornecimento do peso da (B), as plantas coletadas foram postas em sacos de papel, que identificados, perfurados, foram colocadas para secar em estufa com ventilação forçada, a temperatura de 65-70°C por um período suficiente até atingir peso constante.

### 3.12. Altura das plantas

Aos 25 dias após a emergência das plântulas, uma planta de cada tratamento e repetição, foi marcada para submetê-la as observações a que se refere esse trabalho durante toda fase experimental. A altura de plantas foi determinada partir do colo da planta até o broto terminal aos 25, 50, 75 e 100 (DAE).

### 3.13. Análise dos dados

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, com desdobramento dos efeitos quantitativos em polinômios ortogonais, segundo sua significância pelo Teste F. A escolha do modelo de regressão foi feita com base no modelo de maior grau significativo pelo Teste F, cujo desvio da regressão tenha sido não significativo (Gomes, 1995). Tanto para a análise de variância quanto à estimativa dos parâmetros da regressão dos modelos, foi utilizado o pacote estatístico SAS. Quando houve interação entre os fatores testados, gerou-se figuras tridimensionais de superfície de resposta e equações a partir do programa SUFER®.

#### 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Depois de colhida a planta para determinação da biomassa final do experimento, coletou-se uma semana após uma amostra de solo uniforme para fins de salinidade. As análises do solo das parcelas experimentais foram utilizadas para diagnosticar os teores de sódio magnésio bicarbonato, cloreto, a relação de adsorção de sódio, a condutividade elétrica do extrato de saturação. Realizado pelo Laboratório de Irrigação e Salinidade, DEAg, CCT, UFCG, com metodologia proposta pela Embrapa, (1979), conforme Tabela 5.

**Tabela 5.** Características químicas (fertilidade e salinidade), depois do cultivo aplicado água residuária e água de abastecimento, Campina Grande, 2005.

Características Químicas	Depois do Cultivo	Depois do Cultivo
	Água Residuária	Água de Abastecimento
	-----Complexo Sortivo-----	
Ca <sup>++</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	19,00	19,00
Mg <sup>++</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	30,00	31,00
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,80	2,70
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,80	2,10
S	55,60	54,80
H <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	12,90	12,40
Al <sup>+++</sup> (mmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,50	0,80
T	69,00	68,00
Carbonato de Cálcio Qualitativo	Ausência	Ausência
Carbono Orgânico (%)	0,86	0,38
Matéria Orgânica (g kg <sup>-1</sup> )	1,48	0,68
N (%)	0,15	0,03
P Assimilável (mg dm <sup>-3</sup> )	66,70	63,50
pH em H <sub>2</sub> O (1:2,5)	5,49	5,63
	-----Salinidade-----	
Cond. Elétrica mmhos cm <sup>-1</sup> (Ext. de Sat.)	2,17	1,10
Cloreto (Cl <sup>-1</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	15,14	5,90
Carbonato (CaCO <sub>3</sub> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	0,00	0,00
Bicarbonato (HCO <sup>-3</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	5,43	6,57
Sulfato (SO <sup>4=</sup> ) (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	Ausência	Ausência
Ca <sup>++</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	5,42	6,85
Mg <sup>++</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	7,62	5,03
K <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	1,81	0,71
Na <sup>+</sup> (mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> )	13,18	4,88
% Saturação	21,09	19,18
RAS	5,08	2,67
Salinidade	Não Salino	Não Salino
Classe de Solo	Normal	Normal

Análises realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade, Departamento de Engenharia Agrícola, UFCG.

#### 4.1. Área foliar aos 25 dias após emergência (DAE)

De acordo com a análise de variância da variável área foliar aos 25 Dias Após a Emergência (DAE), Tabela 6, verificou-se que os níveis de água disponível no solo (AD) não diferiram estatisticamente entre si, já as doses de nitrogênio na análise de variância revelou efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ). Não houve efeito para a interação entre os dois fatores água residuária e doses de nitrogênio. Para o fatorial, tratamento irrigado com água residuária *versus* a testemunha irrigada com água de abastecimento, não houve efeito significativo apresentando médias de 141,32 cm<sup>2</sup> e 160,17 cm<sup>2</sup> para o fatorial e testemunha respectivamente. Não existindo diferenças significativas entre os blocos.

**Tabela 6.** Análise de variância da área foliar aos 25 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	2.336,10	778,70	0,31	ns
Dose	3	119.276,18	39.758,73	15,90	**
A x D	9	24.063,97	2.673,77	1,07	ns
Fat. vs Test.	1	1.003,04	1.003,04	0,40	ns
Tratamento	16	146.679,29	9.167,46	3,67	**
Bloco	2	3.930,71	1.965,36	0,78	ns
Resíduo	32	80.004,57	2.500,14		
Total	50	230.614,58			
C.V. (%)		35,11			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 1, observam-se os resultados médios da área foliar aos 25 (DAE) das plântulas de algodoeiro em função dos fatores isolados, doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo. Os dados se ajustaram satisfatoriamente a uma função linear para o fator dose, nesse caso houve decréscimos da ordem de 0,286 cm<sup>2</sup> para cada kg de nitrogênio aplicado ao solo. Para os níveis de água disponível a média foi de 141,32 cm<sup>2</sup>, salientando que os controles das irrigações iniciaram aos 10 (DAE).



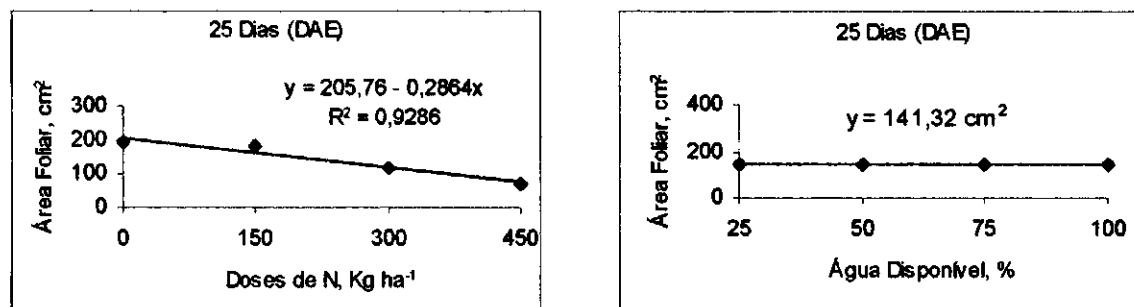


Figura 1. Área foliar aos 25 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.2. Área foliar aos 50 (DAE)

A análise de variância para a área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, Tabela 7, não revelou efeito significativo da água disponível, já para as doses de nitrogênio e efeito foi significativo ( $p \leq 0,01$ ). Para a interação entre os dois fatores houve uma significância ( $p \leq 0,05$ ), não havendo novamente significância para o fatorial vs testemunha onde esta por sua vez obteve média de área foliar de  $341,93 \text{ cm}^2$  contra  $320,11 \text{ cm}^2$  do fatorial.

Tabela 7. Análise de variância da área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	40.451,96	13.483,98	0,91	ns
Dose	3	905.503,82	301.834,61	20,43	**
A x D	9	296.295,41	32.921,71	2,23	*
Fat. Vs Test.	1	1.344,68	1.344,67	0,09	ns
Tratamento	16	1.243.595,86	77.724,74	5,26	**
Bloco	2	39.567,69	19.783,84	1,33	ns
Resíduo	32	472.642,43	14.770,08		
Total	50	1.755.805,99			
C.V. (%)		37,81			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 2, observa-se a análise de regressão polinomial dos fatores isolados, doses de nitrogênio e níveis de água disponível. Verifica o modelo matemático quadrático entre as doses de nitrogênio com uma área foliar máxima de  $447,55 \text{ cm}^2$  que seria atingida  $138,13 \text{ kg ha}^{-1}$ . Para os níveis de água disponível como não houve significância é apresentado à média de  $320,11 \text{ cm}^2$  de área foliar entre os níveis de água disponível.

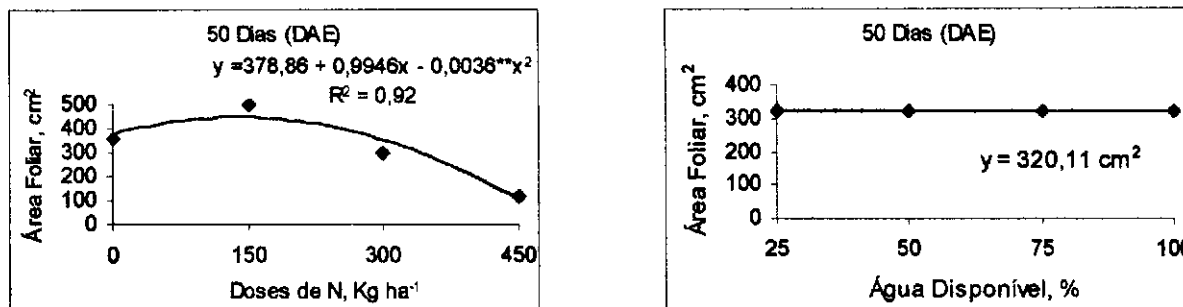


Figura 2. Área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Tabela 8 é apresentado às médias dos mínimos quadrados da interação dos dois fatores testados, doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, onde através da qual foi possível gerar a superfície de resposta da Figura 6.

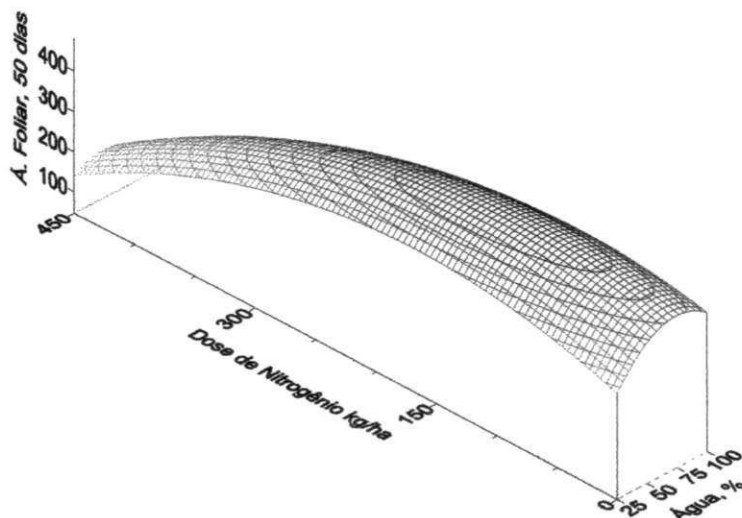
Tabela 8. Médias dos mínimos quadrados da interação dos dois fatores testados, doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

Água Disponível (%)	Doses de Nitrogênio kg ha <sup>-1</sup>			
	0	150	300	450
25	375,50	324,17	383,97	131,03
50	368,90	460,57	301,33	153,90
75	327,47	750,13	268,97	119,07
100	373,37	465,07	252,50	65,83

A Figura 3 apresenta a superfície de resposta para a área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, onde se verifica um efeito quadrático positivo para os tratamentos doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo. Através dos coeficientes da equação de regressão polinomial e superfície quadrática, obteve-se uma área foliar máxima de 482,69 cm<sup>2</sup> que seria atingida com o manejo de água permanecendo em 66,57% da água disponível no solo e uma dose de nitrogênio de 136,00 kg ha<sup>-1</sup> como o fator água não foi significativo entre os tratamentos observa-se na Figura 3 que as declividades das linhas que compõem a superfície de resposta, são mais acentuadas para o fator doses de nitrogênio. Dentre os modelos testados, o que melhor se ajustou aos efeitos nas variáveis da pesquisa, foi o modelo quadrático segundo a Equação 3.

$$Z(X,Y) = 161,74 + 1,25y - 0,003 y^2 + 7,08x - 0,005xy - 0,05x^2 \quad \text{Eq. 3}$$

Sendo: Z=Variável em questão; X=Água disponível no solo; Y=Dose de Nitrogênio, kg ha<sup>-1</sup>.



**Figura 3.** Superfície de resposta da área foliar aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.3. Área foliar aos 75 (DAE)

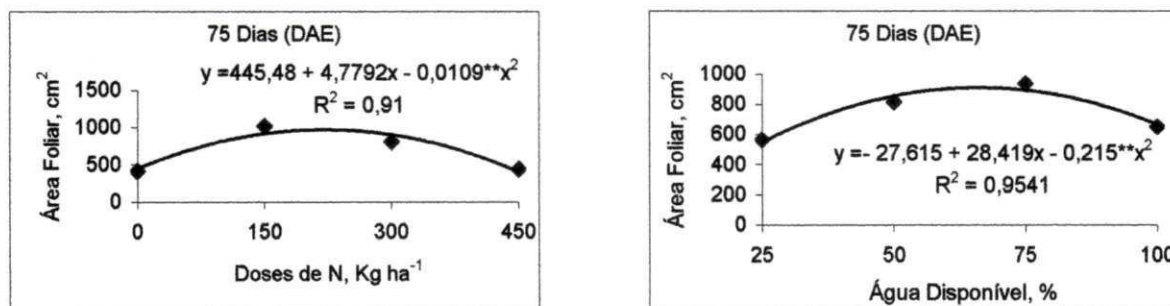
Na Tabela 9, a análise de variância da área foliar aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, onde se verifica efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para os tratamentos de água disponível no solo e para os tratamentos de doses de nitrogênio. A interação foi significativa entre os dois fatores. O fatorial vs a testemunha revelou efeito altamente significativo tendo o fatorial com área foliar média de 740,59 cm<sup>2</sup> e a testemunha 1.062,57 cm<sup>2</sup>. Não existindo diferenças significativas entre os blocos.

**Tabela 9.** Análise de variância da área foliar aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	1.001.884,69	333961,56	12,14	**
Dose	3	8.020.038,05	2673346,02	97,21	**
A x D	9	1.628.849,33	180983,26	6,58	**
Fat. vs Test.	1	293.444,68	293444,69	10,67	**
Tratamento	16	10.944.216,76	684013,55	24,87	**
Bloco	2	78.682,22	39341,11	1,43	ns
Resíduo	32	880.040,79	27501,27		
Total	50	11.902.939,77			
C.V. (%)		37,48			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

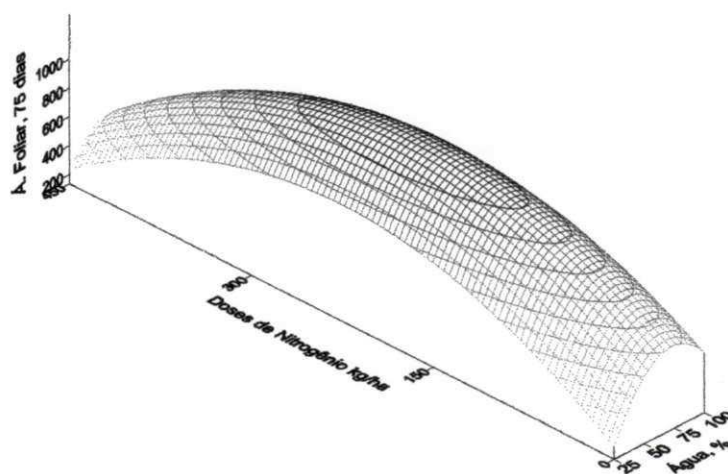
Nas equações de regressão polinomial dos fatores isolados doses de nitrogênio e níveis de água disponível, Figura 4, observa-se que o modelo que melhor se ajustou para o fator dose e para o fator água foi o quadrático, de acordo com a equação para o fator dose a área máxima estimada de 969,35 cm<sup>2</sup>, que seria obtida com uma dose de 219,22 kg ha<sup>-1</sup>, para o fator água a área máxima estimada de 966,73 cm<sup>2</sup> seria atingida com 66% da água disponível no solo, observa-se bons coeficientes de determinação e altas significâncias ( $p \leq 0,01$ ) das equações de regressão.



