

INFLUÊNCIA DE REGIMES DE IRRIGAÇÃO E NÍVEIS DE ADUBAÇÃO
NITROGENADA NO CRESCIMENTO E PRODUTIVIDADE DO ALGODÃO
HERBÁCEO (*Gossypium hirsutum* R. LATIFOLIUM HUTCH.)

FÁBIO HENRIQUE DE SOUZA FARIA

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA A COORDENAÇÃO DO CURSO DE
PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO RE-
QUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE MESTRE
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

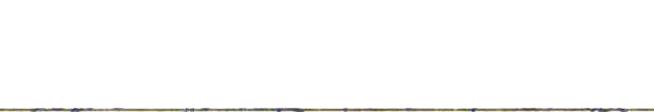
FORTALEZA — 1990

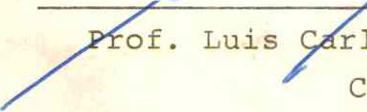
Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários para obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Irrigação e Drenagem, outorgado pela Universidade Federal do Ceará e encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.


Fábio Henrique de Souza Faria

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 06 / 11 / 90


Prof. Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, Ph.D.
Orientador da Dissertação


Prof. Luis Carlos Uchôa Saunders, D.Sc.
Conselheiro


Prof. José Tarciso Alves Costa, Ph.D.
Conselheiro

À MEMÓRIA

*de meu pai, Fábio e de meu irmão, Paulo César,
entes queridos que nos proporcionaram muita fe-
licidade nesta passagem.*

RECONHECIMENTO

*Aos irmãos Lídia, Nandy e Ronaldo,
pela amizade e solidariedade.*

*À ELE, pela luz, força, fé, esperança,
vida e eterna companhia.*

*À minha mãe, Celina, pelo amor,
carinho e apoio incondicional.*

*À Tida, pelo amor, compreensão
e paciência infinita.*

DEDICO

*"A felicidade será sempre um fruto colhido
pelos que semeiam o amor espontaneamente."*

(o autor)

AGRADECIMENTOS

Ao Programa Nacional de Irrigação (PRONI) e ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), pela concessão da bolsa de estudo e auxílio-tese.

À Commission des Communautés Europeenes através do Institut Recherches pour les Huiles et Oléagineux e do Centre de Coopération Internationale en Recherche Agronomique pour le Developpment (Convênio IRHO/CIRAD) pelo auxílio financeiro.

Ao Professor LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA, orientador e coordenador do Convênio IRHO/CIRAD, pela dedicação, solicitude, sinceridade, ensino e orientação deste trabalho.

Aos Professores LUIS CARLOS U. SAUNDERS e JOSÉ TARCISO A. COSTA pela colaboração e sugestões apresentadas.

Aos Professores do Curso de Mestrado e, em especial, aos do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos e pela oportunidade de realização da pós-graduação.

Ao Eng^o Agr^o IVAN MARTINS ALBUQUERQUE e aos laboratoristas Sr. ANTÔNIO L. OLIVEIRA, MARIA GEÓRGIA B. OLIVEIRA, MARIA DAS GRAÇAS PEREIRA e FÁTIMA R. SILVA pelo auxílio técnico e análises realizadas.

Aos colegas ANA TERSARIOL, CÁTIA, FERNANDA, TASSO, WALDENÍSIA e, em especial, a ANA LÚCIA e BENEDITO, pela amizade e relacionamento.

A pesquisadora Eng^a Agr^a MIRALDA BUENO DE PAULA pela iniciação na pesquisa.

Aos amigos MÁRIO LÚCIO e ROSANE pelo exemplo e estímulo, ÁLVARO pela colaboração, NILMAR pelo convívio, MÁRCIO e ANA pela consideração e tia ELZA e tio CHIQUITO pelo interesse e incentivo.

Aos funcionários do CMID, DENA e FEVC pela ajuda nas atividades desenvolvidas no decorrer do Curso de Mestrado.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u>	
<u>LISTA DE TABELAS</u>	
<u>RESUMO</u>	
<u>ABSTRACT</u>	
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DE LITERATURA</u>	3
2.1 - <u>Necessidade de água do algodão</u>	3
2.2 - <u>Estresse hídrico e manejo da irrigação</u>	6
2.3 - <u>A adubação nitrogenada no algodão</u>	13
2.4 - <u>Interação nitrogênio-irrigação</u>	17
3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	24
3.1 - <u>Caracterização do local do experimento</u>	24
3.2 - <u>Determinações químico-físico-hídricas do solo</u> .	26
3.3 - <u>Condução do experimento</u>	30
3.4 - <u>Determinação do potencial hídrico</u>	36
3.5 - <u>Análise foliar: N, P e K</u>	37
3.6 - <u>Determinação da produtividade biológica</u>	38
3.6.1 - <i>Determinação da produtividade biológica (IAF)</i>	38
3.6.2 - <i>Determinação do peso seco da parte aérea</i>	39
3.6.3 - <i>Determinação da taxa de crescimento relativo (TCR)</i> .	39
3.6.4 - <i>Determinação da taxa de assimilação líquida (TAL)</i> ...	40
3.7 - <u>Determinação dos parâmetros do processo reprodu</u> <u>tivo</u>	41

3.7.1 - <i>Produção de flores</i>	41
3.7.2 - <i>Abscisão de flores e frutos</i>	41
3.7.3 - <i>Produção de capulhos</i>	41
3.8 - <u>Determinação dos parâmetros de produção do algodão</u>	42
3.8.1 - <i>Produção de algodão em caroço por planta, por área e peso de capulho</i>	42
3.9 - <u>Delineamento experimental</u>	43
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	45
4.1 - <u>Lâminas de água aplicada</u>	45
4.2 - <u>Potencial hídrico</u>	51
4.3 - <u>Análise foliar</u>	66
4.3.1 - <i>Nitrogenio</i>	66
4.3.2 - <i>Fósforo</i>	69
4.3.3 - <i>Potássio</i>	71
4.4 - <u>Produtividade biológica</u>	73
4.4.1 - <i>Área foliar e índice de área foliar</i>	73
4.4.2 - <i>Peso seco da parte aérea</i>	84
4.4.3 - <i>Taxa de crescimento relativo</i>	89
4.4.4 - <i>Taxa de assimilação líquida</i>	93
4.5 - <u>Processo reprodutivo</u>	95
4.5.1 - <i>Produção de flores</i>	95
4.5.2 - <i>Abscisão de flores e frutos</i>	103
4.5.3 - <i>Produção de capulhos</i>	108
4.6 - <u>Produção do algodão</u>	110
4.6.1 - <i>Peso de capulho</i>	110
4.6.2 - <i>Produção de algodão em caroço por planta</i>	114
4.6.3 - <i>Produção de algodão em caroço</i>	117

5 - CONCLUSÕES 122
6 - LITERATURA CITADA 125

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA		Página
1	Curvas características de umidade do solo Aluvial Eutrófico da área do experimento às profundidades de 10, 30 e 50 cm. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	29
2	Curva de calibração do medidor de umidade SPE EDY (S) x ESTUFA (E) do solo aluvial Eutrófico da área do experimento, na profundidade média de 30 cm. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	31
3	Esquema do experimento de campo	44
4	Variação do potencial hídrico foliar (MPa) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L ₁ (-0,4 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 28 e 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	60
5	Variação do potencial hídrico foliar (MPa) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L ₂ (-0,8 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 28 e 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	61

FIGURA

Página

- 6 Variação do potencial hídrico foliar (MPa) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L₃ (-3,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 28 e 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 62
- 7 Variação do potencial hídrico foliar (MPa) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L₄ (-0,8 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 28 e 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 63
- 8 Variação da área foliar (dm²) e índice de área foliar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L₁ (-0,4 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 76
- 9 Variação da área foliar (dm²) e índice de área foliar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L₂ (-0,8 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 77

