

**UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE  
CENTRO DE TECNOLOGIA E RECURSOS NATURAIS  
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM RECURSOS NATURAIS  
DOUTORADO EM RECURSOS NATURAIS**

**USO RACIONAL DE ÁGUA E FRACIONAMENTO DE NITRÓGENIO  
VIA FERTIRRIGAÇÃO NO ALGODOEIRO BRS RUBI**

**RAIMUNDO ANDRADE**

**CAMPINA GRANDE-PARAÍBA-BRASIL**

**JUNHO/2007**

**DIGITALIZAÇÃO:**  
**SISTEMOTECA - UFCG**

A553u  
2007

Andrade, Raimundo

Uso racional de água e fracionamento de nitrogênio via fertirrigação do algodoeiro BRS Rubi/Raimundo Andrade. – Campina Grande/2007.

75f.: il.

Referências

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

Orientadores: Renilson Targino Dantas e José Dantas Neto.

1 – Irrigação 2 – Fertirrigação 3 – Algodoeiro

CDU 351.792:633.511 (043)

**RAIMUNDO ANDRADE**

**USO RACIONAL DE ÁGUA E FRACIONAMENTO DE NITROGÊNIO  
VIA FERTIRRIGAÇÃO NO ALGODOEIRO BRS RUBI**

**Área de Concentração:** Processos Ambientais

**Linha de Pesquisa:** Climatologia Aplicada aos Recursos Naturais

**Orientadores:**

Prof. Dr. Renilson Targino Dantas - UACA/CTRN/UFCG

Prof. Dr. José Dantas Neto - UAEAg/CTRN/UFCG

Tese apresentada ao Programa Institucional de  
Doutorado Temático em Recursos Naturais,  
Área de Concentração Processos Ambientais  
da Universidade Federal de Campina Grande,  
em cumprimento às exigências para obtenção  
do título de Doutor.

**CAMPINA GRANDE-PARAÍBA-BRASIL**

**JUNHO2007**

RAIMUNDO ANDRADE

**USO RACIONAL DE ÁGUA E FRACIONAMENTO DE NITROGÊNIO VIA  
FERTIRRIGAÇÃO NO ALGODOEIRO BRS RUBI**

APROVADA EM: 22/06/2007

**BANCA EXAMINADORA**



**Dr. RENILSON TARGINO DANTAS**

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. JOSÉ DANTAS NETO**

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



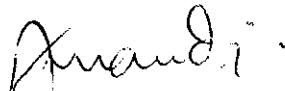
**Dr. JOSÉ FIDELIS FILHO**

Centro de Ciências e Tecnologia - CCT  
Universidade Estadual da Paraíba – UEPB



**Dr. JOSÉ GERALDO RODRIGUES DOS SANTOS**

Centro de Ciências Humanas e Agrárias - CCHA  
Universidade Estadual da Paraíba - UEPB



**Dr. PEDRO DANTAS FERNANDES**

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG



**Dr. PEDRO VIEIRA DE AZEVEDO**

Centro de Tecnologia e Recursos Naturais - CTRN  
Universidade Federal de Campina Grande – UFCG

Aos meus pais José Ozório Filho e **Maria Dutra de Andrade** (*in memoriam*) exemplos de amor fraterno, doação, carinho, oração, simplicidade e dedicação a minha pessoa ao longo da minha vida e nos momentos de dificuldades e de cansaço seu sorriso, sua compreensão e o incentivo me fizeram continuar...

#### **Dedico.**

A minha esposa Reilta, uma pessoa muito especial, por fazer parte da minha vida, incentivando-me e sempre disposta a me ajudar, com a certeza da vitória ora alcançada e ao meu filho Rwoordson, um presente que Deus me deu, razão maior do meu viver... Francisco Garcia (adotivo) e às minhas irmãs Rita e Antônia.

#### **Ofereço.**

## AGRADECIMENTOS

Ao Grande Arquiteto do Universo , pelo dom da vida, pela saúde, coragem, inteligência, bondade, fraternidade e humildade que me são concedido todos os dias, fazendo superar todas as dificuldades à realização deste trabalho.

Foi realmente um privilégio ter compartilhado essa etapa de minha vida com pessoas, as quais, com seu entusiasmo e incentivo, tornaram possível a realização pela conquista deste trabalho. Gostaria de registrar aqui minha profunda gratidão a essas pessoas.

Ao Prof. Dr. Renilson Targino Dantas, pela orientação, amizade, motivação e ensinamentos transmitidos no decorrer do curso.

Ao Prof. Dr. José Dantas Neto, pelo exemplo de profissionalismo, dedicação e simplicidade, principalmente pela grande amizade.

Ao Prof. Dr. José Geraldo Rodrigues dos Santos, pela atenção, colaboração e grande participação na condução da pesquisa e em todas as etapas, até a elaboração final deste trabalho, meu sincero reconhecimento.

Ao Prof. Dr. Pedro Dantas Fernandes, pela contribuição, ensinamentos ministrados durante o curso, assim como, pela consideração, respeito mútuo e amizade.

Aos professores, funcionários e colegas do curso de Pós-Graduação da UFCG em Recursos Naturais, pois juntos trilhamos uma etapa importante de nossas vidas.

A UFCG por ter me concedido esta oportunidade.

A Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA-Algodão), nas pessoas de Dr. Napoleão, Dr. José Renato Cortez e funcionários do Laboratório de Tecnologia de Fibras-EMBRAPA-Algodão pelo auxílio na realização das análises de fibras.

Aos membros da Banca Examinadora, pelas sugestões apresentadas ao presente trabalho de tese.

A Direção do Centro de Ciências Humanas e Agrárias-CCHA, Campus-IV, Catolé do Rocha-PB, Escola Agrotécnica do Cajueiro-ECA, Professores, funcionários e alunos pela confiança em mim depositada, colaboração, compreensão, amizade e respeito mútuo.

Aos bolsistas do PIBIC/PROINCI/UEPB, Aurélio e Iredja, Voluntários- Aldo, Cordão, Rutênio, Valquíria, Cleiton, Júnior, Damiana, Moaby, Ledslene, Dalila, Jardel (Ciências Agrárias), Zé Lima, Albani, Ricardo e Jean (Técnico em Agropecuária) pelo auxílio, amizade e colaboração durante a instalação e desenvolvimento do trabalho de pesquisa em campo.

A Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, pelo apoio irrestrito junto a Pró-Reitoria de Pós-Graduação e Pesquisa por ter me concedido ajuda financeira.

Aos Colegas de turma Alberto, Ronaldo (Rizadinha), Zé Renato, Marcelo, Erivaldo (Dr. Pneu) aos quais nos afinamos bastante, obrigado senhor pelos bons momentos.

A estadia em Campina Grande-PB, teve altos e baixos, como não poderia deixar de ser. Contudo, o conhecimento adquirido e as amizades construídas foram de um valor inestimável. Posso dizer que foram momentos muito agradáveis e deixaram saudades...

Agradeço a meus pais, irmãs, esposa e filhos (biológico e adotivo) pelo apoio e companheirismo, a mim dedicados ao longo de minha caminhada rumo a vitória conquistada.

A todos os meus familiares, grandes amigos e aquelas pessoas que direta ou indiretamente acreditaram no meu potencial e me incentivaram a acreditar no sucesso, meu muitíssimo obrigado.

Enfim, àqueles que embora não foram citados, contribuíram de forma gentil e significativa.

***“Se Houver sucesso, este deverá ser dividido e compartilhado com àqueles que sempre estiveram juntos comigo, lado a lado, nesta difícil e árdua tarefa, mas gratificante caminhada...”***

## *SUMÁRIO*

<b>LISTA DE FIGURAS.....</b>	<b>x</b>
<b>LISTA DE QUADROS.....</b>	<b>xii</b>
<b>LISTA DE TABELAS.....</b>	<b>xiii</b>
<b>RESUMO.....</b>	<b>xiv</b>
<b>ABSTRACT.....</b>	<b>xvi</b>
<b>1. INTRODUÇÃO.....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. OBJETIVO GERAL.....</b>	<b>3</b>
<b>1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....</b>	<b>3</b>
<b>2. REVISÃO DE LITERATURA.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Aspectos Gerais sobre a Cultura do Algodoeiro.....</b>	<b>4</b>
<b>2.1.1. Botânica/Descrição da Planta.....</b>	<b>4</b>
<b>2.2. Histórico da Cultura do Algodão no Brasil.....</b>	<b>4</b>
<b>2.3. Importância da Cultura do Algodoeiro.....</b>	<b>5</b>
<b>2.4. O Algodão Colorido no Brasil e no Mundo.....</b>	<b>6</b>
<b>2.5. Condições Ambientais Apropriadas ao Algodoeiro.....</b>	<b>7</b>
<b>2.6. Necessidades Hídricas da Cultura Algodoeira.....</b>	<b>8</b>
<b>2.7. Crescimento e Produção do Algodoeiro sob Regime de Irrigação.....</b>	<b>9</b>
<b>2.8. Funções do Nitrogênio (N) na Adubação do Algodoeiro.....</b>	<b>14</b>
<b>2.9. Fertirrigação.....</b>	<b>15</b>
<b>2.10. Medições e Estimativas da Evapotranspiração.....</b>	<b>17</b>
<b>2.11. Estimativa da Evapotranspiração de Referência.....</b>	<b>18</b>
<b>2.12. Função de Resposta.....</b>	<b>22</b>
<b>3. MATERIAL E MÉTODOS.....</b>	<b>24</b>
<b>3.1. Localização da Área Experimental.....</b>	<b>24</b>



	viii
3.2. Características Climáticas e Vegetação	24
3.3. Solo da Área Experimental. ....	25
3.4. Características da Água Utilizada na Irrigação.....	26
3.5. Delineamento Experimental.....	27
3.6. Condução do Experimento.....	28
3.6.1. Preparo do Solo.....	28
3.6.2. Cultivar Utilizada e Espaçamento.....	28
3.6.3. Semeio, Ervas Daninhas, Desbastes e Pragas.....	29
3.7. Manejo da Irrigação.....	30
3.7.1. Sistema de Irrigação.....	30
3.7.2. Estimativa da Evapotranspiração.....	31
3.8. Eficiência de Conversão da Radiação Solar Acumulada (MJ/m <sup>2</sup> ).....	32
3.9. Amplitude Térmica Acumulada (°C).....	32
3.10. Variáveis Avaliadas.....	33
3.10.1. Análise de Crescimento e Produção.....	33
3.10.2. Área Foliar (AF).....	33
3.11. Características Tecnológicas de Fibras do Algodão.....	34
3.12. Análise Econômica da Produção.....	35
3.13. Custo de Produção.....	36
3.14. Eficiência do Uso da Água.....	36
3.15. Análise Estatística.....	36
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
4.1. Variáveis de Crescimento do Algodoeiro Colorido BRS Rubi.....	37
4.2. Variáveis de Produção do Algodoeiro Colorido BRS Rubi.....	42
4.3. Variáveis de Características Tecnológicas de Fibras do Algodoeiro Colorido BRS Rubi.....	45

	ix
<b>4.4. Radiação Solar Acumulada no Crescimento do Algodoeiro BRS Rubi</b>	<b>48</b>
4.4.1. Altura de Planta.....	48
4.4.2. Diâmetro do Caule.....	48
4.4.3. Número de Folhas.....	49
4.4.4. Área Foliar Unitária.....	50
4.4.5. Área Foliar da Planta.....	51
<b>4.5. Amplitude Térmica Acumulada sobre o Crescimento do Algodoeiro BRS Rubi.....</b>	<b>52</b>
4.5.1. Altura de Planta.....	52
4.5.2. Área Foliar da Planta.....	53
<b>4.6. Função de Resposta de Rendimento do Algodoeiro BRS Rubi às Lâminas de Água.....</b>	<b>54</b>
<b>4.7. Viabilidade Econômica do Algodoeiro com a Aplicação de Diferentes Lâminas de Água.....</b>	<b>56</b>
<b>4.8. Eficiência do Uso da Água.....</b>	<b>58</b>
<b>5. CONCLUSÕES.....</b>	<b>60</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>62</b>

## LISTA DE FIGURAS

<b>Figura 3.1.</b>	<b>Mapa de localização do município de Catolé do Rocha/PB.....</b>	<b>24</b>
<b>Figura 3.2.</b>	<b>Estação meteorológica automatizada no local do experimento, na Escola Agrotécnica do Cajueiro.....</b>	<b>25</b>
<b>Figura 3.3.</b>	<b>Área experimental cultivada com algodoeiro BRS Rubi.....</b>	<b>29</b>
<b>Figura 3.4.</b>	<b>Tratos fitossanitários na cultura do algodão BRS Rubi.....</b>	<b>30</b>
<b>Figura 3.5</b>	<b>Sistema de irrigação localizado por gotejamento. ....</b>	<b>31</b>
<b>Figura 4.1.</b>	<b>Crescimento em altura do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 4.2.</b>	<b>Evolução do número de folhas do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água. ....</b>	<b>38</b>
<b>Figura 4.3.</b>	<b>Evolução da área foliar unitária do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.4.</b>	<b>Evolução da área foliar da planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água. ....</b>	<b>39</b>
<b>Figura 4.5.</b>	<b>Crescimento em diâmetro do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>40</b>
<b>Figura 4.6.</b>	<b>Comprimento de ramos simpodiais do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4.7.</b>	<b>Número de ramos simpodiais do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água. ....</b>	<b>41</b>
<b>Figura 4.8.</b>	<b>Evolução do número de capulhos por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 4.9.</b>	<b>Evolução da produção de algodão em caroço por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>44</b>
<b>Figura 4.10.</b>	<b>Evolução da produção de algodão em pluma por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>45</b>
<b>Figura 4.11.</b>	<b>Micronaire da fibra do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>47</b>
<b>Figura 4.12.</b>	<b>Maturidade da fibra do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>47</b>

<b>Figura 4.13</b>	<b>Altura de planta em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas aplicadas. ....</b>	<b>48</b>
<b>Figura 4.14.</b>	<b>Diâmetro do caule em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas aplicadas. ....</b>	<b>49</b>
<b>Figura 4.15.</b>	<b>Número de folhas em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas aplicadas. ....</b>	<b>50</b>
<b>Figura 4.16.</b>	<b>Área foliar unitária em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas aplicadas.....</b>	<b>51</b>
<b>Figura 4.17.</b>	<b>Evolução da área foliar da planta em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas aplicadas. ....</b>	<b>52</b>
<b>Figura 4.18.</b>	<b>Efeitos da amplitude térmica acumulada na altura do algodoeiro BRS Rubi. ....</b>	<b>53</b>
<b>Figura 4.19.</b>	<b>Efeitos da amplitude térmica acumulada na área foliar da planta do algodoeiro BRS Rubi. ....</b>	<b>54</b>
<b>Figura 4.20.</b>	<b>Evolução da produção de algodão em caroço por hectare do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4.21.</b>	<b>Evolução da produção de algodão em pluma por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.....</b>	<b>56</b>
<b>Figura 4.22.</b>	<b>Receitas líquidas obtidas pela aplicação de diferentes lâminas de água na área experimental em função de diferentes preços de algodão em caroço recebidos pelos agricultores.....</b>	<b>57</b>
<b>Figura 4.23.</b>	<b>Receitas líquidas obtidas pela aplicação de diferentes lâminas de água na área experimental em função de diferentes preços de algodão em pluma recebidos pelos agricultores.....</b>	<b>58</b>
<b>Figura 4.24.</b>	<b>Eficiência do uso de água, estimadas em quilogramas de algodão por metro cúbico (m<sup>3</sup>) de água aplicada correspondente às lâminas de água dadas em percentagem da NIB.....</b>	<b>59</b>

## LISTA DE QUADROS

<b>Quadro 3.1</b>	<b>Caracterização física e química do solo da área experimental, antes do plantio*.....</b>	<b>26</b>
<b>Quadro 3.2</b>	<b>Características químicas das águas utilizadas na irrigação do algodoeiro BRS Rubi.....</b>	<b>27</b>
<b>Quadro 3.3</b>	<b>Formas de fracionamento de adubação do algodoeiro colorido BRS Rubi via fertirrigação para as diferentes formas de aplicação.....</b>	<b>28</b>

## LISTA DE TABELAS

<b>Tabela 4.1.</b>	<b>Quadrados médios dos fatores envolvidos no experimento, para as variáveis de crescimento do algodoeiro colorido BRS Rubi. ....</b>	<b>37</b>
<b>Tabela 4.2.</b>	<b>Quadrados médios dos fatores envolvidos no experimento, para as variáveis de produção do algodoeiro colorido BRS Rubi.....</b>	<b>43</b>
<b>Tabela 4.3.</b>	<b>Quadrados médios dos fatores envolvidos no experimento, para as características tecnológicas do algodoeiro colorido BRS Rubi.</b>	<b>46</b>
<b>Tabela 4.4.</b>	<b>Produtividade e receita líquida para Lm, L* e para as lâminas de água aplicadas no algodoeiro em caroço e em pluma, no local do experimento.....</b>	<b>55</b>

## USO RACIONAL DE ÁGUA E FRACIONAMENTO DE NITROGÊNIO VIA FERTIRRIGAÇÃO NO ALGODOEIRO BRS RUBI

### RESUMO

Foram estudados os efeitos de 4 lâminas de água ( $L_1 = 50\%$ ,  $L_2 = 75\%$ ,  $L_3 = 100\%$  e  $L_4 = 125\%$  da Necessidade de Irrigação Bruta) e de 4 formas de fracionamento de adubação nitrogenada via fertirrigação ( $F_1 = 4$  aplicações, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a germinação;  $F_2 = 3$  aplicações, aos 30, 45 e 60 dias;  $F_3 = 2$  aplicações, aos 45 e 60 dias; e  $F_4 = 1$  aplicação, aos 60 dias após a germinação das sementes) no crescimento e na produção do algodoeiro colorido BRS Rubi em Luvissole de textura franco arenosa, bem como realização de correlações do crescimento com a radiação solar acumulada e com a amplitude térmica, além de análise econômica da produção. As quatro formas de fracionamento da adubação consistiram na aplicação de uma mesma quantidade de sulfato de amônio via fertirrigação, conforme recomendação da análise de solo. As irrigações foram feitas utilizando-se um sistema de irrigação localizado por gotejamento e os volumes de água aplicados foram calculados com base na evaporação do tanque Classe A. Todas as variáveis de crescimento do algodoeiro foram afetadas de forma significativa pelas lâminas de água aplicadas, enquanto que as formas de fracionamento só influenciaram significativamente na altura de planta, no número de ramos simpodiais e no crescimento dos ramos simpodiais, não exercendo influências significativas no diâmetro do caule, no número de folhas e na área foliar. Apesar do crescimento do algodoeiro ter-se intensificado com o incremento da lâmina de água, verificaram-se reduções nas médias do diâmetro do caule, da área foliar unitária e do crescimento de ramos simpodiais na lâmina  $L_4$ , em comparação com  $L_3$ . A produção de algodão aumentou com o incremento da lâmina de água até  $L_3$  e foi reduzida em  $L_4$  (125% da Necessidade de Irrigação Bruta), em comparação com a lâmina  $L_3$  (100% da Necessidade de Irrigação Bruta), nas variáveis de produção estudadas; no entanto, os efeitos das formas de fracionamento só foram significativos no peso de algodão em pluma. Os efeitos de lâminas de água nas características tecnológicas da fibra do algodoeiro colorido BRS Rubi restringiram-se à finura (micronaire) e à maturidade, enquanto que as formas de

fracionamento não afetaram significativamente nenhuma característica. A intensidade de radiação solar acumulada proporcionou maior evolução do número de folhas e da área foliar da planta, sobretudo no intervalo de radiação compreendido entre 160 e 200 MJ m<sup>-2</sup>, enquanto que a amplitude térmica acumulada propiciou maior evolução da altura de planta e da área foliar da planta, com intensidade maior no intervalo entre 700 e 900 °C. A lâmina de água L<sub>3</sub> (598,9 mm), correspondente a 100% da necessidade de irrigação bruta, foi a que mais se destacou na irrigação do algodoeiro BRS Rubi, sendo obtidas receitas líquidas significativas na produção do algodão em caroço e em pluma. Vale salientar que a referida lâmina se aproximou das lâminas que maximizaram a produção do algodão em caroço (632 mm) e em pluma (636 mm), bem como das lâminas que propiciaram as maiores economias, que foram de 603 mm e 615 mm, respectivamente. A aplicação da lâmina L<sub>3</sub> propiciou receitas positivas a partir do preço de comercialização de R\$ 1,10/kg para o algodão em caroço e de R\$ 3,00/kg para o algodão em pluma, enquanto que a lâmina L<sub>1</sub> (50% da Necessidade de Irrigação Bruta) proporcionou receitas negativas para o algodão em caroço, mesmo o produto sendo vendido a um preço máximo de R\$ 1,50/kg, e para o algodão em pluma comercializado por um preço inferior a R\$ 4,50/kg. Portanto, as maiores receitas líquidas foram obtidas em L<sub>3</sub> e as menores em L<sub>1</sub>, ficando L<sub>2</sub> e L<sub>4</sub> com receitas líquidas intermediárias. A eficiência do uso da água decresceu com o aumento da lâmina de água. O sucesso econômico da lâmina L<sub>3</sub> deveu-se à elevada produtividade, daí a razão da receita líquida ter sido superior às demais lâminas, considerando que os custos de produção foram aproximados para as diferentes lâminas.



## RATIONAL USE OF WATER AND DIVISION OF NITROGEN THROUGH FERTIRRIGATION IN COTTON BRS RUBI

### ABSTRACT

Were studied the effects of four sheets of water ( $L_1$  = fifty percent,  $L_2$  = seventy five percent,  $L_3$  = a hundred percent and  $L_4$  = hundred and twenty-five percent of the Need of Rude Irrigation) and in four ways of division of nitrogen manuring through fertirrigation ( $F_1$  = four applications, to the fifteen, thirty, forty-five and sixty days after the germination;  $F_2$  = three applications, to the thirty, forty-five, and sixty days;  $F_3$  = two applications, to the forty-five and sixty days; and  $F_4$  = one application, to the sixty days after the germination of the seeds) in the growth and in the production of the colored cotton wool BRS Rubi in lavishly of sandy frank texture, as well as accomplishment of correlations of the growth with the accumulated solar radiation and with the thermal width, besides economical analysis of the production. The four forms of division of the manuring consisted of the application of a same amount of sulfate of ammonium through fertirrigation, according to recommendation of the soil analysis. The irrigations were made being used a located overhead irrigation by leak and the volums of water applied were calculated with base in tank Class A. 'S evaporation All the variables of growth of the cotton wool were affected in a significant way for the sheets of water applied, while the division forms only influenced significantly in the plant height, in the number of branches symposias's and in the growth of the branches symposia's, not exercising significant influences in the diameter of the stem, in the number of leaves and in the area to foliate. In spite of the growth of the cotton wool it has intensified with the increment of the sheet of water, reductions were verified in the averages of the diameter of the stem, of the area to foliate unitary and of the growth of branches symposya's in the sheet  $L_4$ , in comparison with  $L_3$ . The cotton production increased with the increment of the sheet of water to  $L_3$  and it was reduced in  $L_4$  (a hundred and twenty-five percent of the Need of Rude Irrigation), in comparison with the sheet  $L_3$  (a hundred percent of the Need of Rude Irrigation), in the production variables studied; however, the effects in the division was were only significant in the cotton weight in feather. The effects of sheets of water in the technological characteristics

of the fiber of the colored cotton wool BRS Rubi limited to the thinness (micronaire ) and to the maturity, while the division forms didn't affect any characteristics significantly. The intensity of accumulated solar radiation provided larger evolution of the number of leaves and of the area to foliate of the plant, above all in the radiation interval understood between hundred and sixty and two hundred  $\text{MJ m}^{-2}$  , while the accumulated thermal width propitiated larger evolution of the plant, height and of the area to foliate of the plant with larger intensity in the interval between seventy hundred and ninety hundred celcius. The sheet of water  $L_3$  (five hundred and ninety eight comma nine millimeter), corresponding to a hundred percent of the need of rude irrigation, it was the one that more stood out in the irrigation of the cotton wool BRS Rubi, being obtained significant liquid revenues in the production of the cotton in pit and in feather. It is worth to point out that referred the sheet approached of the sheets that maximized the production of the cotton in pit (six hundred and thirty two millimeter) and in feather (six hundred and thirty six millimeter), as well as of the sheets that propitiated the largest savings, that were of six hundred three millimeter and six hundred and fifteen millimeter, respectively. The application of the sheet  $L_3$  propitiated positive revenues starting from the price of commercialization of R\$ a real and ten cents for kilogram for the cotton in pit and R\$ three real for kilogram for the cotton in feather, while the sheet  $L_1$  (fifty percent of the Need of Rude Irrigation) it provided negative revenues for the cotton in pit, even the product being sold at a maximum price of R\$ a real and fifty cents for kilogram, and for the cotton in feather, marketed by an inferior price to R\$ four real and fifty cents for kilogram. Therefore, the largest liquid revenues were obtained in  $L_3$  and the smallest ones in  $L_1$ , being  $L_2$  and  $L_4$  with intermediate liquid revenues. The efficiency of the use of the water decreased with the increase of the sheet of water. The economical success of the sheet  $L_3$  was due to the high productivity, and then the reason of the liquid revenue it was superior to the other sheets, considering that the production costs were approximate for the different sheets.

## 1. INTRODUÇÃO

O cultivo do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é de grande importância para a economia nordestina, podendo gerar emprego e renda, além de abastecer a indústria têxtil desta região. A cultura algodoeira tem um dos menores custos de produção do mundo, tanto em sequeiro, quanto irrigado (Freire e Beltrão, 1997). Existem, atualmente, 52 espécies de algodão (Atman, 1995), das quais apenas quatro são cultivadas: *Gossypium arboreum* L. , *Gossypium herbaceum* L. , *Gossypium hirsutum* L. e *Gossypium barbadense* L. As 48 espécies restantes são silvestres e sem valor econômico, onde grande parte delas possui alguma coloração na fibra. Atualmente, cerca de 80 países cultivam o algodoeiro economicamente, liderados pela China, EUA e Índia, dentre outros. Por sua grande resistência à seca, o algodoeiro constitui-se em uma das poucas opções para cultivo em regiões semi-áridas, podendo fixar o homem ao campo, gerar emprego e renda no meio rural e urbano. O algodoeiro é uma das espécies vegetais mais antigas do mundo, da qual quase tudo é aproveitado, principalmente a semente, que representa 65% do peso da produção, ficando a fibra com 35%.

O algodão é a mais importante das fibras, respondendo, em nível mundial, por cerca de 50% do volume total de fibras (naturais, artificiais e sintéticas), transformado anualmente em fios e tecidos. O Brasil, por sua vez, é um dos países que acumulam maior histórico de competitividade nessa cultura, tendo inclusive mantido, por várias décadas, o papel de grande exportador mundial do produto. A exploração do algodoeiro anual no Nordeste em regime de irrigação é atualmente prioritária, frente à necessidade de pluma pelo pólo têxtil nordestino e às baixas produções e produtividades regionais, por ser uma tecnologia que garante safras seguras de um produto de boa qualidade e alta produtividade (Silva e Luz et. al. , 1994).

O Nordeste brasileiro apresenta clima bastante favorável à exploração de várias culturas, principalmente pela disponibilidade de energia, embora haja restrições pluviométricas, contudo, o desenvolvimento da cultura pode ser assegurado suprindo-se as necessidades hídricas da planta através da irrigação, no entanto, é preciso a adoção de técnicas de manejo e controle de água, garantindo, assim, a sustentabilidade agrícola.