**Figura 4.** Área foliar aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses de crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

A função de resposta da área foliar, Figura 5, aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, o modelo quadrático se ajustou satisfatoriamente para os dois fatores e através dos coeficientes da equação de regressão polinomial se obteve uma área máxima de 1.356,49 cm<sup>2</sup> permanecendo o solo com 66,62 % da água disponível, mas com uma dose de nitrogênio mais alta de 207,36 kg ha<sup>-1</sup>.

$$Z(x, y) = - 428.97 + 6.75y - 0.01y^2 + 31.32x - 0.01xy - 0.21x^2 \quad \text{Eq. 4}$$



**Figura 5.** Superfície de resposta da área foliar aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.4. Área foliar aos 100 (DAE)

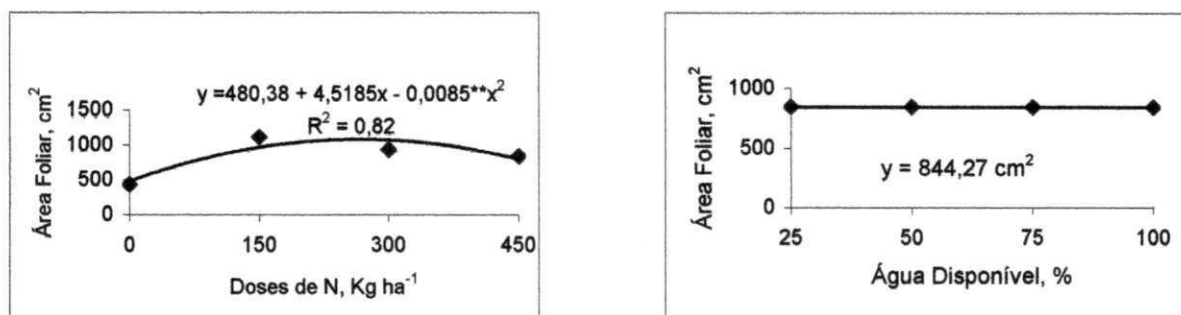
Verifica-se na Tabela 10 a análise de variância da variável área foliar no final do ciclo aos 100 (DAE), não houve significância estatística para os tratamentos de água disponível no solo. Para os tratamentos entre doses de nitrogênio a ANOVA revelou efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ), revelando efeito significativo também para a interação. Para o fatorial vs a testemunha houve significância ( $p \leq 0,05$ ) com médias de 844,27 cm<sup>2</sup> e 412,13 cm<sup>2</sup>, para o fatorial e testemunha respectivamente. Não houve efeito significativo entre os blocos.

**Tabela 10.** Análise de variância da área foliar aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	693.194,32	231.064,77	2,45	ns
Dose	3	19.255.769,91	6.418.589,97	68,14	**
A x D	9	3.719.149,41	413.238,82	4,39	**
Fat. vs Test.	1	527.278,92	527.278,92	5,59	*
Tratamento	16	24.195.392,57	1.512.212,03	16,05	**
Bloco	2	244.229,32	122.114,66	1,29	ns
Resíduo	32	3.014.484,24	94.202,63		
Total	50	27.454.106,13			
C.V. (%)		37,48			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

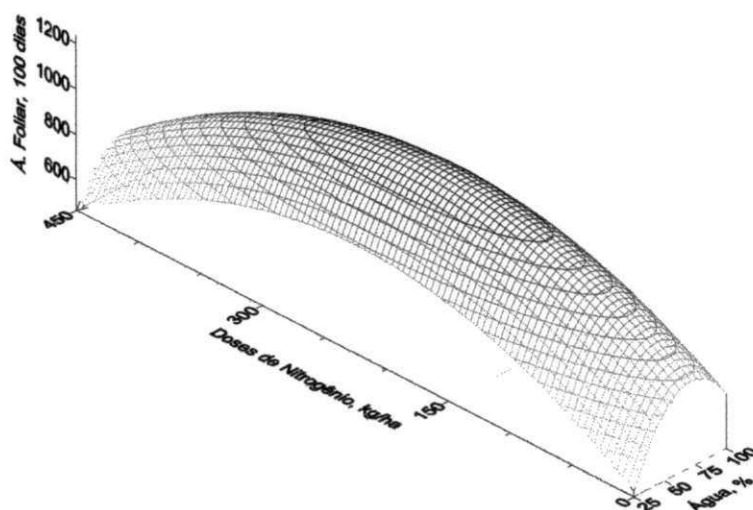
Na análise de regressão para o fator isolado dose de nitrogênio, Figura 6 revela um bom ajuste ao modelo quadrático e uma significância ( $p \leq 0,01$ ), segundo a equação de segundo grau para as doses do adubo, a área máxima de 1080,90 cm<sup>2</sup> seria atingida com 265,8 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Ainda na Figura 6, observou-se uma área foliar média de 844,27 cm<sup>2</sup> entre os tratamentos de água disponível no solo cujos valores não foram significativos para essa variável aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro.



**Figura 6.** Área foliar aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Para a função de resposta representada graficamente, Figura 7, a área foliar através do modelo quadrático e de acordo com a equação de regressão se estimou uma área máxima de 1.234,00 cm<sup>2</sup> que seria atingida com 68% da água disponível no solo e uma dose de nitrogênio de 200 kg ha<sup>-1</sup>. Observou-se que para a área foliar máxima, o fator limitante foi o adubo nitrogenado visto que os tratamentos de água disponível não foram significativos.

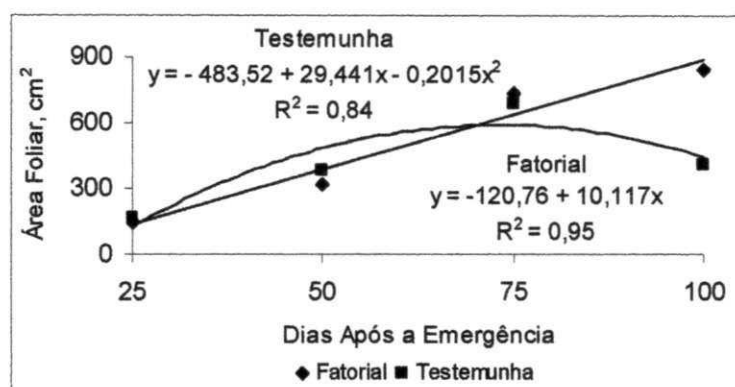
$$Z(x, y) = 11.55 + 4.21y - 0.01y^2 + 23.12x - 0.01xy - 0.16x^2 \quad \text{Eq. 5}$$



**Figura 7.** Superfície de resposta da área foliar aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

NA Figura 8, observa-se a área foliar da planta do algodoeiro dos 25 até os 100 (DAE), observa-se que para a testemunha o modelo foi quadrático com a máxima área foliar formada de 582 cm<sup>2</sup>, aos 73 (DAE) para em seguida decrescer, para o fatorial o modelo foi linear com acréscimos estimados na área foliar por planta de 10 cm<sup>2</sup> dia<sup>-1</sup>, os dados

evidenciam que a testemunha teve seu desenvolvimento mais rápido, portanto sem maiores incrementos na área foliar.



**Figura 8.** Área foliar do algodoeiro em função dos dias decorridos, nos tratamentos com o uso de água residuária (fatorial) e água de abastecimento (testemunha).

#### 4.5. Biomassa aos 50 (DAE)

Para a biomassa aos 50 (DAE), através da análise de variância, Tabela 11, revela efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ) para os níveis de água disponível no solo. Para os tratamentos de doses de nitrogênio, e para a interação o efeito foi significativo ( $p \leq 0,01$ ). No fatorial vs a testemunha para essa variável a análise revelou efeito significativo ( $p \leq 0,05$ ), onde as médias foram 4,72g e 6,13 g para fatorial e testemunha respectivamente, não ocorrendo efeito de bloco.

**Tabela 11.** Análise de variância da biomassa aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

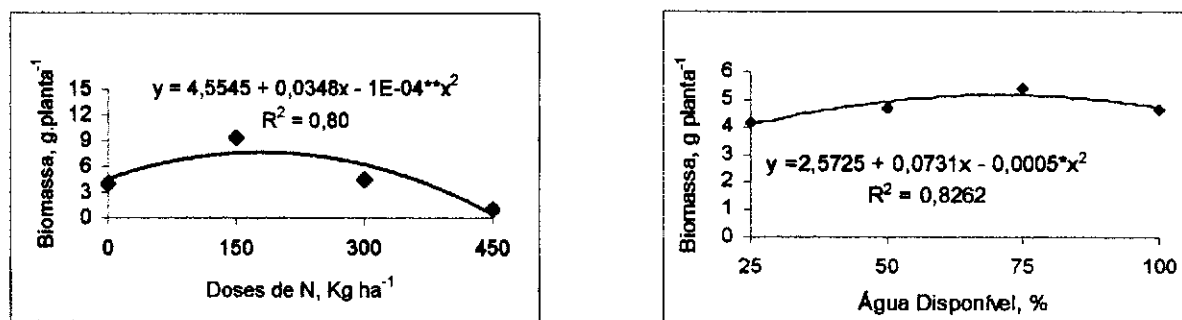
FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	16,46	5,48	3,98	*
Dose	3	422,13	140,71	101,96	**
A x D	9	60,66	6,74	4,88	**
Fat. vs Test.	1	5,63	5,63	1,07	*
Tratamento	16	504,89	31,55	22,85	**
Bloco	2	0,87	0,43	0,31	ns
Resíduo	32	44,18	1,38		
Total	50	549,94			
C.V. (%)		24,45			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na análise de regressão polinomial do fator isolado nitrogênio para a variável biomassa aos 50 (DAE), Figura 9, o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático com

significância de ( $p \leq 0,01$ ), e segundo a equação do segundo grau a maior produção de biomassa de  $7,58 \text{ g planta}^{-1}$ , seria atingida com  $174 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, para em seguida decrescer com o aumento das doses.

Na regressão do fator isolado água disponível no solo, observa-se o modelo matemático quadrático, onde segundo a equação, o máximo incremento de biomassa de  $5,24 \text{ g}$  seria atingida com  $73\%$  da água disponível no solo.



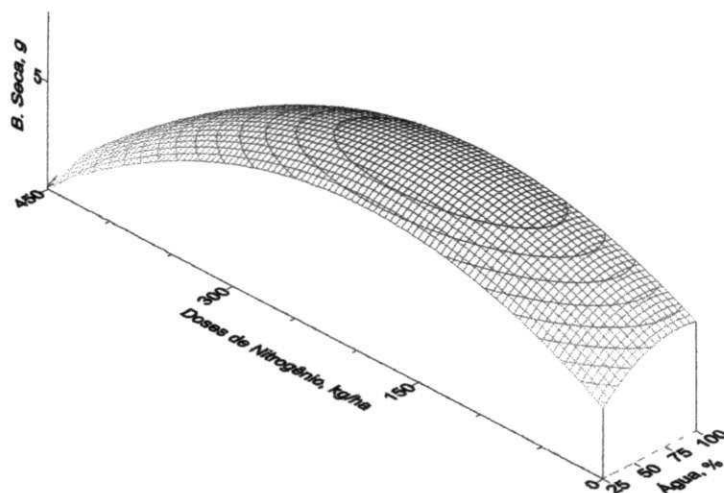
**Figura 9.** Biomassa aos 50 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função de doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 10, observa-se graficamente a superfície de resposta para a interação dos fatores doses de nitrogênio, e água disponível sobre a produção de biomassa do algodoeiro aos 50 (DAE) das plântulas do algodoeiro. De acordo com a equação de regressão polinomial a máxima produção de biomassa seca de  $8,16 \text{ g}$  seria atingida com a dose de  $178,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio e o solo com um teor umidade de água disponível de  $75,44\%$ . Observou-se pelo gráfico onde as declividades das linhas foram maiores entre as doses de nitrogênio, cuja evidência infere que a produção de biomassa foi mais influenciada pelo nitrogênio que entre os níveis de água.

Ao observar os valores das regressões independentes para cada fator e da regressão da interação entre os mesmos, verifica-se que os valores são muito próximos, cujos resultados tornam eficazes as metodologias empregadas.



$$Z(x, y) = 1.46 + 0.04y - 9.73 \cdot 10^{-5}y^2 + 0.09x - 5.72 \cdot 10^{-5}xy - 0.0005x^2 \quad \text{Eq. 6}$$



**Figura 10.** Superfície de resposta da biomassa aos 50 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.6. Biomassa aos 100 (DAE)

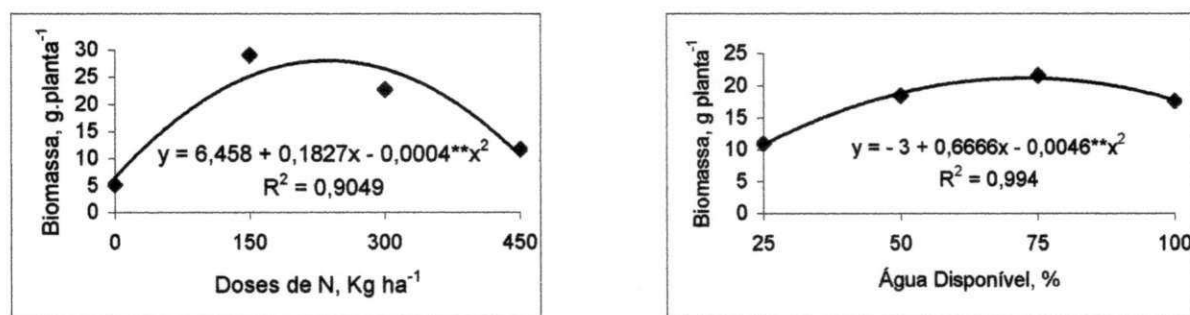
NA Tabela 12, abaixo observa-se a análise de variância para a variável biomassa do algodoeiro aos 100 (DAE), é possível observar que para os níveis de água disponível no solo, para as doses de nitrogênio e para a interação houve efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ). Entre o fatorial vs testemunha, também houve significância ( $p \leq 0,01$ ), sendo as médias de 17,44 g e 10,38 g planta<sup>-1</sup>, para o fatorial e testemunha respectivamente. Não havendo efeito de blocos, e um coeficiente de variação de 20,41%. Valores estes estão de acordo com (Ferreira, 2003) estudando níveis crescentes de nitrogênio e águas residuárias e de abastecimento na irrigação do algodão cultivar BRS 187 8H, encontrou biomassa da parte aérea em 120 (DAE) de 49,95g e 46,25 g para água residuária e abastecimento respectivamente, estes por sua vez não diferiram estatisticamente.

**Tabela 12.** Análise de variância da biomassa aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	721,63	240,54	20,59	**
Dose	3	4.121,98	1.373,99	117,64	**
A x D	9	432,72	48,08	4,12	**
Fat. vs Test.	1	129,08	129,08	11,04	**
Tratamento	16	5.405,41	337,85	28,91	**
Bloco	2	20,23	10,11	0,86	ns
Resíduo	32	373,87	11,68		
Total	50	5.799,51			
C.V. (%)		20,41			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 11, verifica-se a análise de regressão dos fatores isolados doses de nitrogênio e níveis de água disponível, observa-se, portanto que o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático para os fatores testados, para o fator água disponível no solo, segundo a equação de segundo grau, o maior acúmulo de biomassa estimado de 27,32 g planta<sup>-1</sup> seria conseguido com uma dose de nitrogênio de 228,37 kg ha<sup>-1</sup>. Resultado semelhante aos de Melo *et al.* (1999), que estudando em casa de vegetação quatro doses de nitrogênio 0, 50, 100 e 150 kg ha<sup>-1</sup> e três níveis de água disponível no solo 10, 25 e 40%, obtiveram 18,1 g planta<sup>-1</sup> com a aplicação de 103,3 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. A equação para o fator água disponível no solo, estima uma produção máxima de biomassa de 21 g planta<sup>-1</sup>, que seria atingida com uma disponibilidade de água para a cultura em torno de 72%. Observa-se para esse modelo uma significância (p≤0,01) e um ótimo coeficiente de determinação de 99%.