FIGURA

Página

- 10 Variação da área foliar (dm^2) e índice de área foliar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L_3 (-3,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 78
- 11 Variação da área foliar (dm^2) e índice de área foliar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L_4 (-8,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 79
- 12 Peso seco da parte aérea (g) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG (A) e aos 70 DAG (B). Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 88
- 13 Taxa de crescimento relativo ($\text{mg.g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 92

FIGURA

Página

- 14 Taxa de assimilação líquida ($\text{mg.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 96
- 15 Variação na produção de flores da cultivar de algodão Precoce 1, submetida ao regime hídrico L₁ (-0,4 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 .. 99
- 16 Variação na produção de flores da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L₂ (-0,8 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 100
- 17 Variação na produção de flores da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L₃ (-3,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 101

FIGURA

Página

- 18 Variação na produção do flores da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida ao regime hídrico L_4 (-8,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 102
- 19 Produção de flores e capulhos da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida aos regimes hídricos L_1 (-0,4 atm) (A) e L_2 (-0,8 atm) (B) e a quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 104
- 20 Produção de flores e capulhos da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida aos regimes hídricos L_3 (-3,0 atm) (C) e L_4 (-8,0 atm) (D) e a quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 105
- 21 Peso de capulho (g) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 113
- 22 Produção de algodão em caroço por planta (g) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 116

FIGURA

Página

- 23 Produção de algodão em caroço ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 119

LISTA DE TABELAS

TABELA		Página
1	Dados climáticos da estação agrometeorológica da FEVC (Pentecoste - CE) - período Outubro a Janeiro de 1989/90	25
2	Características físicas do solo Aluvial Eutrófico (Pentecoste - CE)	27
3	Características químicas do solo Aluvial Eutrófico (Pentecoste - CE)	28
4	Elementos básicos de irrigação para a cultivar de algodão CNPA Precoce 1 no período de 29/9/89 a 21/12/89 na FEVC. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	46
5	Irrigação: frequência e lâminas para a cultivar de algodão CNPA Precoce 1 - UFC/CCA/FEV. Pentecoste (CE), 29/9/89 a 21/12/89	47
6	Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 28 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	52

TABELA

Página

7	Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 35 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	53
8	Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 42 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	54
9	Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 50 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	55
10	Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	56
11	Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 63 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	57

TABELA

Página

12	Valores do potencial hídrico (MPa) das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 69 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	58
13	Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	59
14	Teor de nitrogênio foliar (%) presente nas folhas de algodão CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	67
15	Teor de fósforo foliar (%) presente nas folhas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	70
16	Teor de potássio (%) presente nas folhas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e a quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	72

TABELA

Página

17	Variação da área foliar (dm ²) da cultura de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, no período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	75
18	Taxa de crescimento (dm ² .dia) no período entre 40 e 61 DAG (A) e índice de área foliar aos 75 DAG (B), da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	82
19	Peso seco da parte aérea (g) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	85
20	Peso seco da parte aérea (g) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	86

TABELA

Página

21	Variações na taxa de crescimento relativo ($\text{mg.g}^{-1}.\text{dia}^{-1}$) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, no período compreendido entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	90
22	Variações na taxa de assimilação líquida ($\text{mg.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, no período compreendido entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	94
23	Produção de flores das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 .	97
24	Taxas de abscisão de flores e frutos (%) em plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	106
25	Produção de capulhos das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990 ...	108

TABELA

Página

26	Peso de capulho (g) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	112
27	Produção de algodão em caroço por planta (g) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	114
28	Produção de algodão em caroço ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990	118

RESUMO

Experimento de campo foi conduzido com o objetivo de avaliar a influência de regimes de irrigação e níveis de adubação nitrogenada no crescimento e produtividade do algodão (*Gossypium hirsutum* L.). A cultivar de algodão CNPA Precoce 1 foi submetida a quatro regimes hídricos definidos pelas tensões de umidade de solo $L_1 = 0,4$; $L_2 = 0,8$; $L_3 = 3,0$ e $L_4 = 8,0$ atm e a aplicação de quatro níveis de adubação nitrogenada, $N_1 =$ residual do solo; $N_2 = 60$; $N_3 = 120$ $N_4 = 180$ $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N. Sulfato de amônio foi usado como fonte de nitrogênio. A cultura foi plantada em um solo aluvial eutrófico, textura franco-arenosa e irrigada por sulcos fechados em nível. Os valores de potencial hídrico foliar apresentaram variações para os regimes hídricos dos 28 aos 56 dias após a germinação (DAG), onde os tratamentos mais irrigados (L_1 e L_2) se mantiveram estáveis e os mais estressados (L_3 e L_4) apresentaram crescente elevação. Aos 63 DAG houve uma queda acentuada dos valores de potencial hídrico para todos os regimes de irrigação, com maiores reduções nos níveis mais elevados de nitrogênio. A área foliar exibiu maiores taxas de crescimento para os incrementos de água e nitrogênio, mas sob a condição de deficiência hídrica os níveis de adubação diferiram inexpressivamente. Os teores de nitrogênio e fósforo foliar, peso seco da parte aérea e produção

de flores e capulhos apresentaram diferenças significativas somente para as médias dos regimes hídricos e níveis de adubação. Potássio foliar e abscisão de flores e frutos não apresentaram diferença significativa entre tratamentos e entre médias dos fatores. As taxas de crescimento relativo e assimilação líquida mostraram apenas o efeito da irrigação, evidenciado pela recuperação do algodão sob estresse hídrico pronunciado (L_4). Peso de capulho e produção de algodão em caroço por planta e por área mostraram diferenças significativas entre tratamentos e entre médias dos fatores. No regime com maior disponibilidade hídrica (L_1), os acréscimos de N induziram aumentos progressivos nos níveis de produção, atingindo 4.617 kg.ha^{-1} . Nos demais regimes os acréscimos consideráveis de produção só ocorreram até o nível de adubação N_3 . Em termos de produção, a aplicação de N se mostrou capaz de superar parcialmente a deficiência hídrica do solo.

ABSTRACT

Field study was conducted aiming to evaluate the influence of water regimes and nitrogen fertilization on cotton (*Gossypium hirsutum* L.) growth and productivity. Cotton cultivar CNPA Precoce 1 was subjected to four water regimes defined by soil water tensions being $L_1 = 0,4$; $L_2 = 0,8$; $L_3 = 3,0$ e $L_4 = 8,0$ atm and four levels of nitrogen fertilization, $N_1 =$ residual N in the soil; $N_2 = 60$; $N_3 = 120$ and $N_4 = 180$ $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ of N. Ammonium sulphate was used as the source of N. The crop was cultivated in a eutrophic alluvial soil sand-loam texture and irrigated by level furrows closed at the end. During vegetative stage and early flowering, between 26 and 56 days after germination (DAG) leaf water potential was essentially the same in well water regimes (L_1 and L_2), but increased progressively in water stressed regimes (L_3 and L_4). At 63 DAG during boll formation it occurred significantly reduction in leaf water potential for well regimes, with the greatest reduction occurring in the highest levels of N. Increase in both factors water and N induced progressive increases of leaf area growth in all treatments but in the most stressed regime (L_4), in wich N did not promoted significantly increase.

The levels of leaf nitrogen and phosphorus, shoot dry weight and flowers and bolls production showed signifi-

cantly differences only when the averages for water regimes and N fertilization were considered. The level of leaf potassium and flower and boll abscissions did not showed any significant differences neither among treatments nor among average of factors. Relative growth rate and net assimilation rate changed essentially in response to water regimes. Plants in L_4 regimes showed the greatest increase in both rates because measurements were made after the second and last irrigation and N fertilization. Boll weight and cotton seed production either per plant or per area showed significant differences among treatments and among average of factors. In the regime with the greatest availability (L_1) increase in N induced progressive increase of cotton seed production, reaching $4,617 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$. For all three remaining water regimes, considerable increase in production occurred until the N fertilization level N_3 . In terms of production, N fertilization was capable of overcoming partially the water defficiency in the soil

1 - INTRODUÇÃO

A cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.) é antiga, com as primeiras referências históricas constando do Código de Manu (800 A.C.). Escavações arqueológicas em Núbia e Mo^henjo-Daro (Paquistão Ocidental) descobriram fragmentos de algodão que datam de 2.700 A.C. Na América, os indícios mais antigos da cultura foram encontrados em Ancon-Chillon (Peru) e Tehaucan Valley (México) com idades estimadas entre 1750 a 2500 A.C. e 2300 a 3500 A.C., respectivamente (LEE, 1984).