A prática da irrigação deve ser entendida não somente como um seguro contra as secas, mas como uma técnica que pode dar condições para que o material genético em campo expresse todo o seu potencial produtivo. Além disso, quando bem utilizada, a irrigação é um

instrumento muito eficaz no aumento da rentabilidade das culturas, permitindo a racionalização dos insumos, por exemplo, através da fertirrigação.

O crescimento e desenvolvimento de plantas levam em conta o fato de que 90% em média da matéria seca acumulada pelas plantas durante o seu crescimento originam-se da atividade fotossintética, a qual pode ser afetada pela disponibilidade da irradiação solar, sendo que as demais atividades estão relacionadas com a absorção de nutrientes do solo.

Uma das alternativas para melhor aproveitamento do sistema de irrigação é a técnica da fertirrigação, onde se aplica os elementos nutritivos necessários aos cultivos juntamente com a água de irrigação (Vivancos, 1993). Essa prática é muito eficiente para as plantas, pois fornece os nutrientes juntamente com a água, apresentando outras vantagens, entre as quais destacam-se a melhor distribuição do fertilizante e a possibilidade de maior parcelamento das adubações, aumentando a absorção de nutrientes pelas plantas.

## **1.1. OBJETIVO GERAL**

- ✓ Estudar a viabilidade produtiva e econômica do algodoeiro BRS Rubi sob aplicação de lâminas de água e fracionamento do nitrogênio via fertirrigação.

## **1.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

- ✓ Estudar as variáveis de crescimento, produção e características tecnológicas de fibras do algodão colorido BRS Rubi sob aplicação de lâminas de água e fracionamento do nitrogênio via fertirrigação;
- ✓ Estudar os efeitos de radiação solar acumulada no crescimento do algodoeiro BRS Rubi irrigado com a aplicação de diferentes lâminas de água;
- ✓ Estudar os efeitos de amplitude térmica acumulada no crescimento do algodoeiro BRS Rubi irrigado com a aplicação de diferentes lâminas de água;
- ✓ Obter a função de resposta de rendimento do algodoeiro BRS Rubi sob aplicação de lâminas de água na área experimental da Escola Agrotécnica do Cajueiro, em Catolé do Rocha/PB;
- ✓ Estudar a eficiência do uso da água no algodoeiro BRS Rubi sob aplicação de diferentes lâminas de água.

## **2. REVISÃO DE LITERATURA**

### **2.1. Aspectos Gerais sobre a Cultura do Algodoeiro**

#### **2.1.1. Botânica/Descrição da Planta**

O algodoeiro (*Gossypium hirsutum L.*) pertence à família Malvaceae, raça Latifolium Hutch fazendo parte de um grupo de plantas dicotiledôneas hirsuta ou glabra anual ou perene herbácea e arbustiva ou arbórea. (Cobley e Steele, 1979; Purseglove, 1979; Phillips, 1979).

A propagação do algodoeiro é por via sexuada, através de sementes que, ao germinarem, possibilitam o surgimento da plântula ou planta jovem (Beltrão e Souza, 1999). A semente inicia o processo de germinação em condições favoráveis de umidade, temperatura e de outros fatores, absorvendo água em cerca de metade do seu peso. A velocidade de absorção varia com o tempo, sendo a germinação bem mais demorada em condições de campo, ocorrendo a emergência 4 a 10 dias após a semeadura (Griddi-Papp et al., 1992; Embrapa, 1997).

Para Passos (1980), o sistema radicular do algodoeiro é extenso e se aprofunda a procura de água. No início, o seu crescimento se caracterizam pelo aprofundamento predominante da raiz principal, sendo que as raízes secundárias iniciam o crescimento no terceiro ou quarto dia e vão se ramificando até o final do ciclo.

### **2.2. Histórico da Cultura do Algodão no Brasil**

A presença do algodão no território brasileiro é bastante antiga, muito anterior à chegada dos portugueses, em 1500. Apesar das nossas condições climáticas não permitirem uma conservação adequada de fibras antigas, que comprovariam esta tese, a maior parte dos pesquisadores acredita, por evidências indiretas, que o algodão subsiste no território nacional há milhares de anos. Prova disso é a presença de formas selvagens do algodoeiro, encontradas desde o século XVI, que diferiam das espécies originalmente encontradas na Ásia e na América. Isso denota uma origem bastante remota do algodão no Brasil (Coelho, 2002).

Além dessas formas selvagens, os dois principais tipos de algodoeiro encontrados no país na época da colonização eram da espécie *Gossypium barbadense*. Essa espécie se originou na região subandina ocidental do Peru há mais de cinco mil anos, diferentemente da variedade brasiliense, que se disseminou no lado oriental da cordilheira dos Andes. No Brasil, essa variedade se superpôs aos algodões pré-existentes, cujas relíquias seriam as formas selvagens encontradas (Neves e Junqueira, 1967). O primeiro tipo, conhecido como Rim-de-boi ou inteiro, tinha como característica principal o fato de suas sementes serem unidas, formando uma espécie de amontoado semelhante a um rim. Outra característica era a ausência de linter, o revestimento existente entre a semente e a fibra, o que facilitava o descaroçamento manual realizado pelos índios. O segundo tipo encontrado no Brasil era conhecido como quebradinho, pois apresentava as sementes soltas. Ambas as espécies eram do tipo arbóreo, com produção perene ao longo de quatro ou cinco anos, contrastando com as variedades anuais que seriam introduzidas posteriormente no país.

### **2.3. Importância da Cultura do Algodoeiro**

Há mais de dois mil anos o algodoeiro (*Gossypium hirsutum* L.) é cultivado pelo homem, sendo uma das fibras vegetais mais importantes do mundo. No Brasil, na época do descobrimento, já era cultivado pelos indígenas que transformavam o algodão em fios e tecidos (Canechio Filho et al., 1972).

O algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.) está entre as principais culturas exploradas no Brasil, sendo cultivado em mais de 15 Estados. É uma atividade agrícola de reconhecida importância sócio econômica, tanto pela ocupação de mão-de-obra direta no campo e indiretamente na área urbana, bem como na produção de manufaturados, que são responsáveis pela geração de divisas para o país. No cerrado, é cultivado principalmente nos Estados de Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás e Bahia, respondendo por 85% da produção nacional de algodão em plumas (Gameiro et al., 2003).

Segundo Santana (2002), a pluma produzida pelo algodoeiro representa 46% das fibras naturais utilizadas pela indústria têxtil em nível mundial (Brasil 74%), em seguida a lã, com 20%, depois o linho, com 6%. A fibra do algodão é, portanto, entre as fibras naturais, a mais utilizada pela indústria têxtil nacional e mundial, em razão dos méritos indiscutíveis de suas características físicas, as quais são resultado de um complexo processo biológico desencadeado desde o florescimento até a abertura dos capulhos, durante um período variável entre 50 e 70 dias (Santana e Wanderley, 1995).

O algodoeiro, no Brasil, é explorado tanto em grandes áreas como por pequenos agricultores familiares, que têm características próprias. Na agricultura familiar, onde a utilização de tecnologias é limitada a equipamentos manuais e de tração animal, a área cultivada por produtor é inferior a 10 hectares. Por outro lado, na agricultura empresarial, o cultivo é realizado em grandes extensões de terra, com alto índice de mecanização, insumos e reduzida utilização de mão-de-obra (Freire e Farias, 2001).

A consolidação da cotonicultura empresarial em algumas regiões do Brasil provocou transformações no sistema tradicional de cultivo do algodoeiro, abrangendo novas tecnologias, processos e ajustes na cadeia produtiva (Carvalho e Chiavegato, 1999). Isso refletiu no aumento do rendimento de algodão em caroço, que passou de 1.180 kg ha<sup>-1</sup>, em 1985, para 2.754 kg há<sup>-1</sup>, em 2003 (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 2004), e na produção de plumas, que evoluiu de 305,8 mil toneladas, em 1996/97, para 764,5 mil toneladas em 2002 (Gameiro et al., 2003).

#### **2.4. O Algodão Colorido no Brasil e no Mundo**

O algodão colorido já era utilizado pelos Incas há 4.500 a C., bem como por outros povos antigos das Américas, África e Austrália. A maioria das espécies primitivas de algodão possui fibras coloridas, principalmente na tonalidade marrom. O algodão colorido é tão antigo quanto o branco, como demonstram amostras encontradas em escavações na costa setentrional do Peru de 2500 a.C , idade também dos achados arqueológicos do algodão branco, que datam de 2700 a. C, no Paquistão (Gulatti e Turner, 1928).

No Brasil, Freire et al. (1997) comentam que foram coletados alguns materiais de várias tonalidades creme e marrom de espécies asselvajadas de algodão arbóreo (*Gossypium barbadense* L. *Gossypium hirsutum* L. raça *Marie Galante hutch.*) nos Estados da Bahia, Ceará e Rio Grande do Norte . Esses materiais serviram de base para o melhoramento genético realizado pelo Centro Nacional de Pesquisa do Algodão-EMBRAPA, iniciado em 1984, de acordo com Freire et al. (1997). O cultivo do algodoeiro perene colorido teve início, no Brasil, no ano 2000, com o lançamento da cultivar BRS 200-Marrom (Embrapa, 2000).

Endrizzi et al. (1994) confirmaram que a maioria das espécies primitivas de algodoeiro cultivadas é de tonalidade marrom, no entanto, Kimmel et al. (2000) relatam a existência de outras variedades com tonalidades, a exemplo do verde, cinza, amarelo, azul, vermelho, chocolate, marfim e bronzeado, sendo cultivadas nos estados norte-americanos do Arizona, Califórnia, Texas e Virgínia.



As cores presentes nas cultivares comerciais normalmente são o marrom e o verde, sendo o marrom o mais comum. O algodão de fibra marrom não foi tão estudado e, com isto, acentuou-se mais a diferença de rendimento e de fibra entre esses tipos de algodão e o branco. O algodão marrom constituía-se também em uma ameaça à pureza das variedades de coloração branca e, por isso, não foi muito incentivado (Natural, 1992).

Os povos indígenas da América pré-colombiana selecionaram cerca de 40% do algodão colorido do mundo. As variedades naturalmente coloridas têm produtividade de 50 a 70% inferior à das variedades de algodão branco cultivados em sistemas convencionais (Katz et al., 1997). As variedades coloridas possuem fibras menos resistentes e mais curtas que a dos algodões brancos (Kimmel et al., 2000; Yin e Rogers, 1996). Para que as fibras coloridas fiquem mais resistentes, devem ser misturadas com fibras brancas, no entanto, a intensidade da cor também é diluída, prejudicando seu aspecto visual (Kimmel et al., 1996).

Em 1996, realizou-se o cruzamento entre um material introduzido dos EUA, que representava a coloração da fibra marrom escura, e a cultivar CNPA7H de fibra branca de boa qualidade e ampla adaptação à região Nordeste. A geração F1 deste cruzamento foi avançada até F3, onde se iniciou um programa de seleção genealógica com o objetivo de selecionar linhagens possuidoras de fibras de coloração marrom escura ou marrom telha de boas características tecnológicas de fibra e boa produtividade. Além dos critérios de seleção normalmente utilizados no algodoeiro, foi dada ênfase à maior intensidade da cor marrom telha. Após vários ciclos, foram selecionadas algumas linhagens com fibra marrom escura, que participaram de ensaios comparativos de rendimento em vários locais da região Nordeste por dois anos. Nestes ensaios, destacou-se a linhagem CNPA01-22 por sua intensa coloração marrom telha, que também apresentou boa produtividade, tendo sido eleita para se tornar uma cultivar com o nome BRS Rubi (EMBRAPA, 2004)

## **2.5. Condições Ambientais Apropriadas ao Algodoeiro**

Para que uma cultura explore o seu potencial genético e produtivo é conveniente que sua exploração seja realizada em regiões que apresentem condições ecológicas adequadas às suas características agronômicas e seja semeada na época correta. As condições climáticas consideradas adequadas para o plantio do algodoeiro colorido são: 1) - temperatura média do ar em torno de 20 e 30° C; 2) - precipitação anual entre 450 a 700 mm; 3) - umidade relativa média do ar em torno de 60 %; 4) - nebulosidade (cobertura de nuvens) inferior a 50 %; 5) - inexistência de inversão térmica, isto é, dias muito quentes e noites muito frias; 6) -

inexistência de alta umidade relativa do ar associada à altas temperaturas e 7) – baixa ocorrência de orvalho (Amaral et al. 2004).

## 2.6. Necessidades Hídricas da Cultura Algodoeira

Barreto et al. (1992) verificaram que o adequado fornecimento de água às plantas no semi-árido do Nordeste brasileiro, região onde ocorrem constantes déficits hídricos e irregularidades climáticas, pode otimizar a função de produção das culturas.

Para as culturas, a necessidade hídrica é um parâmetro extremamente importante, seja para o dimensionamento do sistema de irrigação, seja para o manejo da água ao longo do ciclo fenológico (Gonzaga Neto, 2001). Para desenvolver, crescer e produzir satisfatoriamente, o algodoeiro necessita de um suprimento de água diferenciado nas suas fases fenológicas, além de um manejo compatível com a sua capacidade de retirada de água na zona radicular, evitando-se déficit excessivo ou desperdício de água (Barreto et al., 2003).

Vale salientar que, na prática, a quantidade de água aplicada à cultura depende do clima da região, da classificação textural do solo, da fase fenológica da cultura e da eficiência do sistema de irrigação utilizado. Segundo Amorim Neto e Beltrão (1992), o consumo hídrico da cultura do algodoeiro varia entre 450 e 700 mm no ciclo para região semi-árida do Nordeste

O rendimento do algodoeiro é determinado por suas características genéticas e pelo meio ambiente onde é cultivado, sendo a água um dos fatores ambientais de suma importância. A quantidade de água necessária para que a cultura produza o máximo de rendimento é função do conteúdo de água no solo e do estágio de desenvolvimento da cultura, que têm influência direta sobre a demanda evapotranspirativa. A determinação da demanda hídrica das plantas pode ser realizada através de medidas diretas em lisímetros ou evapotranspirômetros e por estimativas efetuadas por métodos empíricos baseados em elementos meteorológicos (Bezerra et al., 1994). O déficit hídrico no algodoeiro pode ser observado pela descoloração do talo e pelo aparecimento da cor verde-azulada nas folhas (Doorembo e Kassam, 1979).

Geralmente, as necessidades hídricas das culturas são estimadas de acordo com o processo de evapotranspiração. Para Doorembo e Kassam (2000), o processo da evapotranspiração é dinâmico e peculiar, sendo estimado pelas perdas ocorridas na forma de vapor através da superfície do solo (evaporação) e foliar (transpiração), com variações locais

e espaciais, provocadas pelas condições edafoclimáticas e pelo estágio fenológico de desenvolvimento da cultura.

Para Matzenauer (1999), a evapotranspiração da cultura, é função, basicamente, das condições meteorológicas que ocorrem durante o desenvolvimento das plantas. Para Bezerra et al. (1999), Barreto et al. (2003) e Barreto e Amaral (2004), a quantificação exata da necessidade de água, em cada fase de desenvolvimento do algodoeiro, possibilita a economia de água, energia elétrica e mão-de-obra, minimizando os custos de produção e o impacto ambiental.

O déficit hídrico tem efeito em diversos processos fisiológicos das plantas, visto que o estresse geralmente aumenta a resistência difusiva ao vapor d'água mediante fechamento dos estômatos, reduzindo a transpiração e, conseqüentemente, o suprimento de CO<sub>2</sub> para a fotossíntese (Nogueira, 1997). Vários desses efeitos refletem mecanismos de adaptação das plantas ao ambiente.

A cultura do algodão necessita de suprimento hídrico diferenciado nas suas fases fenológicas, além de um manejo compatível com a sua capacidade de retirada de água na zona radicular, evitando-se déficit excessivo ou desperdício de água (Barreto et al., 2003). Para que haja um ótimo crescimento, uma boa frutificação e formação de maçãs sadias é necessário um suprimento adequado de água. O excesso de água no início do período de crescimento limita o desenvolvimento das raízes e da cultura. O algodoeiro necessita de suprimento adequado de água, particularmente, um pouco antes e durante a formação dos botões florais. Suprimento contínuo de água durante os períodos de abertura das flores e formação da colheita resulta em crescimento prolongado e rendimento adicional, porém, mudanças bruscas no suprimento de água afetam adversamente o crescimento e provocam a queda de flores e maçãs. Déficits hídricos severos durante a floração podem deter completamente o crescimento, porém, caso haja subsequente suprimento de água, o crescimento da cultura é recuperado e a formação de flores é retomada. Quando o ciclo fenológico é curto, tais condições resultam em rendimento menor (Doorenbos e Kassam, 1979).

## **2.7. Crescimento e Produção do Algodoeiro sob Regime de Irrigação**

Para Tormena et al. (1999) e Doorenbos e Kassam (2000), o manejo das irrigações e a demanda hídrica do algodoeiro herbáceo são variáveis que podem ser influenciadas tanto

pelas condições climáticas, pelo estágio fenológico das plantas, tipo de solo e condições de umidade na zona radicular.

O excesso de precipitação pluviométrica durante o crescimento inicial das plantas de algodoeiro dificulta os tratamentos culturais e provoca o aparecimento de doenças. No entanto, chuvas intensas durante o período de polinização são prejudiciais, pois a água provoca um desequilíbrio osmótico, ocasionando um rompimento irregular da exina do grão de pólen, abortando-o. Por ocasião do florescimento, a umidade excessiva favorece o desenvolvimento vegetativo, em detrimento da produção, e reduz a aeração do solo, causando queda anormal de botões florais, flores e frutos, bem como o acamamento das plantas. Na deiscência dos frutos, as chuvas excessivas prejudicam a qualidade da fibra e o peso do produto. Por outro lado, a escassez de umidade também é prejudicial, pois reduz o desenvolvimento do algodoeiro, podendo até interrompê-lo ocasionando também a queda de flores e frutos, afetando a produção (Doorembos e Kassan, 1979; Passos, 1980).

(Viana, 2005), estudando otimização do uso de água e nitrogênio no cultivo do algodão herbáceo, verificou que o aumento de lâminas de água na cultura algodoeira até o tratamento L<sub>3</sub> (100% da Necessidade de Irrigação Bruta – NIB) favoreceu o desenvolvimento do diâmetro caulinar, podendo observar um decréscimo em L<sub>4</sub> (125% da Necessidade de Irrigação Bruta – NIB), possivelmente, o excesso de água dificultou o desenvolvimento da planta.

Para Boyer (1982), em geral, com o decréscimo da água no solo, há uma diminuição no crescimento das plantas, levando-se em consideração o papel fundamental da água em todo o metabolismo vegetal, sendo bastante lógico esperar-se que o déficit hídrico, mais que qualquer outro, limite o crescimento, o desenvolvimento e a produtividade das plantas cultivadas.

O excesso de água no solo no início do período de crescimento do algodoeiro limita o desenvolvimento das raízes e da cultura. Mudanças bruscas no suprimento de água, principalmente nos períodos considerados críticos para a cultura afetam adversamente o crescimento e provocam a queda de flores e maçãs, no entanto, com subsequente suprimento adequado de água, o crescimento da cultura é recuperado e a formação de flores é retomada. De acordo com Doorembos e Kassan (1979), o suprimento de água para produção elevada deve ser ajustada às necessidades específicas de cada período de crescimento.

O estresse hídrico afeta cada aspecto do crescimento, desenvolvimento e reprodução das plantas em resposta a diminuição do seu potencial hídrico, o qual interfere na sua atividade fisiológica normal. Geralmente, a intensidade e a duração do déficit hídrico reduzem

o crescimento de folhas e o desenvolvimento da parte aérea. A expansão e a rigidez da folha são principalmente afetados devido a diminuição da pressão de turgescência, ocorrendo sinais de murchamento, dobramento, descoloração ou outras distorções (Brown, 1995).

A análise de crescimento é uma técnica reconhecida e utilizada para quantificar os vários parâmetros que expressam o crescimento da planta. É um método que descreve as condições morfofisiológicas da planta em diferentes intervalos de tempo, entre duas mensurações sucessivas, com o intuito de acompanhar a dinâmica da produção fotossintética, avaliada através da acumulação de matéria seca (Magalhães, 1979). Este método é considerado internacionalmente como padrão para a estimativa da produtividade biológica ou produtividade primária das comunidades vegetais.

Compreender o crescimento e o desenvolvimento do algodoeiro possibilita a implementação de estratégias de manejo para alto rendimento. O crescimento dessa espécie vegetal é muito dinâmico, variando em função do ambiente e do manejo. O estabelecimento de dossel apropriado para interceptar a radiação solar incidente é um dos componentes de produção que mais influencia a produtividade da cultura (Oosterhuis, 1999). Entre os vários fatores que influenciam na formação do dossel, encontram-se a cultivar, o clima, a fertilidade do solo e os sistemas de cultivo e de colheita (Laca-Buendia e Faria, 1982).

Arruda (1999), avaliando o efeito do estresse hídrico provocado a partir da irrigação com quatro níveis de água disponível no solo (20, 40, 60 e 80%), em casa de vegetação, constatou haver uma relação direta e positiva entre a evapotranspiração acumulada e as variáveis altura de plantas, área foliar, biomassa da parte aérea e rendimento do algodoeiro, em função dos níveis de água disponíveis no solo. Verificou ainda que a evapotranspiração acumulada aumentou com o nível de água disponível e que o tratamento com 60% superou os demais em todas as variáveis estudadas.

Vários pesquisadores têm utilizado a análise de crescimento para estudarem diferenças no crescimento de ordem genética ou resultados de modificações ambientais. O uso é apropriado quando são considerados os conceitos básicos da análise de crescimento e os critérios primordiais para obtenção dos dados.

Para Doorenbos e Kassam (2000), um rendimento satisfatório para o algodoeiro com 160 a 180 dias sob irrigação é da ordem de 4.000 a 5000 kg.ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço, dos quais 35% é pluma. De acordo com os mesmos pesquisadores, a eficiência de utilização de água para o rendimento obtido de algodão em caroço, que contém em torno de 10% de umidade, é de 0,4 a 0,6 kg.m<sup>-3</sup>. Bezerra et al. (2004) conseguiram obter, com a lâmina de 742 mm um rendimento máximo de 3.543 kg.ha<sup>-1</sup> de algodão em caroço. Luz et al. (1997),

irrigando com base em 50% da água disponível, obtiveram rendimento da ordem de 3.375 kg.ha<sup>-1</sup>, com uma lâmina de 502 mm.

Arruda et al. (2002), estudando os efeitos de níveis de água disponível no solo (20, 40, 60 e 80%), no município de Areia/PB, sobre o algodoeiro herbáceo, cv. CNPA 7H, constataram que o número de botões florais, flores, maçãs e capulhos do algodoeiro reduziram-se, significativamente, com o aumento do estresse hídrico; portanto a proporcionalidade entre a taxa de emissão/abscisão foi mantida, independente do nível de estresse aplicado. As menores médias de altura de plantas (34,5 cm), área foliar (633,05 cm<sup>2</sup>), fitomassa da parte área (9,04 g), número de botões florais (4,67), flores (3,50), maçãs (2,33) e capulhos (1,33) por planta foram observadas no tratamento de menor umidade disponível (20% de AD) enquanto que os maiores valores (74,33 cm, 2.634,81 cm<sup>2</sup>, 24,86 g, 9,67, 7,0, 6,0 e 4,3 unidades, por planta, respectivamente) foram obtidos com o tratamento de 60% da AD, havendo decréscimo destas variáveis no menor nível (80% da AD). Pereira (1995) também observou redução da área foliar em duas cultivares de algodoeiro herbáceo, CNPA-7H e CNPA Precoce-1, como consequência de baixos níveis de umidade no solo.

Estudando o rendimento do algodoeiro, cv. Sayar-314, em função de lâminas e métodos de irrigação, com adubação nitrogenada de 130 kg.ha<sup>-1</sup> de N, Cetin e Bilgel (2002) obtiveram efeito quadrático das lâminas sobre o rendimento de algodão em caroço para os métodos de irrigação por sulcos, aspersão e gotejamento, onde os modelos encontrados foram os seguintes:  $Y = -431,1 + 6,1x - 0,0021x^2$  ( $R^2 = 0,97^{**}$ ) ;  $Y = 1102 + 3,1x - 0,001x^2$  ( $R^2 = 0,99^{**}$ ) e  $Y = 292,5 + 7,9x - 0,003x^2$  ( $R^2 = 0,99^{**}$ ).respectivamente. Os pontos de máxima dos modelos descritos ocorreram nas lâminas de 1450, 1550 e 1300 mm, respectivamente com rendimentos de 3.999; 3.504 e 5.493 kg.ha<sup>-1</sup>.

As características tecnológicas da fibra de algodão, apesar de serem condicionadas por fatores hereditários, são influenciadas por fatores externos, alguns economicamente incontroláveis, como as condições climáticas, porém, outros possíveis de controle, como a fertilidade do solo, incidência de pragas e doenças e suprimento hídrico (Santana et al., 1999).

De acordo com Fonseca e Santana (2002), o sistema HVI (High Volume Instruments) mede as principais características definidas pelo USDA (United States Departamento of Agriculture), tanto para o mercado de algodão quanto para o melhoramento genético, com procedimento padronizado pela norma internacional ASTM D-4605. Dentre as determinações realizadas pelo equipamento destacam-se: índice de micronaire (MIC), comprimento (UHM), uniformidade (UI), índice de fibras curtas (SFI), resistência (STR), alongamento (ELG), reflectância (Rd) e amarelamento (+b), bem como impurezas. Há ainda o módulo NIR (Near

infrared), utilizado na avaliação da maturidade e do teor de açúcar reduzido presente no algodão.

Características de maçã e de fibra, como relação entre algodão em pluma e em caroço, comprimento, resistência e finura da fibra são determinadas principalmente pela variedade e, em menor intensidade, pelas práticas de irrigação e nutrição (Doorenbos e Kassam, 2000), como evidenciado por Nunes Filho et al. (1998) e Lamas e Staut (2001), dentre outros. No entanto, para Doorenbos e Kassam (2000), o tamanho da maçã e o peso de 100 sementes, geralmente, aumentam com o suprimento adequado de água, enquanto o percentual de pluma (relação pluma/semente) tende a ser menor. Níveis baixos de esgotamento da água do solo durante a formação da colheita tendem a resultar numa fibra mais longa e fina e com resistência menor.

Luz et al. (1999), estudando lâminas de irrigação oscilando de 400 a 800 mm, em duas frequências, 7 e 14 dias, constataram efeito apenas das lâminas sobre resistência, que aumentou da lâmina de 400 mm ( $8,5 \text{ lb.mg}^{-1}$ ) para a de 600 mm ( $8,8 \text{ lb.mg}^{-1}$ ), diminuindo na lâmina de 800 mm ( $7,9 \text{ lb.mg}^{-1}$ ) e, sobre a uniformidade, que variou de um máximo de 55,1% na lâmina de 400 mm até o mínimo de 53,3% na lâmina de 600 mm.

Estudando diferentes épocas de supressão da irrigação (20, 30, 40, 50 e 60 dias após a floração), Bezerra et al. (2002b) observaram, de forma geral, redução do índice de fibras curtas, aumento do micronaire, redução do amarelecimento com o prolongamento das irrigações bem como aumento da percentagem de fibra até a época de corte de 50 dias, havendo redução quando a irrigação foi suspensa mais tarde (aos 60 dias). Concluíram ainda, que a época de supressão da irrigação, apesar de ter exercido efeito significativo sobre algumas características tecnológicas da fibra de algodão BRS 201, não afetou a sua qualidade, preenchendo as exigências da indústria têxtil nacional.

Santana et al. (2003), ao estudarem a avaliação das características tecnológica da fibra da BRS 200 marrom a nível de grandes campos de produção de sementes, nos municípios de Catolé do Rocha-PB e Itaporanga-PB, na região fisiográfica do sertão de Estado, determinaram oito características físicas da fibra, a saber: comprimento comercial, índice de uniformidade, micronaire, resistência, alongamento, índice de fibras curtas e fiabilidade.