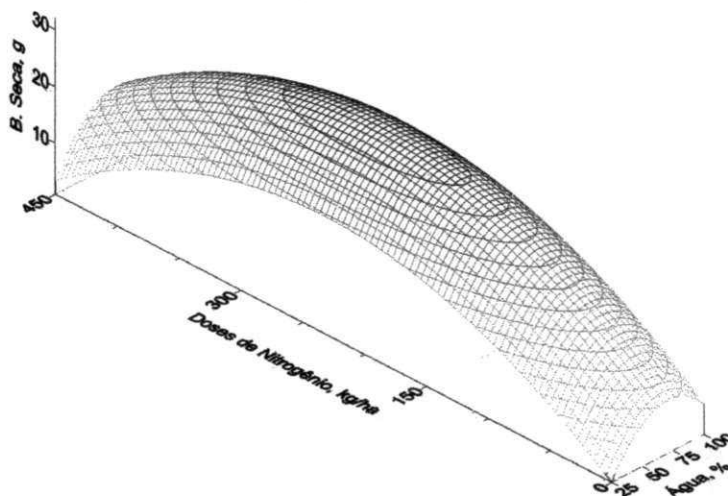


**Figura 11.** Biomassa aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro em função de doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Como houve interação entre os fatores água e nitrogênio, é mostrado na Figura 12 a superfície de resposta da biomassa seca aos 100 (DAE) em função das mesmas. De acordo com a equação obtida pelo modelo quadrático a maior produção de biomassa seca pela cultura

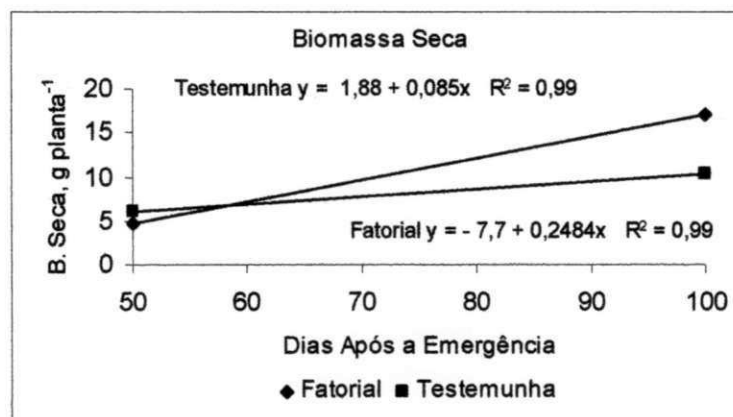
de 32,11g planta<sup>-1</sup>, foi conseguida com uma dose de 233 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio e um nível de 72,8% de água disponível no solo.

$$Z(x, y) = - 12.41 + 0.18y - 0.0004y^2 + 0.65x + 8.99 \cdot 10^{-5}xy - 0.004x^2 \quad \text{Eq. 7}$$



**Figura 12.** Superfície de resposta da biomassa aos 100 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 13 verifica-se a produção de biomassa dos 50 DAE até os 100 dias de cultivo, observa-se que aos 57 DAE a testemunha como o fatorial, apresentavam-se com a mesma biomassa de 6,7 g, a partir desse valor os tratamentos do fatorial passa a ter maiores produções com incrementos de 0,248 g dia<sup>-1</sup> contra 0,085g dia<sup>-1</sup> da testemunha.



**Figura 13.** Biomassa do algodoeiro em função dos dias decorridos, nos tratamentos com o uso de água residuária (fatorial) e água de abastecimento (testemunha).

#### 4.7. Número de botões florais

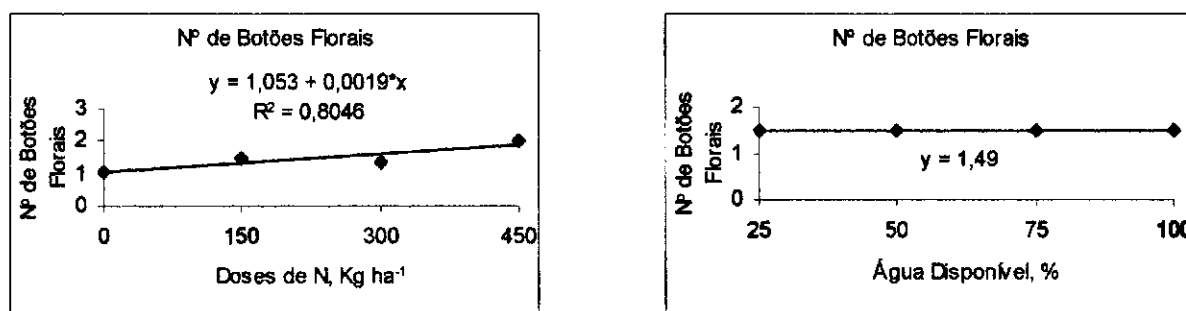
Na análise de variância para o número de botões florais por planta, Tabela 13, verifica-se que não houve efeito significativo para o fator níveis de água disponível no solo, para o fator dose o efeito foi significativo ( $p \leq 0,01$ ), não existindo efeito na interação para essa variável. Entre o fatorial e a testemunha não houve diferença estatística significativa tendo o fatorial média de 1,75 e a testemunha média de 1 botão planta<sup>-1</sup>.

**Tabela 13.** Análise de variância do número de botões florais das plantas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	0,27	0,09	0,19	ns
Dose	3	7,81	2,60	5,65	**
A x D	9	2,69	0,30	0,65	ns
Fat. Vs. Test.	1	0,03	0,03	0,07	ns
Tratamento	16	10,80	0,67	1,47	ns
Bloco	2	0,01	0,00	0,01	ns
Resíduo	32	14,62	0,46		
Total	50	25,42			
CV%		45,49			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo, respectivamente pelo Teste F. Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Na Figura 14 a análise de regressão para o fator isolado doses de nitrogênio, para a variável número de botões apresenta um modelo linear crescente com acréscimos de 0,0019 botões para cada kg de nitrogênio, aplicado ao solo. Para os níveis de água não houve significância sendo a média de 1,49 botões planta<sup>-1</sup>.



**Figura 14.** Análise de regressão do número de botões florais das plantas de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.8. Número de maçãs

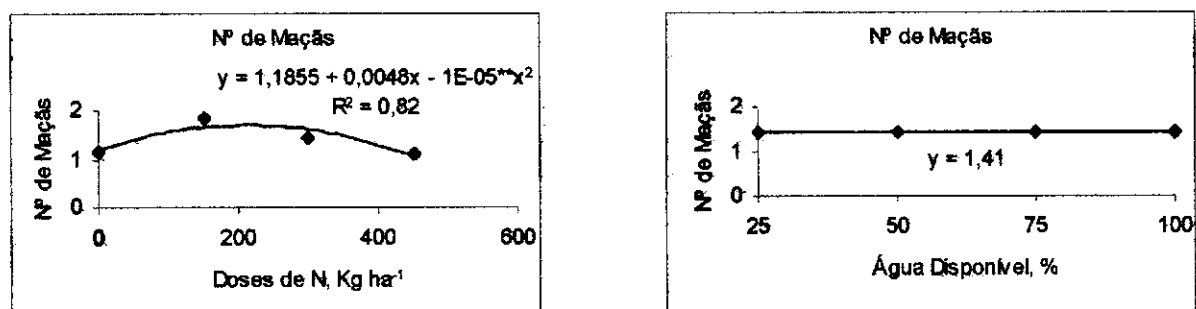
De acordo com a análise de variância, Tabela 14, o número de maçãs por planta, para o fator água não houve efeito significativo, para o fator dose o efeito foi altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ), o efeito da interação não foi significativo para a quantidade de maçãs produzidas. O fatorial quando comparado com a testemunha não mostrou diferenças significativas sendo o número médio de maçãs de 1,33 e 1,00 para o fatorial e testemunha respectivamente. O coeficiente de variação foi aceitável salientando que os dados da variável foram por meio de contagem.

**Tabela 14.** Análise de variância do número de maçãs por planta de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	0,09	0,03	0,30	ns
Dose	3	12,70	4,23	42,00	**
A x D	9	0,75	0,08	0,80	ns
Fat. vs Test.	1	0,00	0,00	0,02	ns
Tratamento	16	13,54	0,85	8,13	**
Bloco	2	0,06	0,03	0,30	ns
Resíduo	32	3,33	0,10		
Total	50	16,93			
C.V. (%)		22,90			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo, respectivamente pelo Teste F. Dados transformados em  $\sqrt{x}$ .

Na Figura 15 é possível verificar que os dados se ajustaram satisfatoriamente a uma função quadrática. De acordo com, a equação de 2º grau obtida para o fator isolado doses de nitrogênio, o número de maçãs máximo de 1,7 seria conseguido com 240 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.



**Figura 15.** Análise de regressão do número de maçãs por planta de algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.9. Altura de planta aos 25 (DAE)

A Tabela 15 da análise de variância para a variável altura de planta aos 25 (DAE) não revelou efeito significativo para os tratamentos entre os níveis de água, a análise revelou efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) para as doses, não ocorrendo significância para a interação entre os fatores estudados.

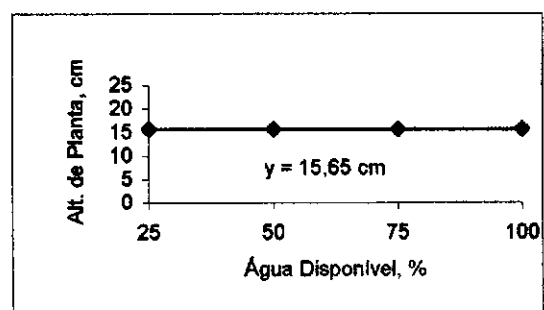
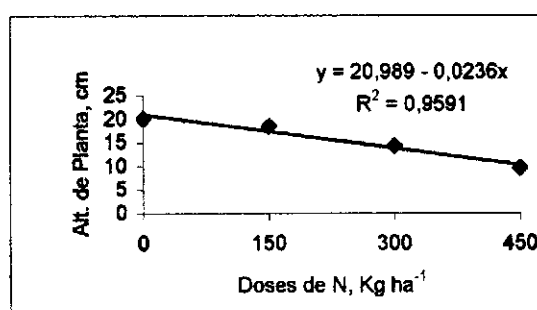
Para o fatorial vs a testemunha não houve efeito significativo onde às médias foram 15,65 e 14,33 cm respectivamente, não ocorrendo também efeito entre blocos, ficando o coeficiente de variação em 15,89%.

**Tabela 15.** Análise de variância da altura de planta aos 25 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	8,67	2,89	0,47	ns
Dose	3	777,39	259,13	42,27	**
A x D	9	119,26	13,25	2,16	ns
Fat. vs Test.	1	4,88	4,88	0,79	ns
Tratamento	16	910,20	56,89	9,28	**
Bloco	2	16,67	8,33	1,36	ns
Resíduo	32	196,04	6,13		
Total	50	1.122,90			
C.V. (%)		15,89			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 16 verifica-se graficamente a análise de regressão do fator isolado doses de nitrogênio. Para os tratamentos entre as doses de nitrogênio, observou-se um efeito linear decrescente, onde para cada kg de nitrogênio, aplicado ao solo houve decréscimo na altura da planta da ordem de 0,0236 cm.



**Figura 16.** Altura de planta aos 25 (DAE) das plântulas de algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.10. Altura de planta aos 50 (DAE)

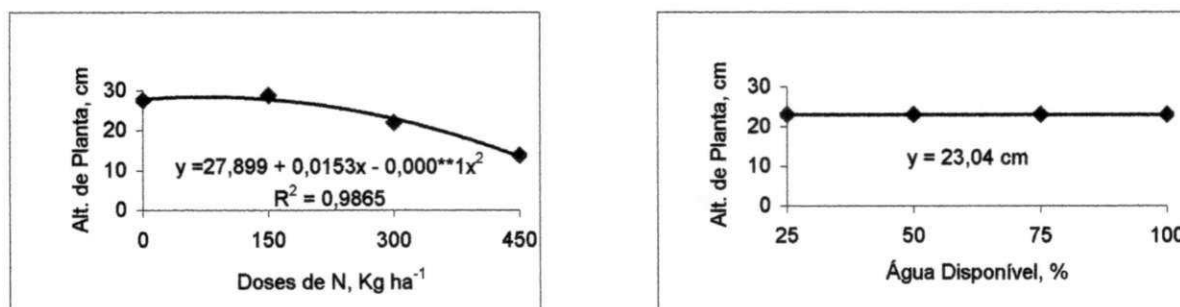
Para a altura de planta aos 50 (DAE), a análise de variância da Tabela 16, verifica-se que mais uma vez não houve efeito significativo entre os níveis de água, mas entre as doses de nitrogênio, houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ), não houve efeito da interação entre o fatorial vs a testemunha onde as médias foram de 23,04 cm e 22,00 cm respectivamente.

**Tabela 16.** Análise de variância da altura de planta aos 50 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

	FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água		3	48,75	16,25	1,32	ns
Dose		3	1.685,58	561,86	45,64	**
A x D		9	148,92	16,55	1,34	ns
Fat. vs Test.		1	3,06	3,06	0,25	ns
Tratamento		16	1.886,31	117,89	9,58	**
Bloco		2	18,86	9,43	0,76	ns
Resíduo		32	393,80	12,31		
Total		50	2.298,98			
C.V. (%)			15,26			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na análise de regressão polinomial do fator isolado doses de nitrogênio Figura 17, o modelo que melhor se ajustou foi o quadrático, segundo a equação de segundo grau com uma significância de ( $p \leq 0,01$ ) verifica-se que a altura máxima de 28,48 cm seria atingida com 76 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio, para em seguida decrescer com o aumento das doses.



**Figura 17.** Altura de planta aos 50 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.



#### 4.11. Altura de planta aos 75 (DAE)

A análise de variância Tabela 17 revela que os níveis de água disponível no solo para a variável altura de planta aos 75 (DAE) das plântulas de algodoeiro não diferiram estatisticamente, já para os tratamentos de doses de nitrogênio houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ), não havendo significância para a interação entre os fatores estudados.

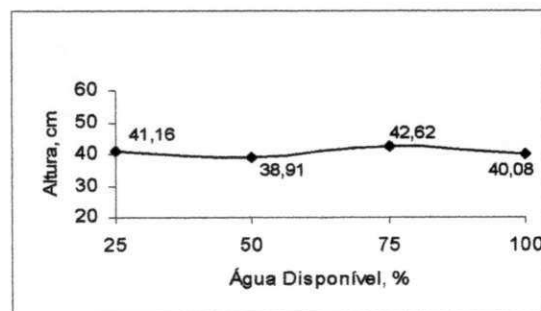
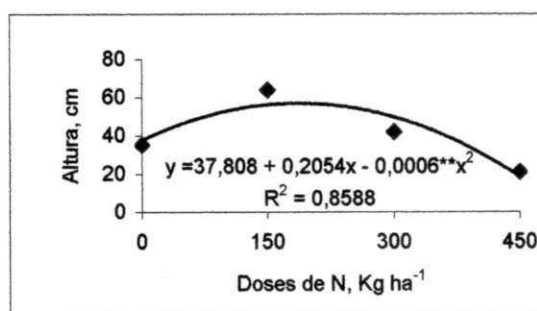
Para o fatorial vs testemunha não houve efeito significativo entre as médias 40,70 cm e 50,00 cm respectivamente, não existindo diferenças significativas entre os blocos com um coeficiente de variação de 21,78%.