O algodão é uma cultura de grande importância social e econômica para o Brasil e, em especial, para o Nordeste brasileiro. O algodão chegou a ocupar no Brasil uma área cultivada de 3.200.000 ha e, no Nordeste, de 672.000 ha (1978), decrescendo para cerca de 2.000.000 ha no Brasil e 420.000 ha no Nordeste (1983). A produtividade média do algodão de sequeiro nesta região nos períodos citados caiu de 335 para 241 kg.ha⁻¹. As produtividades médias do Brasil e da região Centro-Sul são mais elevadas, em torno de 1.000 e 1.500 kg.ha⁻¹, respectivamente. Em 1980, o algodão contribuiu com 17% do valor da produção agrícola e 7% do ICM recolhido na região Nordeste (BELTRÃO et alii, 1986; SILVA et alii, 1988).

A baixa produtividade do algodão no Nordeste se de-

ve principalmente à irregularidade e escassez das chuvas. O algodão é uma alternativa viável como cultura irrigada no NORdeste. A região dispõe atualmente de uma área irrigada de 123.000 ha, com produtividade média de algodão de 2.500 kg.ha⁻¹ (1983) e uma área irrigável de 2.000.000 ha. Os recursos hídricos do Nordeste são de 207 bilhões de m³.ano⁻¹, com a demanda atual de água para a irrigação de apenas 1,84 bilhões de m³.ano⁻¹ (SILVA, 1988).

O aumento da produtividade e da qualidade do algodão no Nordeste semi-árido pode ser conseguido através de um melhor conhecimento das técnicas culturais em função da irrigação.

No Nordeste, são escassas as informações e trabalhos neste campo de conhecimento, destacando-se a necessidade de otimização de níveis de água e fertilização nitrogenada para a cultura.

O presente trabalho foi conduzido para se determinar os efeitos de diferentes regimes de irrigação e níveis de nitrogênio na cultura do algodão, visando a estabelecer níveis ótimos destes fatores, períodos de maior exigência de água e de nitrogênio das plantas e aumento de produtividade. Tem por objetivo também testar a hipótese de que o algodão, com ampla disponibilidade de nitrogênio e sob regime de deficiência hídrica, desenvolve mecanismos fisiológicos de adaptação ao estresse, possibilitando a obtenção de produções satisfatórias.

2 - REVISÃO DE LITERATURA

2.1 - Necessidade de água do algodão

A água tem fundamental importância na vida das plantas, seja qualitativa ou quantitativamente. Além de participar ativamente nos processos fisiológicos vitais das plantas, ela representa cerca de 80-90% do peso das plantas herbáceas e 50% das lenhosas, podendo constituir 90% do peso do protoplasma celular. É indispensável como meio de transporte de nutrientes desde o solo até os locais de utilização, é reagente em uma série de processos químicos, atua como solvente de grande número de substâncias, exerce ação mecânica de pressão ou turgescência, essencial para a divisão e expansão celular, permite a abertura e fechamento dos estômatos, promove o resfriamento das plantas e permite a absorção da radiação solar sem se aquecer em demasia (KRAMER, 1983; KLAR, 1984).

Dentre os fatores complementares da produção vegetal, a água é aquele que limita os rendimentos com maior frequência, de modo que o controle da umidade é critério preponderante para o êxito da agricultura irrigada (SILVA et alii, 1985c).

A absorção de água e nutrientes pelo algodão depende de alguns fatores ambientais, sendo limitada, por exemplo, por aeração do solo inferior a 10% e temperatura abaixo de 15°C (WADDLE, 1984). As raízes do algodão ocupam somente 1 a 2% do volume de solo da zona radicular e atingem a profundidade de até 1,80 m na fase de máximo desenvolvimento sob condições favoráveis. A maior concentração radicular ocorre em geral na faixa de 0,60 - 0,90 m em solos de textura fina e 0,90 - 1,20 m em solos de textura média a grossa. A água retirada do solo, até a profundidade de 60 cm, representa 61% do total e, até a profundidade de 90 cm, cerca de 77%, equivalente a 550 e 690 mm, respectivamente, para solos profundos de região quente (DAKER, 1973). O algodão obtém a maior parte da água necessária ao seu desenvolvimento até 90 cm de profundidade do solo, segundo BURNETT & FISHER (1954), que constataram ser esta a profundidade ótima para armazenar e prover água e nutrientes suficientes para a cultura.

Para que as plantas explorem o solo em profundidade, este deve ser irrigado com água suficiente para repor a umidade em todo o perfil. Neste caso, as irrigações podem ser mais espaçadas e, no caso de falta ou atraso da irrigação, as plantas não sofrerão danos severos (MARINATO & LIMA, 1982). O sistema radicular do algodão explora todo o solo úmido, emitindo ramificações sob taxas variáveis de umidade disponível até que cerca de 75% desta seja utilizada, quando cessa abruptamente a absorção, deixando a água remanescente para ser usada na maturação dos frutos (HEARN, 1979).

Vários autores relataram o consumo médio de água do algodão durante seu ciclo em lâminas que variaram entre 415 a 668 mm (MARINATO, 1982), 450 a 600 mm (BELTRÃO *et alii*, 1986) e 500 mm (WADDLE, 1984).

A evapotranspiração média da cultura oscila entre 2,5 a 10,9 mm.dia⁻¹ de acordo com os estádios da cultura (MARINATO, 1982; OLIVEIRA *et alii*, 1988). A demanda de água do algodão é crescente até a faixa de 60 a 75 dias de idade da planta, declinando após este período. A demanda máxima de água do algodão ocorre nos estádios de floração e formação de maçãs, no período de 60 a 80 dias após o plantio (KAKIDA & MARINATO, 1982; MARINATO, 1982; SILVA *et alii* 1985a). PASSOS (1977) considerou imprescindível a presença de umidade mínima satisfatória no primeiro mês de crescimento e no primeiro mês de florescimento da cultura.

Diversas tentativas foram feitas no sentido de se estabelecer limites ou níveis críticos de umidade para o controle da irrigação do algodão, tanto a nível de solo como a nível de planta. MARANI & FUCHS (1964) afirmaram que lâminas de água entre 150 e 200 mm proporcionaram boas respostas de produção e que a profundidade ótima de irrigação para o solo em questão foi de 90 cm. HEARN (1979) e SILVA *et alii* (1984; 1985b; 1985c) concluíram que deve ser mantida a umidade entre 50 e 75% de água do solo consumida para que não haja decréscimos na produção. ARAGÃO JÚNIOR *et alii* (1989) testaram quatro lâminas de irrigação baseadas em 100, 80, 60 e 40% da evapotranspiração potencial (ET_p) na região do

Vale do Rio Jaguaribe (CE), durante os anos de 1984 e 1985. Os autores relataram a superioridade da irrigação manejada com base em 80% da ET_p , com uma frequência de rega de seis dias. Pesquisadores que trabalharam com medições do potencial hídrico foliar do algodão adotaram os valores críticos para fechamento de estômatos como limite mínimo aceitável de umidade da planta, encontrando os seguintes resultados para plantas em condições de campo: - 30 bars (JORDAN & RITCHIE, 1971); - 24 a - 28 bars (GRIMES & YAMADA, 1982); - 1,4 a - 1,9 MPa (GUINN & MAUNEY, 1984) e - 1,8 a - 2,4 MPa (HEARN & CONSTABLE, 1984). Essas discrepâncias podem ser explicadas se considerarmos que, segundo WENKERT *et alii* (1978), a técnica da câmara de pressão é eficiente na medição do potencial hídrico foliar no campo, mas desde que o tempo de medição seja curto, para evitar erros devido à dessecação. O período diurno de medição do potencial hídrico foliar também se reveste de grande importância nas comparações e avaliações dos níveis de umidade das plantas, devido às grandes flutuações que ocorrem em função das variações de temperatura (GRIMES & YAMADA, 1982).