## 2.8. Funções do Nitrogênio (N) na Adubação do Algodoeiro

O conhecimento das funções de cada elemento químico é de capital importância para o monitoramento e balanceamento das adubações, levando-se em consideração as recomendações de análise de solo. Conforme Santos (2001), dentre os nutrientes, o nitrogênio (N) tem sido o mais estudado devido à grande quantidade removida nas colheitas.

O nitrogênio (N) é o nutriente extraído do solo em maior proporção pelo algodoeiro, sendo essencial para o seu crescimento. A disponibilidade de nitrogênio em quantidade e na época adequada estimula o crescimento e o florescimento, aumentando a produtividade e a qualidade de fibra. Porém, doses elevadas promovem o excessivo crescimento vegetativo em detrimento do crescimento reprodutivo (Carvalho et al., 2003).

Oliveira et al. (1998) relatam que a aplicação de doses crescentes de nitrogênio (N) na cultura do algodoeiro (0; 60; 120 e 180 kg de N/ha) propiciaram uma produtividade máxima para a dose de 120 kg/ha. O nitrogênio (N) é um dos elementos mais importantes para o algodoeiro, interferindo de maneira significativa sobre os aspectos quantitativos e qualitativos da produção. Por outro lado, trabalhos realizados por Silva et al. (1997) condicionam a resposta do algodoeiro à adubação nitrogenada e à adequada disponibilidade de outros nutrientes.

Malavolta et al. (1997) afirmam que o nitrogênio (N) é encontrado no solo nas formas orgânica, amoniacal e nítrica. Contudo, a maior quantidade do elemento existente no solo se encontra na forma orgânica; é necessário a sua transformação em formas inorgânicas através do processo de mineralização para seu maior aproveitamento pelas plantas. Quando comparado com os demais nutrientes, o nitrogênio (N) é muito mais difícil de ser mantido no solo ao alcance das raízes devido à sua mobilidade. Por isso, devido ao seu baixo efeito residual e à sua grande exigência pelas culturas, a adubação nitrogenada precisa ser feita de forma mais freqüente que no caso dos demais nutrientes, principalmente em solos arenosos (Pinto et al., 1993; Guilherme et al., 1994; Borges e Costa, 2002).

Para que o nitrogênio (N) seja absorvido, e que haja passagem dos íons nitrato ou amônio da solução do solo para o interior das células das raízes, é necessário que os íons cheguem até a superfície das raízes. Portanto, o mecanismo de fluxo de massa, contribui de maneira fundamental, sendo controlado pelo gradiente de potencial hídrico entre a parte aérea do vegetal e o solo gerado pela transpiração (Faquin, 1994; Brunini e Angelocci, 1998).

O elemento nitrogênio (N) absorvido pelas plantas é translocado via xilema das raízes para a parte aérea, sendo que a forma de translocação do elemento depende da sua forma



absorvida e do metabolismo radicular (Faquin, 1994). De acordo com Redinbaugh e Campbell (1991), o nitrogênio (N) absorvido como amônio é assimilado nos tecidos radiculares e redistribuído na forma de aminoácidos, no entanto, o nitrogênio (N) absorvido como íon nitrato pode ser translocado desta forma para a parte aérea, porém depende do potencial de redução do nitrato das raízes. Assim, o nitrato e os aminoácidos são as principais formas de translocação de nitrogênio no sistema vascular das plantas superiores.

A essencialidade do nitrogênio (N) para as plantas está em exercer funções fisiológicas importantes na formação de compostos orgânicos, destacando-se aminoácidos, proteínas, coenzimas, ácidos nucleicos, vitaminas e clorofila, dentre outros (Marschner, 1995). Como constituinte destes compostos, o nitrogênio (N) está envolvido nos processos que ocorrem no protoplasma, em reações enzimáticas e na fotossíntese (Redinbaugh e Campbell, 1991; Faquin, 1994; Shangguan et al., 2000). Por esta razão, o diagnóstico por meio de análise foliar e a correção de sua deficiência na planta devem ser feitas de preferência no período inicial de desenvolvimento da cultura, de modo a evitar maiores prejuízos à produção.

Estudos revelaram que doses elevadas de nitrogênio (N) podem ser prejudiciais ao crescimento inicial das plantas por inibir desenvolvimento radicular (Smith, 1965; Witt, 1997), alterando a relação entre as raízes e a parte aérea (Marschner, 1995), podendo comprometer o crescimento da planta. Para Staut e Kurihara (2001), o adequado fornecimento de nitrogênio (N) estimula o crescimento e o florescimento, regulariza o ciclo da planta, evitando a antecipação da maturação dos frutos, aumenta a produtividade e melhora o comprimento e a resistência da fibra.

Muitos produtores e pesquisadores procuram aplicar esquemas de adubação que promovam o maior benefício com menores custos. Embora não se tenha nenhuma receita de adubação pronta para todas as condições, é preciso levar em consideração as análises de solo e folhas, histórico de manejo dos campos e o acompanhamento das lavouras de algodão (Anuário Brasileiro do Algodão, 2001).

## **2.9. Fertirrigação**

A fertirrigação é uma técnica utilizada há muitos anos pelos agricultores em países como os Estados Unidos, Israel e Itália, tornando-se de uso generalizado, com o desenvolvimento de modernos sistemas de irrigação e pela qualidade dos adubos líquidos. No Brasil, a utilização da fertirrigação é recente, sendo mais adotada pelos produtores que utilizam sistemas de irrigação localizados. A irrigação localizada apresenta várias vantagens

quando comparada ao sistema convencional, principalmente como veículo de aplicação de fertilizantes via água de irrigação (Lopez, 2000; Coelho et al., 2002). Este processo possibilita realizar o fornecimento de nutrientes minerais às plantas dia-a-dia, em função das exigências nutricionais e das condições distintas de ambiente (Sousa e Sousa, 1998). Por sua vez, para se atender às exigências nutricionais do algodoeiro e garantir uma maior expressão de seu potencial produtivo, é imprescindível o uso da mais moderna tecnologia de irrigação localizada por gotejamento, caracterizada pela aplicação de água em apenas uma parte do solo, correspondente à zona explorada pelo sistema radicular, viabilizando a prática de fertirrigação. Tal operação é de grande importância às plantas, em função do fornecimento dos nutrientes juntamente com a água, facilitando a sua absorção, apresentando ainda outras vantagens, destacando-se dentre elas a melhor aplicação de nutrientes ao longo do ciclo da cultura (Lopez, 2000; Duenhas et al., 2002).

O uso de irrigação localizada permite a aplicação parcelada e de forma racional dos fertilizantes em quantas vezes forem necessárias, obedecendo às exigências da cultura, conforme as fases de seu ciclo (Lopez, 2001). Para que a fertirrigação seja eficiente, é necessário um equilíbrio entre a quantidade de nutrientes e a quantidade de água a ser aplicada durante cada fase da cultura, ou seja, a concentração de fertilizantes na água de irrigação (Blanco e Folegatti, 2002).

Conforme vários autores (Pinto et al., 1993; Sousa e Sousa, 1998; Johns e Vimpany, 1999; Lopez, 2000), a eficiência da fertirrigação depende do conhecimento e estudos de vários fatores, entre esses, o manejo adequado do sistema água-solo-planta-atmosfera. Denote-se, que o manejo irracional da água no solo implicará em perdas de nutrientes por lixiviação. De acordo com Pinto et al. (1993), o fracionamento de nutrientes é uma das vantagens desse sistema. A aplicação mais freqüente e em menores quantidades, ao longo do ciclo da cultura, permite reduzir perdas e, com isto, promover o aumento na produtividade.

Estudos realizados por Sousa e Sousa (1998) com a cultura do melão evidenciaram que a aplicação de nitrogênio (N) via fertirrigação promoveu maior produtividade de frutos comercializáveis. Resultados similares foram encontrados por (Pinto et al. 1993).

O elemento nitrogênio (N) é um nutriente bastante móvel no sistema solo-planta e se perde facilmente por lixiviação, volatilização e desnitrificação. Portanto, o parcelamento durante o ciclo das culturas e sua aplicação diretamente na zona efetiva do sistema radicular pode aumentar a eficiência de utilização desse nutriente (Papadopoulos, 1999).

## 2.10. Medições e Estimativas da Evapotranspiração

A evapotranspiração pode ser obtida por meio das seguintes categorias de medidas: 1) diretas, compreendendo lisímetros e balanço hídrico de campo e, 2) indiretas, representadas por equações empíricas, semi-empíricas e evaporímetros, conforme Burman e Pochoe (1994).

O resultado do balanço hídrico do solo, em escala regional, representa apenas uma etapa do ciclo hidrológico. Este, por sua vez, é caracterizado por: 1) precipitação, que é o componente principal do balanço hídrico; 2) evapotranspiração, que envolve componentes relacionados ao clima, solo e cobertura vegetal; e 3) escoamento superficial, como resultado final dos processos. Do total da água da chuva ou da irrigação que atinge o solo, uma parte é interceptada e fica na superfície e parte pode escoar superficialmente, enquanto o restante infiltra por meio de sua superfície. Deste total, uma parcela retorna à atmosfera por evapotranspiração e a outra percola profundamente, alimentando os aquíferos subterrâneos.

Segundo Morton (1983), o planejamento e o manejo de recursos hídricos têm sido deficientes, pois se desconsidera que a evapotranspiração, em algumas épocas do ano é maior que a precipitação e o escoamento superficial.

De acordo com Berlato e Molion (1981), a evaporação é um processo físico onde o líquido ou sólido passa ao estado gasoso, sendo que a transferência de água à atmosfera se dá pela superfície das massas de água (lagos, rios, oceanos, etc.) e pela evaporação em solos e vegetação úmida.

A transpiração, como processo difusivo, ocorre em qualquer parte da planta que se encontra exposta à atmosfera, sendo que normalmente a maior parte da água transpirada ocorre através dos estômatos, seguidos pelas cutículas e lenticelas. A difusão do vapor d'água nas plantas sofre resistência desde as paredes do mesófilo até a camada de ar limítrofe. Estas resistências são devidas à geometria interna das folhas; à natureza, espessura, idade das folhas e ao grau de hidratação das cutículas; à espessura da camada de ar adjacente à superfície foliar e à difusão através dos poros estomáticos (Kramer, 1983; Sedyama, 1987).

A evapotranspiração, juntamente com a precipitação efetiva, são os dois principais parâmetros para se estimar a quantidade de água necessária à planta. Geralmente em regiões áridas e semi-áridas, faz-se irrigação total, ou seja, nestas regiões a magnitude da precipitação efetiva é pouco significativa (Bernardo, 1989). A evapotranspiração pode variar significativamente conforme vários fatores: diferença na resistência estomática, índice de área foliar, refletividade, aerodinâmica das culturas e umidade do solo.

### 2.11. Estimativa da Evapotranspiração de Referência

Thornthwaite (1948) foi o primeiro a introduzir o termo evapotranspiração de referência, enquanto Penman (1956) o definiu como o processo de transferência de água para a atmosfera, por unidade de tempo, de uma superfície totalmente coberta por uma vegetação rasteira em pleno desenvolvimento vegetativo e sem restrições hídricas.

A evapotranspiração pode ser expressa como a quantidade equivalente de água evaporada por unidade de tempo, geralmente expressa como lâmina de água por unidade de tempo (mm dia<sup>-1</sup>), Burman et al. (1983).

Para Thornthwaite (1948), a evapotranspiração potencial é a perda máxima de água de uma superfície de solo úmido, completamente coberto com vegetação, suficiente para tornar desprezível o efeito oásis. De acordo com Penman (1956), evapotranspiração de referência é a quantidade de água evapotranspirada, por unidade de tempo, por uma cultura de porte baixo e altura uniforme, cobrindo totalmente o solo em condições ótimas de umidade.

A taxa de evapotranspiração potencial é função das condições meteorológicas e a evapotranspiração real é influenciada pela disponibilidade de água no solo e pela demanda evaporativa da atmosfera. A evapotranspiração máxima de uma cultura depende da demanda evaporativa do ar que é determinada pela radiação solar, velocidade do vento, umidade e temperatura do ar (Matzeauer, 1992).

Segundo Pereira et al. (1997), a evapotranspiração é controlada pela disponibilidade de energia, pela demanda atmosférica e pelo suprimento de água do solo às plantas. Existem diversos métodos para a determinação da evapotranspiração potencial, cada um com suas limitações. Cabe ao usuário, então, decidir qual deles utilizar, de acordo com a sua conveniência.

Evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>) e evapotranspiração potencial (ET<sub>p</sub>) têm o mesmo significado (Sentelhas, 2001), representando a taxa de evapotranspiração de uma superfície de referência (padrão), caracterizada com extensa superfície vegetada com grama, com altura de 8-15 cm, em crescimento ativo (IAF = 2,88), cobrindo totalmente a superfície do solo e bem suprida de água. De acordo com este autor, o referido conceito foi introduzido visando obter a demanda evaporativa da atmosfera, independentemente do tipo de cultura, de seu desenvolvimento, de práticas de manejo e da disponibilidade de água no solo. Conclui-se, portanto, que a ET<sub>o</sub> é variável, dependendo exclusivamente das condições meteorológicas, expressando o potencial de evapotranspiração de um local, em cada época do ano, sem levar em consideração fatores do solo e da água.

Para Grassi (1968), a estimativa da evapotranspiração potencial inclui aspectos de ordem física, que dependem do clima. Relata que o coeficiente de cultivo ( $K_c$ ) é considerado o efeito fisiológico, que é representativo da relação água-solo-planta. O valor de  $K_c$  varia ao longo do ciclo da cultura.

Notadamente, a necessidade hídrica das culturas é expressa por meio do coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), deduzido como a razão entre a evapotranspiração medida e a evapotranspiração estimada por métodos empíricos. Esse coeficiente é função do tipo de solo e do conteúdo de umidade no solo, sendo influenciado também pelas características biológicas da planta, variando de cultura e com o estágio de crescimento, conforme (Daker (1970).

O coeficiente de cultura ( $K_c$ ) para o algodoeiro varia em função da fase de crescimento da cultura e do seu ciclo, sendo determinado por Azevedo et al. (1993), Bezerra et al. (1992) e Bezerra et al. (1994) para as cultivares de ciclo curto (100-120 dias) e médio (130-150 dias), para período semanal e em função das fases fenológicas sugeridas pela FAO (Doorembos e Kassan, 1979). O ciclo da cultura é dividido em fases fenológicas e cada fase assume valores distintos de  $K_c$ . Para a cultura do algodão, os valores de  $K_c$ , nas suas fases de desenvolvimento são as seguintes: 0,4 para a fase inicial; 0,7 para o desenvolvimento da cultura; 1,05 para o período intermediário; 0,8 para o final do ciclo e 0,65 para a fase de colheita, de acordo com Doorembos e Kassan, (1994).

Existem vários métodos para se determinar a evapotranspiração, sendo que a maioria deles estima a evapotranspiração potencial, ou seja, a evapotranspiração que ocorre quando não há deficiência d'água no solo que limite seu uso pelas plantas (Bernardo, 1989). De acordo com este autor, devido às características intrínsecas de cada espécie, a evapotranspiração potencial varia de cultivo para cultivo, sendo necessário se definir a evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) e a evapotranspiração potencial ( $ET_p$ ) ou máxima ( $ET_m$ ) por cultura.

A não verificação da adequação dos métodos de estimativa da evapotranspiração de referência às condições climáticas, a falta de precisão na estimativa, bem como, o erro, devido ao uso de instrumentos de medidas inadequadas, em geral, também conduzem ao manejo inadequado da água, afetando muitas vezes a produção agrícola. Aplicações insuficientes ou em excesso resultam em perdas e prejuízos consideráveis às plantas e ao solo, diminuindo, dessa forma, a eficiência do uso de irrigação (Silva et al., 1993).

Conforme Azevedo et al. (1993), a  $ET_p$  pode ser medida através de lisímetros ou estimada através do balanço de energia e modelos micrometeorológicos sobre a cultura,

enquanto que a  $ETo$  é usualmente estimada através de equações, na maioria das vezes, empíricas e de dados coletados em estações meteorológicas convencionais ou automáticas.

Doorembos e Kassan (1994) definiram como sendo evapotranspiração máxima ( $ET_m$ ) a transferência de água para a atmosfera por uma superfície onde a cobertura vegetal é uma cultura agrônômica, em qualquer fase de seu desenvolvimento e em condições ideais de umidade do solo e de manejo agrônômico.

Para determinação indireta da evapotranspiração máxima, os métodos de Blaney-Criddle, Hargreaves e Tanque Classe-A estão entre os mais usados em várias partes do mundo, permitindo resultados satisfatórios e exigem um número reduzido de informações climáticas. Vale ressaltar que os dois primeiros são os mais indicados para o dimensionamento de projetos/sistemas de irrigação por não estimarem a evapotranspiração com precisão em períodos inferiores a 30 dias. O modelo de Blaney-Criddle é, provavelmente, a mais conhecida expressão de estimativa das exigências hídricas dos cultivos para fins de dimensionamento de sistemas de irrigação. Desenvolvido para a região semi-árida dos estados Unidos, permite estimar a evapotranspiração de um período de tempo mínimo de um mês, quando o único dado meteorológico disponível é a temperatura (Bernardo, 1986). O método de Hargreaves, testado no Nordeste brasileiro com resultados satisfatórios, permite estimar a evapotranspiração de referência de um período de tempo de 30 dias, quando se dispõem de dados meteorológicos médios de temperatura e umidade relativa do ar (Silva e Silva, 1983).

A equação de Penman combina o balanço de energia no sistema com princípios aerodinâmicos relacionados ao processo de transporte de massa. Desde que foi desenvolvida, tem sido bastante utilizada em todo o mundo, quer na sua forma original, quer nas inúmeras modificações introduzidas por diferentes autores, entre elas, a adaptada por Doorembos e Pruitt (1977). O modelo de Penman (1948) é considerado como método padrão, portanto combina os efeitos do balanço vertical de energia (termo energético) com aqueles do poder evaporante do ar (termo aerodinâmico). Monteith (1965) introduziu algumas modificações no termo aerodinâmico do modelo de Penman, incluindo dois valores de resistência ao fluxo de vapor de água, a resistência do dossel da cultura ( $r_c$ ), decorrente das características fisiológicas da planta, e a resistência aerodinâmica ( $r_a$ ) que inclui o efeito do vento na difusão turbulenta de calor sensível e vapor d'água. Por incorporar a ação climática e os aspectos fisiológicos da planta, o modelo permite utilização em qualquer tipo de cultura. Sendo que a operacionalidade do método fica limitada à obtenção de  $r_c$  e  $r_a$ . Monteith (1985) sugere

valores  $r_c$  de  $50 \text{ s.m}^{-1}$  para a maioria das plantas cultivadas, quando se deseja conhecer a sua evapotranspiração potencial. Hatfield (1988) apresenta valores de  $r_c$  em torno de  $20 \text{ s.m}^{-1}$ .

Assis (1991), utilizando o método de Penman-Monteith em uma área com grama e em outra com sorgo, verificou que existe uma boa correlação entre os valores medidos e estimados, com coeficientes de correlação superiores a 0,8. Para o sorgo, foi encontrado coeficientes de 0,89 e para a grama 0,85, o que torna esse método muito recomendado.

O manejo da irrigação pelo método do tanque “Classe A” tem sido amplamente utilizado em todo o mundo. Isso se deve principalmente aos resultados satisfatórios alcançados para a estimativa das necessidades hídricas das culturas a custos relativamente baixos, possibilidade de instalação próximo da cultura a ser irrigada e à facilidade de operação (Volpe e Churata-Masca, 1988).

O tanque “Classe A” é um dos modelos de tanque evaporimétrico mais difundido no Ocidente e adotado no Brasil, desenvolvido pelo U. S Weather Bureau. Trata-se de um tanque não enterrado montado a céu aberto sobre um estrado de madeira, colocado em nível. O tanque evaporimétrico “Classe A” possui como acessórios um poço tranquilizador, um micrômetro e um nível de pedreiro (Varejão-Silva, 2000). Para Barreto et al. (1999), o método do tanque “Classe A” é um dos mais práticos para determinação das necessidades hídricas do algodoeiro, sendo necessário, ao irrigante dispor de informações da evaporação, do coeficiente do tanque ( $K_p$ ) e do coeficiente de cultura ( $K_c$ ). No intuito de contornar estas limitações, Pereira et al. (1995) propuseram um modelo alternativo para a determinação do  $K_p$ , que leva em consideração a resistência do dossel de um gramado ( $r_c$ ) e a resistência aerodinâmica ( $r_a$ ) ao transporte de vapor da água. No entanto, este modelo indica que o coeficiente do tanque evaporimétrico é dependente da razão ( $r_c/r_a$ ) e da temperatura do ar, que, por sua vez, determina o valor da tangente à curva de pressão de saturação do vapor da água.

O tanque evaporimétrico “Classe A” tem sido recomendado por muitos autores para a estimativa da evapotranspiração de referência, principalmente quando se deseja utilizá-lo na estimativa da evapotranspiração das culturas para manejo da água em projetos de irrigação (Bernardo, 1989; Reichardt, 1987).

Na evaporação de uma superfície de água livremente exposta como num tanque “Classe-A”, integram-se os efeitos dos diferentes fatores climáticos que influenciam no processo de evapotranspiração das culturas. Os valores de ECA podem ser obtidos em postos meteorológicos da região, estações experimentais ou no próprio local.

No método do tanque Classe-A a leitura do nível de água é realizada diariamente e a diferença entre leituras caracteriza a evaporação no período. As leituras diárias determinam a

evaporação de água, tornando-se necessário a conversão da evaporação do tanque “Classe-A” para a evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>).

Doorembos e Pruitt (1990) e Villa Nova e Ometto (1975) consideram o tanque “Classe A” de larga utilização para a determinação tanto da evapotranspiração potencial (ET<sub>p</sub>) como da evapotranspiração real (ET<sub>r</sub>).

Na determinação da evapotranspiração real ou de cultivo (ET<sub>r</sub>), utilizando-se evapotranspirômetro ou lisímetro, a umidade do solo do aparelho poderá ter uma grande amplitude, mas, na determinação da evapotranspiração potencial (ET<sub>p</sub>), Pequeno et al. (1978) recomendam manter a umidade do solo o mais próximo possível do máximo que o solo possa armazenar. Desta maneira o teor de água do solo não irá influir na determinação da evapotranspiração potencial.

Através da evaporação medida no tanque “Classe A” procede-se a estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>), onde requer uma correção denominada de coeficiente do tanque (K<sub>p</sub>), que depende do tamanho e natureza da área de bordadura, da velocidade do vento e da umidade relativa do ar. Doorembos e Pruitt (1977) apresentaram uma tabela que sistematiza o valor de K<sub>p</sub>, em função desses fatores relacionados, após exaustiva análise de dados experimentais obtidos em diferentes regiões do mundo. Recomenda-se para regiões semi-áridas, utilizar o K<sub>p</sub>=0,75 (Soares e Amorim Neto, 1986). Segundo Snyder (1992), o cálculo do coeficiente do tanque (K<sub>p</sub>) pode ser realizado diariamente, obedecendo a seguinte equação, assim descrita.

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376V + 0,0045UR \quad \text{Eq.1}$$

onde F= Tamanho da área da bordadura (m); V= velocidade do vento (km/dia); UR= Umidade relativa do ar (%)

## 2.12. Função de Resposta

Para Frizzone (1993), as funções de resposta das culturas com bases em experimentos constituem fontes valiosas de informações a serem utilizadas nos modelos de tomadas de decisão em nível das empresas agrícolas.

Frizzone (1998) esclarece que a função de produção pode ser definida como uma relação física entre as quantidades utilizadas de certo conjunto de insumos e as quantidades físicas máximas que se podem obter do produto, para dada tecnologia adotada, podendo ser representada por uma função matemática com derivadas de primeira e segunda ordem. Para



Dantas Neto (1994), a agricultura irrigada tem crescido continuamente, enquanto os suprimentos disponíveis são mais ou menos constantes. Mediante estas circunstâncias, há a necessidade de se introduzir técnicas eficientes de manejo adequado de recursos hídricos para otimizar a utilização desses recursos.

Na agricultura, o fator água deve ser otimizado, possibilitando, sem maiores riscos, aumentar a utilização dos demais insumos de produção e, por consequência, obterem-se maiores produtividades com uma melhor combinação dos insumos empregados. Para tanto, o conhecimento das funções de produção ou superfícies de resposta é fundamental para auxiliar nas decisões, haja vista que estas funções possibilitam determinar as interações entre os diversos fatores que afetam a produtividade e escolher as soluções mais condizentes com a realidade regional, permitindo assim o manejo racional da irrigação em bases técnicas economicamente viáveis (Bernardo, 1998).

A utilização de sistemas de irrigação mais eficientes é uma busca constante na agricultura irrigada, pois existe tendência de aumento no custo da energia e de redução da disponibilidade hídrica dos mananciais. Dentre os sistemas pressurizados, a irrigação localizada é a que propicia a maior eficiência de irrigação, uma vez que as perdas na aplicação de água são relativamente pequenas, considerando-se que, quando bem planejada, a área máxima molhada não deve ser superior a 55% da área sombreada pela planta, com área mínima molhada de 20% nas regiões úmidas e de 30% nas regiões de clima semi-árido (Azevedo, 1986).

Conforme Bernardo (1995), a eficiência de aplicação é a estimativa da percentagem do total de água aplicada na irrigação considerada útil às plantas. Em geral, a baixa eficiência nos projetos de irrigação está relacionada à desuniformidade de distribuição d'água. Segundo Frizzone (1992), a eficiência de aplicação incorpora a eficiência de distribuição e a eficiência em potencial de aplicação, dando idéia das perdas de água por percolação e por evaporação. Dentre os sistemas de irrigação, a localizada apresenta maiores valores de eficiência de aplicação, da ordem de 80-90%, bem superiores às faixas de 60-80% e de 50-70%, dos sistemas por aspersão e superfície, respectivamente (Keller e Bliesner, 1990).

A curva de produção versus água aplicada, de acordo com Salomon (1985), tem uma zona de déficit de água e outra zona após o ponto de máxima produção, que é a zona de excesso de água. Para Hargreaves e Samani (1984), o trecho da curva da relação "produção versus água aplicada" até 50% da quantidade resulta na produção máxima; a partir daí, os acréscimos de água correspondem a ganhos progressivamente menores na produção até o ponto de máxima produção, a partir do qual os acréscimos na produção são negativos.

### 3. MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Localização da Área Experimental

O experimento foi realizado durante o período de setembro de 2005 a janeiro de 2006, numa área 0,11 hectare, ao lado da estação meteorológica, no Centro de Ciências Humanas e Agrárias-CCHA, pertencente à Universidade Estadual da Paraíba, Campus-IV, distando 2 km da sede do município de Catolé do Rocha-PB (Figura 3.1). As coordenadas geográficas do local são 6°20'38" de latitude sul, 37°44'48" de longitude a oeste do meridiano de Greenwich e 275 metros de altitude.