**Tabela 17.** Análise de variância da altura de planta aos 75 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

	FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água		3	89,81	29,93	0,37	ns
Dose		3	15.597,56	5.199,18	64,40	**
A x D		9	1.565,00	173,89	2,15	ns
Fat. vs Test.		1	244,32	244,32	3,02	ns
Tratamento		16	17.496,69	1.093,54	13,54	**
Bloco		2	8,07	4,03	0,05	ns
Resíduo		32	2.583,43	80,73		
Total		50	20.088,19			
C.V. (%)			21,78			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 18, observa-se o modelo da análise de regressão para o fator isolado doses de nitrogênio, onde o modelo quadrático foi o que melhor ajustou as médias dos tratamentos das doses de nitrogênio, cuja equação se segundo grau sugere que a altura máxima de 55,4 cm seria atingido com 171,17 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.



**Figura 18.** Altura de planta aos 75 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.



#### 4.12. Altura de planta aos 100 (DAE)

Na altura de planta aos 100 (DAE) das plântulas de algodoeiro, a análise de variância Tabela 18 mostra que não houve efeito significativo entre os níveis de água disponível no solo, mas entre as doses de nitrogênio ocorreu efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para a altura de planta, não existindo interação entre os dois fatores.

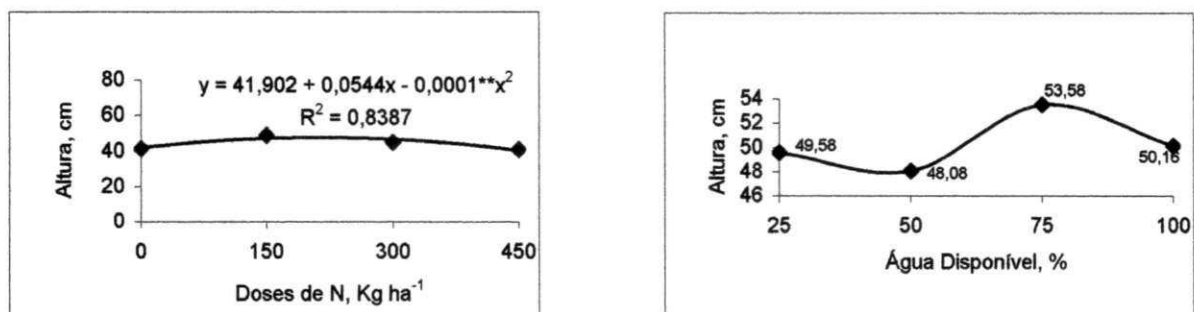
Para o fatorial vs testemunha não houve efeito significativo com médias de 50,35 a 55,00 cm respectivamente. Ainda na Tabela 18 verificou-se que não houve efeito entre os blocos e o coeficiente de variação de 24,97%.

**Tabela 18.** Análise de variância da altura de planta aos 100 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	194,56	64,85	0,40	ns
Dose	3	11.863,56	3.954,52	24,73	**
A x D	9	2.365,52	262,83	1,64	ns
Fat. vs Test.	1	60,94	60,94	0,38	ns
Tratamento	16	14.484,59	905,28	5,66	**
Bloco	2	179,10	89,54	0,56	ns
Resíduo	32	5.116,23	159,88		
Total	50	19.779,92			
C.V. (%)		24,97			

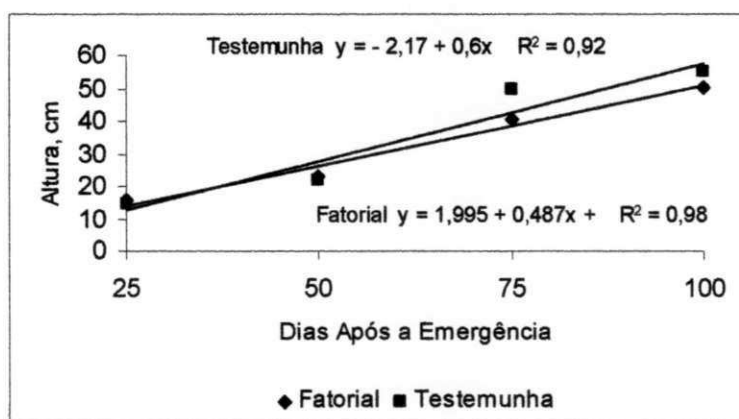
\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 19, a análise de regressão polinomial com um bom ajuste ao modelo quadrático para o fator isolado doses de nitrogênio e segundo a equação de segundo grau do modelo à altura máxima estimada de 49,3 cm seria atingida com uma dose de 272 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio. Entre os níveis de água disponível é mostrada a média de 50,35 cm da altura de planta aos 100 (DAE). Valores estes estão de acordo com (Ferreira, 2003) estudando níveis crescentes de nitrogênio e águas residuárias e de abastecimento na irrigação do algodão cultivar BRS 187 8H, encontrou alturas médias em 120 dias após germinação (DAE) de 73,28 cm e 69,79 cm para água residuária e abastecimento respectivamente.



**Figura 19.** Altura de planta aos 100 (DAE) das plântulas do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 20 a altura de planta do algodoeiro dos 25 aos 100 DAE. Observa-se que aos 37 DAE tanto a testemunha como o fatorial tinha a mesma altura de 20,01 cm, a partir desse ponto a testemunha passa a ter maiores incrementos em sua altura de  $0,6 \text{ cm dia}^{-1}$  contra  $0,487 \text{ cm dia}^{-1}$  do fatorial, vale salientar mais uma vez que essas diferenças na altura da planta não foram significativas.



**Figura 20.** Altura de planta do algodoeiro em função dos dias decorridos, nos tratamentos com o uso de água residuária (fatorial) e água de abastecimento (testemunha).

#### 4.13. Consumo de água

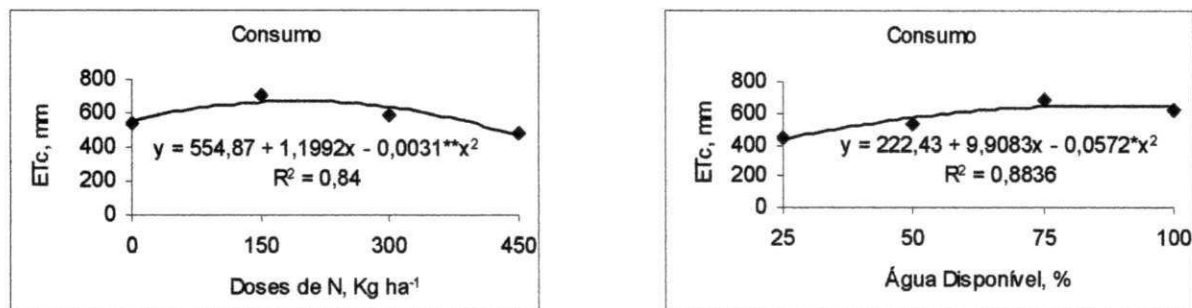
Na análise de variância do consumo de água pelo algodoeiro, Tabela 19, verifica-se efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ), tanto para os tratamentos de água disponível no solo, quanto para as doses de nitrogênio e a interação. Não houve diferença significativa entre o fatorial com média da ETc de 573 mm e a testemunha com média de 562 mm durante os 100 dias de avaliação. Observou-se ainda na Tabela 19 que não houve efeito significativo entre blocos e um coeficiente de variação ótimo de 13,29%.

**Tabela 19.** Análise de variância do consumo de água pelo algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	392.425,73	130.808,57	22,54	**
Dose	3	412.355,09	137.451,70	23,69	**
A x D	9	157.800,06	17.533,34	3,02	**
Fat. vs Test.	1	372,88	372,88	0,06	ns
Tratamento	16	962.953,76	60.184,60	10,37	**
Bloco	2	1.484,26	742,13	0,12	ns
Resíduo	32	185.687,53	5.802,73		
Total	50	1.150.125,55			
C.V. (%)			13,29		

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

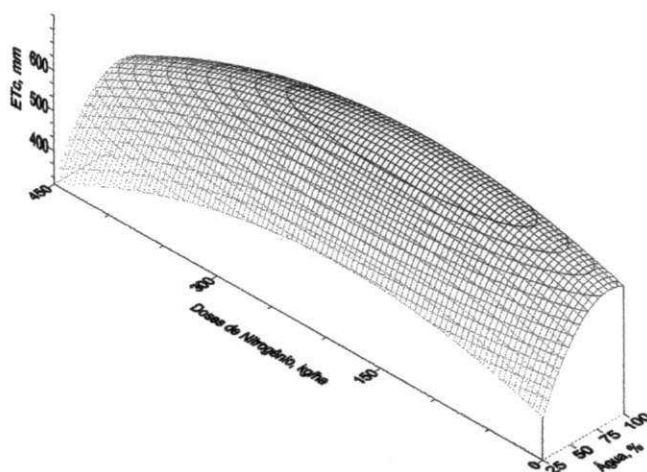
Na Figura 21 a análise de regressão polinomial dos fatores isolados doses de nitrogênio e níveis de água disponível onde para ambos os efeitos dose de nitrogênio e água disponível o modelo matemático que melhor se ajustou foi o quadrático. Neste caso de acordo com a equação de 2º grau estimada para as doses de nitrogênio, a ETc máxima de 670,8 mm seria atingida com 193,81 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio para em seguida decrescer. De acordo com a equação estimada para o fator água disponível, a máxima ETc de 651 mm seria alcançada com 86,6% da água disponível no solo, estando de acordo com os resultados obtidos por (Lacerda, 1997) em que para o nível de 40% da água disponível, o consumo médio foi de 527 mm para a cultivar CNPA-7H. Os resultados obtidos também concordam com Oliveira, (1976) que em meses caracterizados como quente e seco no semi-árido brasileiro obtive, respectivamente uma variação no consumo entre 588 e 686 mm no ciclo da cultura.



**Figura 21.** Análise de regressão do consumo de água pelo algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

A função de resposta Figura 22 para o consumo de água, cuja ETc máxima estimada de 736 mm foi obtida com uma percentagem de água disponível no solo de 86,71% e dose de nitrogênio de 178 kg ha<sup>-1</sup>. Para essa variável observa-se pela superfície de resposta as declividades das linhas serem mais acentuadas para o fator água disponível, partindo do nível de 25% a 100% de água disponível no solo, observa-se um grande aumento do consumo, tomando-se assim para a variável ETc o fator limitante a percentagem de água no solo.

$$Z(x, y) = 210.54 + 1.04y - 0.003y^2 + 9.95x - 0.0002xy - 0.06x^2 \quad \text{Eq. 8}$$



**Figura 22.** Superfície de resposta do consumo de água pelo algodoeiro, em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.14. Condutividade elétrica (CEes)

A Tabela 20 mostra a análise de variância da variável condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no final do experimento, a análise revela que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para os tratamentos de água disponível no solo, para as doses de nitrogênio como

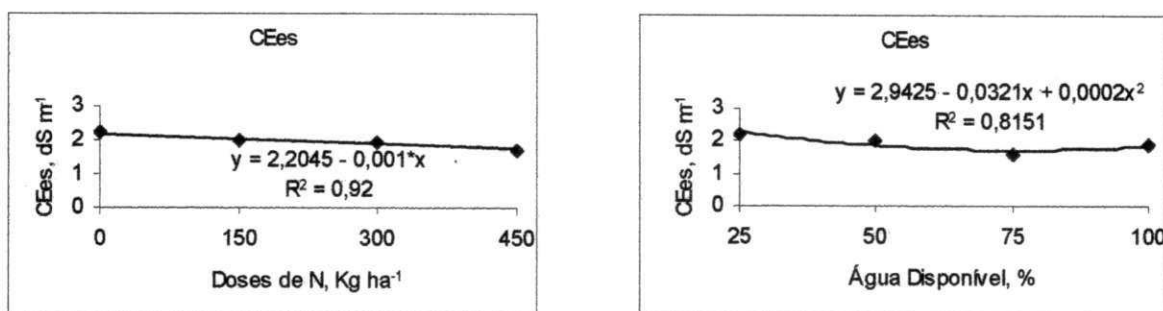
também para a interação entre os dois fatores. O fatorial entre os fatores água residuária e doses de nitrogênio diferiu estatisticamente da testemunha com um alto grau de significância ( $p \leq 0,01$ ) em relação a testemunha, com médias de CEes  $2,17 \text{ dS m}^{-1}$  e  $1,1 \text{ dS m}^{-1}$ , respectivamente, concordando com (Ferreira, 2003), onde estudando em campo doses crescentes de nitrogênio na cultura do algodão e irrigação com águas residuárias e de abastecimento encontrou CEes de  $2,21$  e  $1,05 \text{ dS m}^{-1}$  respectivamente, na finalização do experimento.

**Tabela 20.** Análise de variância da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no final do experimento do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	13,88	4,63	11,87	**
Dose	3	8,43	2,81	7,20	**
A x D	9	30,35	3,37	8,64	**
Fat. vs Test.	1	3,25	3,25	8,24	**
Tratamento	16	55,92	3,49	8,86	**
Bloco	2	12,61	6,30	15,98	**
Resíduo	32	12,62	0,39		
Total	50	81,14			
C.V. (%)		29,76			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

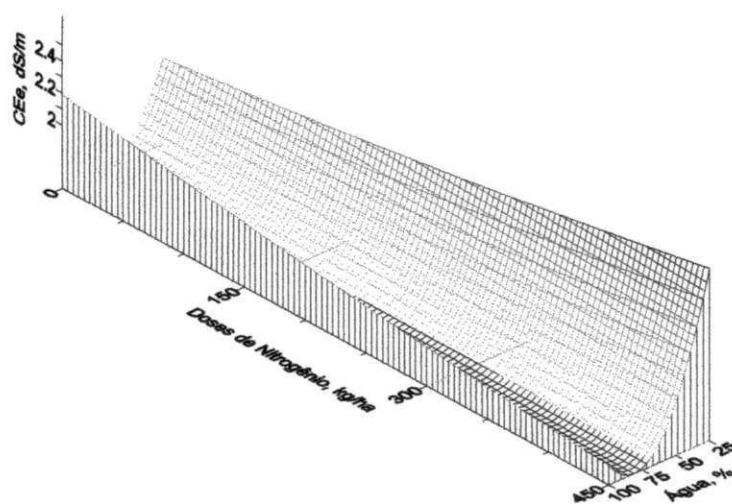
Na análise de regressão dos fatores isolados doses de nitrogênio e níveis de água disponível Figura 23, observa-se o modelo linear decrescente para o fator dose de nitrogênio com decréscimos de  $0,001 \text{ dS m}^{-1}$  na condutividade elétrica para cada  $\text{kg ha}^{-1}$  de uréia aplicado no solo, esse efeito pode ser explicado devido ao menor desenvolvimento da planta nas maiores dosagem do adubo e ocasionando menor consumo de água e deste modo menor acréscimo de sais no solo por meio do efluente, que de acordo com a Tabela 3, o solo continha os teores de sódio, cloreto, carbonato, e bicarbonato,  $2,86$ ;  $3,50$ ;  $0,00$  e  $1,80 \text{ mmol L}^{-1}$  respectivamente, tendo em vista que a condutividade do extrato de saturação do solo antes do cultivo era de  $0,52 \text{ dS m}^{-1}$ . É preocupante esse acréscimo considerável da CEes, mas é bom lembrar que como se trabalhou com água disponível no solo pelo método das pesagens não houve drenagem e portanto não se teve lixiviação dos sais. Para condutividade elétrica o modelo foi quadrático com maiores valores para os tratamentos de 25% da água disponível decrescendo em seguida com uma leve tendência a subir novamente. Esse efeito revela que a condutividade foi mais influenciada pelo ETc da planta.