2.2 - Estresse hídrico e manejo da irrigação

As plantas, em geral, são muito ineficientes na economia de água, chegando a perder por transpiração até 98% da água absorvida. O estresse por deficiência hídrica da

planta ocorre principalmente devido à deficiência hídrica do solo, embora a perda excessiva por transpiração e absorção inadequada também favoreçam o processo. Este estresse é caracterizado por uma redução do conteúdo de água e do potencial hídrico e as conseqüências são diversas: reduz a disponibilidade e a capacidade de absorção de nutrientes; diminui a eficiência de utilização metabólica; causa a perda de turgescência e fechamento de estômatos; redução na respiração e do teor e translocação de carboidratos; diminuição do teor de proteínas; acúmulo de prolina e outros efeitos que resultam no decréscimo de crescimento da planta e queda na produção, podendo mesmo chegar em casos extremos a morte por dessecação (HSIAO, 1973; HSIAO & ACEVEDO, 1973; RENA *et alii*, 1976; KOZLOWSKI, 1983).

Para crescer, desenvolver e produzir satisfatoriamente em condições semi-áridas, é necessário que a planta tenha um balanço hídrico adaptado a estas condições, com um período de fotossíntese se concentrando nas horas mais frias do dia, quando a abertura dos estômatos possa suprir a planta de CO₂ sem, no entanto, induzir grande perda de água por transpiração (SOUZA *et alii*, 1982). Foram observadas flutuações diurnas de potencial hídrico foliar de algodão em relação a diferentes potenciais de água do solo no campo (JORDAN, 1970). A flutuação diária do balanço hídrico da planta varia em função do fluxo de energia quando a água do solo não é limitante (JORDAN & RITCHIE, 1971). Estudos de campo realizados por WEATHERLEY (1950) e SLATYER (1967) mostraram que o "status" hídrico da planta é diretamente influen-

ciado pela demanda evaporativa até que um potencial crítico de água do solo seja alcançado. KEPLER *et alii* (1973) relataram, em experimento com algodão, alterações no padrão de crescimento das raízes em função de diferentes umidades do solo. Para plantas desenvolvidas em condição de baixa umidade disponível do solo, inicialmente há maior concentração radicular nas camadas superiores do solo, mas como resultado da morte de velhas raízes destas camadas, há produção de novas raízes em camadas inferiores do solo, acentuando a densidade radicular em profundidade. Em perfil de solo semelhante, plantas crescidas na mesma época e em condição favorável de umidade não apresentaram o mesmo comportamento, evidenciando, portanto, o estímulo provocado pelo estresse hídrico às raízes do algodão de crescerem explorando camadas profundas de solo. De acordo com JORDAN & RITCHIE (1971), o algodão pode continuar a extrair água do solo e transpirar durante períodos de seca prolongada. Apesar do baixo potencial hídrico do solo na principal zona radicular, taxas significativas de transpiração da planta foram mantidas, sustentadas pela absorção de água das camadas de solo abaixo da principal zona radicular. O padrão de crescimento do algodão, conforme HEARN (1979), é bem adaptado à sobrevivência em condições semi-áridas. O algodão não apresenta um ciclo definido a ser completado e a estratégia de sobrevivência sob um suprimento de água escasso e irregular é produzir tantos segmentos (ramos frutíferos-internódio, botão floral e folhas) quantos forem possíveis até que o suprimento de água comece a escassear. Então, inicia-se um mecanis

mo de aborto de frutos jovens dando prioridade aos mais velhos. Se o suprimento de água for restabelecido, o ciclo se repete.

Em condições experimentais, o estresse hídrico é induzido às culturas pelo suprimento de uma umidade mínima, mas que seja suficiente para promover crescimento e produção máxima da planta em função dos demais recursos e fatores disponíveis. Diferentes níveis de disponibilidade hídrica do solo e "status" hídrico da planta são comumente testados pela pesquisa como índice de turno de rega. Utilizando o potencial hídrico foliar como parâmetro indicador do momento de irrigação do algodão, GRIMES & YAMADA (1982) observaram que o potencial hídrico mínimo decresceu linearmente com o tempo após a irrigação, obtendo-se altas produções quando se permitiu que o mesmo decrescesse até - 19 bars. SILVA (1980) testou as tensões de umidade do solo: 1,0; 2,0; 2,5 e 3 atm na profundidade média de 40 cm de solo e concluiu que o tratamento sob a tensão de 2 atm foi superior aos demais. Para umidade expressa em porcentagem de água consumida do solo, experimentos conduzidos por SILVA et alii (1985b; 1985c; 1988) revelaram efeitos significativos para os parâmetros rendimento e peso médio de capulho sob a condição de irrigação quando 75% de água do solo já havia sido consumida. Determinando o consumo de água para o algodão herbáceo irrigado, MARINATO & KAKIDA (1982) submeteram a cultura a uma umidade crítica de solo de 11,5% em volume, que resultou numa produção máxima de $5.500 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de algodão em caroço, totalizando um gasto de 600 mm de água durante o

ciclo com um turno de rega em torno de 14 dias.

Há um consenso entre os pesquisadores de que o estresse hídrico, ocorrendo no período de desenvolvimento, induz uma menor sensibilidade à deficiência hídrica em fases subseqüentes, maiores produções e tendências de se encurtar o ciclo da cultura (SINGH, 1975; CUTLER & RAINS, 1977; KAKIDA & MARINATO, 1985), o que diminuiria a exigência de água e insumos em geral. Mesmo que diminua a produção, pode ser vantajoso economicamente (GUINN et alii, 1981). PEREIRA et alii (1985) concordam e evidenciaram que quanto maior o estresse inicial, menor o número de capulhos, mas é maior o seu peso médio e que a perda na produção é pequena em relação a redução na quantidade de água aplicada. MARANI & LEVI (1973) acreditaram que um melhor rendimento econômico seria obtido realizando-se a primeira irrigação pós-plantio três semanas antes da floração.

As fases de floração e formação de maçãs da cultura se constituem em períodos críticos ao estresse hídrico (KAKIDA & MARINATO, 1982). Isto se verifica devido à influência do "status" da água da planta sobre as taxas de florescimento e abscisão de frutos através de mudanças nas concentrações de vários hormônios das plantas, responsáveis pela indução de abscisão de frutos e folhas, determinando indiretamente a produção. McMICHAEL et alii (1972) estudaram o efeito do estresse hídrico na produção de etileno em pecíolos de algodão e constataram nítidos aumentos na produção do hormônio quando um severo estresse hídrico se desenvolveu.