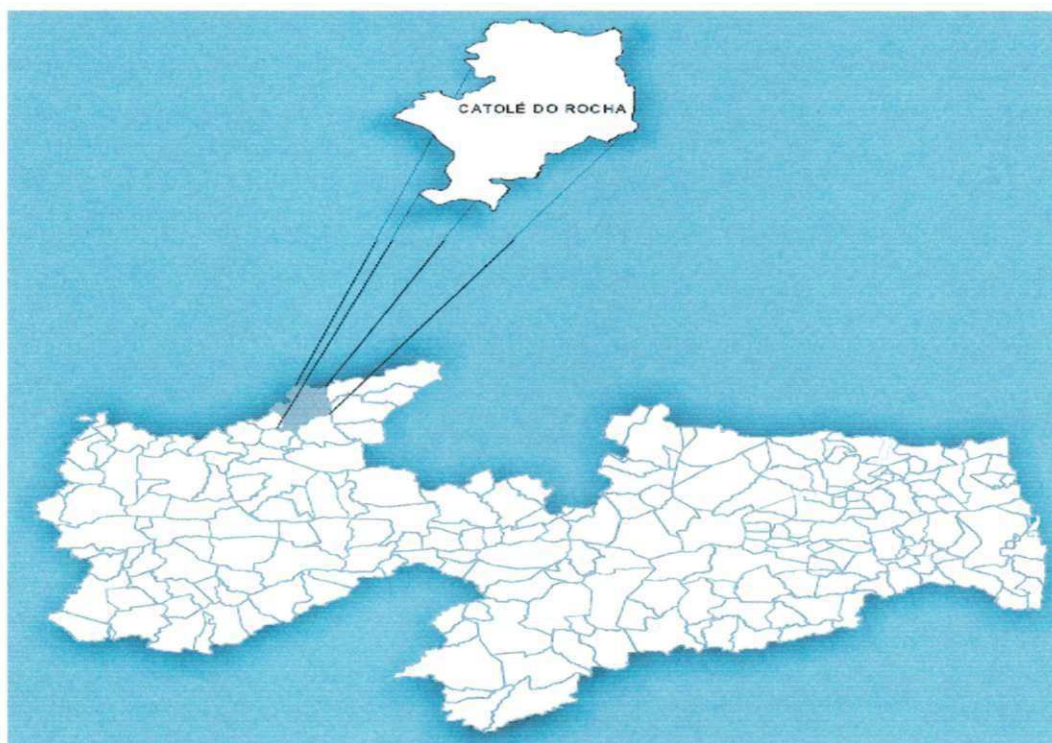


Figura 3.1. Mapa de localização do município de Catolé do Rocha/PB.

#### 3.2. Características Climáticas e Vegetação

O clima do município, de acordo com a classificação de Köppen, é do tipo BSW<sub>h</sub>, ou seja, seco, muito quente do tipo estepe, com estação chuvosa no verão e com temperatura do mês mais frio superior a 18° C. De acordo com a FIPLAN (1980), a temperatura média anual

do referido município é de 26,9° C, evaporação média anual de 1707 mm e a precipitação pluvial média anual de 874,4 mm, cuja maior parte concentra-se no trimestre fevereiro/abril, irregularmente distribuídas. A vegetação nativa do município é do tipo caatinga hipernativa, com predominância de plantas espinhosas, rica em cactáceas e bromeliáceas.

Para obtenção de informações meteorológicas locais, os valores de velocidade média e direção do vento a 10 m de altura acima da superfície do solo ( $U_{10m}$ ), temperatura máxima ( $T_{máx.}$ ), mínima ( $T_{mín.}$ ) diária do ar, umidade relativa ( $U_{méd.}$ ), precipitação pluviométrica, radiação solar global (irradiação), umidade do solo e temperatura do solo através da Estação Meteorológica Automatizada (Campbell Sci, Mod. CR-10) instalada no local do experimento (Figura 3.2).



**Figura 3.2.** Estação Meteorológica Automatizada no local do experimento na Escola Agrotécnica do Cajueiro.

### 3.3. Solo da Área Experimental

As análises do solo da área experimental foram realizadas no Laboratório de Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande-UFCG, a partir das amostras retiradas nas profundidades de 0-30 cm; 30-60 cm e 60-90 cm. O solo da área experimental é do tipo Neossolo Flúvico de textura franco-arenoso (Quadro 3.1).

**Quadro 3.1.** Caracterização física e química do solo da área experimental, antes do plantio\*.

CARACTERÍSTICAS	PROFUNDIDADES DO SOLO		
	P <sub>1</sub> (0-30 cm)	P <sub>2</sub> (30-60 cm)	P <sub>3</sub> (60-90 cm)
<b>FÍSICAS</b>			
Granulometria - $g\ kg^{-1}$			
Areia	664	614	588
Silte	195	218	241
Argila	141	168	171
Classificação Textural	Franco Arenoso	Franco Arenoso	Franco Arenoso
Densidade Aparente - $g\ cm^{-3}$	1,41	1,41	1,41
Umidade de Saturação - $g\ kg^{-1}$	240,5	222,8	238,8
Umidade C. Campo a 33,4 kPa - $g\ kg^{-1}$	104,0	120,7	144,0
Umidade P. Murcha a 1519,9 kPa - $g\ kg^{-1}$	63,9	67,3	81,9
<b>QUÍMICAS</b>			
pH da Pasta de Saturação	6,94	6,77	6,76
Análise do Extrato de saturação			
Condutividade Elétrica - $dS\ m^{-1}$	0,60	0,64	0,80
Cátions Solúveis - $mmolc\ L^{-1}$			
Cálcio	2,65	1,56	2,14
Magnésio	1,35	0,80	0,74
Sódio	3,10	4,46	6,11
Potássio	0,02	0,01	0,01
RAS - $(mmolc\ L^{-1})^{1/2}$	2,24	4,08	5,12
Ânions - $mmolc\ L^{-1}$			
Cloro	2,35	3,98	6,12
Carbonato	Ausente	Ausente	Ausente
Bicarbonato	3,19	2,25	1,42
Sulfato	0,000	0,000	0,000
Complexo Sortivo - $cmolc\ kg^{-1}$			
Cálcio	3,24	3,31	4,34
Magnésio	2,18	1,77	1,79
Sódio	0,25	0,86	0,71
Potássio	0,02	0,01	0,01
Alumínio	0,01	0,01	0,02
Hidrogênio	0,14	0,12	0,30
CTC	5,84	6,08	7,17
Porcentagem de Sódio Trocável	4,13	13,35	7,18
Carbono Orgânico - $g\ kg^{-1}$	5,7	3,4	3,2
Matéria Orgânica - $g\ kg^{-1}$	9,8	5,9	5,5

\* Valores médios de 15 amostras, retiradas nos locais correspondentes aos tratamentos estudados.

### 3.4. Características da Água Utilizada na Irrigação

A água utilizada na irrigação para o cultivo do algodoeiro BRS-Rubi foi proveniente de um poço amazonas, próximo da área do campo experimental, com um suporte aquífero suficiente às irrigações. A análise da água (Quadro 3.2) foi realizada pelo Laboratório de

Irrigação e Salinidade do Centro de Tecnologia e Recursos Naturais da Universidade Federal de Campina Grande.

**Quadro 3.2.** Características químicas das águas utilizadas na irrigação do algodoeiro BRS-RUBI.

CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS	VALOR
pH (Potencial Hidrogênico)	7,45
Condutividade Elétrica-dSm <sup>-1</sup>	0,50
<b>Cátions-mmol<sub>c</sub>L<sup>-1</sup></b>	-
Cálcio	1,76
Magnésio	0,78
Sódio	2,48
Potássio	0,01
<b>Ânions-mmol<sub>c</sub>L<sup>-1</sup></b>	-
Carbonato	0,10
Bicarbonato	2,48
Cloroeto	2,54
Sulfato	Aus.
RAS-mmol <sub>c</sub> L <sup>-1</sup> ) <sup>1/2</sup>	2,19
Classificação-Richards (1954)	C <sub>2</sub> S <sub>1</sub>

### 3.5. Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado foi de blocos casualizados, sendo os tratamentos arranjados em esquema fatorial 4x4, com 16 tratamentos e 4 repetições. A parcela experimental tinha um comprimento de 10 m contendo 70 plantas experimentais, sendo 50 delas consideradas úteis. Foram estudados os efeitos de 4 lâminas de água ( $L_1 = 50\%$ ,  $L_2 = 75\%$ ,  $L_3 = 100\%$  e  $L_4 = 125\%$  da Necessidade de Irrigação Bruta - NIB) e de 4 formas de fracionamento ( $F_1$ ,  $F_2$ ,  $F_3$  e  $F_4$ ) de adubação nitrogenada via fertirrigação no crescimento e na produção do algodoeiro colorido BRS Rubi. A primeira forma de fracionamento ( $F_1$ ) de adubação (Quadro 4.3) consistiu de 4 fertirrigações, aos 15, 30, 45 e 60 dias após a germinação, sendo aplicados, respectivamente,  $0,66 \text{ g L}^{-1}$ ,  $1,32 \text{ g L}^{-1}$ ,  $1,98 \text{ g L}^{-1}$  e  $2,64 \text{ g L}^{-1}$  da quantidade total de sulfato de amônio recomendada, conforme análise de solo. Na segunda forma de fracionamento ( $F_2$ ), foram feitas 3 aplicações de sulfato de amônio via fertirrigação, aos 30, 45 e 60 dias após a germinação, sendo aplicados, respectivamente,  $1,98 \text{ g L}^{-1}$ ,  $1,98 \text{ g L}^{-1}$  e  $2,64 \text{ g L}^{-1}$  da quantidade de adubo recomendada. A terceira forma de fracionamento ( $F_3$ ) constitui-se na aplicação de 2 adubações, aos 45 e 60 dias, sendo colocada, respectivamente,  $3,96 \text{ g L}^{-1}$  e  $2,64 \text{ g L}^{-1}$  da quantidade total recomendada. A quarta forma de fracionamento ( $F_4$ ) baseou-se numa aplicação única de adubo, aos 60 dias, após a germinação, sendo distribuída a quantidade total de adubo  $6,60 \text{ g L}^{-1}$  via fertirrigação.

**Quadro 3.3.** Formas de fracionamento de adubação do algodoeiro colorido BRS Rubi via fertirrigação para os diferentes formas de aplicação.

IDADE DA PLANTA (Dia)	FORMAS DE FRACIONAMENTO DA ADUBAÇÃO			
	<i>Primeira</i> (F <sub>1</sub> )	<i>Segunda</i> (F <sub>2</sub> )	<i>Terceira</i> (F <sub>3</sub> )	<i>Quarta</i> (F <sub>4</sub> )
15	0,66 g L <sup>-1</sup>	-	-	-
30	1,32 g L <sup>-1</sup>	1,98 g L <sup>-1</sup>	-	-
45	1,98 g L <sup>-1</sup>	1,98 g L <sup>-1</sup>	3,96 g L <sup>-1</sup>	-
60	2,64 g L <sup>-1</sup>	2,64 g L <sup>-1</sup>	2,64 g L <sup>-1</sup>	6,60 g L <sup>-1</sup>
<b>TOTAL</b>	<b>6,60 g L<sup>-1</sup></b>	<b>6,60 g L<sup>-1</sup></b>	<b>6,60 g L<sup>-1</sup></b>	<b>6,60 g L<sup>-1</sup></b>

### 3.6. Condução do Experimento

#### 3.6.1. Preparo do Solo

A preparação do solo da área experimental foi realizada no início do mês de setembro do ano de 2005, tendo sido realizada uma aração obedecendo à profundidade de aproximadamente 30 cm, seguida de duas gradagens cruzadas, com uma grade leve a tração mecânica.

#### 3.6.2. Cultivar Utilizada e Espaçamento

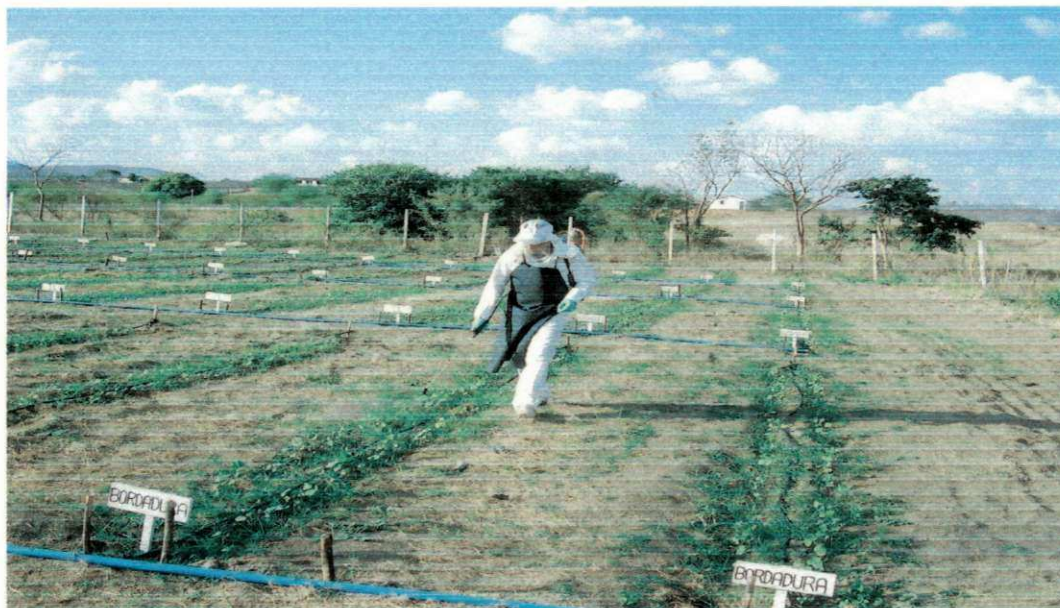
A cultura pesquisada foi o algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum L. r latifolium Hutch*), cultivar BRS Rubi, cultivada em regime de irrigação. Esta cultivar diferencia-se das demais de fibra marrom existentes no Brasil por apresentar a fibra marrom escura ou avermelhada cor de telha, sendo a primeira cultivar no Brasil com esta característica de cor da pluma, como se verifica na (Figura 3.3). Como toda cultivar de fibra colorida, embora sua cor seja duradoura, deve-se evitar o prolongado retardamento da colheita em campo, evitando exposição demasiada da fibra aos raios solares para que se obtenha uma coloração bem intensa. O espaçamento duplo utilizado foi o de 1,70 m x 0,30 m x 0,20 m, numa densidade populacional de 50.000 plantas por hectare.



**Figura 3.3.** Área experimental cultivada com algodoeiro BRS Rubi.

### **3.6.3. Semeio, Ervas Daninhas, Desbastes e Pragas**

O semeio foi realizado, manualmente, após a estação chuvosa, por se tratar do cultivo irrigado, colocando-se, em média, de 3-4 sementes por cova, na profundidade de 2-3 cm. As plântulas da cultivar BRS-Rubi emergiram 5-7 dias após o semeio e, no décimo segundo dia após o semeio foi realizado um replantio. Durante o experimento de campo, o algodoeiro colorido BRS-Rubi foi mantido livre de inços, através de capinas ocasionais, realizadas com o uso de enxada manual. Foi realizado um único raleamento com a intenção de eliminar o excesso das plantas e obter a população de plantas desejada por cova. Para o controle de pragas (Figura 3.4) utilizou-se o MIP (EMBRAPA, 2004), com amostragens realizadas a cada semana, a partir da emergência até a colheita. As pragas que mais se destacaram durante a execução do experimento de campo foram o pulgão (*Aphis gossypii* glover) e a cochonilha (*Icerya schrottkyi*).



**Figura 3.4.** Tratos fitossanitários na cultura do algodão BRS Rubi.

### **3.7. Manejo da Irrigação**

#### **3.7.1. Sistema de Irrigação**

O sistema de irrigação por gotejamento foi composto de uma bomba King de 1,0 cv, Mod. C 7 E N 4, rolamento 62036202, rendimento 73,5%, trifásico 220380 Volt.

Antes de efetuar o plantio das sementes da cultivar BRS-Rubi foram efetuadas duas irrigações para elevação da umidade do solo à capacidade de campo, a profundidade de 40 cm no perfil do solo. O sistema de irrigação utilizado foi o localizado através do método de gotejamento (Figura 3.5) utilizando-se mangueiras de 16 mm, com emissores de vazão de 4 L.h<sup>-1</sup>. A área experimental recebeu leves irrigações seqüenciais para assegurar ao solo condições inerentes a uma boa germinação das sementes. A partir de então, as irrigações foram efetuadas obedecendo-se um turno de rega de dois dias. As lâminas de irrigação aplicadas em cada tratamento foram definidas pela necessidade de irrigação bruta-NIB.





**Figura 3.5.** Sistema de irrigação localizado por gotejamento.

### 3.7.2. Estimativa da Evapotranspiração

A evapotranspiração de referência diária foi estimada através do método do tanque Classe “A”, calculada a partir da equação apresentada por Allen et al. (1998), da seguinte forma:

$$ET_o = K_p \cdot ECA \quad \text{Eq. 3.1}$$

onde,  $ET_o$  é a evapotranspiração de referência, em mm/dia,  $K_p$  é um fator de correção, denominado de coeficiente do tanque, que depende da velocidade do vento, da umidade relativa do ar e da bordadura; e  $ECA$  é a evaporação do tanque Classe “A”, em mm/dia. A equação utilizada para estimativa do  $K_p$  foi à proposta por Snyder (1992), assim representada:

$$K_p = 0,482 + 0,024 \ln(F) - 0,000376 V + 0,0045 UR \quad \text{Eq. 3.2}$$

em que,  $K_p$  é o coeficiente do tanque;  $F$  é o tamanho da bordadura, formada por grama plantada em volta do tanque Classe “A”;  $V$  é a velocidade média do vento a 2 m, em km/h; e  $UR$  é a umidade relativa do ar.

A evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) foi convertida em evapotranspiração potencial da cultura ( $ETP$ ), através de multiplicação da evapotranspiração de referência ( $ET_o$ ) pelo coeficiente de cultivo ( $K_c$ ), através da seguinte equação (Doorenbos e Pruitt, 1977):

$$ETP = ET_o \cdot K_c \quad \text{Eq. 3.3}$$

Os coeficientes de cultivo ( $K_c$ ) utilizados para a cultura algodoeira foram:  $K_{c_{inicial}} = 0,4$ ;  $K_{c_{desenv.}} = 0,7$ ;  $K_{c_{interm.}} = 1,05$ ;  $K_{c_{final}} = 0,8$  e  $K_{c_{colheita}} = 0,65$ , de acordo com (Doorembos e Kassan, 1979). Desse modo, as lâminas de irrigação foram calculadas e os intervalos de irrigação fixados em 2 dias.

A Necessidade de Irrigação Bruta (NIB), dada em mm/dia, foi determinada com base na demanda atmosférica, a partir da seguinte equação:

$$NIB = (ETP - PE) \times Kr / (1 - FL) \times Ei \quad \text{Eq. 3.4}$$

onde, PE é a precipitação efetiva, em mm/dia, calculada com base em 65% do valor da precipitação pluviométrica diária superior a 5 mm/dia (Doorembos e Pruitt, 1977); Kr é o coeficiente de cobertura ou de redução; FL é a fração de lixiviação adotada; e Ei é a eficiência de irrigação sistema localizado utilizado. Os dados de Kr e FL foram estimados com base nas seguintes equações:

$$Kr = Cs / 0,85 \text{ ou } 1, \text{ (Keller e Karmeli, 1974) assumindo o menor dos valores} \quad \text{Eq. 3.5}$$

$$FL = CEa / (5 \times CEes - CEa) \quad \text{(Ayers e Westcot, 1991)} \quad \text{Eq. 3.6}$$

onde, Cs é o índice de cobertura do solo; CEa é a condutividade elétrica da água, em  $dSm^{-1}$ ; e CEes é a condutividade elétrica limite do extrato de saturação do solo, em que o rendimento potencial da cultura ainda é de 100%.

### 3.8. Eficiência de Conversão da Radiação Solar Acumulada ( $MJ/m^2$ )

Os dados de radiação solar acumulado, obtidos através do sensor Piranômetro, localizado na estação tipo Agrometeorológica Nº 31938 no local do experimento, foram correlacionados com dados de altura de planta, diâmetro do caule, número de folhas, área foliar unitária e área foliar total, para estudar o efeito da irradiação solar no crescimento das plantas no ciclo da cultura.

### 3.9. Amplitude Térmica Acumulada ( $^{\circ}C$ )

Os dados referentes ao somatório térmico foram obtidos através do sensor Psicrômetro instalado na estação automática agrometeorológica e correlacionados com altura de planta e área foliar total, para estudar o efeito da amplitude térmica no crescimento das plantas durante o ciclo fenológico da cultura.

### 3.10. Variáveis Avaliadas

Foram avaliadas as seguintes variáveis: altura de plantas (cm), diâmetro caulinar (mm), número de folhas, área foliar unitária (cm<sup>2</sup>), área foliar total, número de ramos simpodiais, comprimento de ramos simpodiais (cm), número de capulhos por planta, peso de algodão caroço por planta (g), peso de algodão caroço por hectare (kg), peso de algodão pluma por planta (g.ha<sup>-1</sup>) e peso de algodão pluma por hectare (g.ha<sup>-1</sup>).

#### 3.10.1. Análise de Crescimento e Produção

Após vinte e cinco dias da semeadura, foram realizadas, quinzenal, as medições de altura de 10 plantas, previamente selecionadas no interior da parcela, medindo-se a distância entre o colo da planta e a extremidade da haste principal, tendo sido feitas quatro mensurações, onde as medições foram feitas através de uma régua graduada em centímetros., por sua vez, procederam-se também as leituras de diâmetro caulinar, que foram efetuadas, também quinzenal, no colo da planta, a 2,0 cm de altura, utilizando-se um paquímetro metálico de 0,1 mm de precisão, foi contado o número de folhas por planta e também foram mensurados, comprimento da nervura principal da folha, para efeito do cálculo da área foliar unitária, multiplicando-se os valores da área foliar/planta pelo número de folhas de cada planta, encontrou-se a área foliar total, assim como, contagem do número de ramos produtivos e o respectivo comprimento dos ramos simpodiais.

A colheita teve início em 28/12/2005 quando se observou 70% dos capulhos abertos, sendo realizada manualmente, a partir das 9:00 h da manhã, para evitar orvalho, utilizando-se sacos de papel devidamente identificados. A pesagem do volume de algodão colhido em cada tratamento foi efetuada utilizando-se uma balança eletrônica de carga com precisão de cinco (5) gramas.

#### 3.10.2. Área Foliar (AF)

A partir de 12/10/2005, mediu-se o comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro, que serviu para a estimativa da área foliar unitária (AFU) a partir da equação descrita por (Grimes e Carter, 1969):

$$Y = 0,4322X^{2,3032} \quad \text{Eq. 3.7}$$

em que Y é a área foliar unitária (cm<sup>2</sup>) e X é o comprimento da nervura principal da folha do algodoeiro. Determinou-se a área foliar total (AFT) da planta multiplicando-se a área foliar unitária pelo número de folhas da planta.

### 3.11. Características Tecnológicas de Fibras do Algodão

Foram avaliadas as seguintes variáveis: percentagem da fibra (%), comprimento da fibra (mm), uniformidade de comprimento da fibra (%), alongamento (%), micronaire (%) e maturação (%).

As análises das características tecnológicas de fibras do algodão colorido BRS Rubi foram obtidas a partir da colheita de vinte plantas na unidade experimental, levando-se em consideração uma amostra total retirada da porção útil de cada tratamento.

As amostras foram embaladas em sacos de papel devidamente identificados e conduzidos ao Laboratório de Tecnologia de Fibra-EMBRAPA-algodão, onde foram climatizadas por 24 h e, em seguida, submetidas ao HVI (High Volume Instruments) para posterior determinação das seguintes características tecnológicas da fibra:

*Percentagem da fibra (%)* - representa o valor médio de sua percentagem ponderal, obtida após o beneficiamento das amostras.

*Comprimento da fibra-UHM (mm)* - corresponde aos valores médios de comprimento 2,5%, fornecidos pelo Fibrógrafo que atinge uma amostra da fibra distribuída ao acaso, em um pente ou pinça especial (Farias et al., 1999)

*Uniformidade de comprimento da fibra-UNF (%)* - representa a relação entre os comprimentos 50% e 2,5%, obtidos por meio de Fibrógrafo, ou seja, representa uma medida da regularidade do comprimento da fibra dentro de uma população (Santana e Wanderley, 1995).

*Alongamento da fibra a ruptura-ELG (%)* - representa o comprimento médio da distância, na qual as fibras se distendem antes da ruptura (Santana e Costa, 1999)

*Índice micronaire-MIC (%)* - representa o complexo finura + maturidade, determinado no aparelho Fibronaire, e revela a proporção do fluxo de ar que atravessa sua amostra de fibra de 3,24g, sob pressão constante.

*Maturidade- MAT (%)* - corresponde ao índice médio fornecido pelo Fibrógrafo, segundo método proposto por Sabino et al. (1980).

### 3.12. Análise Econômica da Produção

Ao assumir um único fator variável, a função de resposta da cultura é representada por uma função polinomial de segundo grau, expressa por:

$$Y = b_0 + b_1X + b_2X^2 \quad \text{Eq. 3.8}$$

em que Y é a produção do algodão em caroço ( $\text{kg ha}^{-1}$ ); X é o fator lâminas de água em mm.;  $b_0$ ,  $b_1$  e  $b_2$  são coeficientes da equação determinados através do software SISVAR.

A partir da Equação 3.8, determina-se a quantidade do fator correspondente à produtividade máxima obtida (Frizzone, 1993), por intermédio das seguintes equações:

$$X_m = \frac{-b_1}{2 \cdot b_2} \quad \text{Eq. 3.9}$$

$$Y_m = b_0 + b_1 \cdot X_m + b_2 \cdot X_m^2 \quad \text{Eq. 3.10}$$

em que:  $X_m$  = lâminas de água correspondentes à máxima produtividade;

$Y_m$  = máxima produtividade obtida.

Portanto, muito mais do que a produção máxima, é importante determinar o nível econômico em função das lâminas de irrigação que proporcionam as máximas receitas líquidas. A quantidade do fator correspondente à máxima produtividade econômica foram obtidas a partir das seguintes equações:

$$X^* = \frac{C_x}{\frac{P_y}{(2 \cdot b_2)}} - b_1 \quad \text{Eq. 3.11}$$

$$Y(X^*) = b_0 + b_1 \cdot X^* + b_2 (X^*)^2 \quad \text{Eq. 3.12}$$

em que:  $X^*$  = lâmina de água correspondente à máxima receita líquida econômica;  $C_x$  = custo da unidade do fator ( $C_L$  para a água, em  $\text{R}\$. \text{mm} \cdot \text{ha}^{-1}$ );  $P_y$  = preço do produto agrícola;  $Y(X^*)$  = produtividade máxima econômica.

A receita líquida ( $R_{liq}$ ) foi obtida através da seguinte equação, conforme (Frizzone, 1993).

$$R_{liq} = P_y \cdot Y(X) - CF - (C_x \cdot X) \quad \text{Eq. 3.13}$$

em que: CF = custo fixo ( $\text{R}\$. \text{ha}^{-1}$ );

$Y(X)$  = produtividade obtida com a quantidade utilizada do fator.

### 3.13. Custo de Produção

O custo unitário da água aplicada à cultura do algodão cv. BRS Rubi foi de R\$ 0,71  $\text{mm}^{-1}$ , sendo obtido através da utilização de uma bomba com consumo de 0,736 KWH/h e de uma tarifa de R\$ 0,20196/KWH. Multiplicou-se o total de horas trabalhadas durante o ciclo da cultura, por hectare (3.586,36/h/ha) pelo consumo, obtendo-se 2.639,56 KWH/ha, que multiplicado pela tarifa R\$ 0,20196 perfaz o valor de R\$ 533,08 por hectare. Para determinação do custo unitário, dividiu-se o valor de R\$ 533,08 pela maior lâmina de água aplicada (747,45 mm), obtendo-se R\$ 0,71/mm.