**Figura 23.** Análise de regressão da condutividade elétrica do extrato de saturação do solo no final do experimento do algodoeiro, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na representação gráfica da superfície de resposta Figura 24 para CEes, observou-se que a condutividade aumentou com a diminuição dos níveis de água no solo. De acordo com os coeficientes da equação, a menor CEes de  $1,6 \text{ dS m}^{-1}$  seria atingida com 81,19% de água no solo e a maior dose de nitrogênio  $450 \text{ kg ha}^{-1}$ .

$$Z(x, y) = 2.98 + 0.002y + 7.22 \times 10^{-7}y^2 - 0.04x - 2.96 \times 10^{-5}xy + 0.0003x^2 \quad \text{Eq. 9}$$



**Figura 24.** Superfície de resposta da condutividade elétrica do algodoeiro, em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.15. Teor de sódio ( $\text{Na}^+$ )

A Tabela 21 mostra a análise de variância para o sódio ( $\text{Na}^+$ ) no extrato de saturação do solo, observa-se que houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) para os fatores estudados, água disponível no solo, doses de nitrogênio e para interação. Para o fatorial *versus* a testemunha

também se verifica efeito significativo com médias de 13,18 e 4,88 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>, respectivamente. Constatando que quando foi usado o tipo de água residuária urbana, adicionou-se sódio ao solo, e em relação à testemunha comparando-se com a análise do solo no início da pesquisa onde o teor de sódio (Na<sup>+</sup>) era de 2,86 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>, verifica-se também incrementos desse cátion de 0,229 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup> com o uso da água de abastecimento.

Estando coerente com valores encontrados por (Ferreira, 2003), onde estudando em campo doses crescentes de nitrogênio e irrigação com águas residuárias e de abastecimento na cultura do algodão, encontrou teores de sódio de 13,53 e 5,72 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>, respectivamente no final da pesquisa, onde o teor de sódio no solo no início do estudo era de 2,96 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup>.

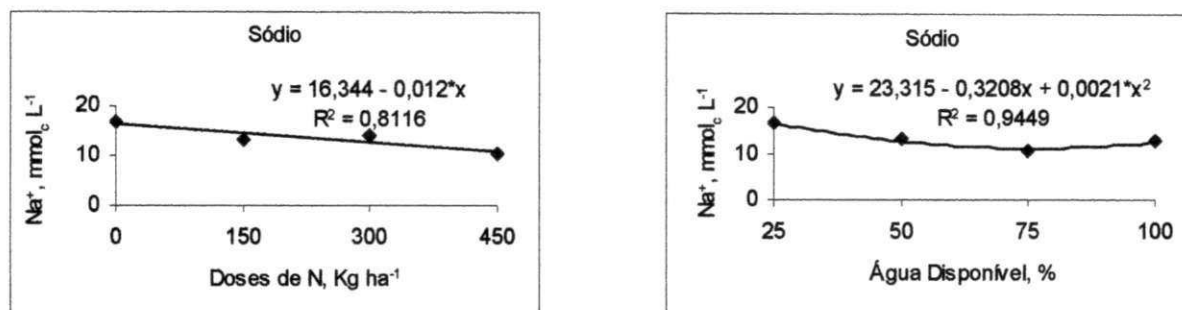
**Tabela 21.** Análise de variância para o teor de sódio (Na<sup>+</sup>) no extrato de saturação do solo, sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	212,82	70,94	9,56	**
Dose	3	387,15	129,05	17,39	**
A x D	9	1.736,08	192,90	26,00	**
Fat. vs Test.	1	194,71	194,70	26,22	**
Tratamento	16	2.530,77	158,17	21,30	**
Bloco	2	257,24	128,62	17,32	**
Resíduo	32	237,59	7,42		
Total	50	3.025,61			
C.V. (%)		21,42			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 25, observa-se a análise de regressão dos fatores isolados doses de nitrogênio e níveis de água disponível. Os dados se ajustaram satisfatoriamente a uma função linear para o fator dose, neste caso houve decréscimos nos teores de sódio (Na<sup>+</sup>) de 0,012 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup> para cada kg de nitrogênio aplicado ao solo. Para o fator água disponível os dados se ajustaram a uma função quadrática sugerindo inclusive, através do coeficiente de determinação, que em 94% da variação na resposta é explicado pela regressão obtida. De acordo com a equação estimada o mínimo teor de sódio (Na<sup>+</sup>) presente no solo no final do cultivo de 11 mmol<sub>e</sub> L<sup>-1</sup> seria conseguido com a irrigação sendo manejada com teores de água disponível no solo de 76%. Latterell *et al.*, (1982) verificaram que os teores de sódio aumentaram de 3,5 até 25 vezes, em função da taxa de aplicação de efluente. Os aumentos no PST tem sido de 3,2 a 9,8% (Stewart *et al.*, 1990) até 22% (Falkiner & Smith, 1997).

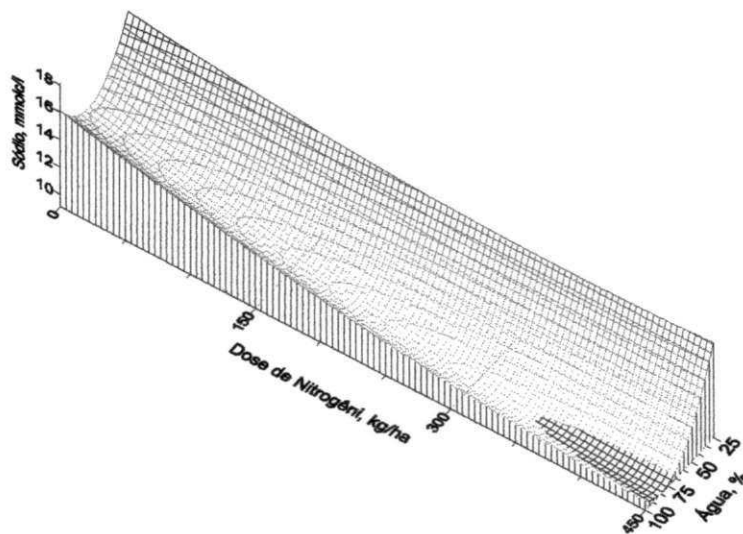
Semelhantemente à salinidade, os principais efeitos do aumento do sódio ( $\text{Na}^+$ ) trocável, bem como do PST, tem sido mais evidente na camada superficial do solo (Cromer *et al.*, 1984).



**Figura 25.** Análise de regressão dos teores de sódio ( $\text{Na}^+$ ) em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 26 verifica-se graficamente a superfície de resposta dos teores de sódio ( $\text{Na}^+$ ) em função das doses de nitrogênio e dos níveis de água no solo. De acordo com o gráfico os teores de sódio ( $\text{Na}^+$ ) diminuíram muito com o aumento da aplicação de uréia no solo com maiores níveis de água disponível. O teor mínimo de sódio ( $\text{Na}^+$ )  $9,0 \text{ mmolc L}^{-1}$  foi alcançado com a dose máxima estudada na pesquisa  $450 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio, e  $85,4\%$  da água disponível no solo.

$$Z(x, y) = 24.10 - 0.01y + 2.15 \times 10^{-5}y^2 - 0.29x - 0.0001xy + 0.002x^2 \quad \text{Eq. 10}$$



**Figura 26.** Superfície de resposta dos teores de sódio ( $\text{Na}^+$ ), em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.



#### 4.16. Relação de adsorção de sódio (RAS)

A análise de variância para a relação de adsorção de sódio do extrato de saturação ao final da pesquisa, Tabela 22, revela que os níveis de água não interferiram de forma significativa os valores das RAS, porém as doses de nitrogênio contribuíram significativamente ( $p \leq 0,01$ ) para o decréscimo da RAS do solo. Mas a interação dos dois fatores estudados foi altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ), com um coeficiente de 15,9% é mostrado a razoável precisão dos resultados revelados.

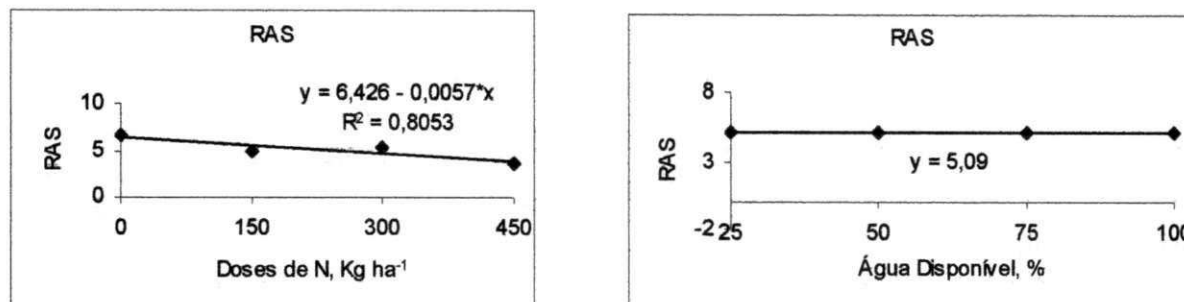
Na comparação entre o fatorial e a testemunha a análise revelou efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ) com médias de 2,67 e 5,08, achando-se os valores de PST a partir dos valores das RAS se teve PST= 3,75 para a testemunha e PST= 6,96 para o fatorial, podendo se ainda serem cultivados culturas sensíveis de acordo com a classificação de (Ayers & Westcott, 1991), onde as culturas sensíveis toleram até PST<15.

**Tabela 22.** Análise de variância da relação de adsorção de sódio (RAS), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	3,16	1,05	1,69	ns
Dose	3	59,49	19,83	31,98	**
A x D	9	161,70	17,97	28,98	**
Fat. vs Test.	1	16,60	16,60	26,79	**
Tratamento	16	240,95	15,05	24,30	**
Bloco	2	8,37	4,18	6,75	**
Resíduo	32	19,82	0,62		
Total	50	269,15			
C.V. (%)		15,90			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

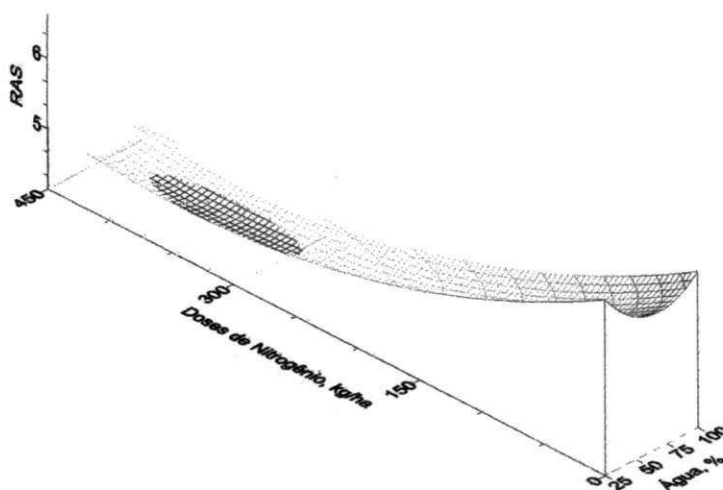
Na Figura 27, observa-se a equação da análise de regressão para o fator isolado doses de nitrogênio. Verifica-se que os dados ajustaram-se a uma função linear com decréscimos no valor da RAS da ordem de 0,0057 para cada kg de nitrogênio aplicado ao solo. Entre os níveis de água disponível no solo, a média do valor da RAS foi de 5,09.



**Figura 27.** Análise de regressão da relação de adsorção de sódio, em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 28, observa-se a superfície de resposta dos valores da RAS, em função das doses de nitrogênio e dos níveis de água disponível, que para os tratamentos que não receberam a adubação nitrogenada os valores da RAS foram os mais elevados baixando com o aumento do nutriente nitrogenado, o valor mais baixo da RAS de 4,14 seria conseguido com um manejo das irrigações com teores de água disponível no solo de 73,38% e doses de 362,48 kg ha<sup>-1</sup> de nitrogênio.

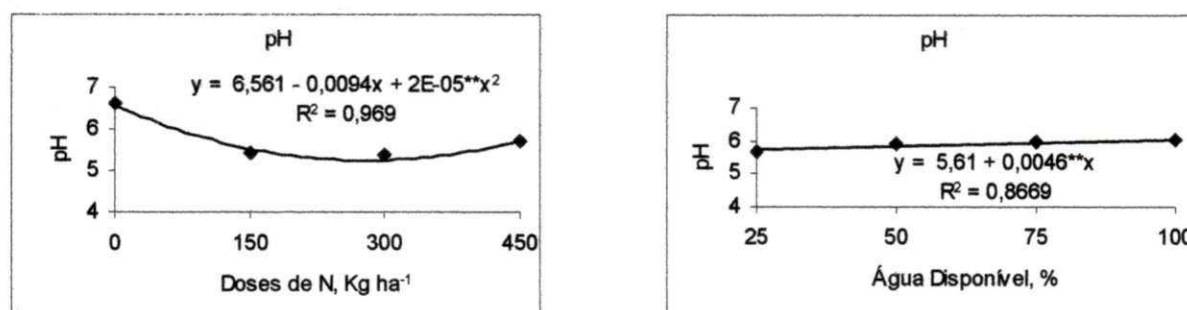
$$Z(x, y) = 7.48 - 0.01y + 1.53 \cdot 10^{-5}y^2 - 0.04x - 8.32 \cdot 10^{-6}xy + 0.0003x^2 \quad \text{Eq. 11}$$



**Figura 28.** Superfície de resposta da relação de adsorção de sódio, em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.17. pH do Solo

O pH foi encontrado de acordo com concentração de hidrogênio ( $H^+$ ) no solo. Na Figura 29, observa-se os resultados do pH em função dos fatores isolados de dose de nitrogênio e níveis de água disponível no solo. Para o fator água os dados ajustaram-se a uma função quadrática e o pH menor de 5,46 seria obtido com uma dose de 235  $kg\ ha^{-1}$  de nitrogênio. Esses decréscimos podem ser explicados pelo equivalente de acidez da uréia de 71% de acordo com Soil Improvement Committee (1975) e os decréscimos pelo fato que quando a CEEs baixa o pH tende a aumentar de acordo com (Pizarro, 1978), onde se observa que os valores médios de CEEs e teor de sódio ( $Na^+$ ) foram menores quando se aumentaram as doses de nitrogênio. Para o fator água o melhor ajuste do pH foi a uma função linear acréscimos de 0,0046 no pH para cada unidade de água disponível testada. Normalmente, o pH da água de irrigação não tem afetado significativamente o pH do solo, por causa de seu poder tampão. Assim, não é de se esperar efeito direto do efluente no pH do solo, mesmo com a ocorrência generalizada de  $HCO_3^-$  (uma das formas presentes de alcalinidade) nas águas residuárias.