Concluíram ainda que o estresse hídrico pode causar diretamente uma inibição física do transporte de auxina e estimular a síntese de etileno. Foram estudados por GUINN (1982) os níveis de ácido abscísico (ABA) e as taxas de abscisão de frutos jovens em relação à disponibilidade de água e produção de maçãs pelas plantas, concluindo-se que o estresse hídrico induz acréscimo na concentração de ABA das folhas e abscisão de frutos e decréscimo de ambos quando o estresse hídrico é suspenso pela irrigação. Existem divergências de opinião entre os pesquisadores sobre o momento ideal da irrigação nesta fase. GUINN & MAUNEY (1984a; 1984b) recomendam estresse hídrico moderado no início do período de floração e irrigação subsequente, mas MARINATO & LIMA (1982) sugeriram que do início da floração até a formação das maçãs (60-100 dias) deva ser respeitado o limite de 60% de água do solo consumida pela planta. Uma única irrigação aplicada no início da floração foi defendida por MARANI & HORWITZ (1963) e MARANI & FUCHS (1964) e irrigação aos 60 e 80 dias após a germinação foi o tratamento que diferiu significativamente dos demais, de acordo com SILVA *et alii* (1985a). Testes de campo realizados por MILLER & GRIMES (1967) em San Joaquin Valley (Califórnia - USA), região onde se cultivava tradicionalmente algodão irrigado com cerca de 750 mm de água por ciclo, mostraram que o estresse hídrico aplicado, quando um terço dos frutos já haviam sido emitidos, resultou em quebra de quase 50% na produção. Quando o estresse foi aplicado no pique de frutificação, mesmo irrigando-se depois, ocorreu um atraso na emissão de frutos e um conse -

qüente prolongamento do ciclo. BRUCE & RÖMKENS (1965) consideram que a deficiência de nitrato na planta causa abscisão de frutos. A ausência de umidade seria uma causa indireta devido à água ser o meio de transporte do nitrogênio do solo para os tecidos da planta. Uma boa medida preventiva contra a abscisão de frutos seria manter a umidade do solo à tensão de 2,5 atm até a profundidade média de 50 cm durante cerca de quatro semanas depois da primeira floração.

Alguns autores estabeleceram níveis críticos de potencial hídrico foliar como sendo de $-2,4 \text{ MP}_a$ (McMICHAEL *et alii*, 1973) e $-1,9 \text{ MP}_a$ (GUINN & MAUNEY, 1984), abaixo dos quais a retenção de frutos foi baixa. Irrigações frequentes e excesso de umidade aumentaram a taxa de abscisão de flores e frutos, reduzindo a produção e aumentando o ciclo da cultura (STOCKTON *et alii*, 1961; HEARN, 1975a, 1984; SILVA, 1985a). O algodão, quando sujeito a períodos de inundação em solos de drenagem pobre, geralmente tem produção reduzida, em virtude de rápidas diminuições de O_2 do solo, de crescimento na condutância estomática e atividade fotossintética e diminuição da taxa de crescimento foliar (MEYER *et alii*, 1987). A frequência de irrigação do algodão varia numa ampla faixa para as regiões áridas e semi-áridas, onde diferenças na retenção de água pelo solo e outras propriedades hidráulicas são grandes (GRIMES & YAMADA, 1982). Para estas regiões, no início e no final do ciclo, podem-se atingir turnos de rega de até 35 dias (KAKIDA & MARINATO, 1982). A última irrigação da cultura deve ser feita de modo a propiciar ao solo quantidade de água remanescente suficiente pa

ra completar a maturação de todas as maçãs (MARINATO & LIMA, 1982). OLIVEIRA & SILVA (1984) sugeriram que a última irrigação deve ser feita 40 dias após o início da floração, porque além de obter maiores rendimentos, por ocasião da colheita as folhas já terão caído e não haverá necessidade do uso de desfolhantes. Na fase de maturação não há necessidade de se irrigar o algodão, conforme resultados de pesquisa de campo conduzida por SILVA et alii (1985a), corroborado por ARAÚJO JÚNIOR & MAGALHÃES (1988).

2.3 - A adubação nitrogenada no algodão

O nitrogênio é encontrado no solo predominantemente sob a forma orgânica, estando presente também nas formas nítrica e amoniacal. É transportado até as raízes pelo processo de fluxo de massa, sendo a quantidade de nitrogênio passível de atingir as raízes proporcional ao volume de água absorvida e à concentração do elemento no solo. Após estabelecido o contato, o íon é absorvido para o interior celular através do processo ativo de absorção (MALAVOLTA, 1980). A absorção do nitrogênio pelas plantas, segundo PASSOS (1977), se dá principalmente na forma de nitrato e sais amoniacais, sofrendo reduções e passando a forma amínica. Ocorre nas plantas sob a forma de numerosos compostos orgânicos os quais têm em média cerca de 16% de nitrogênio (NEVES et alii, 1965). É fundamental no desenvolvimento da planta, na for-

mação dos órgãos vegetativos, constituição das substâncias proteicas, clorofila e de todos os órgãos de reserva. É necessário na multiplicação celular e é fator regulador da formação da matéria seca. Está presente nas plantas mais abundantemente em tecidos jovens à razão de 1 a 5% do peso seco das folhas, sendo que, em folhas normais de algodão o nível médio é 2,39% e em folhas deficientes 1,12% (MALAVOLTA & HAAG, 1968).

O nitrogênio e o potássio são os elementos exigidos em maiores quantidades pelo algodão, variando de acordo com as condições de cultivo, solo e clima. Para uma produção de 1.300 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço obtida de uma população de 25.000 plantas, SARRUGE *et alii* (1963) verificaram que de 84 kg de N.ha⁻¹ absorvidos pelas plantas, 29 kg de N foram exportados pela produção. MALAVOLTA & HAAG (1968) confirmaram os resultados obtidos supracitados com uma produção de 1.400 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço para a mesma população de plantas, encontrando uma absorção total de 84 kg de N.ha⁻¹ e, destes, 29 kg de N constituintes da produção de algodão em caroço. Catani *et alii* (1954) citados por NEVES *et alii* (1965) estimaram que para uma produção de 1.200 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, 44 kg de N sejam extraídos do solo por hectare. Segundo HALEVY (1976), a absorção de nitrogênio do solo totalizou 230 kg.ha⁻¹ e a exportação pela produção de 1.700 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço situou-se entre 98 a 109 kg.ha⁻¹. Para produções entre 1.178 e 1.628 kg.ha⁻¹ de algodão em caroço, BASSET *et alii* (1970) observaram que 142 kg de N foram retirados do solo pelas plantas, com uma pro-

dução de matéria seca em torno de 6.900 a 8.900 kg.ha⁻¹. MA RANI & AHARONOV (1964) asseguraram que, para uma produção de 12.000 kg.ha⁻¹ de matéria seca, a absorção total de N pelas plantas chegou a 250 kg.ha⁻¹. O algodão tem crescimento inicial lento e absorve poucos minerais até o período de floração, quando aumenta consideravelmente a absorção. A absorção máxima do nitrogênio pelas plantas de algodão se dá por ocasião do aparecimento dos botões florais, flores e maçãs, com um pico secundário na época de pleno desenvolvimento das maçãs, totalizando nestas fases uma absorção em torno de 75% dos macronutrientes de que necessita (SARRUGE et alii, 1963). Em solução nutritiva, a absorção máxima de nitrogênio pelo algodão ocorre entre 40 e 60 dias de vida da planta e aos 90 dias novamente, época em que há maior número de botões florais (PASSOS, 1977). A deficiência de nitrogênio é considerada causa de redução do crescimento e produção de frutos. Tucker e Tucker (1968) citados por BENEDICT (1984) afirmaram que aumentos do nível de nitrogênio promove acréscimos na taxa de floração devido ao maior número de pontos de primórdios florais. Entretanto, o número total de flores em relação ao número total de capulhos normalmente não é afetado pelo nitrogênio para uma ampla faixa de níveis de N no solo. Para Radin e Mauney (1982), citados por BENEDICT (1984), o nitrogênio afetou a taxa de crescimento do algodão, área foliar, precocidade, queda de frutos, percentagem de fibra, índice de frutificação e resposta dos estômatos ao estresse hídrico. No entanto, diferentes níveis de N não afetaram a época da primeira flor, da abertura do primeiro

capulho, intervalo de floração e o número de sementes por ca pulho. Jordan (1979; 1982) citado por BENEDICT (1984), dis cutiu a indução de abscisão de frutos por deficiência hídri ca, porém, a reincidência da abscisão após a irrigação pode ser explicada em termos de nutrição. O crescimento é alta- mente sensível à deficiência hídrica, mas a divisão celular continua a ocorrer em potenciais hídricos baixos suficien- tes para inibir o alongamento celular. Como conseqüência o primórdio foliar não alonga. Na reidratação, a turgescên- cia é restabelecida e a nova demanda por carboidratos e ni- trogênio pela rápida expansão foliar pode ser suficiente pa- ra causar abscisão. Somada ao estresse nutricional, a defi- ciência hídrica pode gerar mudanças nas concentrações de vá- rios hormônios da planta que induzem à abscisão de folhas, flores e frutos.