### 3.14. Eficiência do Uso da Água

A eficiência do uso da água (EUA) foi obtida pelo quociente entre a produtividade agrícola da cultura e a lâmina de água fornecida durante o ciclo da cultura, conforme a seguinte equação:

$$EUA = \frac{PC}{L} \quad \text{Eq. 3.14}$$

onde: EUA = eficiência do uso da água ( $\text{kg ha}^{-1} \text{mm}^{-1}$ );

PC = produtividade da cultura em caroço ( $\text{kg ha}^{-1}$ );

L = lâmina total de água fornecida (mm).

### 3.15. Análise Estatística

Os efeitos de diferentes lâminas de água e formas de fracionamento da adubação nitrogenada via fertirrigação no crescimento e produção do algodoeiro colorido BRS Rubi, foram avaliados mediante aplicação de análises de variância (Teste F). Para o fator lâminas de água, realizou-se análise de regressão pelo método polinomial (linear e quadrática) conforme metodologias contidas em Ferreira (2000).

## 4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1. Variáveis de Crescimento do Algodoeiro Colorido BRS Rubi

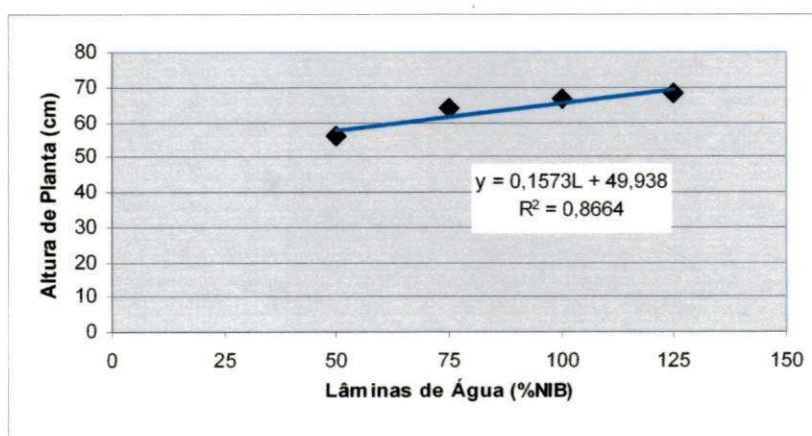
A análise estatística das variáveis de crescimento do algodoeiro colorido BRS Rubi (Tabela 4.1), aos 72 dias após o plantio (DAS), revelou efeitos significativos das lâminas de água (L), aos níveis de 0,05 e 0,01 de probabilidade, pelo teste F, sobre a altura de planta, o diâmetro caulinar, o número de folhas, a área foliar unitária, a área foliar da planta, o número de ramos simpodiais e o comprimento dos ramos simpodiais. Por sua vez, as formas de fracionamento (F) da fertirrigação afetaram significativamente, nos respectivos níveis de probabilidade, a altura de planta, número de ramos simpodiais e o comprimento de ramos simpodiais. Para todas as variáveis, a interação (L x F) não apresentou significância estatística, indicando que as lâminas de água se comportaram de maneira semelhante dentro das formas de fracionamento da fertirrigação e vice-versa. Os coeficientes de variação ficaram entre 11,70 e 21,50, sendo considerados baixos, em se tratando de experimento em nível de campo, de acordo com Pimentel-Gomes (1990).

**Tabela 4.1.** Quadrados médios dos fatores envolvidos no experimento, para as variáveis de crescimento do algodoeiro colorido BRS-Rubi.

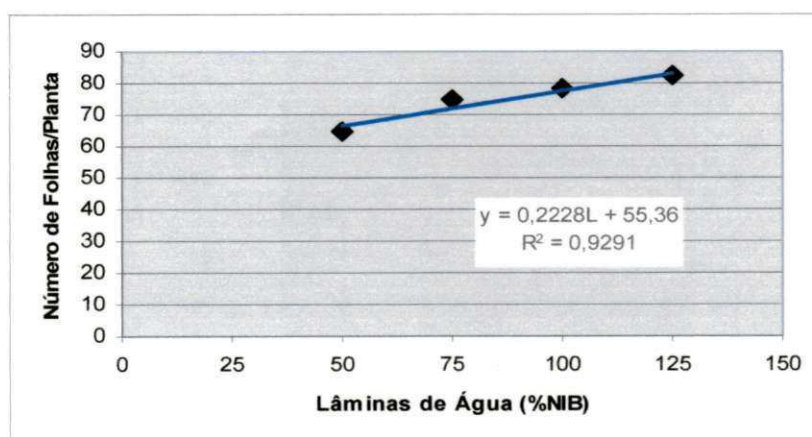
FONTE DE VARIÇÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS						
		AP	DC	NF	AFU	AFP	NRS	CRS
-Lâminas de Água (L)	(3)	476,15**	12,09**	890,22*	76,86*	1089812,39*	37,13**	45,09**
Componente 1º Grau	1	1237,16**	29,40**	2480,87**	166,75*	1539986,25*	5,53	78,705**
Componente 2º Grau	1	184,28	6,89**	147,01	60,84	1452326,26*	34,957**	54,94**
Desvio de Regressão	1	7,02	0,00	42,77	3,00	277124,65	70,904	1,63
-Formas de Fracionamento (F)	(3)	490,95**	3,39	300,09	19,02	920988,68	14,357*	22,69**
-Interação (L x F)	9	56,74	1,46	249,22	44,50	208442,68	4,455	2,94
-Resíduo	45	71,26	1,44	259,00	25,23	627945,89	2,645	3,60
Coefficiente de Variação %		13,25	12,94	21,50	11,71	11,70	20,97	12,13
MÉDIAS								
-Lâminas de Água (L)								
L <sub>1</sub> (50%NIB)		55,96	8,06	64,62	44,00	2898,25	5,57	13,17
L <sub>2</sub> (75%NIB)		63,87	9,31	74,68	46,30	3220,56	7,94	16,30
L <sub>3</sub> (100%NIB)		66,92	9,93	78,06	47,87	3255,62	8,49	16,86
L <sub>4</sub> (125%NIB)		68,08	9,87	82,06	47,50	3535,87	9,03	16,29
-Formas de Fracionamento (F)								
F <sub>1</sub> (4 aplicações de adubo)		62,84ab	9,37	71,93	45,22	3056,68	7,50ab	15,64ab
F <sub>2</sub> (3 aplicações de adubo)		68,71b	9,62	76,62	45,80	3433,31	8,36 b	16,61 b
F <sub>3</sub> (2 aplicações de adubo)		66,99b	9,56	80,12	47,68	3434,37	8,63 b	16,39 b
F <sub>4</sub> (1 aplicação de adubo)		56,26a	8,62	70,75	46,97	2985,93	6,53a	13,98a

**OBS:** \*\* e \* significativos aos níveis de 0,01 e 0,05 de probabilidade, pelo teste F, respectivamente, AP = Altura de planta, DC = Diâmetro do caule, NF = Número de folhas, AFU = Área foliar unitária, AFP = Área foliar total, NRS = Número de ramos simpodiais e CRS = Comprimento de ramos simpodiais.

O comportamento da altura de planta, número de folhas, área foliar unitária e área foliar da planta, em relação às lâminas de água, foi linear (Tabela 4.1). Observa-se que os valores médios da altura de planta, número de folhas, área foliar unitária e área foliar da planta aumentaram com o incremento da lâmina de água, com aumentos respectivos de 21,6%, 26,9%, 7,9% e 22,0% na lâmina L<sub>4</sub> (125% da NIB), em relação à L<sub>1</sub> (50% da NIB). Para as referidas variáveis, os aumentos em L<sub>3</sub> (100% da NIB), em relação a L<sub>1</sub>, foram, respectivamente, de 19,5%, 20,7%, 8,7% e 12,3%, enquanto em L<sub>2</sub> (75% da NIB) foram de 14,1%, 15,5, 5,2% e 11,1%. Os efeitos de lâminas de água na altura de planta, número de folhas, área foliar unitária e área foliar da planta estão também apresentados nas Figuras 4.1, 4.2, 4.3 e 4.4, que mostram, com maiores detalhes, o aumento linear dessas variáveis com o aumento da lâmina de água de irrigação, com coeficientes de determinação variando de 0,79 a 0,93, significando dizer que 79% a 93% das variações nas referidas variáveis foram em função das lâminas de água aplicadas nas irrigações do algodoeiro.

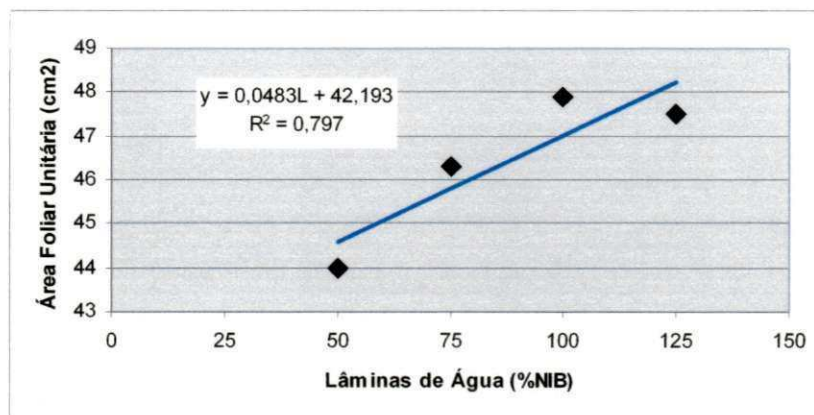


**Figura 4.1.** Crescimento em altura do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

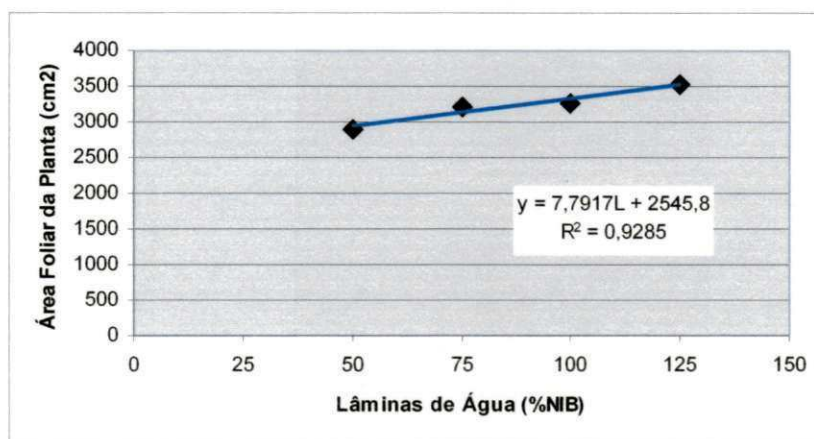


**Figura 4.2.** Evolução do número de folhas do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.





**Figura 4.3.** Evolução da área foliar unitária do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.



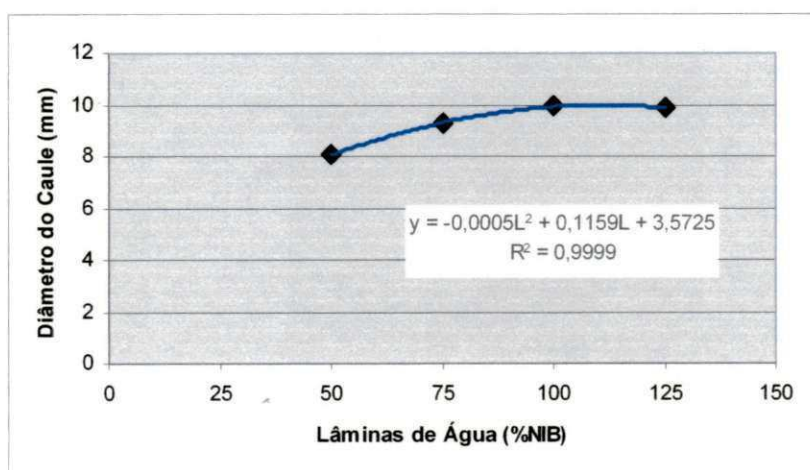
**Figura 4.4.** Evolução da área foliar da planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

A tendência de aumento de altura de planta com o incremento de lâminas de água difere dos resultados apresentados por Viana (2005), que obteve redução de altura ao aplicar uma lâmina de 120% da NIB no algodoeiro. Cordão Sobrinho (2004), ao estudar a análise de crescimento sobre o efeito de cinco lâminas de irrigação no algodoeiro colorido BRS 200, até 90 dias após a emergência, observou que a altura da planta apresenta um crescimento linear. Beltrão et al. (2001) também obtiveram resultados semelhantes ao estudarem a cultivar 7MH.

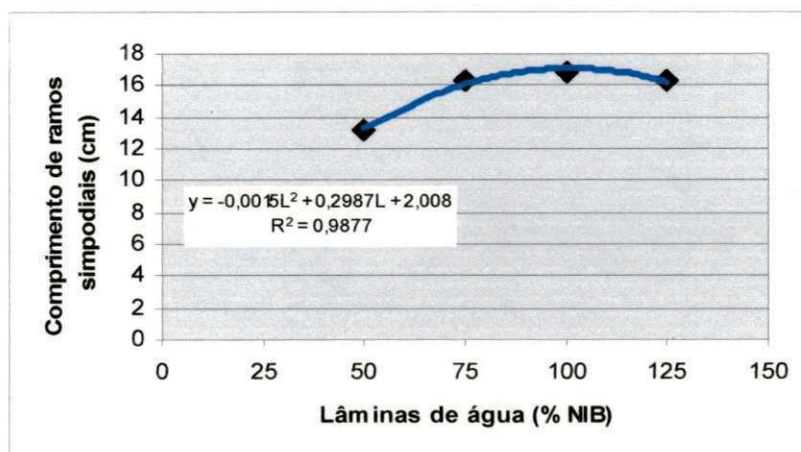
Maas e Niemam (1978), Shannon (1979) e Fagéria (1989) ressaltam que as plantas desenvolvem adaptações morfológicas e anatômicas como alternativas para manter a absorção de água e reduzir a evapotranspiração quando submetidas ao estresse hídrico, sendo a redução da área foliar um exemplo de adaptações das plantas. Para Taiz e Zieger (2004), o turgor celular estimula sua expansão ou alongamento; logo a restrição de água limita não só o tamanho, mas também o número de folhas; fatos constatados na presente pesquisa.

Pereira (1995) também observou redução da área foliar em duas cultivares de algodoeiro herbáceo, CNPA-7H e CNPA Precoce-I, como consequência de baixos níveis de umidade no solo, resultados semelhantes também foi registrado na presente pesquisa.

O diâmetro do caule, número de ramos simpodiais e comprimento de ramos simpodiais, em relação às lâminas de água, foi quadrático (Tabela 4.1) Observa-se que os valores médios de diâmetro do caule e comprimento de ramos simpodiais aumentaram com o incremento da lâmina de água até  $L_3$  (100% da NIB), com aumentos respectivos de 23,2% e 28,0% na lâmina  $L_3$ , em relação à  $L_1$  (50% da NIB). Para as referidas variáveis, os aumentos em  $L_2$  (75% da NIB), em relação à  $L_1$ , foram, respectivamente, de 15,5% e 23,7%. No entanto, quando se adotou a lâmina  $L_4$ , houve reduções dos valores médios dessas variáveis, em relação a  $L_3$ , de 0,6% e 3,4%, respectivamente, sendo uma prova de que a aplicação de água em excesso nem sempre proporciona maior crescimento do algodoeiro. Viana (2005) também constatou uma redução de 3,7% no diâmetro do caule do algodoeiro quando aplicou uma lâmina 20% superior à necessidade de irrigação da cultura, sendo superior a obtida no presente trabalho (0,6%) quando se aplicou uma lâmina 25% superior. Os efeitos de lâminas de água no diâmetro do caule e no crescimento de ramos simpodiais estão também apresentados nas Figuras 4.5 e 4.6, que mostram, com maiores detalhes, o comportamento quadrático dessas variáveis, tendo havido aumentos dos seus valores médios com o incremento da lâmina de água até  $L_3$  e redução em  $L_4$ , com coeficientes de determinação de 0,99 e 0,98. Cordão Sobrinho (2004) também observou um aumento do diâmetro caulinar e da área foliar do algodoeiro com o aumento da lâmina de irrigação. As lâminas de água ótimas para a obtenção do diâmetro máximo (10,3 mm) e do crescimento máximo dos ramos simpodiais (16,9 cm) foram de 115,9% e 99,5% da NIB, respectivamente.

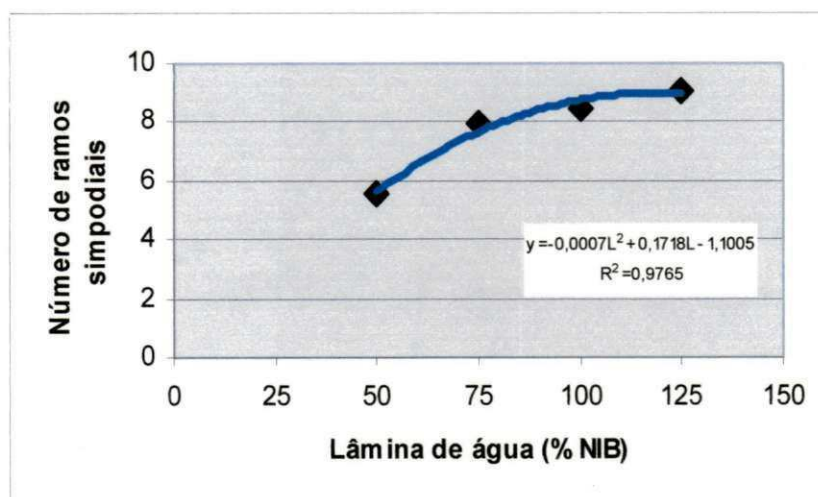


**Figura 4.5.** Crescimento em diâmetro do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.



**Figura 4.6.** Comprimento de ramos simpodiais do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

Os valores médios do número de ramos simpodiais aumentaram com o incremento da lâmina de água (Tabela 4.1), verificando-se aumentos em  $L_4$ , em relação a  $L_1$ , de 22,0% e 62,1%, respectivamente, enquanto que nas lâminas  $L_3$  e  $L_2$  foram de 52,4% e 42,5%, respectivamente. O número de ramos simpodiais apresentou uma tendência de aumento até a lâmina  $L_4$ . Os efeitos de lâminas de água na no número de ramos simpodiais estão também apresentados na Figura 4.7, que mostra, com maiores detalhes, o comportamento quadrático dessa variável, havendo aumentos dos seus valores médios com o incremento da lâmina de água. A lâmina de água ótima para a obtenção do número máximo de ramos simpodiais (9,1) foi de 121,4% da NIB.



**Figura 4.7.** Número de ramos simpodiais do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

Os efeitos significativos das formas de fracionamento (F) da fertirrigação na altura de planta ( $P \leq 0,01$ ), no número de ramos simpodiais ( $P \leq 0,05$ ) e no comprimento dos ramos simpodiais ( $P \leq 0,01$ ), pelo teste de F, podem ser evidenciados através da Tabela 4.1. Observa-se que as variáveis afetadas significativamente pelas formas de fracionamento da fertirrigação apresentaram médias em  $F_4$  menores e diferentes significativamente das médias de  $F_2$  e  $F_3$ , significando dizer que a aplicação da fertirrigação na cultura do algodão BRS Rubi deve ser iniciada aos 30 ou 45 dias após o plantio, devendo as aplicações ser feitas quinzenalmente.

#### **4.2. Variáveis de Produção do Algodoeiro Colorido BRS-Rubi**

A análise estatística das variáveis de produção do algodoeiro (Tabela 4.2), aos 110 dias após o plantio, revelou efeitos significativos das lâminas de água (L), ao nível de 0,01 de probabilidade, pelo teste F, sobre o número de capulhos por planta, o peso de algodão em caroço por planta e o peso de algodão em pluma por planta. Por sua vez, a forma de fracionamento (F) da fertirrigação exerceu efeito significativo, ao nível de 0,05 de probabilidade, pelo teste de F, no peso de algodão em pluma por planta. Para todas as variáveis, a interação LxF não apresentou significância estatística, indicando que as lâminas de água se comportaram de maneira semelhante dentro das formas de fracionamento da fertirrigação e vice-versa. Os coeficientes de variação ficaram entre 19,6% e 21,82%, sendo considerados baixos, em se tratando de experimento em nível de campo, de acordo com Pimentel-Gomes (1990).

Para todas as variáveis de produção mencionadas, os valores médios aumentaram com o aumento da lâmina de água até  $L_3$  (Tabela 4.2), verificando-se aumentos no número de capulhos por planta, no peso de algodão em caroço por planta e no peso de algodão em pluma por planta de 34,2%, 32,2% e 33,3% na lâmina  $L_2$ , em relação à  $L_1$ , enquanto que em  $L_3$  os aumentos foram 53,7%, 57,8% e 55,3%, respectivamente. No entanto, quando se aplicou a lâmina  $L_4$ , houve reduções dos valores médios dessas variáveis, em relação a  $L_3$ , de 6,4%, 7,5% e 7,1%, respectivamente, sendo uma prova de que a aplicação de água em excesso nem sempre proporciona um aumento de produção do algodoeiro.

**Tabela 4.2.** Quadrados médios dos fatores envolvidos no experimento, para as variáveis de produção do algodoeiro colorido BRS-Rubi.

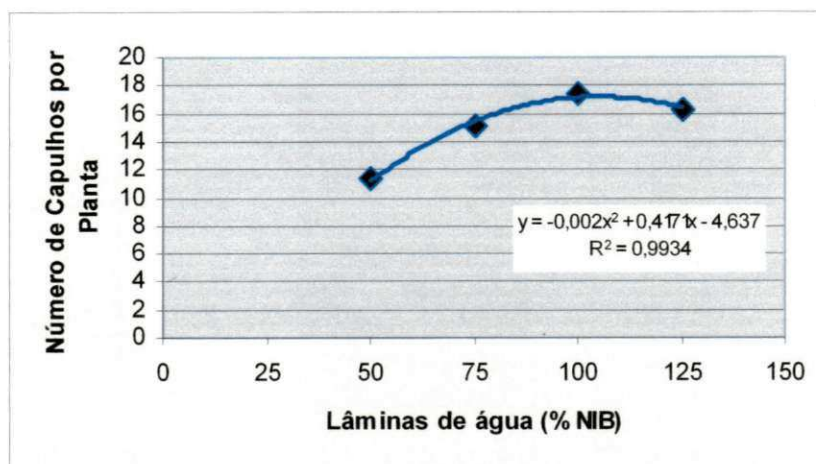
FONTE DE VARIAÇÃO G.L		QUADRADOS MÉDIOS		
		NCP	PACP	PAPP
<b>-Lâminas de Água (L)</b>	<b>(3)</b>	111,81**	1460,39**	156,41**
Componente 1º Grau	1	234,44**	3130,00**	327,84**
Componente 2º Grau	1	98,75**	1139,06**	134,85**
Desvio de Regressão	1	2,23	112,10	6,52
<b>-Formas de Fracionamento (F)</b>	<b>(3)</b>	19,99	227,34	53,38*
<b>-Interação (L x F)</b>	<b>9</b>	10,58	162,79	19,07
<b>-Resíduo</b>	<b>45</b>	8,76	125,20	13,06
Coeficiente de Variação	%	19,6	21,82	20,73
<b>MÉDIAS</b>				
<b>-Lâminas de Água (L)</b>				
L <sub>1</sub> (50%NIB)		11,32	38,27	13,09
L <sub>2</sub> (75%NIB)		15,19	50,59	17,45
L <sub>3</sub> (100%NIB)		17,40	60,40	20,33
L <sub>4</sub> (125%NIB)		16,29	55,85	18,88
<b>-Formas de Fracionamento (F)</b>				
F <sub>1</sub> (4 aplicações de adubo)		14,22	50,07	17,19ab
F <sub>2</sub> (3 aplicações de adubo)		15,12	52,57	17,29ab
F <sub>3</sub> (2 aplicações de adubo)		16,61	55,67	19,86b
F <sub>4</sub> (1 aplicação de adubo)		14,25	46,79	15,42a

OBS: \*\* e \* significativos aos níveis de 0,01 e 0,05 de probabilidade, pelo teste F, respectivamente. NCP = Número de capulhos por planta, PACP = Peso de algodão em caroço por planta, PAPP = Peso de algodão em pluma por planta e

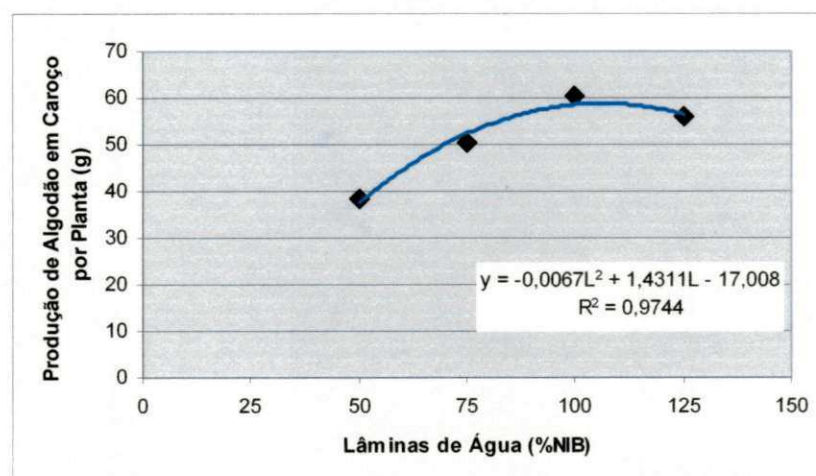
Os efeitos de lâminas de água no número de capulhos por planta, no peso de algodão em caroço por planta e no peso de algodão em pluma por planta estão também apresentados nas Figuras 4.8, 4.9 e 4.10, que mostram a tendência de aumento dos valores dessas variáveis até L<sub>3</sub> e decréscimo em L<sub>4</sub> (125% da NIB), onde a aplicação de água em excesso reduziu os valores das variáveis de produção. No entanto, Cordão Sobrinho (2004), ao estudar o algodoeiro BRS 200, observou um acréscimo do rendimento com o aumento da disponibilidade de água para a planta, mantendo certa coerência com os estudos de Arruda et al. (2002), que mostraram que o número de capulhos no algodoeiro herbáceo cv. CNPA-7H diminuiu significativamente com o aumento do estresse hídrico. Observa-se que o comportamento dessas variáveis, em relação às lâminas de água, foi quadrático, com coeficientes de determinação variando de 0,97 a 0,99.

A lâmina de água ótima para obtenção do maior número de capulhos por planta (17,11) foi de 104,3% da NIB (Figura 4.8). As produções de algodão em caroço e em pluma por planta demonstraram a mesma tendência do número de capulhos por planta (Figuras 4.9 e 4.10), tendo apresentado valores máximos de 59,4 e 20,2 gramas, respectivamente, para lâminas ótimas de 106,8% e 106% da NIB. Viana (2005) também obteve o mesmo

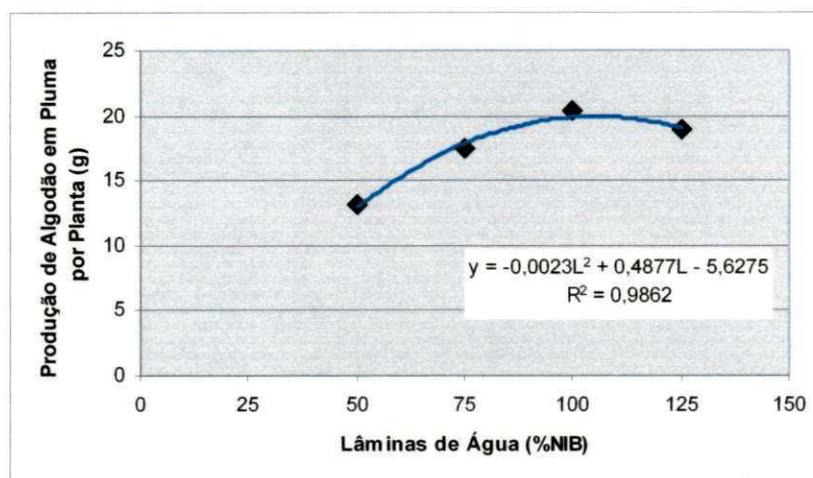
comportamento quadrático ao estudar o efeito de lâminas de água no algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch.), cv. Deltapine Acala 90.