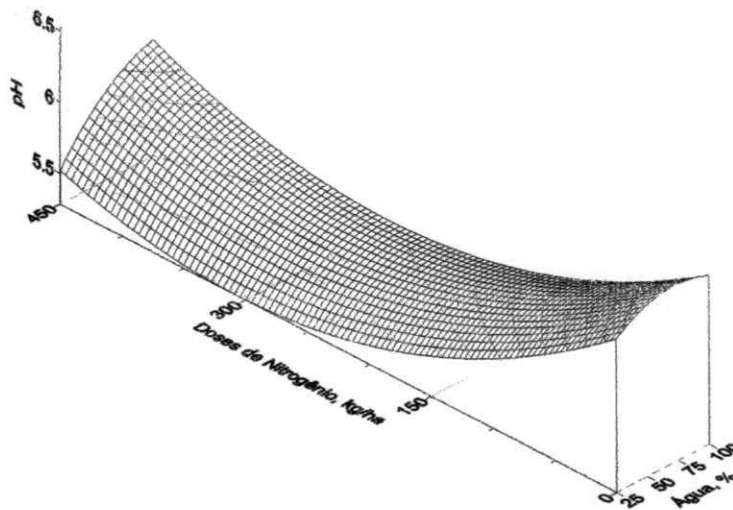


**Figura 29.** O pH do solo, em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 30, observa-se graficamente os valores de pH em função das doses de N, e dos níveis de água disponível, mostrando que de acordo com a Equação 12, polinomial, o pH mínimo estimado 5,28 foi conseguido com 303  $kg\ ha^{-1}$  de nitrogênio e 24,49% da água no solo mais uma vez concordando com Pizarro (1997), onde nos teores de água disponível mais baixos foi conseguido os mais altos valores de CEEs. No trabalho de Day *et al.*, (1979) a irrigação com efluente de esgoto tratado não alterou o pH do solo. Porém, nesta situação, tratava-se de um solo alcalino de região semi-árida. Por outro lado, Vazquez-Montiel *et al.* (1996) verificaram diminuição do pH em solo cultivado com milho e irrigado com efluente de

esgoto tratado. Os autores sugeriram que essa queda no pH do solo foi devido a nitrificação, uma vez que esse efeito foi incrementado mediante a adição de fertilizante nitrogenado mineral (sulfato de amônio).

$$Z(x, y) = 6.14 - 0.007y + 1.15 \cdot 10^{-5}y^2 + 0.01x + 1.39 \cdot 10^{-5}xy - 7.30 \cdot 10^{-5}x^2 \quad \text{Eq. 12}$$



**Figura 30.** Superfície de resposta do pH do solo, em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.18. Teor de cloreto (Cl)

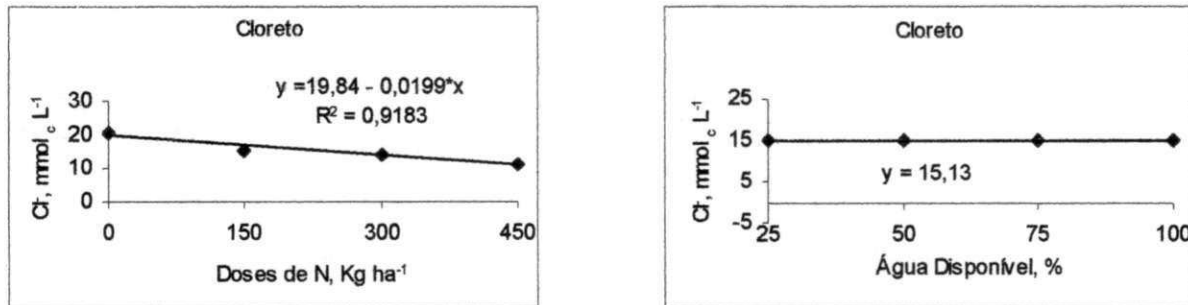
Através da análise de variância, Tabela 23, é possível observar que os níveis de água não influenciaram nos teores de cloreto no solo de forma significativa, já os dados de nitrogênio e a interação dos dois fatores estudados alteraram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) as quantidades de cloreto no solo com o uso de água residuária. A análise revelou efeito significativo para o fatorial versus a testemunha com médias de 15,14 e 5,9  $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$  respectivamente.

**Tabela 23.** Análise de variância do cloreto no solo ( $Cl^-$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	85,76	28,59	0,88	ns
Dose	3	540,64	180,21	5,53	**
A x D	9	1.257,72	139,75	4,29	**
Fat. vs Test.	1	240,83	240,83	7,39	**
Tratamento	16	2.124,95	132,80	40,07	**
Bloco	2	379,34	189,66	5,82	**
Resíduo	32	1.042,59	32,58		
Total	50	3.546,88			
C.V. (%)		39,11			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

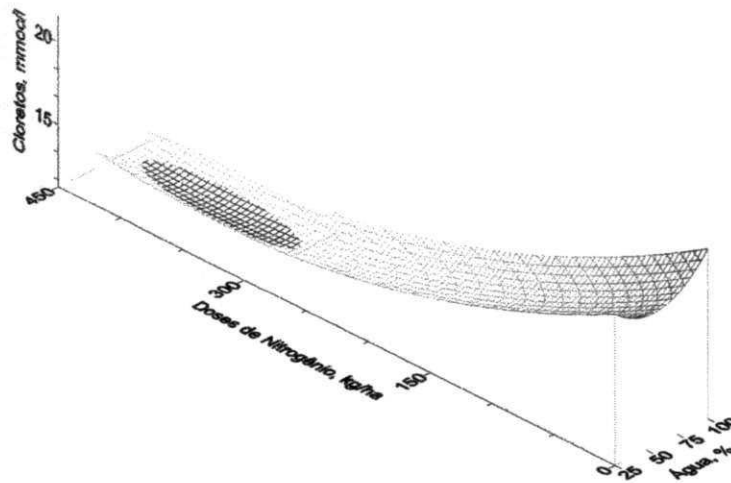
Na Figura 31 observa-se os resultados médios dos teores de cloreto no solo em função das doses e água disponível no solo. Para a equação de regressão do fator isolado dose de nitrogênio os dados ajustaram-se a uma função linear decrescente com o aumento das doses de nitrogênio, com decréscimos da ordem de  $0,0199 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  de cloreto para cada kg de nitrogênio aplicado no solo.



**Figura 31.** Análise de regressão do cloreto no solo ( $Cl^-$ ), em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

O teor de cloreto indicado através da superfície de resposta, Figura 32, mostra maiores quantidades do íon quando as quantidades de nitrogênio foram baixas, e segundo a estimativa da equação polinomial o mínimo teor de cloreto no solo de  $11,24 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  seria conseguido com  $373,6 \text{ kg ha}^{-1}$  de nitrogênio e teores de água disponível no solo em torno de 73,5%. De acordo com (Ayers & Westcot, 1991) a tolerância ao cloreto medida no extrato de saturação para videira é  $20 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$ , lembrando que é um íon de fácil movimentação com a água do solo e salientando que esse estudo não houve drenagem no solo durante o cultivo.

$$Z(x, y) = 22.98 - 0.038y - 6.21 \cdot 10^{-5}y^2 - 0.13x - 0.0001xy + 0.001x^2 \quad \text{Eq. 13}$$



**Figura 32.** Superfície de resposta do cloreto no solo ( $\text{Cl}^-$ ), em função das doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.19. Teor de potássio ( $\text{K}^+$ )

Através da análise de variância, Tabela 24, para o teor de potássio no extrato de saturação do solo observa-se que para os tratamentos de água disponível no solo, doses de nitrogênio e para a interação houve efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ). Para o fatorial vs a testemunha com médias de 1,81 e 0,34  $\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$  houve efeito altamente significativo ( $p \leq 0,01$ ).

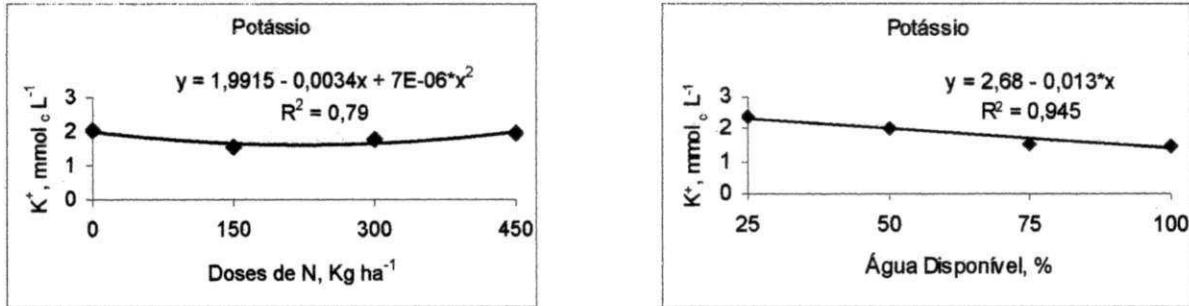
**Tabela 24.** Análise de variância do potássio ( $\text{K}^+$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	13,51	4,50	30,00	**
Dose	3	19,12	6,37	42,47	**
A x D	9	19,31	2,14	14,27	**
Fat. vs Test.	1	3,55	3,55	24,07	**
Tratamento	16	55,49	3,47	23,54	**
Bloco	2	3,56	1,77	12,08	**
Resíduo	32	4,71	0,15		
Total	50	63,77			
C.V. (%)		21,87			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.



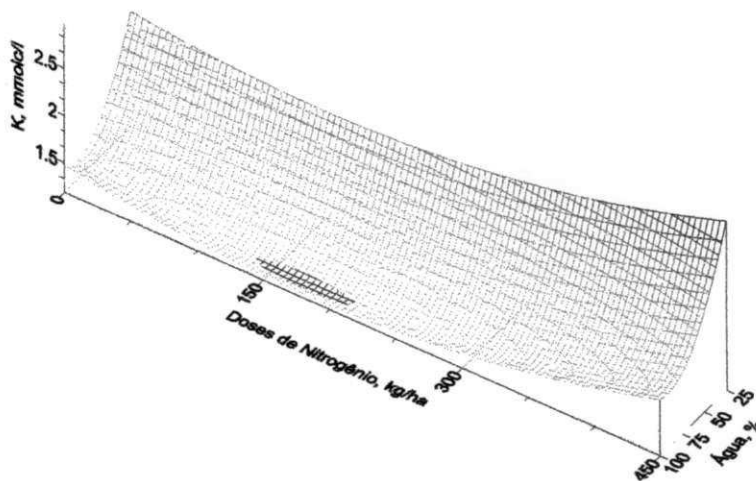
Na Figura 33 observam-se as regressões dos fatores isolados doses de nitrogênio e níveis de água disponível. Para o fator dose observa-se um efeito quadrático com valores mínimos de  $1,57 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  que seria atingido com uma dose de nitrogênio de  $242,8 \text{ kg ha}^{-1}$ . Para o fator água disponível o efeito foi linear decrescente com decréscimos de  $0,013 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  para cada unidade de água testada.



**Figura 33.** Análise de regressão dos teores de potássio ( $K^+$ ), em função das diferentes doses de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 34, observam-se graficamente os teores de potássio em função da interação do nitrogênio e da água disponível no solo. Observa-se que os menores valores encontrados foram para as maiores quantidades de água disponível no solo, e o menor valor de  $1,18 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  seria conseguido segundo a Equação 14 abaixo, com 87,2% da água disponível e a dose de  $173,30 \text{ kg ha}^{-1}$  de Nitrogênio.

$$Z(X,Y) = 3.42 - 0.002y + 7.58 \times 10^{-5} x^2 - 0.03x - 7.92 \times 10^{-6} xy + 0.0003x^2 \quad \text{Eq. 14}$$



**Figura 34.** Superfície de resposta do potássio ( $K^+$ ), em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.20. Teor de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ )

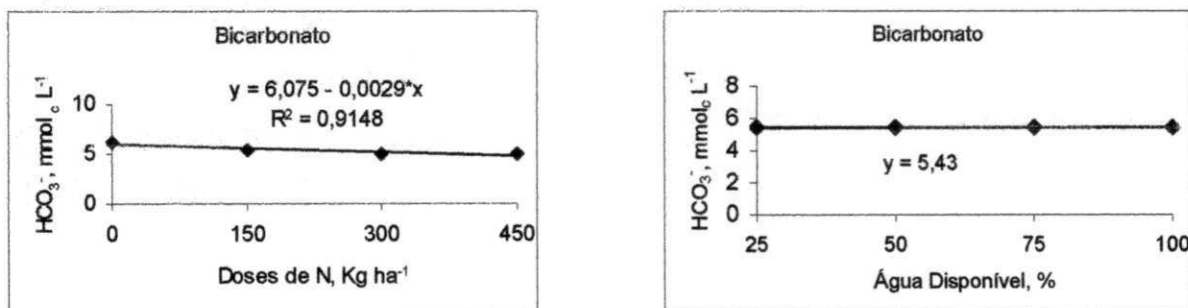
Na Tabela 25 a análise de variância para os teores de bicarbonato no solo onde se verifica que não houve efeito significativo entre os níveis de água disponível no solo e da interação, porém entre as doses de nitrogênio houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) dos teores de  $\text{HCO}_3^-$  no solo. Entre o fatorial com média de  $5,43 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  e a testemunha com média de  $6,57 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  não houve diferenças significativas dos teores de  $\text{HCO}_3^-$ . Houve efeito entre os blocos e o coeficiente de variação foi aceitável de 21,41%.

**Tabela 25.** Análise de variância do bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	4,05	1,35	0,97	ns
Dose	3	12,13	4,04	2,91	*
A x D	9	25,99	2,89	2,08	ns
Fat. vs Test.	1	3,63	3,63	2,61	ns
Tratamento	16	45,80	2,86	2,06	**
Bloco	2	35,83	17,91	12,91	**
Resíduo	32	44,41	1,39		
Total	50	126,04			
C.V. (%)		21,41			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 35, verifica-se a análise de regressão do fator isolado doses de nitrogênio. Os dados ajustaram-se a uma função linear decrescente, com decréscimos de  $0,0029 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  para cada kg de nitrogênio aplicado ao solo. A média dos teores de bicarbonato entre os níveis de água residuária foi de  $5,43 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$ .



**Figura 35.** Análise de regressão dos teores de bicarbonato ( $\text{HCO}_3^-$ ), em função das diferentes doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.



#### 4.21. Teor de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ )

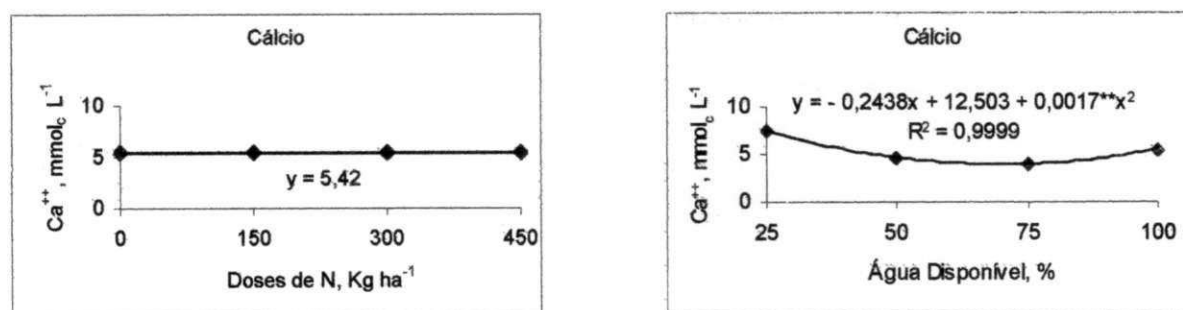
Na análise de variância para os teores de cálcio no solo, Tabela 26, revela que os níveis de água disponível alteraram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) os teores de cálcio no solo, já as doses de nitrogênio e a interação entre os dois fatores água e nitrogênio não afetaram de forma significativa os teores desse elemento no solo. Entre o fatorial com média de  $5,42 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  e a testemunha com  $6,85 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  também não houve diferenças significativas.

**Tabela 26.** Análise de variância dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	82,51	27,50	8,73	**
Dose	3	4,30	1,43	0,45	ns
A x D	9	50,07	5,56	1,76	ns
Fat. vs Test.	1	5,87	5,87	1,86	ns
Tratamento	16	142,76	8,92	2,83	**
Bloco	2	0,50	0,24	0,07	ns
Resíduo	32	100,79	3,15		
Total	50	244,04			
C.V. (%)		32,21			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 36 os resultados médios de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) para o fator dose foram em média  $5,42 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$ . A equação da regressão para o fator isolado água disponível os dados se ajustaram a uma função quadrática decrescente, onde segundo a equação de segundo grau obtida com coeficiente de determinação de 0,99 estima que o menor incremento de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ) no solo de  $3,76 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  seria com o manejo das irrigações com teores de água no solo de 71,7%.