Recomendações de adubação nitrogenada são feitas ge- ralmente parcelando-se em aplicações no plantio e em cober- tura devido às perdas por lixiviação, volatilização e desni- trificação. WADDLE (1984) recomenda aplicação de apenas 30% da dose de adubação nitrogenada no plantio. THOMPSON (1965), utilizando sulfato de amônio, concluiu que o modo mais efi- ciente de aplicação do adubo nitrogenado consistiu no parce- lamento de metade da dosagem no plantio e o restante na pri- meira floração. SARRUGE et alii (1963) definiram três fa- ses importantes para se parcelar o nitrogênio: no plantio; antes do florescimento e depois de formadas as maçãs. Tra- balho desenvolvido por VON PINHO et alii (1988) sobre o par- celamento da adubação da cultura do algodão herbáceo mostrou

que o parcelamento da adubação de cobertura em duas épocas, a primeira após o desbaste das plantas e a segunda vinte dias após a primeira cobertura, proporcionou aumentos significativos na produção da cultura. As dosagens recomendadas de nitrogênio variam com o tipo de solo e os teores de P e K presentes (SILVA *et alii*, 1984). Acréscimos na produção de matéria seca e absorção de NPK foram observados por HALEVY *et alii* (1987) para aplicações de N nos níveis de 120 e 180 kg.ha⁻¹, enquanto que a produtividade, peso de planta e outros parâmetros mostraram tendências de acréscimos com taxas de nitrogênio maiores que 170 kg.ha⁻¹ na adubação da cultura de algodão (PERKINS & DOUGLAS, 1965). A quantidade de nitrogênio assimilável no solo pode ocasionar um prolongamento vegetativo da planta em detrimento da produção. O nitrogênio é o elemento que exerce efeitos mais rápidos e pronunciados no vegetal (PASSOS, 1977). Os sintomas de carência deste elemento no algodão são: paralisação do crescimento da planta; clorose uniforme tornando-se gradualmente mais evidente em folhas velhas; acúmulo de fósforo nas folhas; redução no florescimento, frutificação e produção (NEVES *et alii*, 1985).

2.4 - Interação nitrogênio-irrigação

Os processos de absorção de água e de nutrientes pelas raízes são independentes, porém, ambos dependem do gra-

diente de potencial hídrico existente entre a planta e o solo. Os processos de transporte dos nutrientes e o crescimento estão intimamente relacionados, tornando-se difícil a definição de efeitos de estresse hídrico na nutrição da planta. A deficiência hídrica reduz a disponibilidade, a capacidade de absorção de nutrientes pelas plantas e a eficiência de utilização metabólica (VIETS Jr., 1972).

Em solos de má drenagem ou sujeitos a períodos de encharcamento, as melhores fontes de nitrogênio são a amoniacal e a amídica (uréia), aplicadas na zona de redução. A superioridade da forma amoniacal é atribuída a sua absorção preferencial, menor lixiviação e maior estabilidade em condições anaeróbicas (Fageria, citado por AQUINO, 1985). A deficiência hídrica afeta a absorção de nutrientes, o metabolismo dos carboidratos e proteínas, a translocação de metabólitos, a desnaturação de proteínas, provoca mudanças na estrutura e hidratação das proteínas com alterações na atividade enzimática, diminui a produção de DNA, RNA e ATP e induz acúmulo de prolina livre nas folhas (SLATYER, 1967; McMICHAEL & ELMORE, 1977; FERREIRA *et alii*, 1979; SOUZA, 1983). Pode-se explicar a diminuição do teor de proteínas nos tecidos foliares estressados como devido a um processo de hidrólise e a uma redução na síntese de proteína, graças a um decréscimo considerável de energia livre disponível resultante da redução das atividades respiratória e fotossintética. A diminuição do teor de ATP induzida pelo decréscimo destes dois processos leva a uma redução na síntese de proteínas (MELO, 1989).

Quando há carência hídrica, os estômatos se fecham e reduzem a transpiração. Plantas de café bem nutridas com nitrogênio foram capazes de manter a turgescência sob condições de estresse hídrico severo. Baixas taxas de transpiração podem ter sido a causa da manutenção da turgescência da planta. Testes de dessecação confirmaram os resultados de que plantas bem nutridas com nitrogênio perdem água mais devagar (TESHA & KUMAR, 1978). A água vicinal, que é significativamente maior em plantas bem nutridas de nitrogênio, pode ser um fator de contribuição ao abaixamento de transpiração quando a água é escassa (Gusev, 1965; Shimshi, 1970, citados por TESHA & KUMAR, 1978). Com o tempo e o grau de estresse aumentando, as frações de água vicinal, mais fortemente retidas, começam a ser liberadas. Conclui-se, então, que a desidratação de plantas durante o estresse é menor se ela contém proporcionalmente mais água vicinal fortemente presa. Em condições de estresse hídrico, a concentração de clorofila é reduzida e diminui a fotossíntese da planta. Entretanto, plantas bem supridas de nitrogênio sofrem pouco efeito de fotooxidação de clorofila, mantendo a sua concentração mesmo sob condições de estresse hídrico e elevada intensidade solar (TESHA & KUMAR, 1975). Há um acréscimo na concentração proteica da planta, especialmente a proteína aquosa, depois da aplicação de nitrogênio no solo, segundo trabalhos de Weisman (1964) e Gusev (1965) citados por TESHA & KUMAR (1978).

O crescimento celular é provavelmente um dos processos mais sensíveis ao estresse hídrico devido a turgescên -

cia ser a força física necessária para o crescimento celular. Possíveis mecanismos que condicionam a pressão de turgescência e mantêm o crescimento celular incluem acúmulo de soluto ou regulação osmótica, pequenas células (mais células por unidade de volume) e maior elasticidade da parede celular (GRIMES & YAMADA, 1982). O potencial hídrico foliar do algodão é um bom índice indicador de estresse hídrico, segundo HEARN (1979), constituindo-se de vários componentes dos quais o potencial osmótico e a pressão de turgescência se distinguem. Crescimento foliar e fechamento de estômatos de plantas de algodão são processos dependentes de uma determinada pressão de turgescência, sendo que ambos respondem a um mesmo valor crítico de pressão de turgescência. O acúmulo de solutos nas células induz um decréscimo do potencial osmótico e, conseqüentemente, somente quando as folhas atingirem um potencial hídrico menor (maior estresse hídrico) é que a pressão de turgescência alcançará valores abaixo do valor crítico, interrompendo o processo de crescimento foliar. Este processo é conhecido por ajustamento osmótico ou osmoregulação (HEARN, 1979; PRISCO, 1980).

O algodão também convive com o estresse hídrico quando sob condições de deficiência de nitrogênio. No entanto, assegura a sobrevivência, através da manutenção do metabolismo, reagindo ao estresse hídrico com o fechamento de estômatos sob baixos potenciais de água da folha, acúmulo de ácido abscísico e fortalecimento da parede celular, resultando, entretanto, em produções inexpressivas conforme avaliações de trabalhos por RADIN & PARKER (1979a; 1979b); RA-

DIN & ACKERSON (1981); RADIN & PARKER (1982) e RADIN *et alii* (1985).