**Figura 4.8.** Evolução do número de capulhos por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.



**Figura 4.9.** Evolução da produção de algodão em caroço por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.



**Figura 4.10.** Evolução da produção de algodão em pluma por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

Os efeitos significativos das formas de fracionamento (F) da fertirrigação no peso de algodão em pluma por planta pode ser observado na Tabela 4.2. Consta-se que a referida variável apresentou média em F<sub>4</sub> menor significativamente da média de F<sub>3</sub>, significando dizer que a melhor forma de fracionamento da adubação de cobertura via água de irrigação foi a realizada aos 45 dias após a germinação.

#### **4.3. Variáveis de Características Tecnológicas de Fibras do Algodoeiro Colorido BRS-Rubi.**

A análise estatística das variáveis relacionadas com a qualidade da fibra e do fio do algodão colorido BRS-Rubi estão dispostos na (Tabela 4.3), não tendo sido constatado efeito significativo das lâminas de água na percentagem de fibra, fato também constatado por Nunes Filho et al. (1998) em três cultivares de algodoeiro (CNPA-7H, CNPA-Precoce-I e CNPS-6H). Viana (2005), Luz et al. (1998) e Nunes Filho et al. (1998) também não constataram significância estatística para alongamento (ELG) e uniformidade (UNF) da fibra. Com referência ao comprimento de fibra (UHM), verificou-se também que não foi detectado efeito significativo das lâminas de água estudadas, contrariando os estudos de Viana (2005). Nápolis et al. (1999b) relatam pouco ou nenhum efeito de lâminas de irrigação sobre o comprimento da fibra (UHM). Considerando as características tecnológicas da fibra do algodoeiro colorido BRS Rubi, constatou-se que apenas as variáveis micronaire (MIC) e maturidade (MAT) foram afetadas significativamente ( $p < 0,05$ ), apresentando um comportamento quadrático; contrapondo aos estudos feitos por Viana (2005) com a variável Deltapine Acala 90.

**Tabela 4.3.** Quadrados médios dos fatores envolvidos no experimento, para as características tecnológicas do algodoeiro colorido BRS-Rubi.

FONTE DE VARIACÃO	G.L	QUADRADOS MÉDIOS					
		% Fibra	UHM	UNF	ELG	MIC	MAT
<b>-Lâminas de Água (L)</b>	<b>(3)</b>	2,85	5,99	3,76	0,25	1,71*	15,18*
Componente 1º Grau	1	0,11	16,65	1,37	0,20	7,50*	33,15*
Componente 2º Grau	1	0,25	0,14	0,76	1,00	1,89	9,76
Desvio de Regressão	1	10,51	5,25	4,22	0,11	0,15	2,63
<b>-Formas de Fracionamento (F)</b>	<b>(3)</b>	23,628	2,00	1,69	0,31	0,58	2,09
<b>-Interação (L x F)</b>	<b>9</b>	9,521	2,98	2,40	0,46	0,47	2,76
<b>-Resíduo</b>	<b>45</b>	8,346	3,55	1,93	1,05	0,57	3,82
Coeficiente de Variação	%	8,44	8,26	1,71	12,19	17,35	2,29
<b>MÉDIAS</b>							
<b>-Lâminas de Água (L)</b>							
L <sub>1</sub> (50%NIB)		34,21	23,50	81,73	8,48	4,78	86,75
L <sub>2</sub> (75%NIB)		34,72	22,84	80,99	8,34	4,42	85,68
L <sub>3</sub> (100%NIB)		33,70	22,96	81,81	8,31	3,99	84,50
L <sub>4</sub> (125%NIB)		34,35	22,02	80,88	8,58	4,31	85,00
<b>-Formas de Fracionamento (F)</b>							
F <sub>1</sub> (4 aplicações de adubo)		34,68	22,33	80,89	8,37	4,61	85,87
F <sub>2</sub> (3 aplicações de adubo)		33,36	23,07	81,57	8,43	4,36	85,50
F <sub>3</sub> (2 aplicações de adubo)		35,76	23,08	81,60	8,62	4,38	85,56
F <sub>4</sub> (1 aplicação de adubo)		33,17	22,84	81,34	8,29	4,14	85,00

OBS: \*\* e \* significativos aos níveis de 0,01 e 0,05 de probabilidade, pelo teste Tukey, respectivamente.

UHM = Comprimento de fibra, UNF = Uniformidade de fibra, ELG = Alongamento de fibra, MIC = Micronaire (finura) e MAT = Maturidade.

As formas de fracionamento (F) não afetaram significativamente as características tecnológicas de fibras do algodoeiro colorido BRS Rubi (Tabela 4.3). Para todas as variáveis, a interação (LxF) não apresentou significância estatística, indicando que as lâminas de água se comportaram de maneira semelhante dentro das formas de fracionamento e vice-versa. Os coeficientes de variação ficaram entre 2,29 e 17,35, sendo considerados baixos, em se tratando de experimento ao nível de campo, de acordo com Pimentel-Gomes (1990).

O comportamento do micronaire e da maturidade da fibra, em relação às lâminas de água, foi linear, com coeficientes de determinação de 0,53 e 0,73, respectivamente (Tabela 4.3). Observa-se que os valores médios dessas variáveis diminuíram com o aumento da lâmina de água até L<sub>3</sub>, verificando-se reduções respectivas dessas variáveis em L<sub>2</sub>, em relação à L<sub>1</sub>, de 7,5% e 1,2%, enquanto que em L<sub>3</sub> as reduções foram de 16,5% e 2,6%, respectivamente. No entanto, quando se adotou a lâmina L<sub>4</sub>, houve aumentos dos valores médios dessas variáveis, em relação a L<sub>3</sub>, de 8,0% e 0,6%, respectivamente, embora tenham ficado abaixo das obtidas em L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>. Vale salientar que a média obtida na lâmina L<sub>1</sub> para o micronaire, no caso 4,78  $\mu\text{g in}^{-1}$ , ficou acima da faixa aceitável pela Embrapa, que gira entre 3,9 a 4,5, indicando que déficits de água originam alteração na qualidade da fibra. Santana et al. (2003) obtiveram o micronaire médio de 3,4  $\mu\text{g in}^{-1}$  o que atende as



exigências da indústria têxtil nacional para o algodão colorido BRS 200 marrom, contrapondo aos resultados obtidos no algodoeiro BRS Rubi. Vieira et al. (1999) encontraram na cultivar CNPA 7H resultados de micronaire similar aos obtidos no algodoeiro BRS Rubi, também semelhantes aos obtidos por Santana et al. (2001).

Os efeitos de lâminas de água no micronaire e na maturidade da fibra estão apresentados nas Figuras 4.11 e 4.12, que indicam a tendência de redução dos valores dessas variáveis até  $L_3$  e tendência de aumento  $L_4$ . Observa-se que os comportamentos dessas variáveis, em relação às lâminas de água, foram quadráticos, com coeficientes de determinação variando de 0,89 a 0,93, mostrando que de 89% a 93% das variações nas referidas variáveis foram em função das lâminas de água aplicadas nas irrigações do algodoeiro.

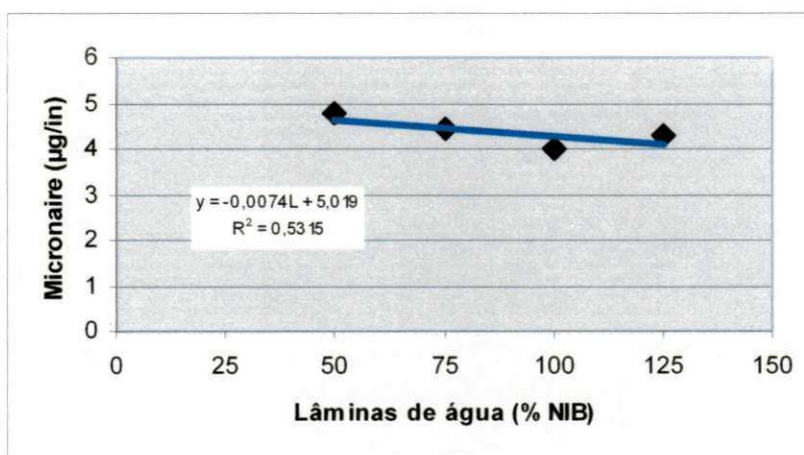


Figura 4.11. Micronaire da fibra do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

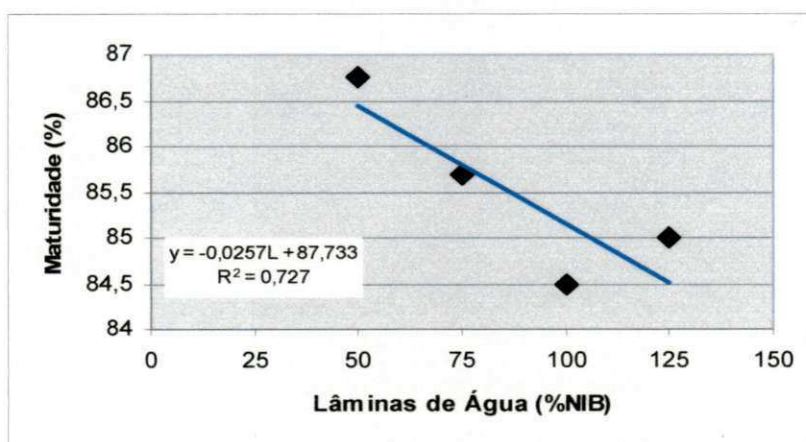


Figura 4.12. Maturidade da fibra do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

#### 4.4. Radiação Solar Acumulada no Crescimento do Algodoeiro BRS Rubi

##### 4.4.1. Altura de Planta

Os efeitos da radiação solar acumulada na altura de planta podem ser vistos na Figura 4.13. Observa-se que, para as lâminas L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>, o crescimento da planta em altura foi mais acentuado até uma radiação solar acumulada em torno de 200 MJ m<sup>-2</sup>, quando as plantas tinham idade de 55 dias e, em média, 65 cm de altura. No entanto, a lâmina L<sub>1</sub> teve um comportamento diferenciado a partir da radiação solar de 160 MJ m<sup>-2</sup>, apresentando uma evolução menos acentuada. No intervalo de radiação entre 200 e 260 MJ m<sup>-2</sup>, o crescimento se estabilizou em todas as lâminas. Isto mostra que o efeito da radiação solar foi maior no estágio inicial de crescimento das plantas. Outro fato a considerar é que a intensidade do efeito da radiação solar sobre a evolução da altura de planta dependeu da disponibilidade de água no solo, pois os maiores valores de altura foram observados nos tratamentos com maiores lâminas de água (L<sub>4</sub> e L<sub>3</sub>). Isto é provavelmente devido ao aumento da área fotossintética da planta, que passou a receber maior incidência dos raios solares, ao contrário dos tratamentos com lâminas de água menores, mais notadamente em L<sub>1</sub>, que, absorvendo menos água da solução do solo, não proporcionou uma massa foliar desejada, havendo redução da fotossíntese e, conseqüentemente, da altura de planta.

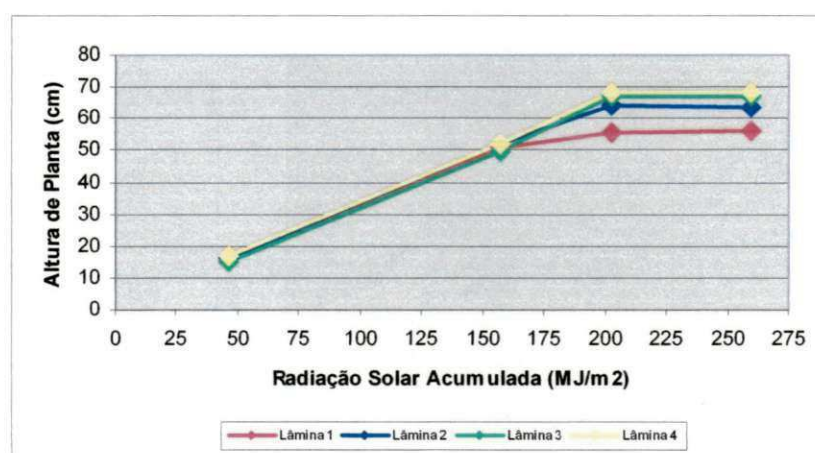
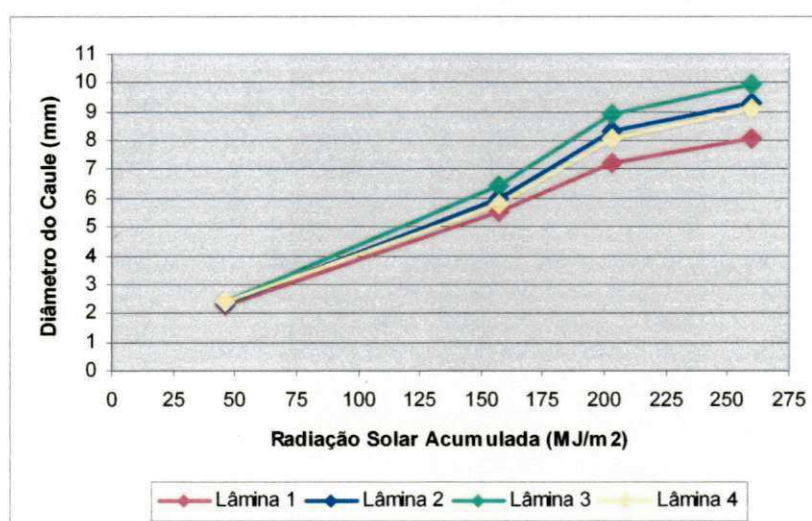


Figura 4.13. Altura de planta em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas de água aplicadas.

##### 4.4.2. Diâmetro do Caule

A evolução do diâmetro do caule, durante um período de 45 dias, é mostrada na Figura 4.14. Observa-se que, para todas as lâminas de água aplicadas, a evolução do diâmetro do caule foi menos acentuada nos intervalos de radiação de 50 a 160 MJ m<sup>-2</sup> e de 200 a 260

$\text{MJ m}^{-2}$ . No intervalo de radiação solar acumulada compreendido entre 160 e 200  $\text{MJ m}^{-2}$ , a evolução foi mais acentuada. A intensidade do efeito da radiação solar sobre o crescimento do diâmetro dependeu da disponibilidade de água no solo, pois os menores valores de diâmetro do caule foram observados na lâmina  $L_1$ , principalmente a partir da radiação solar de 160  $\text{MJ m}^{-2}$ . Isto pode ser devido à menor absorção de água da solução do solo pelo sistema radicular, tendo havido redução da fotossíntese e conseqüente redução do diâmetro do caule. Observa-se, também, que as lâminas  $L_2$  (75% da NIB) e  $L_4$  (125% da NIB) proporcionaram valores intermediários de diâmetro do caule, o que indica também condições de que estresse e excesso de água podem contribuir para a redução de diâmetro. A evolução do diâmetro do caule em função da radiação solar acumulada foi mais acentuada na lâmina  $L_3$  (100% da NIB), provavelmente devido à aplicação de um volume de água adequado, tendo contribuído para uma melhor nutrição das plantas.

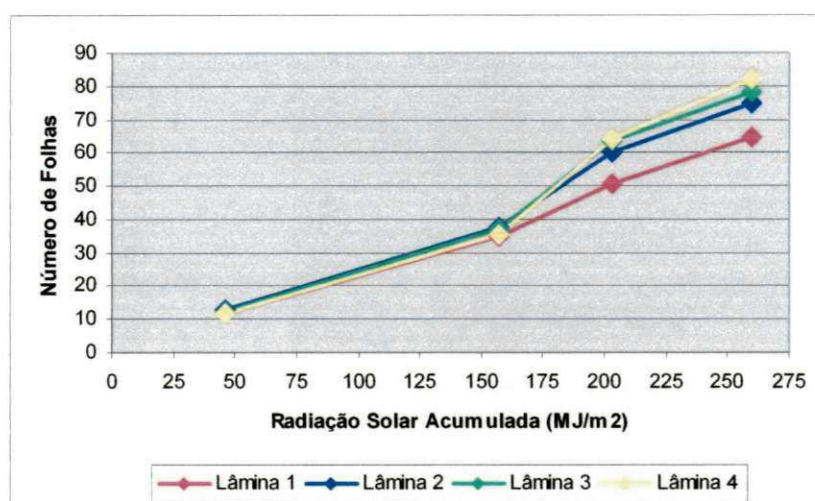


**Figura 4.14.** Diâmetro do caule em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas de água aplicadas.

#### 4.4.3. Número de Folhas

Para todas as lâminas de água aplicadas, os efeitos da radiação solar na evolução do número de folhas do algodoeiro colorido BRS Rubi foram menos acentuados até 40 dias após a germinação, coincidindo com o intervalo de radiação solar acumulada de 50 a 160  $\text{MJ m}^{-2}$  (Figura 4.15). Neste intervalo, não houve diferenciação entre as quatro lâminas de água aplicadas, provavelmente pela não ocorrência de déficits hídricos, considerando que as plantas ainda estavam jovens. No período de 40 a 55 dias após a germinação, que coincide o intervalo de radiação solar compreendido entre 160 e 200  $\text{MJ m}^{-2}$ , os efeitos da radiação solar foram mais acentuados. No intervalo compreendido entre 200 e 260  $\text{MJ m}^{-2}$ , quando as plantas

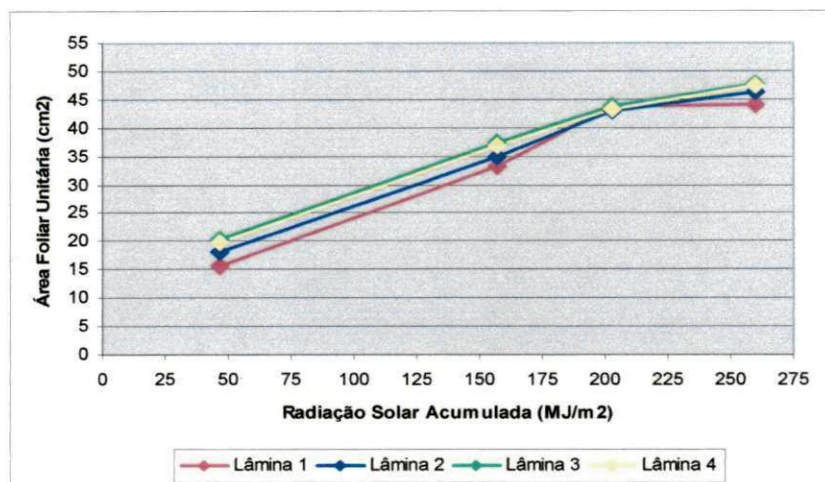
tinham de 55 a 70 dias, os efeitos da radiação solar foram menos acentuados do que no intervalo anterior, tendo havido diferenciação entre todas as lâminas, verificando-se aumento do número de folhas com o incremento da lâmina de água. Isto mostra que os efeitos da radiação solar no número de folhas dependeram da disponibilidade de água no solo, sendo evidente que maiores absorções de água pelas plantas provocaram maior crescimento das plantas e, conseqüentemente, maior evolução do número de folhas.



**Figura 4.15.** Número de folhas em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas aplicadas.

#### 4.4.4. Área Foliar Unitária

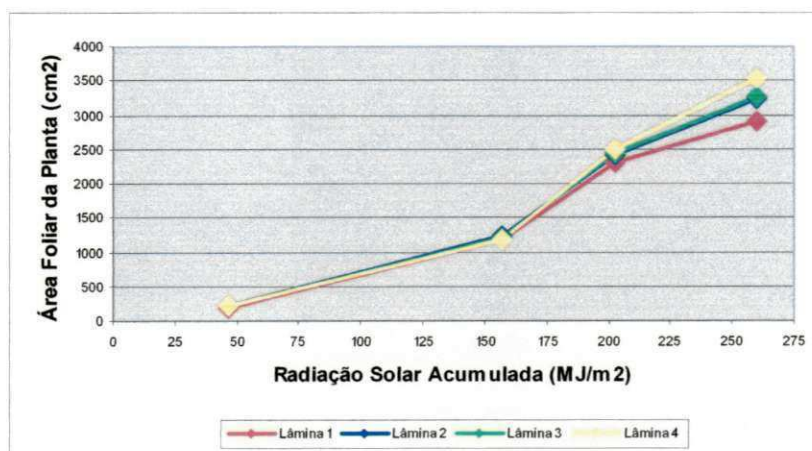
Os efeitos da radiação solar acumulada na evolução da área foliar unitária estão apresentados na Figura 4.16. Observa-se que, no intervalo de radiação acumulada de 50 a 200 MJ m<sup>-2</sup>, a evolução da área foliar unitária foi mais acentuada do que no intervalo seguinte (200 a 260 MJ m<sup>-2</sup>), havendo certa diferenciação nas diferentes lâminas de água aplicadas, com valores maiores e praticamente iguais nas lâminas L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>, ficando L<sub>2</sub> com valor intermediário e L<sub>1</sub> com menor desempenho. Isto mostra que a intensidade do efeito da radiação solar sobre a evolução da área foliar unitária dependeu da disponibilidade de água no solo, pois os maiores valores foram observados nos tratamentos com maiores lâminas de água (L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>), ficando as lâminas L<sub>2</sub> e L<sub>1</sub> com valores menores.



**Figura 4.16.** Área foliar unitária em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas de água aplicadas.

#### 4.4.5. Área Foliar da Planta

Os efeitos da radiação solar acumulada na evolução da área foliar da planta (Figura 4.17) foram similares aos ocorridos para o número de folhas. Observa-se que, no intervalo de radiação solar de 50 a 160 MJ m<sup>-2</sup>, a evolução da área foliar da planta foi menos acentuada do que no intervalo seguinte, não havendo diferenciação da evolução entre as lâminas de água aplicadas, provavelmente pela não ocorrência de déficits hídricos, considerando que as plantas ainda estavam na fase inicial do ciclo fonológico. No intervalo de radiação solar seguinte, de 160 a 200 MJ m<sup>-2</sup>, os efeitos da radiação solar na evolução da área foliar da planta foram mais acentuados, embora a diferenciação da intensidade de crescimento nas diferentes lâminas de água aplicadas tenha sido praticamente igual, com exceção da lâmina L<sub>1</sub>, que teve intensidade de crescimento menor. No intervalo de radiação solar compreendido entre 200 e 260 MJ m<sup>-2</sup>, a evolução da área foliar foi menos acentuada do que no intervalo anterior, no entanto, houve diferenciação entre as diferentes lâminas de água aplicadas. A intensidade de crescimento da área foliar da planta na lâmina L<sub>4</sub> (125% da NIB) foi superior às intensidades ocorridas nas demais lâminas, com comportamentos semelhantes de L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>, que apresentaram valores intermediários, enquanto que, em L<sub>1</sub> (50% da NIB), a evolução da área foliar da planta ficou aquém das ocorridas nas outras lâminas, principalmente em relação à L<sub>4</sub>. Isto mostra que os efeitos da radiação solar acumulada na área foliar da planta dependeram da disponibilidade de água no solo, sendo evidente que maiores absorções de água pelas plantas contribuíram para a formação de uma maior massa foliar do algodoeiro.

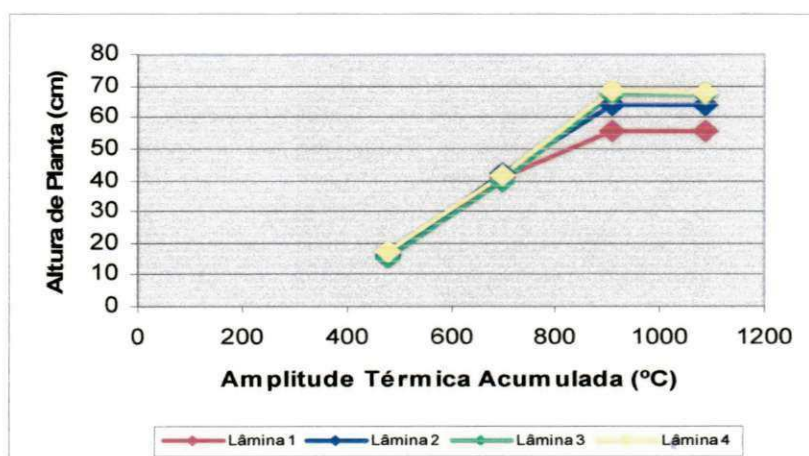


**Figura 4.17.** Área foliar planta em função da radiação solar acumulada, nas diferentes lâminas de água aplicadas.

## 4.5. Amplitude Térmica Acumulada sobre o Crescimento do Algodoeiro BRS Rubi

### 4.5.1. Altura de Planta

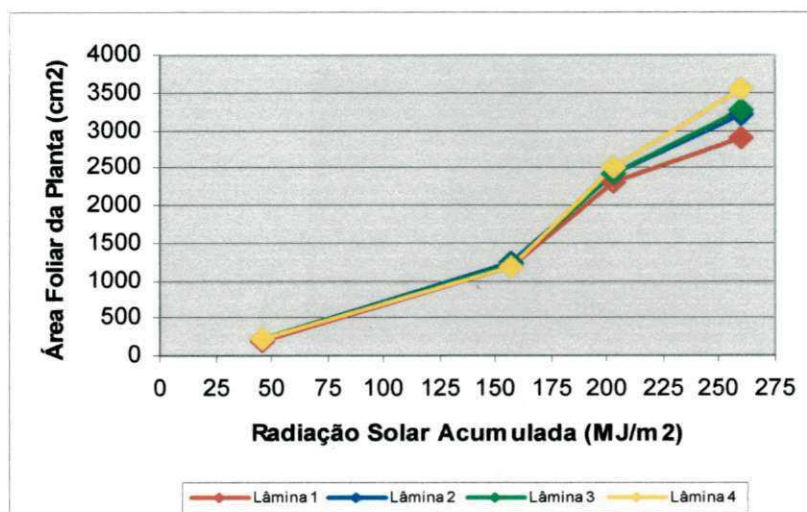
Os efeitos da amplitude térmica acumulada na altura de planta estão apresentados na Figura 4.18. Observa-se que, para as lâminas L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>, o crescimento da planta em altura foi mais acentuado até uma radiação solar acumulada 900 °C, quando as plantas tinham idade de 55 dias e, em média, 65 cm de altura. No entanto, a lâmina L<sub>1</sub> teve um comportamento diferenciado a partir da amplitude térmica acumulada 700 °C, apresentando uma evolução menos acentuada e com valor de altura de planta muito aquém dos apresentados pelas demais lâminas de água. No intervalo de amplitude entre 900 e 1100, o crescimento se estabilizou em todas as lâminas. Isto mostra que o efeito da amplitude térmica foi maior no estágio inicial de crescimento das plantas. Outro fato a considerar é que a intensidade do efeito da amplitude térmica sobre a evolução da altura de planta dependeu da disponibilidade de água no solo, pois os maiores valores de altura foram observados nos tratamentos com maiores lâminas de água (L<sub>4</sub> e L<sub>3</sub>). Isto é provavelmente devido ao aumento da área fotossintética da planta, que passou a receber maior incidência dos raios solares, ao contrário dos tratamentos com lâminas de água menores, mais notadamente em L<sub>1</sub>, que, absorvendo menos água da solução do solo, não proporcionou uma massa foliar desejada, havendo redução da fotossíntese e, conseqüentemente, da altura de planta.