**Figura 36.** Análise de regressão dos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{++}$ ), em função das diferentes doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

#### 4.22. Teor de magnésio ( $Mg^{++}$ )

Para os teores de magnésio no extrato de saturação do solo a análise de variância, Tabela 27, revela que os teores de água disponível no solo alteraram de forma significativa ( $p \leq 0,01$ ) os teores de magnésio ( $Mg^{++}$ ) entre os tratamentos de nitrogênio, já para interação houve efeito significativo ( $p \leq 0,01$ ) entre os dois fatores testados. Entre o fatorial vs a testemunha não houve efeito significativo com médias de  $7,62 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  e  $5,03 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  para o fatorial e a testemunha respectivamente.

Tabela 27. Análise de variância dos teores de magnésio ( $Mg^{++}$ ), sob doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo, Campina Grande, 2005.

FV	GL	SQ	QM	Fc	PR>F
Água	3	117,52	39,17	7,17	**
Dose	3	24,51	8,17	1,50	ns
A x D	9	284,61	31,62	5,79	**
Fat. vs Test.	1	18,95	18,94	3,47	ns
Tratamento	16	445,59	27,84	5,10	**
Bloco	2	291,31	145,66	26,68	**
Resíduo	32	174,66	5,46		
Total	50	911,56			
C.V. (%)		31,29			

\*, \*\*, ns. Significativo para 5%, 1% e não significativo respectivamente pelo Teste F.

Na Figura 37, observa-se os resultados dos teores de magnésio em função das doses de nitrogênio onde é possível notar o teor médio de magnésio ( $Mg^{++}$ ) de  $7,6 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  onde não foi constatado efeito significativo. Na equação da regressão do fator isolado de níveis de água disponível no solo houve efeito quadrático decrescente com teores mínimos de magnésio encontrados de  $5,9 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  que seria conseguido com 73,62% de água disponível no solo.

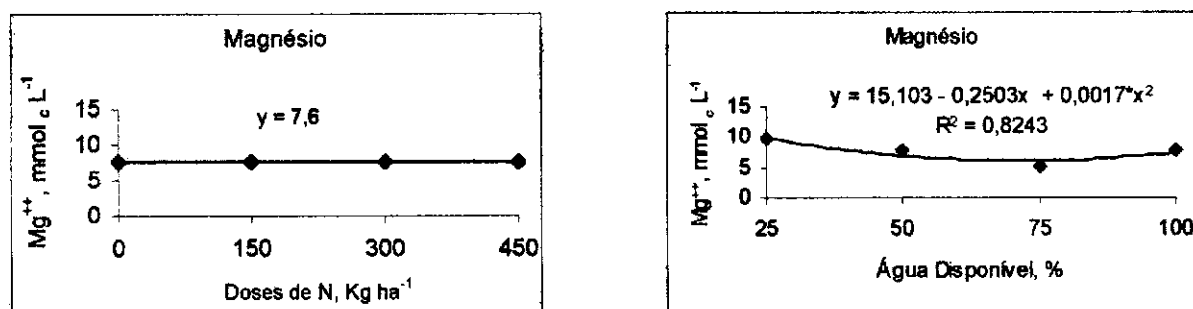
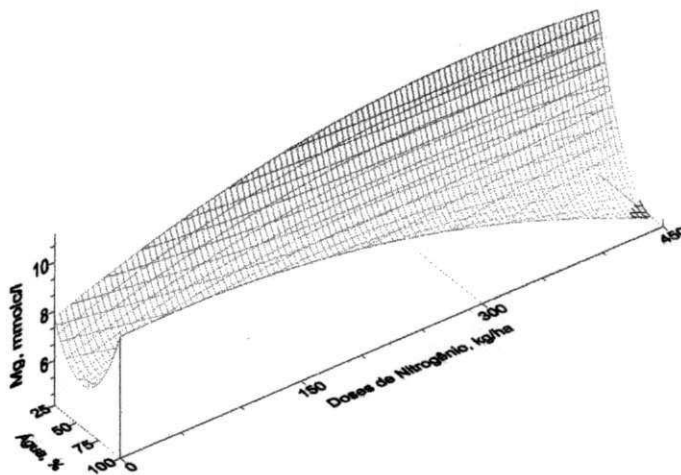


Figura 37. Análise de regressão dos teores de magnésio ( $Mg^{++}$ ), em função das diferentes doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

Na Figura 38, observa-se a superfície de resposta dos teores de magnésio no solo através da interação dos dois fatores testados em que com os aumentos das doses de nitrogênio e dos níveis de água disponível no solo, obteve-se os menores teores de magnésio no solo de  $4,2 \text{ mmol}_e \text{ L}^{-1}$  que seria conseguido com a maior dose de nitrogênio de  $450 \text{ kg ha}^{-1}$ , e 86,74% da água disponível no solo.

$$Z(X,Y) = 11.61 + 0.03 Y - 2.91 \times 10^{-5} X^2 - 0.20X - 0.00023XY + 0.002X^2 \quad \text{Eq. 15}$$



**Figura 38.** Superfície de resposta do magnésio ( $\text{Mg}^{++}$ ), em função das doses crescentes de nitrogênio e níveis de água disponível no solo.

## 5. CONCLUSÕES

5.1. Foram verificadas alterações significativas na área foliar da planta aos 25, 50, 75 e 100 (DAE) pelas doses crescentes de nitrogênio, sendo também verificadas essas alterações aos 75 (DAE) pelos níveis de água disponível no solo.

5.2. A área foliar aos 100 (DAE) das plantas irrigadas com água residuária foi significativamente maior que as irrigadas com água de abastecimento.

5.3. A produção de fitomassa aos 50 e 100 (DAE), e o consumo de água pelas plantas (ETc) foi influenciada de forma significativa pelas doses crescentes de nitrogênio e pelos níveis de água disponível no solo.

5.4. A fitomassa aos 100 (DAE) das plantas irrigadas com água residuária foi significativamente maior que as plantas irrigadas com água de abastecimento.

5.5. A máxima ETc de 651 mm com 86,6% da água disponível no solo, indica que as irrigações seja manejada nesse percentual.

5.6. A CEes, os teores de sódio e potássio, foram influenciados de forma significativas, tanto pelos níveis de água como pelas doses crescentes de nitrogênio testadas.

5.7. As mínimas diferenças pH entre água de abastecimento e residuária, pode ser devido às altas doses de nitrogênio usada no fatorial, diminuindo assim o pH.

5.8. O teor de sódio no solo que recebeu água residuária foi significativamente maior que o que recebeu água de abastecimento.

5.9. A RAS e os teores de bicarbonato e cloreto foram somente influenciados de forma significativa pelas doses de nitrogênio aplicadas ao solo.

5.10. Os teores de cálcio e magnésio foram somente influenciados de forma significativa pelos níveis de água disponível no solo.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AL-JALOUD, A. A.; HUSSAIN, G.; AL-SAATI, J.; KARIMULLA, S. Effect of wastewater irrigation on mineral composition of corn and sorghum plants a pot experiment. **Journal of Plant Nutrition**, v.18, p.1677-1692, 1995.

AL-NAKSHABANDI, G. A.; SAQQAR, M. M.; SHATANAWI, M. R.; FAYYAD, M.; AL-HORANI, H. Some enviromental problems associated with the use of treated wasterwater for irrigation in Jordan. **Agricultural Water Management**, v.34, p.81-94, 1997.

AMBROSANO, E. J.; TRIELIN, P. C. O.; MURAOKA, T. Técnica para marcação dos adubos verdes crotalária júncea e mucuna-preta com  $^{15}\text{N}$  para estudos de dinâmica de nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 56, nº 1, p.219-224, 1997.

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

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

ARAGÃO JÚNIOR, T.; MAGALHÃES, C. A. de; SANTOS, C. S. V. dos. Estudos de lâminas de irrigação na cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. latifolium Hutch). In: Congresso Nacional de Irrigação e Drenagem, 8, 1988, Florianópolis. **Anais...** Florianópolis, SC, CIC, 1988, p.108-116.

AUDRY, P. & SUASSUNA, J. **A salinidade das águas disponíveis para a pequena irrigação no sertão do Nordeste: caracterização, variação sazonal, limitação do uso**. Recife: CNPq, 1995.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. Tradução: H. R. Gheyi & J. F. de Medeiros. Campina Grande, PB. UFPB/PRAI/CCT. 218p. Water Quality for Agriculture. FAO, Rome, 1985), 218p. 1991.

AYERS, R. S. & WESTCOT, D. W. **A qualidade da água na agricultura**. 2ª ed. Campina Grande: UFPB. Tradução de: GHEYI, H. R.; MEDEIROS, J. F.; DAMASCENO, F. A. 1999, 218p. (Estudos da FAO, Irrigação e Drenagem, 29, revisado 1).

AZEVEDO, R. V. de; RAMANA RAO, T. V.; AMORIM NETO, M. da S.; BEZERRA, J. R. C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J. Estimativa do consumo hídrico de um cultivo de algodão herbáceo irrigado. In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 7, Viçosa, 1991. **Resumos...** Viçosa: Universidade Federal de Viçosa, 1991, p.229-231.

BARRETO, A. N.; BELTRÃO, N. E. de M.; BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S. E. **Configuração de plantio na cultura do algodoeiro herbáceo irrigado por sulcos**. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1994. 7p. (EMBRAPA/CNPA. Pesquisa em Andamento, 18).

BARROS, M. A. L. & SANTOS, R. F. dos. Aspectos econômicos e sociais da produção de algodão arbóreo no Nordeste do Brasil. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 1, 1997. Fortaleza. **Anais...** Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 1997, p.82-84.

BELTRÃO, N. E. de M. **Componentes da Produção na Cotonicultura: uma visão integrada**. In: III CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, pág 503-506. Campo Grande, MS, 27 a 31 de agosto de 2001.

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, PB. EMBRAPA/CNPA, 1993. 108p. (EMBRAPA/CNPA. Comunicado Técnico, 39).

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

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

BELTRÃO, N. E. de M.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; LIMA, E. F.; OLIVEIRA, F. de A.; RAMALHO, P. de S.; SANTANA, J. C. F. de; COSTA, J. N. da; MEDEIROS, J. da C. **Recomendações técnicas para o cultivo do algodoeiro herbáceo de sequeiro e irrigado nas regiões Nordeste e Norte do Brasil**. Campina Grande, PB. EMBRAPA/CNPA, 1993. 72p. (EMBRAPA/CNPA. Circular Técnica, 17).

BELTRÃO, N. E. de M.; CRISOSTOMO, J. R.; NÓBREGA, L. B. da; SANTOS, E. O. dos; AZEVEDO, D. M. P. de; VIEIRA, D. J.; GUIMARÃES, P. M.; SILVA, M. J. da. **O algodão e tecnologias disponíveis no Nordeste brasileiro**. Fortaleza: Banco do Nordeste do Brasil/EMBRAPA/CNPA. 1986, 168p. (Estudos Econômicos e Sociais, 32).

BELTRÃO, N. E. de M.; DINIZ, M. de S.; VIEIRA, D. J.; NÓBREGA, L. B. da S.; SOUSA, R. P. de; SOUSA NETO, J. B. de. **Configuração de plantio e época de capação em algodoeiro herbáceo de curta duração irrigado**. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 5.; 1988. Resumo dos trabalhos. Campina Grande: EMBRAPA-CNPA, 1988, p.70.

BEZERRA, J. R. C.; AMORIM NETO, M. DA S.; SILVA, M. J. DA. L.; BARRETO, A. N.; SILVA, L. C. Irrigação do algodoeiro herbáceo. In: BELTRÃO, N. E. de M.; Organizador. **O Agronegócio do Algodão no Brasil**. Campina Grande: EMBRAPA/Algodão, v.2 p.617-682. 1999.

BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SILVA, B. B. da; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; RAMANA RAO, T. V; LUZ, M. J. da S. E; MEDEIROS de; SOUZA, C. B. de; SILVA, M. B. da. Consumo hídrico do algodoeiro herbáceo. In: EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). **Relatório técnico anual 1992-1993**. Campina Grande, PB, 1994. p.151-154.

BIELORAI, H.; VAISMAN, I.; FEIGIN, A. Drip irrigation of cotton with treated municipal effluents: I. Yield response. **Journal of Environmental Quality**, v.13, p.231-234, 1984.

BOND, W. J. Effluent irrigation an environmental challenge for soil science Australian. **Journal of Soil Research**, v.36, p.543-555, 1998.

BOUWER, H. & IDELOVITCH, E. Quality requirements for irrigation with sewage water. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering**, v.113, p.516-535, 1987.

BREIRSDORF, M. I. C. & MOTA, F. S. Necessidade de água e balanço da radiação solar na cultura do arroz irrigado e estudo da seca nos sistemas de rotação arroz-pastagens-cultura no Rio Grande do Sul. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO, 2, 1971, Porto Alegre. **Anais....** Porto Alegre: SEDUSUL, 1971, p.261-280.

CARVALHO, L. P. & SANTOS, J. W. Respostas Correlacionadas do Algodoeiro com a Seleção para a coloração da Fibra. Brasília: **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.38. nº 1, Janeiro, 2003, p.79-83.

CARVALHO, L. P. Correlação genotípicas, fenotípicas e ambientais entre algumas características do algodoeiro herbáceo colorido – Embrapa – Algodão. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**. Vol. 5, nº 1, 2001, p.267-272.

CARVALHO, L. P. de; NÓBREGA, M. B. de M.; FREIRE, E. C.; SANTANA, J. C. F. de. **Cores naturais da fibra de algodão e obtenção de uma população da cultivar CNPA 7 H Verde**. Campina Grande, PB, 1999. 23p. (EMBRAPA – CNPA. Documentos 68).

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

CERVELLINI, G. de S.; TOLEDO, S. V. de; REIS, A. J.; ROCHA, T. R. Nitrogênio na adubação química do cafeeiro: doses e parcelamento do nitrogênio. **Bragantia**, Campinas, v. 45, p. 45-55, 1986.

CROMER, R. N.; TOMPKINS, D.; BARR, N. J.; HOPMANS, P. Irrigation of Monterey pine With wastewater: effect on soil chemistry and groundwater composition. **Journal of Enviromental Quality**, v.13, p.539-542, 1984.

CRUCIANI, D. E.; MAIA, P. C. S.; PAZ, V. P. S.; FRIZZONE, J. A. Fertirrigação nitrogenada na cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) por sistema de irrigação por



aspersão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 2, nº 1, p. 63-67, 1998.

DAY, A. D.; McFADYEN, J. A.; TUCKER, T. C.; CLUFF, C. B. Commercial production of wheat grain irrigated with municipal water and pump water. **Journal of Environmental Quality**, v.8, p.403-406, 1979.

DIAS, N. S.; GHEYI, H. R.; DUARTE, S. N. **Prevenção e recuperação dos solos afetados por sais**. Piracicaba: ESALQ/USP/LER, 2003. 118p. (Série Didática no 013).

DOORENBOS, J. & KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Tradução por H. R. Gheyi, A. A. Sousa, F. A. Damasceno, e J. F. de Medeiros. Campina Grande: UFPB, 1994. 306p. il. (Estudos da FAO: Irrigação e Drenagem, 33) Tradução de Yield Response to Water.

DUQUE, F. F.; NEVES, M. C. P.; FRANCO, A. A.; VICTORIA, R. L.; BODDEY, R. M. The response of field grown *Phaseolus vulgaris* L. to Rhisobium inoculation and qualitication of N<sub>2</sub> fixation using <sup>10</sup>N. **Plant and Soil**, v. 88, p. 333-343, 1985.