A análise dos resultados da pesquisa realizada por GRIMES *et alii* (1969a) mostrou que a produção de algodão em caroço apresentou correlação positiva com número de flores e capulhos produzidos e houve respostas significativas aos acréscimos de água, que, por sua vez, foram altamente dependentes do suprimento de nitrogênio. Melhores produções foram obtidas pela interação entre adubação nitrogenada e irrigação, quando se aumentaram os níveis de nitrogênio e reduziram os níveis de água, tornando evidente que água em excesso aumenta o peso da planta e reduz a produção de algodão, que se mostra influenciado também em qualidade de fibra pelo fornecimento de água. O algodão pode exibir um excessivo crescimento se for submetido a altos níveis de irrigação e adubação nitrogenada, resultando em produções reduzidas (GRIMES *et alii*, 1969b). A resposta do algodão ao nitrogênio é altamente dependente do nível de umidade do solo, porém, a frequência de irrigação pode reduzir a produção, sendo recomendado um turno de rega entre 14 e 21 dias (JACKSON & TILT, 1968; HEARN, 1975a). MEYER *et alii* (1987) relataram que, em solos com má drenagem, a frequência de irrigação ocasiona curtos períodos de encharcamento suficientes para reduzir a taxa de absorção de nitrogênio e induzir perdas na produção devido à redução da aeração do solo e conseqüente redução na atividade fotossintética das folhas.

A absorção do nitrogênio do solo pelo algodão não é

satisfatória em condições de deficiência hídrica severa ou excesso de umidade, conforme relatou HEARN (1984). Ele observou também que a deficiência hídrica reduziu a produção do algodão em caroço entre 3,6 e 18,8 kg.ha⁻¹.dia⁻¹, com maior efeito para tratamentos com estresse hídrico aplicado entre 80 e 140 dias e doses elevadas de nitrogênio. Com relação a cada dia de encharcamento do solo, HEARN (1984) constatou que a absorção de nitrogênio foi reduzida em 0,98 kg.ha⁻¹ e a produção de algodão em caroço em 33,2 kg.ha⁻¹. O efeito da absorção do nitrogênio foi aumentar o potencial da produção em 11,9 kg de algodão por kg de nitrogênio absorvido. O melhor manejo da cultura consistiu em irrigar somente aos 60 dias após a germinação e controlar a umidade em torno de 50% de água consumida do solo ou irrigar quando o potencial hídrico das folhas atingisse o valor de -1,8 MPa após 90 dias de germinação. CROWTHER (1934) já havia afirmado, há mais de 50 anos atrás, que o nitrogênio determinava o potencial de produção do algodão e que o excesso e a deficiência hídrica reduziam a produção abaixo deste potencial. A aplicação de nitrogênio aumenta a porcentagem e a absorção total de nitrogênio das plantas com ou sem irrigação, no entanto, o algodão irrigado permite uma recuperação maior do nitrogênio aplicado (DOSS & SCARSBROOK, 1969; CONSTABLE & HEARN, 1981). A interação entre níveis de água e doses de nitrogênio foi objeto de estudo por SCARSBROOK et alii (1959) em experimento de campo com algodão e os autores concluíram que os níveis de nitrogênio da planta variaram diretamente com aplicação do nitrogênio no solo em todos

os níveis de umidade, com a absorção de nitrogênio sendo induzida pelo aumento de umidade. A combinação de altas taxas de nitrogênio e umidade de solo elevada diminuiu a porcentagem de fibra, aumentou a podridão de capulhos, peso de capulhos e atrasou a maturação. MACKENZIE & VAN SHAIK (1975b) também trabalharam com a interação e confirmaram os resultados obtidos, acrescentando ainda que altas taxas de nitrogênio exigem água continuamente para total expressão dos efeitos do mesmo, porém, prolongam o ciclo e a maturação do algodão.

O comportamento do algodão foi estudado sob um regime de irrigações contínuas na capacidade de campo e vários níveis de adubação nitrogenada (0, 30, 60, 120 e 240 kg N. ha⁻¹), parcelados no plantio e cobertura aos 30 e 70 dias. Os autores KAKIDA & LACA-BUENDIA (1981) concluíram que não houve diferenças significativas de produção entre os tratamentos e que a melhor produção de algodão em caroço foi obtida pelo nível 30 kg.ha⁻¹.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização do local do experimento

O experimento foi conduzido na Fazenda Experimental do Vale do Curu (FEVC), pertencente ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, situada no município de Pentecoste (CE) e distante 100 km de Fortaleza. A altitude máxima do local é de 47 m em relação ao nível do mar e as coordenadas geográficas situam-se entre os paralelos 3°45' e 4°00' de latitude sul e os meridianos 39°15' e 39°30' a oeste de Greenwich. O clima da região, segundo a classificação de Köeppen, é do tipo Bsw'h'i - semi-árido, que se caracteriza por apresentar durante o mês mais frio do ano uma temperatura nunca inferior a 18°C. A precipitação anual média está em torno de 750 mm distribuídos irregularmente, com a ocorrência de um período chuvoso de janeiro a junho e um período seco de julho a dezembro. Durante a realização do experimento foram coletados dados climáticos diariamente na Estação Agrometeorológica da FEVC e tabelados em semanas (TABELA 1).

TABELA 1 - Dados climáticos da estação agrometeorológica da FEVC (Pentecoste-CE)
Período Outubro a Janeiro de 1989/90

SEMANAS	CICLO DA CULTURA DAG	TEMPERATURA (°C)			UMIDADE RELATIVA (%) MÉDIA	EVAPORAÇÃO (mm)	INSOLAÇÃO (horas)	PRECIPITAÇÃO (mm)
		MÁXIMA	MÍNIMA	MÉDIA				
		média	média					
5/10 a 11/10	7	34.8	23.0	28.9	68.3	41.3	67.6	0.0
12/10 a 18/10	14	35.2	22.3	28.7	70.0	35.6	66.7	0.0
19/10 a 25/10	21	33.6	22.2	27.9	69.7	34.7	48.0	0.0
26/10 a 01/11	28	35.5	22.6	29.0	66.6	50.6	63.4	0.0
02/11 a 08/11	35	34.8	22.5	28.6	69.0	39.0	53.1	1.4
09/11 a 15/11	42	23.2	23.2	29.1	68.2	39.1	55.9	0.0
16/11 a 22/11	49	34.3	23.0	28.6	69.3	41.9	59.2	1.8
23/11 a 29/11	56	35.5	22.7	29.1	71.2	44.6	66.3	0.0
30/11 a 06/12	63	35.3	22.7	29.0	71.7	33.5	57.1	0.0
07/12 a 13/12	70	35.0	23.0	29.0	65.3	37.6	49.0	0.0
14/12 a 20/12	77	33.8	24.0	28.9	73.3	28.3	27.0	13.8
21/12 a 27/12	84	31.0	23.0	27.0	87.0	12.7	11.8	52.4
28/12 a 03/01	91	33.3	22.7	28.0	79.0	22.4	60.0	50.4
04/01 a 10/01	98	32.8	22.0	27.4	-	68.1	56.1	0.0
11/01 a 17/01	105	34.2	22.0	28.1	-	55.2	67.6	1.2
18/01 a 24/01	112	34.2	23.2	28.7	-	45.4	51.1	2.6
25/01 a 31/01	119	34.9	23.0	29.0	-	37.0	58.7	1.4
SOMA						667.0	918.6	125.0
MÉDIA		34.3	22.7	28.5	71.4	39.2	54.0	

3.2 - Determinações químico-físico-hídricas do solo

O solo da área do experimento é do tipo aluvial eutrófico com textura franco-arenosa, onde a fração areia predomina sobre as demais de acordo com as características físicas apresentadas pela análise de solo (TABELA 2) realizada pelo Laboratório de Análises de Solo do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará. A topografia do terreno é plana, com declividade em torno de 0-1%. A composição mineral do solo apresentava-se, sob o ponto de vista agrícola, com boa fertilidade natural, com teores ótimos de fósforo, cálcio e magnésio, teor moderado de Na^+ e ausência de Al^{+3} e H^+ , indicando ausência de acidez do solo (TABELA 3).