**Figura 4.18.** Efeitos da amplitude térmica acumulada na altura do algodoeiro BRS Rubi.

#### 4.5.2. Área Foliar da Planta

Os efeitos da amplitude térmica acumulada na evolução da área foliar total estão apresentados na Figura 4.19. Observa-se que, no intervalo de amplitude térmica de 480 a 700 °C, a evolução da área foliar da planta foi menos acentuada do que no intervalo seguinte, não havendo diferenciação da evolução entre as lâminas de água aplicadas, provavelmente pela não ocorrência de déficits hídricos, considerando que as plantas ainda estavam na fase inicial do ciclo fonológico. No intervalo de amplitude térmica seguinte, de 700 a 900 °C, os efeitos da amplitude térmica na evolução da área foliar da planta foram mais acentuados, embora a diferenciação da intensidade de crescimento nas diferentes lâminas de água aplicadas tenha sido pequena, tendo L<sub>3</sub> se sobressaído das demais, ficando L<sub>1</sub> em posição inferior. No intervalo de amplitude térmica acumulada 900 e 1100 °C, a evolução da área foliar foi menos acentuada do que no intervalo anterior, no entanto, houve uma maior diferenciação entre as diferentes lâminas de água aplicadas. A intensidade de crescimento da área foliar da planta na lâmina L<sub>4</sub> (125% da NIB) foi superior às intensidades ocorridas nas demais lâminas, com comportamentos semelhantes de L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub>, que apresentaram valores intermediários, enquanto que, em L<sub>1</sub> (50% da NIB), a evolução da área foliar da planta ficou aquém das ocorridas nas outras lâminas, principalmente em relação à L<sub>4</sub>. Isto mostra que os efeitos da amplitude térmica acumulada na área foliar da planta dependeram da disponibilidade de água no solo, sendo evidente que maiores absorções de água pelas plantas contribuíram para a formação de uma maior massa foliar do algodoeiro.



**Figura 4.19.** Efeitos da amplitude térmica acumulada na área foliar da planta do algodoeiro BRS Rubi.

#### 4.6. Função de Resposta de Rendimento do Algodoeiro BRS Rubi às Lâminas de Água

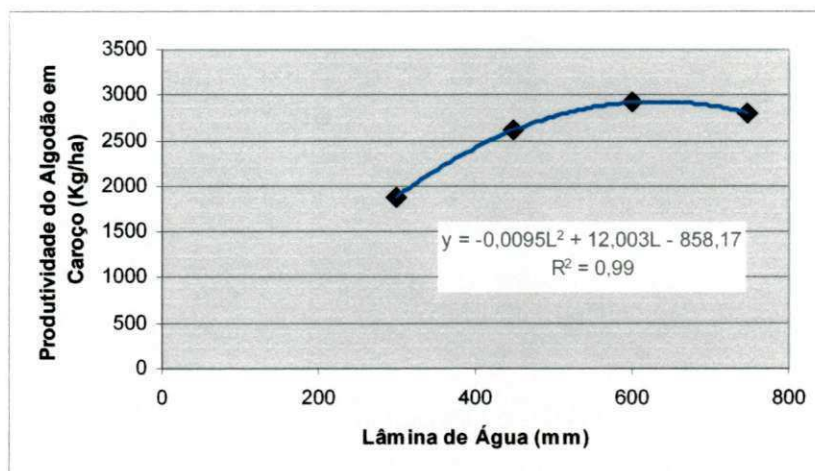
Com base nos dados da Tabela 4.4, pode-se observar que as lâminas de água que maximizaram as produções de algodão em caroço (631,7 mm) e em pluma (636,8 mm) estão entre as lâminas L<sub>3</sub> (598,9 mm) e L<sub>4</sub> (747,4 mm). As lâminas que proporcionaram maiores economias nas produções de algodão em caroço e em pluma foram, respectivamente, 602,9 mm e 614,6 mm, sendo menores do que as que maximizaram, estando também compreendidas entre as lâminas L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>. As produtividades máximas para o algodão em caroço (2.933,20 kg ha<sup>-1</sup>) e em pluma (1.012,48 kg ha<sup>-1</sup>) foram quase semelhantes às obtidas na lâmina L<sub>3</sub>, que foram, respectivamente, de 2.922,98 kg ha<sup>-1</sup> e 1.012,48 kg ha<sup>-1</sup>, o que mostra que o volume de água aplicada na referida lâmina, correspondente a 100% da necessidade de irrigação bruta (NIB), foi estimado de forma coerente. As produtividades econômicas para o algodão em caroço (2.925,35 kg ha<sup>-1</sup>) e em pluma (1.015,49 kg ha<sup>-1</sup>) foram praticamente iguais às máximas, sendo quase semelhantes às obtidas em L<sub>3</sub>. Vale salientar que a evolução da produtividade do algodoeiro BRS Rubi, em caroço e em pluma, nas condições experimentais da Escola Agrotécnica do Cajueiro, em Catolé do Rocha/PB, também pode ser obtida através das equações de regressão das Figuras 4.20 e 4.21, que também mostram o aumento das respectivas produtividades até a lâmina L<sub>3</sub>, com redução em L<sub>4</sub>. As receitas líquidas obtidas das produtividades máximas do algodão em caroço (R\$ 764,63 por hectare) e em pluma (R\$ 2.033,19 por hectare) foram ligeiramente inferiores às obtidas na lâmina L<sub>3</sub>, que foram de R\$ 774,63 e R\$ 2.037,14, por hectare. As receitas líquidas obtidas das produtividades econômicas do algodão em caroço (R\$ 774,33 por hectare) e em pluma (R\$ 2.041,06 por hectare) foram muito semelhantes às obtidas em L<sub>3</sub>. Vale salientar que, para determinação das



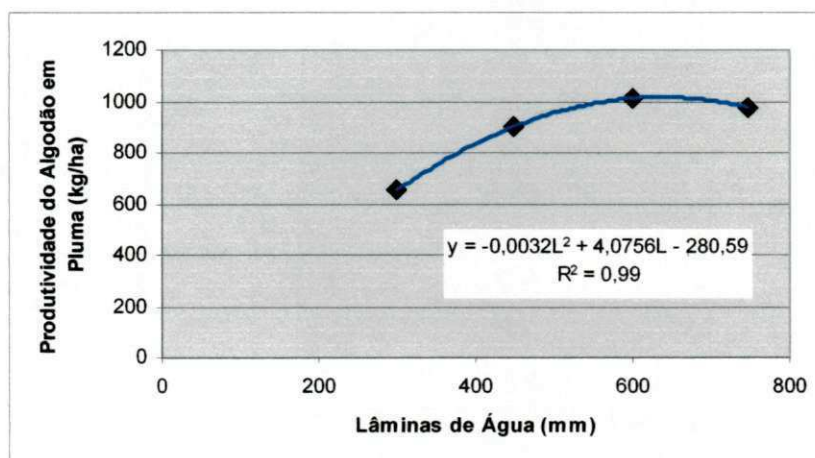
receitas líquidas, considerou-se um custo de produção de R\$ 2.600,00 por hectare e um valor de comercialização de R\$ 1,30 por quilo de algodão comercializado. Portanto, a lâmina de água  $L_3$  (598,9 mm, correspondente a 100% da NIB) foi a mais indicada para a irrigação do algodoeiro, ao contrário da lâmina  $L_1$  (299,0 mm, correspondente a 50% da NIB), cuja receita líquida foi negativa, em consequência da baixa produtividade obtida. Outro fato a considerar é que a comercialização do algodão em pluma proporcionou uma maior receita líquida, em relação ao algodão em caroço, em virtude do maior valor comercial.

**Tabela 4.4.** Produtividade e receita líquida para  $L_m$ ,  $L^*$  e para as lâminas de água aplicadas no algodoeiro em caroço e em pluma, na Escola Agrotécnica do Cajueiro, município de Catolé do Rocha/PB.

VARIÁVEIS	PRODUTIVIDADE DO ALGODOEIRO E RECEITA OBTIDA	
	Caroço	Pluma
Lâmina de Água ( $L_m$ ), em mm	<b>631,74</b>	<b>636,80</b>
Lâmina de Água ( $L^*$ ), em mm	<b>602,99</b>	<b>614,61</b>
Lâmina de Água ( $L_1$ ), em mm	299,05	299,05
Lâmina de Água ( $L_2$ ), em mm	447,55	447,55
Lâmina de Água ( $L_3$ ), em mm	598,94	598,94
Lâmina de Água ( $L_4$ ), em mm	747,45	747,45
Produtividade Y ( $L_m$ ), em $kg\ ha^{-1}$	<b>2.933,20</b>	<b>1.017,06</b>
Produtividade Y ( $L^*$ ), em $kg\ ha^{-1}$	<b>2.925,35</b>	<b>1.015,49</b>
Produtividade Y ( $L_1$ de 299,05 mm), em $kg\ ha^{-1}$	1.881,73	652,03
Produtividade Y ( $L_2$ de 447,55 mm), em $kg\ ha^{-1}$	2.610,91	902,46
Produtividade Y ( $L_3$ de 598,94 mm), em $kg\ ha^{-1}$	2.922,98	1.012,48
Produtividade Y ( $L_4$ de 747,45 mm), em $kg\ ha^{-1}$	2.806,00	977,88
Receita Líquida ( $R_L L_m$ ), em R\$/ha	<b>764,63</b>	<b>2.033,19</b>
Receita Líquida ( $R_L L^*$ ), em R\$/ha	<b>774,83</b>	<b>2.041,06</b>
Receita Líquida ( $R_L L_1$ ), em R\$/ha	-366,07	447,82
Receita Líquida ( $R_L L_2$ ), em R\$/ha	476,43	1.594,52
Receita Líquida ( $R_L L_3$ ), em R\$/ha	774,63	2.037,14
Receita Líquida ( $R_L L_4$ ), em R\$/ha	517,11	1.758,72



**Figura 4.20.** Evolução da produção de algodão em caroço por hectare do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

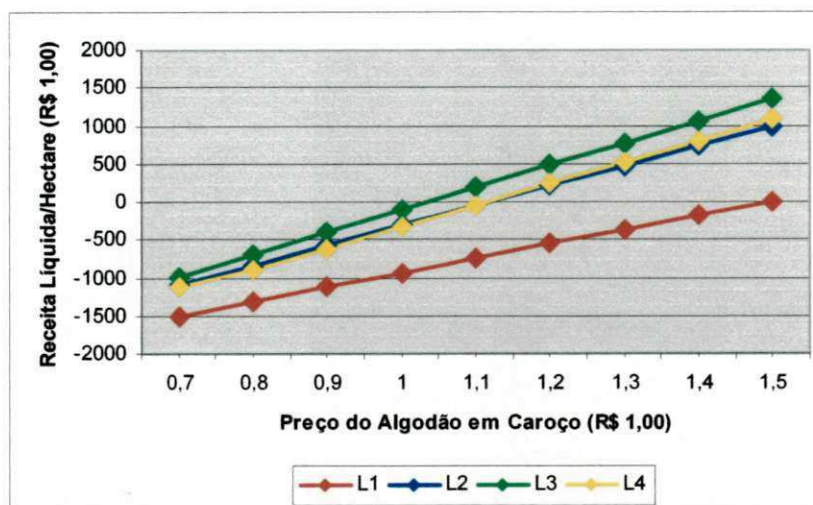


**Figura 4.21.** Evolução da produção de algodão em pluma por planta do algodoeiro colorido BRS Rubi sob diferentes lâminas de água.

#### 4.7. Viabilidade Econômica do Algodoeiro com a Aplicação de Diferentes Lâminas de Água

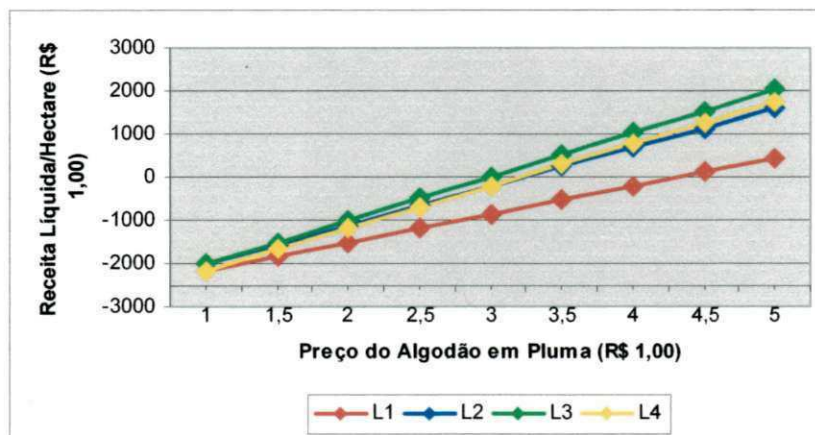
A aplicação da lâmina  $L_1$  (299,0 mm) gerou uma receita negativa para os produtores de algodão em caroço, mesmo para um valor máximo de comercialização R\$ 1,50/kg (Figura 4.22). As receitas líquidas obtidas com a aplicação das lâminas  $L_2$  (447,5 mm) e  $L_4$  (747,4 mm) foram aproximadas, tendo proporcionado receitas positivas quando o preço de comercialização foi superior a R\$ 1,10/kg, chegando a R\$ 1.000,00 e R\$ 1.080,00, por hectare, respectivamente, quando o algodão foi vendido por R\$ 1,50/kg. A aplicação da lâmina  $L_3$  propiciou receitas positivas já a partir de R\$ 1,10/kg, chegando a um teto de

R\$ 1.360,00/ha para um preço de comercialização de R\$ 1,50/kg. Portanto, as maiores receitas líquidas foram obtidas em L<sub>3</sub> e as menores em L<sub>1</sub>, ficando L<sub>2</sub> e L<sub>4</sub> com receitas líquidas intermediárias.



**Figura 4.22.** Receitas líquidas obtidas pela aplicação de diferentes lâminas de água na área experimental em função de diferentes preços de algodão em caroço recebidos pelos agricultores.

Para o algodão em pluma, aplicação da lâmina L<sub>1</sub> gerou uma receita negativa para os agricultores quando foi comercializado por um preço inferior a R\$ 4,50/kg (Figura 4.23). As receitas líquidas obtidas com a aplicação das lâminas L<sub>2</sub> e L<sub>4</sub> foram aproximadas, tendo proporcionado receitas positivas quando o algodão foi comercializado a partir de R\$ 3,50/kg, chegando a R\$ 1.600,00 e R\$ 1.760,00 por hectare, respectivamente, quando o algodão foi vendido por R\$ 5,00/kg. A aplicação da lâmina L<sub>3</sub> propiciou receitas positivas a partir de R\$ 3,00/kg, chegando a um teto de R\$ 2.040,00/ha para um preço de comercialização de R\$ 5,00/kg. Observa-se que as maiores receitas líquidas foram obtidas em L<sub>3</sub> e as menores em L<sub>1</sub>, ficando L<sub>2</sub> e L<sub>4</sub> com receitas líquidas intermediárias.



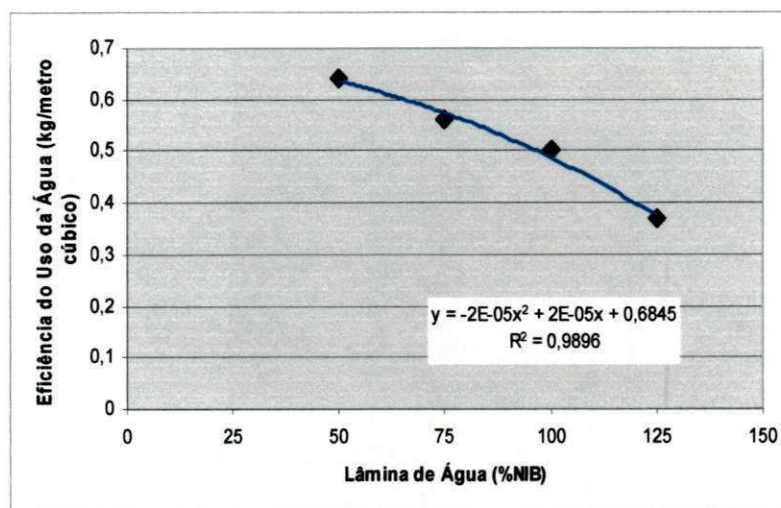
**Figura 4.23.** Receitas líquidas obtidas pela aplicação de diferentes lâminas de água na área experimental em função de diferentes preços de algodão em pluma recebidos pelos agricultores.

#### 4.8. Eficiência do Uso da Água

Na Figura 4.24 estão apresentados os resultados da eficiência de uso da água de irrigação no experimento com o algodoeiro colorido BRS Rubi. Observa-se que a eficiência de uso da água decresceu com o aumento da lâmina de água, observando-se em L<sub>1</sub> (50% da NIB ou 299,0 mm) uma eficiência de 0,64 kg de algodão/metro cúbico de água aplicado, equivalente a 6,4 kg de algodão/hectare/milímetro de água aplicado. Para a lâmina L<sub>4</sub> (125% da NIB ou 747,4 mm), a eficiência de uso foi reduzida para 0,37 kg m<sup>-3</sup> ou 3,7 kg ha<sup>-1</sup> mm<sup>-1</sup>. As lâminas L<sub>2</sub> (75% da NIB ou 447,5 mm) e L<sub>3</sub> (100% da NIB ou 598,9 mm) apresentaram eficiências de uso de 0,56 kg m<sup>-3</sup> e 0,50 kg m<sup>-3</sup> de água aplicado, respectivamente. Portanto, as reduções verificadas em L<sub>2</sub>, L<sub>3</sub> e L<sub>4</sub>, em relação a L<sub>1</sub>, foram de 12,5%, 21,9% e 42,2%, respectivamente. Esses resultados obtidos confirmam a teoria, descrita por English (1990), de que quanto mais a quantidade de água aplicada se aproximar da irrigação sem déficit, menos eficiente é o uso da água.

O sucesso econômico da aplicação da lâmina L<sub>3</sub>, que se equiparou com as lâminas máxima e econômicas, deveu-se à elevada produtividade, que atingiu 3.019,91 kg ha<sup>-1</sup>, contra 1.913,53 kg ha<sup>-1</sup> na lâmina L<sub>1</sub>, 2.529,78 kg ha<sup>-1</sup> em L<sub>2</sub> e 2.792,56 kg ha<sup>-1</sup> em L<sub>4</sub>; daí a razão pela qual a receita líquida em L<sub>3</sub> foi superior às demais, considerando que os custos de produção, para as diferentes lâminas, foram aproximados, tendo havido apenas o diferencial do custo da água. Na lâmina L<sub>4</sub>, a baixa produtividade obtida (7,5% inferior a de L<sub>3</sub>) puxou para baixo a eficiência do uso da água, sendo inferior às obtidas em L<sub>1</sub>, L<sub>2</sub> e L<sub>3</sub> em 42,2%, 33,9% e 26,0%, respectivamente. A eficiência de uso verificada em L<sub>3</sub> foi inferior em 21,9% e 10,7% às obtidas em L<sub>1</sub> e L<sub>2</sub>, respectivamente.

Isto evidencia que nem sempre eficiência do uso da água elevada é sinônimo de maiores receitas líquidas, pois outros fatores interferem, com destaque para o aumento da produtividade.



**Figura 4. 24.** Eficiência do uso da água, estimadas em quilogramas de algodão por metro cúbico ( $m^3$ ) de água aplicada correspondente às lâminas de água dadas em percentagem da NIB.

## 5. CONCLUSÕES

01. O crescimento do algodoeiro intensificou-se com o incremento da lâmina de água, embora em L<sub>4</sub> tenha havido redução do diâmetro do caule, da área foliar unitária e do crescimento de ramos simpodiais, em relação à L<sub>3</sub>;
02. As formas de fracionamento da adubação nitrogenada via fertirrigação afetaram de forma significativa a altura de planta, o número de ramos simpodiais e o crescimento de ramos simpodiais, tendo a forma F<sub>2</sub> (3 aplicações de adubo) tido uma melhor performance;
03. Os efeitos de lâminas de água nas características tecnológicas da fibra do algodoeiro colorido BRS Rubi restringiram-se à finura (micronaire) e à maturidade, enquanto que as formas de fracionamento não afetaram significativamente nenhuma característica;
04. A irradiação solar acumulada proporcionou maior evolução do número de folhas e da área foliar da planta, sobretudo no intervalo de radiação compreendido entre 160 e 200 MJ m<sup>2</sup>, conseqüentemente a amplitude térmica acumulada propiciou maior evolução da altura de planta e da área foliar da planta, com intensidade maior no intervalo entre 700 e 900 °C;
05. A lâmina de água L<sub>3</sub>, correspondente a 100% da necessidade de irrigação bruta, foi a que mais se destacou na irrigação do algodoeiro BRS Rubi, tendo sido obtido receitas líquidas significativas na produção do algodão em caroço e em pluma;
06. As lâminas econômicas que proporcionaram maiores produção de algodão em caroço e em pluma foram, respectivamente 602,9 mm e 614,6 mm, no entanto, as produtividades econômicas para o algodão em caroço e em pluma foram, respectivamente 2.925,35 kg

ha<sup>-1</sup> e 1.015,49 kg ha<sup>-1</sup>, gerando uma receita líquida da produtividade econômica do algodão em caroço de R\$ 774,33 por hectare e em pluma de R\$ 2.041,06 por hectare;

07. Com a aplicação da lâmina L<sub>1</sub> (299,0 mm) gerou uma receita líquida negativa para os produtores de algodão em caroço, comercializado a um valor máximo de R\$ 1,50 kg, já para os agricultores de algodão em pluma gerou uma receita negativa quando comercializado por um preço inferior a R\$ 4,50 kg;
08. A eficiência do uso da água na irrigação do algodoeiro colorido BRS Rubi decresceu com o aumento da lâmina de água.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

AMARAL, J. A B. do.; BELTRÃO, N. E. de M.; SILVA, M. T. - Zoneamento agrícola do Algodão no Nordeste safra 2004/2005 Estado da Paraíba Algodão Colorido BRS 200 - Campina Grande/PB: Embrapa Algodão, 2004. (Embrapa Algodão. Comunicado Técnico, 235).

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

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

ARRUDA, F. P. de. **Emissão/abscisão de estruturas reprodutivas de algodoeiro herbáceo cv. CNPA-7H, em função do sistema de manejo e dos estresses hídrico e salino**. 1999, 133p. Dissertação (Mestrado em Manejo de Solo e Água). Centro de Ciências Agrárias, Universidade Federal da Paraíba. Areia/PB.

ARRUDA, F. P. de.; ANDRADE, A. P. de.; SILVA, I. de F. da.; PEREIRA, I. L.; GUIMARÃES, M. A. M. Emissão/abscisão de estruturas reprodutivas do algodoeiro herbáceo, cv. CNPA-7H: efeito do estresse hídrico. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 6, n. 1, p. 21-27, 2002.

ASSIS, F. N. de. Validação da equação de Penman-Monteith para estimar a evapotranspiração de referência em condições brasileiras In: Congresso Brasileiro de Agrometeorologia, 7, **Anais...**, Viçosa, SBA, p. 164-167, 1991

ATMAN, D. W. Introdução de genes para melhoria do algodão: contraste do cruzamento tradicional com a biotecnologia. In: REUNIÃO NACIONAL DE ALGODÃO, 8, 1995, Londrina. **Resumo dos trabalhos**. Londrina: IAPAR/EMBRAPA-CNPA, 1995, 33p.

AYERS, R.S.; WESTCOT, D.W. A qualidade da água na irrigação. Campina Grande/PB: UFPB. Tradução de Gheyi, H. R.; Medeiros, J.F.; Damaceno, F. A. V., 1991. 218p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem, 29 Revisado).

AZEVEDO, H. M. Irrigação localizada. Informe Agropecuário, Belo Horizonte, v. 12, n. 139, p. 40-53, 1986.

AZEVEDO, P. V. de.; RAO, T. V. R.; AMORIM NETO, M. da S.; PEREIRA, J. R. C.; ESPÍNOLA SOBRINHO, J.; MACIEL, G. F. Necessidades hídricas da cultura do algodoeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília/DF, v. 28, n. 7, p. 863-870, 1993.



BARRETO, A. N.; AMARAL, J. A. B. Avaliação da demanda hídrica do algodoeiro com base na evapotranspiração de referência (Eto) e no coeficiente de cultura (kc) para Catalão/GO. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14. Porto Alegre/RS, 2004. **Anais...** Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

BARRETO, A. N.; BEZERRA, J. R. C.; SILVA, A. A. G. Cálculo da necessidade hídrica do algodoeiro com base na evapotranspiração de referência, (ETo) e no coeficiente de cultura, (kc) para Barreiras/BA. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...** Campina Grande/PB: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).

BARRETO, A. N.; NOGUEIRA, L. C.; CAMPOS, G. M. **Irrigação por bacias em nível na cultura da bananeira**. Parnaíba: (EMBRAPA-CNPA), 1992, 33p. (EMBRAPA-CNPA). (Circular Técnica, 4).

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

BELTRÃO, N. E. de M.; SOUZA, J.G. Fitologia do algodão herbáceo (sistemática, organografia e anatomia). In: BELTRÃO, N. E. de M. (Org.) **O agronegócio do algodão no Brasil**. Brasília/DF: EMBRAPA-CNPA, 1999, v. 1, cap.1, p. 55-86.

BERLATO, M. A.; MOLION, L. C. B. Evaporação e evapotranspiração. Porto Alegre/RS. IPAGRO, 95p. 1981. (Boletim Técnico, 7).

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 6ª ed. Viçosa: UFV, 1995, 657p.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. Viçosa: Imprensa Universitária, 1986. 488p.

BERNARDO, S. Irrigação e produtividade. In: FARIAS, M. A. ; SILVA, E. L. ; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. (ed). **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: UFLA/SBEA, 1998. CAP. 1, p. 117-132.

BERNARDO, S. Manual de irrigação. 5ª ed. Viçosa: Imprensa Universitária. 1989. 596p.

BEZERRA, J. R. C.; AMORIM NETO, M. da S.; AZEVEDO, P. V. de; RAMANA RAO, T. V.; ESPINOLA SOBRINHO, J.; SILVA, M. B. da. **Estimativa do consumo hídrico do algodoeiro herbáceo cultivar CNPA precoce I**: In: EMBRAPA, Centro nacional de Pesquisa de Algodão (Campina Grande/PB). Relatório Técnico Anual-1990- 1991, Campina Grande/PB, p. 218-221, 1992.

BEZERRA, J. R. C.; AMORIM NETO, M. S.; LUZ, M. J. S.; BARRETO, A. N.; SILVA, L. C. Irrigação do algodoeiro herbáceo. In: BELTRÃO, N. E. de M. (ORG.). O agronegócio do algodão no Brasil. v. 2. Brasília/DF: EMBRAPA, Comunicado para Transferência de Tecnologia, 1999. p.617-682.

BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SILVA, B. B. de; ESPINOLA SOBRINHO, J.; RAMANA RAO, T. V.; LUZ, M. J. da S.; MEDEIROS, J. D. 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 p. 151-154, 1994.

BEZERRA, J. R. C.; CORDÃO SOBRINHO, F. P.; FERNANDES, P. D.; BELTRÃO, N. E. de M.; PEREIRA, J. R.; DIAS, J. M. Lâminas de irrigação x reguladores de crescimento no algodoeiro BRS 200- Marrom. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 14., Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: ABID, 2004. CD-ROM.

BEZERRA, J. R. C.; LUZ, M. J. da S.; SANTANA, J. C. F. de.; SILVA, L. C.; DIAS, J. M. Qualidade da fibra do algodoeiro herbáceo submetido a diferentes épocas de supressão da irrigação. In: CONGRESSO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, 12. 2002. Uberlândia/MG. **Anais...** Uberlândia: ABID, 2002b. CD-ROM.