EMBRAPA Algodão. (Campina Grande, PB). **Melhoramento do algodoeiro na Embrapa**. Campina Grande, PB, 2001. (Folder).

EMBRAPA Algodão. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão. **BRS - VERDE, nova cultivar de algodão colorido**. Campina Grande: EMBRAPA/CNPA, 2002.

EMBRAPA. Centro Nacional de pesquisa de Algodão (Campina Grande, PB). **Sistema de produção para o algodão perene de fibra marrom (BRS 200) no Nordeste brasileiro**. Campina Grande, PB, 2000. (Folder).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: EMBRAPA, Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de solos, 1977, 212p.

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

FALKINER, R. A. & SMITH, C. J. Changes in soil chemistry in effluent-irrigated Pinus radiata and Eucalyptus grounds. **Australian Journal of Soil Research**, v.35, p.131-147, 1997.

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, nº 9, p.1867-1884, 1994.

FERRREIRA, O. E. **Efeito 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**. Campina Grande, UFCG, 2003. 78p. (Dissertação de Mestrado).

FILGUEIRA, F. A. R. **Novo manual de olericultura: agrotecnologia moderna na produção e comercialização de hortaliças**. Viçosa, MG, 2000, 402p.

FLECK, N. G.; SILVA, P. R. F. Efeito da época de aplicação de nitrogênio em cobertura na cultura do girassol, com e sem controle de plantas daninhas. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 24, nº 6, p. 669-676, 1989.

FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C.; Watanabe, P. A.; Aguiar, P. H. **Produção de sementes**. In: Mato Grosso: Liderança e Competitividade; Rondonópolis: Fundação MT; Campina Grande: Embrapa-CNPA, 1999. 182p. (Fundação MT. Boletim 3).

FURLANI, E.J., ZANQUETA, R. SILVA, M.N, CARVALHO, E.H, *et al.* **Características da fibra em função de doses e momentos de aplicação de adubo nitrogenado para a cultura do algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) IAC 224**. III Congresso Brasileiro do Algodão. Vol. 2. Campina Grande: Embrapa Algodão, Campo Grande; UFMS; Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste, 2001.

GAZETA MERCANTIL. **Panorama Setorial. Exportações de Algodão**. Editores: Lúcia Kassai & Onildo Cantalice. Brasil, Segunda-Feira, 28 de Fevereiro de 2005, Pág. A-14.

GOMES, F. P. **Curso de Estatística Experimental**. São Paulo: Nobel, 467p. 1995.

GRESPLAN, S. L. & ZANCANARO, L. **Nutrição e adubação do algodoeiro no Mato Grosso**. Rondonópolis: FMT/EMBRAPA, 1999, p.95 (Boletim, 3).

GRIMES, D. W.; EL-ZIK, K. M. Cotton. I: STEWART, B. A.; NIELSEN, D. R. Irrigation of Agricultural Crops. Madison, Soil Science Society of America. **Serie Agronomy**, 30, 1969, p.741-773.

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

HESPANHOL, I. Reuso da água: uma alternativa viável. **Revista Brasileira de Saneamento e Meio Ambiente - BIO**, Rio de Janeiro, ano XI, nº 18, p. 24-25, abr/jun, 2001.

HORTENSTINE, C. C. Chemical changes in the soil solution a Spodosol irrigated with secondary-treated sewage effluent. **Journal of Environmental Quality**, v. 5, p.335-338, 1976.

ICAC RECORDER, Washington, **Internacional Cotton Advisory Committee**, v. 10, nº 4, p.36, 1992.

INTERNATIONAL COTTON ADVISORY COMMITTEE. **Cotton: Review of the World Situation**. Washington, USA. ICAC, v.55, nº 3, Jan-Feb, 2002, p.19.

JOHNS, G. G. & McConchie, D. M. Irrigation of bananas with secondary treated sewage effluent. II. Effect on plant nutrients, additional elements and pesticide residues in plants, soil and leachate using drainage lysimeters. **Australian Journal of Agricultural Research**, v.45, p.1619-1638, 1994.

KEMPER, K. E. **O custo da água gratuita: alocação e uso dos recursos hídricos no Vale do Curu, Ceará, Nordeste brasileiro**. Tradução de: Marcos Felipe. Linköping, 1997.

KRAMER, P. J. **Relaciones hídricas de suelos y plantas**. México: EDUTEX S. A, 1974. 529p.

KRANTZ, B. A.; SWANSON, N. P.; STOCRINGER, K. R.; CARRECER, J. R. Irrigation cotton to insure higher yields. **Yarbook Agric.**, p.381-388, 1976.

LACERDA, N. B. de. **Manejo da água disponível no solo e da adubação nitrogenada sobre a cultura do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. latifolium Hutch) em condições controladas**. Areia: CCA/UFPB, 1997, 77p.

LATTERELL, J. J.; DOWDY, R. H.; CLAPP, C. E.; LARSON, W. E.; LINDEN, D. R. Distribution of phosphorus in soil irrigated with municipal waste-water effluente: a 5<sup>o</sup> year study. **Journal of Environmental Quality**, v.11, p124-128, 1982.

LEÓN S., G. & CAVALLINI, J. M. **Curso de Tratamiento y Uso de Aguas Residuales**. Lima: OMS-OPS-CEPIS, 1996. 151p.

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

LOTTI, P. Problems of Management and Reuse of Waste Water in Agriculture. **Water International**, vol. 6, n<sup>o</sup> 4, December, 170-176. 1981.

LUZ, M. J. da S. e; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N. Qualidade da fibra e características agronômicas da cultivar de algodoeiro BR 1 sob condições de estresse hídrico em diversas fases do desenvolvimento. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.2, n<sup>o</sup> 3, p.215-220, 1998.

MAAS. E. V. & HOFFMAN, G. J. Tolerância del los cultivos a los sales. Boletín Técnico. Departamento de Irrigação. Universidade Anotôn. Chapingo, México, n.9, p.1-18, 1980.

MAAS. E. V. Crop tolerance. **California Agriculture**, Berkeley, 1984, v.38, n<sup>o</sup> 10, p.20-21.

MAGALHÃES, A. C. N. **Análise quantitativa do crescimento**. In: FERRI, M. G. (Coord.). *Fisiologia Vegetal 1*. São Paulo: EPU/Ed. da Universidade de São Paulo, 1979, v.1, cap.8, p.331-350.

MAGALHÃES, A. R.; GARAGORRY, F. L.; MOLION, S. B. C.; AMORIM NETO, M. da S. A.; NOBRE, C. A.; PORTO, E. R.; REBOUÇAS, O. E. **The effects of climatic variations of agriculture in Northeast to Brazil**. Luxemburgo-Austria, 1987, 109p.

MALAVOLTA, E. *et al.* **Nutrição mineral e adubação de plantas cultivadas**. São Paulo: Pioneira, 1974.

MALAVOLTA, E. **Manual de química agrícola: adubos e adubações**. São Paulo: Ceres, 3ª Edição, 1981. 596p.

MARANI, A. & AMIRAV, A. Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. I The coastal plain regions. **Exploration Agricultural**. London, v.7, nº 3, p. 213-224, 1971.

MEDEIROS, J. C.; FREIRE, E. C.; CUNHA, H. F.; QUEIROZ, J. C.; DEL'AQUA, J. M.; PEDROZA, M. B.; ASSUNÇÃO, J. H. **Principais ações de pesquisa e transferência de tecnologia para o algodoeiro no Estado de Goiás, Safra 1999/2000**. Campina Grande, PB, 2001, 37p.

MELO, R. F. de.; MIGUEL, A. A.; SILVA, M. R. M.; OLIVEIRA, F. A. de O.; ALVES, W. W. de. A. **Efeito da adubação nitrogenada e de níveis de água disponível no solo sobre a produção de matéria seca e demanda do algodoeiro herbáceo**. In: II CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, pág. 418-420. Ribeirão Preto, SP, 05 a 10 de setembro de 1999.

MILLAR, A. A. **Respuesta de los cultivos al deficit de água como información basica para el manejo del riego**. Petrolina: EMBRAPA - CPATSA, 1976. 62p.

MIRANDA, T. L. G. de. **Reuso de Efluentes de Esgotos Domésticos na Irrigação de Alfaces**. UFRGS, Porto Alegre, 1995. (Dissertação de Mestrado).

MONDINO, M. H. & GALIZZI, F. A. **Efects de la aplicación de fertilizantes nitrogenados y fosforados sobre las propiedades tecnologicas de La fibra del algodón producida Bajo Riego.** Santiago del Estero, Argentina, p. 1022-1024, 2001.

MOTA, S. **Preservação e Conservação de Recursos Hídricos.** 2ª ed. Revisada e atualizada. Rio de Janeiro. 1995.

NATURAL COLORS OF COTTON. **ICAC Recorder**, v. 10, nº 4, p.3-5, Dec. 1992.

OLIVEIRA, F. A. de & CAMPOS, T. G. da S. Efeito da supressão da irrigação no algodoeiro herbáceo. **Pesquisa Agropecuária.** Brasília, DF. 1992. v.26, nº 3, p.383-390.

OLIVEIRA, F. A. **Determinação da época de plantio e uso consecutivo do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. var. Coker 100A) no Sub-Médio São Francisco.** Campina Grande, PB. UFPB/CCT, 1976, 71p. (Tese de Mestrado).

OSINAME, O.; VANGINJ, H.; ULEX, P. L. G. Effect nitrifications inibitios of the fate and efficiency of nitrogenenoms fertilisers Ander simulated homid tropical conditions. **Tropical Agricultura**, v. 60, p.211-217, 1983.

PEIXINHO, C. F. & LEAL, M. S. A Água em Revista – Revista Técnica e Informativa da CPRM – Suplemento das Águas. Proteção da Qualidade e do Abastecimento dos Recursos Hídricos: Aplicação de Critérios Integrados no Desenvolvimento, Manejo e Uso dos Recursos Hídricos. 1996.

PESCOD, M. B. **Wastewater treatment and use in agriculture.** Rome: FAO, 1992. 125p. (Irrigation and Drainage Paper, 47).

PIZARRO, F. **Drenaje agrícola y recuperacion de suelos salinos.** Madrid: Editora Agrícola Española, 1978. 521p.

PRADO, R. de M. **Nutrição da cultura de algodão.** Jaboticabal: FCAV, Unesp, 2004. DRIS (geral) - <http://www.potafos.com.br>.

- RAIJ, B. V. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Ceres, Potafos, 1991. 343p.
- REICHARDT, K. **A água em sistemas agrícolas**. São Paulo: Manole, 188p. 1987.
- RHOADES, J. D. & LOVEDAY, J.G. Salinity in irrigated agriculture. In: Stewart, D.R.; Nielsen, D.R. (eds.) **Irrigation of agricultural crops**. Madison: ASA, CSSA, SSSA, 1990. p.1089-1142. *Agronomy*, 30.
- RHOADES, J. D.; KANDIAH, A.; MASHALI, A. M. **Uso de águas salinas para produção agrícola**. Tradução: H. R. GUEYI; J. R. SOUSA; J. E. QUEIROZ. Campina Grande: UFPB, 2000. xxiii, 117p. il., (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 48).
- RICHARDS, L. A. Pressure membrane apparatus construction and use. **Agric. Eng., Saint Joseph**, v.28, p.451-4, 1947.
- RODRIGUES, M. B.; KIEHL, I. L. Volatilização da amônia após uréia em diferentes doses de aplicação. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Campinas, v. 10, nº 1, p. 37, 1986.
- 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. **Bragantia**, Campinas v.35, 1976, p.381-389.
- SAN JUAN, J. A. M. **Riego por goteo: teoria e práctica**. 4ª ed. Madrid: Mundi-Prensa, 2000. 302p.
- SANTANA, J. C. F. de; VANDERLEY, M.J.R.; BELTRÃO, N.E.M.; VIEIRA, D.J. Qualidade e tecnologia da fibra e do fio de linhagens de algodão de fibra colorida. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, v.3, nº 3, p.195-200, set-dez. 1999.
- SANTOS, R. F. dos; BARROS, M. A. L.; CAVALCANTE, J. J. **Conjuntura Internacional e Nacional do Algodão, 1990/91**. In: RELATÓRIO TÉCNICO ANUAL DE PESQUISA DO ALGODÃO, 1990/91. Campina Grande, PB. EMBRAPA-CNPA, 1992. p.73-74.

SCHIPPER, L.A.; WILLIAMSON, J.C.; KETTLES, H.A.; SPEIR, T.W. Impact of land-applied tertiary-treated effluent on soil biochemical properties. **Journal of Environmental Quality**, v.25, p.1073-1077, 1996.

SILVA, L. C.; FIDELES FILHO, J.; BELTRÃO, E. de M.; RAMANA RAO, T. V.; SANTOS, J. W. dos. Análise de crescimento de amendoim submetidos a diferentes níveis de irrigação. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE AGROMETEOROLOGIA, 9, 1995. Campina Grande, PB. **Anais...** Campina Grande: Sociedade Brasileira de Agrometeorologia, 1995. p.145-146.

SILVA, N. M. **Nutrição mineral e adubação do algodoeiro no Brasil**. Piracicaba: Potafos, 1999.

SMITH, C.J.; FRENEY, J.R.; BOND, W.J. Ammonia volatilization from soil irrigated with urban sewage effluent. **Australian Journal of Soil Research**, v.34, p.789-802, 1996.

SOIL IMPROVEMENT COMMITTEE. **Western Fertilizer Handbook. California Fertilizer Association**. Sacramento, California. 1975, 250p.

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

STAUT, L. A. & KURIHARA, C. H. **Calagem e Adubação**. In: **Embrapa Agropecuária Oeste**. Embrapa Algodão. Algodão: tecnologia de produção. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2001, p.103-123.

STEWART, H. T. L.; HOPMANS, P.; FLINN, D. W. Nutrient accumulation in trees and soil following irrigation with municipal effluent in Australia. **Environmental pollution**, v.63, p.155-177, 1990.

SUDENE. Superintendência do Desenvolvimento de Nordeste. **Isótopos ambientais aplicados a um estudo hidrológico do Nordeste brasileiro**. Recife: SUDENE/MINTER, 1979. 58p.



TRIVELIN, P. C. O.; OLIVEIRA, M. W.; VITTI, A. C.; GAVA, G. F. C.; BENDASSOLI, J. A. Perdas de nitrogênio da uréia no sistema solo planta em dois ciclos de cana-de-açúcar. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 37, nº 2, p. 193-201, 2002.

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

VAZQUEZ-MONTIEL, O.; HORAN, N. J.; MARA, D. D. Management of domestic wastewater for use in irrigation. **Water Science & Technology**, v.355-362, 1996.

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

WADDLE, B. A crop growing practices. In: KOMEL, R. J.; LEWIS, C. P. Cotton. Madison: **American Society of Agronomy**, 1984. p. 233-263 (Série Agronomy, 24).

WERNECK, J. E. F. L.; FERREIRA, R. S. A.; CHRISTOFIDIS, D. **O estado das águas no Brasil: perspectivas de gestão e informação de recursos hídricos**. Geneva: Organização Meteorológica Mundial. 1999, 334p.

WORLD BANK. **Irrigation and drainage research**. s.l., 1990. v.1, 21p.

ZANIN, F.; PIPPUS, A. J.; FURTADO, G.C.; SOUZA, L. C. F. **Efeito da sucessão de culturas e diferentes doses de nitrogênio na produtividade do algodocairo (*Gossypium hirsutum* L.)**. II Congresso Brasileiro de Algodão - Campo Grande. Embrapa – Algodão, UFMS – Embrapa Agropecuária Oeste Dourados, MS, v.1, 2001.