BLANCO, F. F. ; FOLEGATTI, M. V. Manejo da água e nutrientes para o pepino em ambiente protegido sob fertirrigação. **Revista Brasileira de engenharia Agrícola e ambiental**. Campina grande/PB, v. 6, n. 2, p. 251-255, ago., 2002.

BORGES, A. L.; COSTA, E. L. da . Bananeira. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org). **Fertirrigação em Fruteiras Tropicais**. Cruz das Almas: EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, P. 77-84, 2002.

BOYER, J. S. Plant productivity and environment. **Science**, Washington, v. 218, p. 443-448, 1982.

BROWN, R. W. The water relations of range plants: adaptations to water deficit. In: BEDUNAH, D. J.; SOSEBEE, R. E. (ed.). **Wildland plants: physiological ecology and morphology**. Denver: Society for Range Management, 1995. 710p.

BRUNINI, O.; ANGELOCCI, L. R. Resistência ao fluxo de água no sistema solo-planta e recuperação do potencial da água na folha após estresse hídrico em mudas de cafeeiro. **Revista Brasileira de Fisiologia Vegetal**, Campinas, v. 10, n. 1, p. 45-50, 1998.

BURMAN, R. D.; NIXON, P. R.; WRIGHT, J. L.; PRUITT, W. O. Water requirements. In: JENSEN, M. E. (ED) Design and operation of farm irrigation systems. St. Joseph: ASAE, 1983, p. 189-232. (monograph, 3)

OK  
①

BURMAN, R.; POCHOE, L. O. Evaporation and climatic data.. **Amsterdam, Elsevier, 1994, 278p.**

{ CANECHIO FILHO, V.; PASSOS, S. M. de G.; JOSÉ, A. **Algodão.** In: CANECHIO FILHO, V.; PASSOS, S. M. de G.; JOSÉ, A. **Principais culturas.** Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, 1972. p. 01-97. } <sup>OK</sup> (2)

CARVALHO, L. H.; CHIAVEGATO, E. J. A. A cultura do algodão no Brasil: fatores que afetam a produtividade. In: CIA, E.; FREIRE, E. C.; SANTOS, W. J. dos. (ed.). **Cultura do algodoeiro.** Piracicaba: Patafós, 1999. p. 01-08.

CARVALHO, M. da C. S.; BARBOSA, K. de A.; MEDEIROS, J. da C.; OLIVEIRA JÚNIOR, J. P. de.; LEANDRO, W. M. Resposta do algodoeiro ao manejo da adubação nitrogenada no sistema de integração lavoura-pecuária no cerrado de Goiás. In: CONGRESSO BRASILEIRO DO ALGODÃO, 4, 2003, Goiânia, GO. **Anais...Campina Grande/PB: Embrapa Algodão/Fundação GO, 2003. CD-ROM (Embrapa Algodão. Documentos, 118).**

CETIN, O.; BILGEL, L. Effects of different irrigation methods on shedding and yield of cotton. **Agricultural Water Management**, Amsterdam, v. 54, p. 1-15, 2002.

COBLE, H. S.; STEELE, W. M. . **An introduction to the botany of tropical crops.** 2ª ed. London: Longman, 1979, 371p.

COELHO, A. B. A cultura do algodão e a questão da integração entre preços internos e externos. São Paulo: FEA/USP, 2002, 136p. Dissertação (Mestrado).

COELHO, E. F.; OLIVEIRA, L. S. de.; BORGES, A. L. Aspectos básicos da fertirrigação. In: BORGES, A. L.; COELHO, E. F.; TRINDADE, A. V. (Org). **Fertirrigação em Fruteiras Tropicais.** Cruz das Almas: EMBRAPA MANDIOCA E FRUTICULTURA, p. 77-84, 2002.

CORDÃO SOBRINHO, F. P. Crescimento e desenvolvimento do algodoeiro colorido BRS 200 marrom em função de lâminas de irrigação e regulador de crescimento. Universidade Federal de Campina Grande- UFCG, Campina Grande/PB, 2004, p. 62. (Dissertação de Mestrado).

DAKER, A. a água na agricultura. 3ª ed. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1970, 453p.

DANTAS NETO, J. Modelos de decisão para otimização do padrão de cultivo, em áreas irrigadas, baseada nas funções de resposta da cultura à água. Jaboticabal-São Paulo, UNESP, 1994, 125p. (Tese de Doutorado).

DOORENBOS, J. e KASSAM, A. H. **Efeito de água no rendimento das culturas**. Roma: FAO, 1979, 193p (Nota Técnica, 33).

DOORENBOS, J.; KASSAM, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande/PB: UFPB. Tradução de Gheyi, H. R.; Souza, A. A.; Damaceno, F. A. V.; Medeiros, J. F., 1994. 306p. (Estudos FAO: Irrigação e Drenagem).

DOORENBOS, J.; KASSAN, A. H. **Efeito da água no rendimento das culturas**. Campina Grande/PB: UFCG, 2000, 306p. il. (Estudos da FAO: irrigação e Drenagem, 33).

DOORENBOS, J.; PRUITT, W. O. Las necesidades de água de los cultivos. 5ª ed. Roma. FAO, 1990, 194p. (Estúdios FAO: Riego e Drenage, n. 24).

DOORENBOS, S. J.; PRUITT, W. O. Crop water requirements. Roma. 1977. (FAO Irrigation and Drainage paper, 24). 179p.

DUENHAS, L. H.; VILLAS BÔAS, R. L.; SOUZA, C. M. P. de.; RAGOZO, C. R. A.; BULL, L. T. Fertirrigação com diferentes doses de NPK e seus efeitos sobre a produção e qualidade de frutos de laranja (*Citrus Sinensis* O.) “Valência”. **Revista Brasileira de Fruticultura**, Jaboticabal, v. 24, n. 1, p. 214-218, abril, 2002.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Campina Grande/PB) BRS 200 marrom. **Cultivar de fibra colorida**. Campina Grande/PB: EMBRAPA - CNPA, 2000.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Linhas de ação**. Disponível em: [http://www.embrapa.br/linhas\\_ação/alimentos/grãos\\_fibras/Acesso em 28 jan 2004](http://www.embrapa.br/linhas_ação/alimentos/grãos_fibras/Acesso em 28 jan 2004).

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro. EMBRAPA-SNLS, 1997, 212p.

ENDRIZZI, J. E.; TURCOTTE, E. L.; KOHEL, R. J. Quantitative genetics, cytology and cytogenetics. In: KOHEL, R. J.; LEWIS, C. F. ed. **Cotton**. Madison: American Society of Agronomy, p. 82-131, 1994.

ENGLISH, M. J. Déficit irrigation. In: Analitical framework, Journal of the Irrigation and Drainage Division of ASCE, New York, v. 116, n. 3, p. 399 – 412, 1990.

FAGÉRIA, N. K. **Solos tropicais e aspectos fisiológicos das culturas**. Brasília: EMBRAPA/DPU, 1989. 425p. (EMBRAPA CNPAF. Documento, 18).

FAQUIN, V. Exigências nutricionais e funções dos nutrientes. In: NUTRIÇÃO MINERAL DE PLANTAS, Lavras/MG: ESAL/FAEPE, P. 87-175, 1994.

FARIAS, J. C. F.; BELTRÃO, N. E. de M.; FREIRE, F. C. Características de importância econômica no melhoramento do algodoeiro. In: BELTRÃO, N. E. de M. (org.). O agronegócio do algodão no Brasil. Brasília: EMBRAPA-Comunicação para transferência de tecnologia, 1999, v. 1, p. 361-370.

FERREIRA, P. V. Estatística aplicada à agronomia. 3º ed. Maceió – AL: EDUFAL, 2000, 419p.

FIPLAN: **Potencial de irrigação e oportunidades agroindustriais no Estado da Paraíba**, v.1, João Pessoa: 1980, 302p.

FONSECA, G. R. da; SANTANA, J. C. F. de. **Resultados de ensaio HVI e suas interpretações (ASTM D-4605)**. Campina Grande/PB: EMBRAPA-CNPA, 2002. 13p. (EMBRAPA - CNPA. Circular Técnica, 66).

FREIRE, E. C.; ANDRADE, F. P. de; FARIAS, F. J. C.; COSTA, J. N. de; MOREIRA, J. de A. N.; VIEIRA, R. de M.; FARIAS, R. H. de. **Melhoramento do algodão no Nordeste do Brasil**. Campina Grande/PB: EMBRAPA – CNPA, 1997, 6p. (EMBRAPA - CNPA, 49)

FREIRE, E. C.; BELTRÃO, N. E. de M. **Custos de produção e rentabilidade do algodão no Brasil: safra 1996/97, 1997**, 6p. (EMBRAPA-CNPA, Comunicado Técnico, 69).

FREIRE, E. C.; FARIAS, F. J. C. de. Cultivares de algodão para o Centro-Oeste. In: Embrapa Agropecuária Oeste; Embrapa Algodão. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste. 2001. p. 159-180.

FRIZZONE, J. A. **Função de resposta das culturas à produção**. Piracicaba: ESALQ. 1993, 42p. (série didática 006).

FRIZZONE, J. A. Funções de produção. In: FARIAS, M. A.; SILVA, E. L.; VILELA, L. A. A.; SILVA, A. M. ed. **Manejo de irrigação**. Poços de Caldas: FLA/SBEA, 1998. cap. 1, p. 86-116.

FRIZZONE, J. A. Irrigação por aspersão: Uniformidade e eficiência. Piracicaba-ESALQ: Departamento de Engenharia Rural, 1992, 53p. Série Didática, 03.

GAMEIRO, A. H.; MENEZES, S. M.; PEREZ, P. Algodão: Queda de produção e alta de dólar elevam preços. **Agrianual 2003**. São Paulo: FNP. P. 193-207.

GONZAGA NETO, L. **Goiaba: Produção - aspectos técnicos**. EMBRAPA SEMI-ÁRIDO, Brasília: EMBRAPA Informações Tecnologias, 2001. 79p. (Frutas do Brasil, 17).

GRASSI, C. J. Estimación de los usos consuntivos de água y requerimientos de riego com fines de formulacion y disenõ de proyectos. Merida. SIDITA, 1968, 96p. (Documento , 53).

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

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

GUILHERME, L. R. G.; VALE, F. R. do.; GUEDES, G. A. de A. **Fertilidade do solo: dinâmica e disponibilidade de nutrientes**. Lavras: ESALQ/FAEPE. 1994, 171p.

GULATTI, A. M.; TURNER, A. J. **A note on early history of cotton**. [ S. I ]: Indian Central Cotton Committee, 1928 (Tech. lab. Bull, 17).

HARGREAVES, G . H.; SAMANI, Z. A. Economics considerations of déficit irrigation. **Journal of irrigation and drainage Engineering**. New York, v. 110, n. 3. p. 343-358, 1984.

HATFIELD, J. L. Research priorities In: ET: evolving methods. Transactions of the ASAE, v. 31. n. 2. p. 491-495. mar/abr. 1988

JOHNS, G . G.; VIMPANY, I. A. Effect of high rates of chloride fertiliser ou banana leaf conductance, plant growth, nutrient concentration and root death under contrasting watering regimes. **Australian Journal of Experimental Agriculture, Alstonville:Austrália**, v. 39, n. 2, p. 211-219, agosto., 1999.

KATZ, D.; BOONE, N.; VREELAND Jr., J. M. Organically grown and naturally colored cotton: a global overview. In: BELTWISE COTTON CONFERENCE, 1997, Memphis, **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council of America, p. 293-297, 1997.

KELLER, J.; BLIESNER, R. D. **Sprinkle and trickler irrigation**. New York: Van Nostrand reinhold, 1990, 652p.

KELLER, J.; KARMELI, D. Trickle irrigation design parameters. **Transaction of the ASAE**. St. Joseph, v. 17, n. 4, p. 678- 684, July/Aug. 1974.

KIMMEL, L. B.; SAWHNEY, A. P. S.; FOSTER, E. R.; COLE, W. D. Biocomponent spinning of naturally colored cotton yarns. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 1996, Memphis, **proceedings...** Memphis: National Cotton Council of America, p. 1439-1443, 1996.

KIMMEL, L. B.; TAO, W.; YACHMENEV, V.; CALAMARI Jr., F. naturally colored Brown cotton for nedlepunched monwoven fabrics. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 2000, memphis, **proceedings...** Memphis: National Cotton Council of America, 2000, p. 846-851.

KRAMER, P. J. Water relation of plants. New York: Academic Press. 1983.

LACA-BUENDIA, J. P.; FARIA, E. A. Manejo e tratos culturais do algodoeiro. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 8, n. 92, p.50-61, agosto. 1982.

LAMAS, F. M.; STAUT, L. A. Adubação nitrogenada e regulador de crescimento no algodoeiro em sistema plantio direto. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001. Campo Grande, MS. **Anais...** Campina Grande/PB: Embrapa Algodão, 2001. p. 424-426.

LOPEZ, C. C. Fertirrigação: aplicação na horticultura. In: FOLEGATTI, M. V.; CASARINE, E.; BLANCO, F. F.; CAMPONEZ DO BRASIL, R. P.; RESENDE, R. S. (Coords). **Fertirrigação: flores, frutas e hortaliças**. Guaíba. Ed. Agropecuária, cap.8, p. 269 –288, 2001.

LOPEZ, C. C. **Fertirrigation: cultivos horticolas y ornamentales**. 2ª edición revisada. Madri, Espana: Ediciones Mundi-Prensa. 2000, 475p.

LUZ, M. J. da S.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N.; SANTOS, J. W. dos.; AMORIM NETO, M. da S. Efeito da deficiência hídrica sobre o rendimento e a qualidade da fibra do algodoeiro. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande/PB, v. 1, n. 1, p.125-133. 1997.

LUZ, M. J. da S.; SANTOS, J.W.dos.; BEZERRA, J. R. C. Efeito da lâmina d'água e da frequência de irrigação sobre o algodoeiro herbáceo. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande/PB, v. 3, n. 3, p. 181-186. 1999.

LUZ, M. J. da.; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N. Efeito do estresse em diversas fases do ciclo do algodoeiro sobre a fenologia e a eficiência do uso de água da cultivar BR 1, em Condado?PB. **Revista de Oleaginosas e Fibrosas**. Campina Grande/PB, v.2, n.3, p. 209-214, set/dez, 1998.

OK

3

MAAS, E. V.; NIEMAN, R. H. **Physiology of plant tolerance to salinity**. In: **Crop tolerance to suboptimal Land conditions**. Jung, G. A. (ed). ASA Special publication n. 32, p.227-299, 1978.

MAGALHÃES, A. C. N. Análise quantitativa do crescimento. In: FERRI, M. G. (Coordenador). **Fisiologia vegetal I**. São Paulo: EPU/ed. Da Universidade de São Paulo, 1979. p. 331-350.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional de plantas: princípios e perspectivas**. Piracicaba, S. Paulo: PATAFOS, 1997, 201p.

MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants**. 2ª ed. Berna: International Potash Institute, 1995, 680p.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Porto Alegre – RS: ed. Universitária/UERGS. p. 33-47. 1992.

MATZENAUER, R. Evapotranspiração de plantas cultivadas e coeficientes de cultura. In: BERGAMASCHI, H. (coord.). **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Cap. 2. 2ª ed. Porto Alegre: ed. Universidade/UFRGS, 1999. p. 33-47.

MONTEITH, J. L. Evaporation from land surface: progress in analysis and prediction since 1948. In: NATIONAL CONFERENCE ON ADVANCES In EVAPOTRANSPIRATION, Chicago, 1985. Proceedings St. Joseph: ASAE, p. 4-12, 1985.

MONTEITH, J. L. Evaporation and environment. In: SYMPOSIUM OF THE SOCIETY FOR EXPERIMENTAL BIOLOGY, 19, London 1964. Cambridge: University Press, p. 205-234. 1965.

MORTON, F. I. Operational estimates of aerial evapotranspiration and their significance to the science and practice of hydrology. **Journal of Hydrology**, v.66, n. ¼, p. 1-76, 1983.

NÁPOLES, F. A. de M.; AMORIM NETO, M. da S.; SILVA, L. C.; DANTAS NETO, J. Supressão da irrigação no algodoeiro: impactos sobre o rendimento e tecnologia de fibra. **Revista Brasileira de Oleaginosas e Fibrosas**, Campina Grande/PB, v. 3, n. 1, p. 55-60, 1999 b.

NATURAL. Colors of cotton. **IAC Recorder**, v, 10, n. 4, p. 3-5, dec. 1992.

NEVES, O. S.; JUNQUEIRA, A. A. B. O algodão no Brasil. In: **cultura e adubação do algodoeiro**. São Paulo/SP, Instituto Brasileiro de Potassa, 1967.



NOGUEIRA, R. J. M. C. Expressões fisiológicas da aceroleira. (*Malpighia emarginata* D.C.) em condições adversas. São Carlos: Universidade Federal de São Carlos/SP, 1997, 20p. (Tese Doutorado).

NUNES FILHO, J.; SÁ, V. A. L.; OLIVEIRA JÚNIOR, I. S. de.; COUTINHO, J. L. B.; dos.; SANTOS, V. F. Efeito de lâminas de irrigação sobre o rendimento e qualidade da fibra de cultivares de algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L. r. *latifolium* Hutch). **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 2, n. 3, p. 295-299, 1998.

OLIVEIRA, F. A.; CAMPOS, T. G. da S.; SOUZA, J. G.; CARVALHO, O. S. Efeitos de nitrogênio e fósforo na cultura do algodoeiro herbáceo. In: Reunião Nacional do Algodão, 5, 1998, Campina Grande/PB, Resumo de trabalhos. Campina Grande/PB, EMBRAPA-CNPA, 1998, p. 88.

OOSTERHUIS, H.J.W. Growth and development of cotton plant In: CIA, E.; FREIRE, E.C.; SANTOS, W.J. (ed.). **Cultura do algodoeiro**. Piracicaba: Potafos, 1999. p.35-56.

PAPADOPOULOS, I. Fertirrigação: situação atual e perspectivas para o futuro. In: MARCOS VINICIUS FOLEGATTI (Coord), **Fertirrigação: citrus, flores, hortaliças**. Guaíba. ed. Agropecuária, cap. 1, p.11- 74, 1999.

PASSOS, S. M. de G. **Algodão**. Campinas: Instituto Campineiro, 1980, 424p.

PENMAN, A. L. Evaporation on introduction survey. **Journal of Agricultural Science**, Netherland, v, 4, p. 9-29, 1956.

PENMAN, H. L. Natural evaporation from open water, bare soil and grass. **Proceeding of the Royal Society**, v. 198. p. 116-140. 1948.

PEQUENO, H C.; CAMPOS, J. L. D. e SILVA, Z. R. Meteorologia e climatologia agrícolas. Fortaleza, 1978. Centro de Ciências Agrárias- Universidade Federal do Ceará. 221p.

PEREIRA, A. R.; NOVA, N. A.; SEDIYAMA, G. C. Evapo(transpi)ração. Piracicaba: FEALQ, 1997, 183p.

PEREIRA, A. R.; VILLA NOVA, N. A.; PEREIRA, A. S.; et al. A model for the Class. A pan coefficient. **Agricultural and Forest Meteorology**. Amsterdam, 1995. v. 76, p. 75-88.

PHILLIPS, L. L. Cotton: *Gossypium malvaceae*. In: SIMMONDS, N. W. ed. Evolution of crop plants. London: Longman, p. 196-200, 1979.

- PIMENTEL GOMES, F. Curso de Estatística Experimental. Ed. Nobel. 1990. 468p.
- PINTO, J. M.; SOARES, J. M.; CHOUDHURY, E. N.; PEREIRA, J. R. Adubação via água de irrigação na cultura do melão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*. v.28, n.11, p. 1264-1268, 1993.
- PURSEGLOVE, J. W. Tropical crops: Dicotyledons. 3ª ed. London: Longman, 1979, 719p.
- REDINBAUGH, M G.; CAMPBELL, W. H. Higher plant responses to environmental nitrate. *Physiol. Plantarum*, v. 82, p. 640-650, 1991.
- REICHARDT, K. A água em sistemas agrícolas. 1º ed. Editora Manole Ltda. São Paulo, 1987. 188p.
- SABINO, N. P.; KONDO, J. I.; CARNEIRO, J. B. Maturidade da fibra de algodão determinada pelo Fibrógrafo Modelo 430. *Bragantia*, Campinas, 43 (1), p. 87 – 94, 1980.
- SALOMON, K. H. **Typical crop water production functions**. American Society of Agricultural Engineers, Chicago, 1985. p. 17-20 (ASAE. Paper, 85-2296).
- SANTANA, J. C. de; COSTA, J. N. da; FERRAZ, I.; OLIVEIRA, L. M. Q. M. de. Tecnologia da fibra de linhagens e cultivares de algodoeiro herbáceo, avaliados em ensaio regional- In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 3, 2001, Campo Grande. *Anais...* Campina Grande/PB: EMBRAPA-CNPA, 2001, p. 1093-1095, ISSN 0103-0205.
- SANTANA, J. C. F de. **Características tecnológicas da fibra de duas cultivares de algodão armazenada em dois municípios paraibanos**. Campina Grande/PB: UFCG/CCT, 2002. p. 48. (Dissertação Mestrado).
- SANTANA, J. C. F. de; COSTA, J. N. da. Utilização dos equipamentos “AFIS” e “HVT” na avaliação das características tecnológicas da fibra de linhagens e cultivares de algodão herbáceo. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto. *Anais...* Campina Grande/PB, EMBRAPA-CNPA, 1999, p.687.
- SANTANA, J. C. F. de; FREIRE, E. C.; FONSECA, R. G. da; WANDERLEY, M. J. R.; SANTANA, C. L. da S.; VALENÇA, A. R. Avaliação das características tecnológica da fibra da BRS 200 marrom a nível de grande campo de produção de sementes em Catolé do Rocha/PB e Itaporanga-PB, 2001 In: IV CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, GOIÂNIA/GO, setembro, 2003
- SANTANA, J. C. F. de; WANDERLEY, M. J. R.; BELTRÃO, N. E. de M.; VIEIRA, D. J. Características da fibra e do fio do algodão: análise e interpretação dos resultados. In:

BELTRÃO, N. E. de M. (ORG.). **O agronegócio do algodão no Brasil**. v. 2. Brasília: Embrapa Comunicado para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 857-880.

SANTANA, J. C.F de; WANDERLEY, M. J. R. **Interpretação de resultados de análises de fibras, efetuadas pelo instrumento de alto volume (HVI) e pelo finurímetro-maturímetro (FMT<sub>2</sub>)**. Campina Grande/PB: EMBRAPA-CNPA, 1995. 9p. (EMBRAPA-CNPA. (Comunicado Técnico, 41).

SANTOS, J. B. Estudo das relações nitrogênio: potássio e cálcio: magnésio sobre o desenvolvimento vegetativo e produtivo do maracujazeiro amarelo. Areia/PB, 2001, 86p. Dissertação (Mestrado)-Universidade Federal da Paraíba.

SEDIYAMA, G. C. Necessidades de água para cultivos. Brasília, ABEAS, 1987. 143p.

SENTELHAS, P. C. **Agrometeorologia aplicada à irrigação**. Piracicaba: FUNEP, 2001, 410p.

SHANGGUAN, Z. P. SHAO, M. A; DYCKMANS, J. nitrogen nutrition and water stress effects on leaf photosynthetic gas exchange and water use efficiency in winter wheat. **Environmental and Experimental Botany**, v. 44, p. 141-149, 2000.

SHANNON, M. C. In: quest of rapid screening techniques for plant salt tolerance. **Horticulture Science**, v. 14, p. 587-589, 1979.

SILVA E LUZ, M. J. da; BEZERRA, J. R. C.; BARRETO, A. N. V.; SILVA M. B. da. Resposta do algodoeiro herbáceo ao manejo da irrigação – 1993. In: EMBRAPA – CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DO ALGODÃO (Campina Grande/PB). Rel. Téc. an. 1992/93, p. 161 – 164, 1994.

SILVA, A. A. G.; ANGELOCCI, L. R.; ANDRADE, C. L. T. Avaliação da eficiência de métodos de estimativa da evapotranspiração de referência (ET<sub>o</sub>). In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ENGENHARIA AGRÍCOLA, 22, 1993, Ilhéus. **Anais...** Ilhéus: Sociedade Brasileira de Engenharia Agrícola, 1993, p. 2465-2478.

SILVA, A. M.; SILVA, E. L. Necessidade de água para irrigação. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 9, n. 100, p. 6-13, 1983

SILVA, J. T. A. da ; BORGES, A L OLIVEIRA, S de. Efeito do Nitrogênio e Potássio sobre a produção de bananeira irrigada. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIAS DO SOLO, V.26, 1997, Rio de Janeiro. **Anais...** Rio de Janeiro: SRCS, 1997 CD-ROM.

SMITH, P F Effect of nitrogen source and placement on the root development of Valencia oranges trees. **Proceedings of the Florida State horticultural Society**, v. 78, p. 55-59, 1965.

SNYDER, R L. Equation for evaporation pan to evapotranspiration conversion. **Journal of Irrigation and Drainage Engineering of ASCE**, New York, v. 118, n. 6, p.977-980, 1992

SOUSA, V F de SOUSA, A de P. Efeito da frequência de aplicação de N e K por gotejamento na cultura do meloeiro (*Cucumis melo L.* ). **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 17, n. 3, p. 36-45, março, 1998.

STAUT, L. A.; KURIHARA, C. H. Calagem e adubação. In: Embrapa Agropecuária Oeste. **Algodão: tecnologia de produção**. Dourados: Embrapa Agropecuária Oeste/Embrapa Algodão, cap. 5, p. 103-123, 2001.

TAIZ, L.; ZIEGER, E. **Fisiologia vegetal**. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004, 719p.

THORNTWAITE, C. W. Na approach toward a national classification of climata. **Geographical. Review**, NEW YORK, v, 38, p. 55-94, 1948.

TORMENA, C. A.; SILVA, A. P. da.; GONÇALVES, A. C. A.; FOLEGATTI, M. V. Intervalo ótimo de potencial de água no solo: um conceito para avaliação da qualidade física do solo e manejo da água na agricultura irrigada. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande/PB, v. 3, n. 3, p. 286-292, 1999.

VAREJÃO-SILVA, M. A. Meteorologia e climatologia. Brasília: INMET, Gráfica e Editora Stilo. 2000. 532p.

VIANA, S. B. A. Otimização do uso de água e nitrogênio no cultivo do algodoeiro herbáceo na região Oeste da Bahia. Universidade Federal de Campina Grande/PB UFCG, set. 2005. p. 143.

VIEIRA, R. de M.; MEDEIROS, A. A. de.; COSTA, J. N. da. Ensaio internacional de cultivares de algodão do cone-Sul. Ipanguaçu-RN- 1998. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ALGODÃO, 2, 1999, Ribeirão Preto. **Anais...** Campina Grande/PB, EMBRAPA-CNPA, 1999, p. 582.

VILLA NOVA, N. A.; OMETTO, J. C. Instruções para utilização do tanque “ Classe A” em estimativa da evapotranspiração potencial, real e frequência de irrigação. Seminário Nacional de Irrigação e Drenagem. Fortaleza, 1975, v. 3, p. 65-74.

VIVANCOS, A. D. Fertirrigation. Madrid: Ediciones Mundi-Prensa, 1993. 217p.

VOLPE, C. A.e CHURATA-MASCA, M. G. C. Manejo da irrigação em hortaliças: método do tanque Classe A. Jaboticabal: FUNEP, 1988. 19p.

WITT, H. H. Root growth of trees as influenced by physical and chemical soil factors. **Acta horticulturae**, n.450, p. 205-214, 1997.

YIN, H.; ROGERS, C. The characteristic performance of naturally colored cotton. In: BELTWIDE COTTON CONFERENCE, 1996. Memphis, **Proceedings...** Memphis: National Cotton Council of America, 1996, 1335p.