A capacidade de campo (cc) foi determinada pelo método direto no campo, utilizando-se a metodologia do Serviço Nacional de Levantamento e Conservação de Solos (SNLCS - EMBRAPA) para as profundidades: 0-20; 20-40 e 40-60 cm, bem como foram confeccionadas curvas características de umidade de solo (FIGURA 1). A umidade residual foi calculada com o uso de tensiômetros e de um testador de umidade SPEEDY. Os tensiômetros, num total de 18, foram divididos em seis baterias com três tensiômetros cada uma e nas profundidades distintas (10, 30 e 50 cm), medindo as tensões de 0,4 e 0,8 atm. Para as tensões de 3,0 e 8,0 atm utilizou-se o testador de umidade SPEEDY, fazendo-se uso de uma curva de calibração SPEEDY x ESTUFA desenvolvida para a área por SOUZA (1986),

TABELA 2 - Características físicas do solo aluvial eutrófico (Pentecoste-CE)

SÍMBOLO	CAMADA Prof.	COMPOSIÇÃO GRANULOMÉTRICA (%)			ARGILA 0.002mm	ARGILA Natural %	CLASSE Textural	CAPACIDADE de Campo cm ³ . cm ⁻³	DENSIDADE Global
		Areia Grossa 2 - 0.2mm	Areia Fina 0.2-0.05mm	Silte 0.05-0.002					
P ₁	0 - 20	4	55	30	11	5	Franco Arenoso	0.383	1.49
P ₂	20 - 40	4	50	32	14	8	Franco Arenoso	0.312	1.42
P ₃	40 - 60	5	53	31	11	6	Franco Arenoso	0.390	1.36

TABELA 3 - Características químicas do solo aluvial eutrófico (Pentecoste-CE)

SÍMBOLO	CAMADA		PH em H ₂ O	CE a 25°C EXT. SAT. mmhos/cm	CARBONO %	NITROGÊNIO %	C/N	MATÉRIA ORGÂNICA	FÓSFORO PPM
	Prof. cm								
P ₁	0	- 20	7.5	0.59	0.65	0.06	11	1.12	78
P ₂	20	- 40	7.7	0.40	0.79	0.04	20	1.36	66
P ₃	40	- 60	7.4	0.33	0.14	0.03	5	0.24	72

SÍMBOLO	CAMADA		Complexo Sortivo mE/100 g de Solo							V	
	Prof. cm		Ca ⁺⁺	Mg ⁺⁺	K ⁺	Na ⁺	S	H ⁺ + Al ³⁺	Al ³⁺	T	%
P ₁	0	- 20	5.0	2.1	0.35	0.41	7.86	0	0	7.86	100
P ₂	20	- 40	6.1	2.5	0.29	0.48	9.37	0	0	9.37	100
P ₃	40	- 60	5.9	2.3	0.27	0.51	8.98	0	0	8.98	100

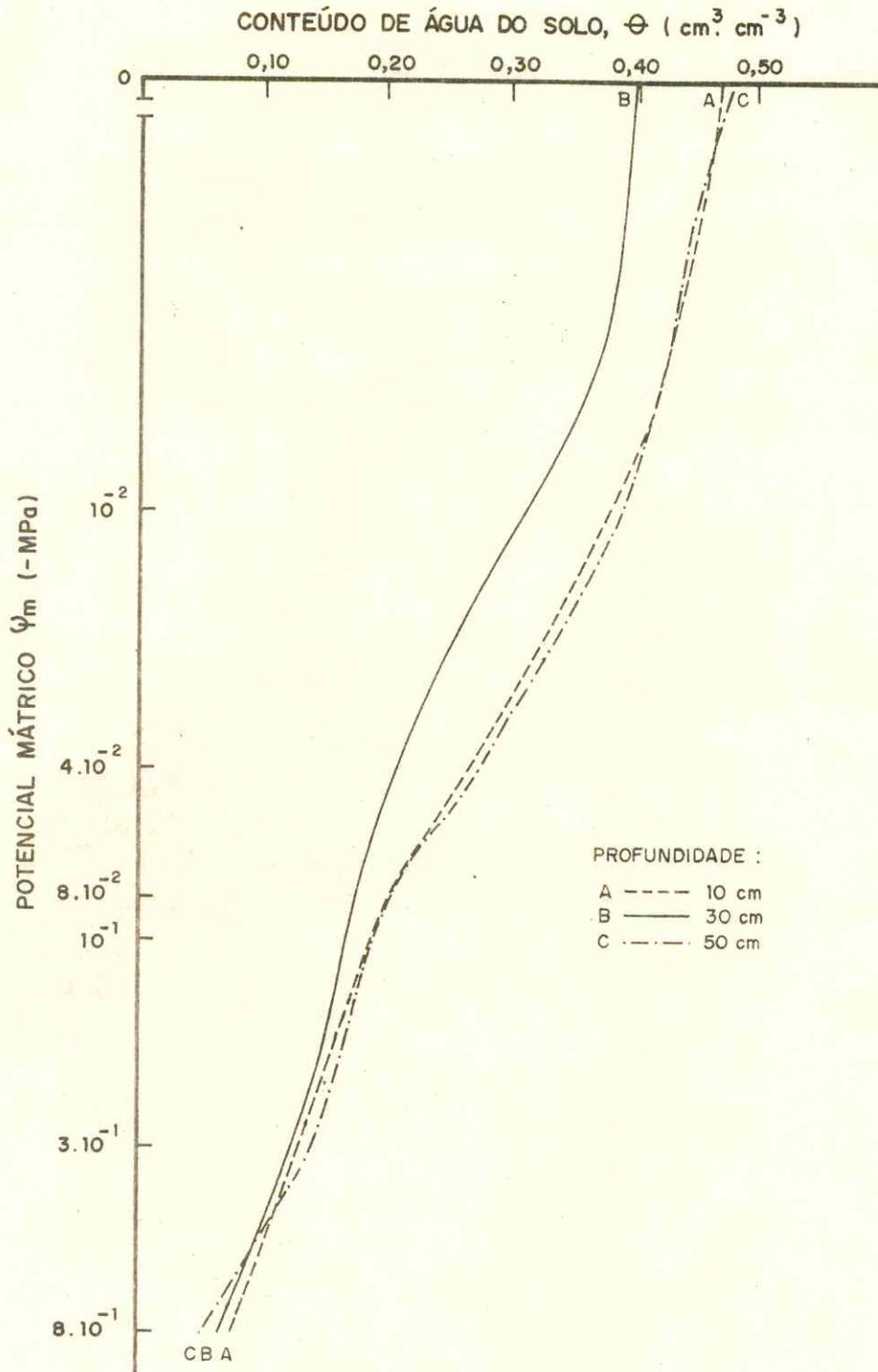


FIGURA 1 - Curvas características de umidade do solo Aluvial Eutrófico da área do experimento às profundidades de 10, 30 e 50 cm. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

com a finalidade de se obter uma maior precisão no cálculo das lâminas de água (FIGURA 2). A densidade global das camadas estudadas foi determinada utilizando-se amostras indeformadas através do método do anel volumétrico, segundo metodologia descrita por UHLAND (1949). A transformação da umidade em peso obtida pelo SPEEDY para a umidade em volume foi feita multiplicando-se o valor pela densidade global de suas respectivas camadas. Para o controle do nível do lençol freático foram instalados dois poços de observação de acordo com a metodologia descrita por MILLAR (1978), situados em locais representativos da área e com 1,80 m de profundidade.

3.3 - Condução do experimento

O preparo do solo constou de uma aração à profundidade de 30 cm, duas gradagens cruzadas, nivelamento com plaina e sulcamento. Os sulcos, em nível, foram fechados para delimitar a área das sub-parcelas, sendo reforçados nas laterais manualmente para comportar um volume maior de água.

A cultivar utilizada no experimento, CNPA Precoce 1, tem ciclo precoce em torno de 110-120 dias. As sementes, provenientes do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão da EMBRAPA em Campina Grande (PB), foram tratadas com ácido sulfúrico concentrado (PONTE, 1960), para desinfecção e deslignamento e, posteriormente, lavadas para remoção dos resíduos

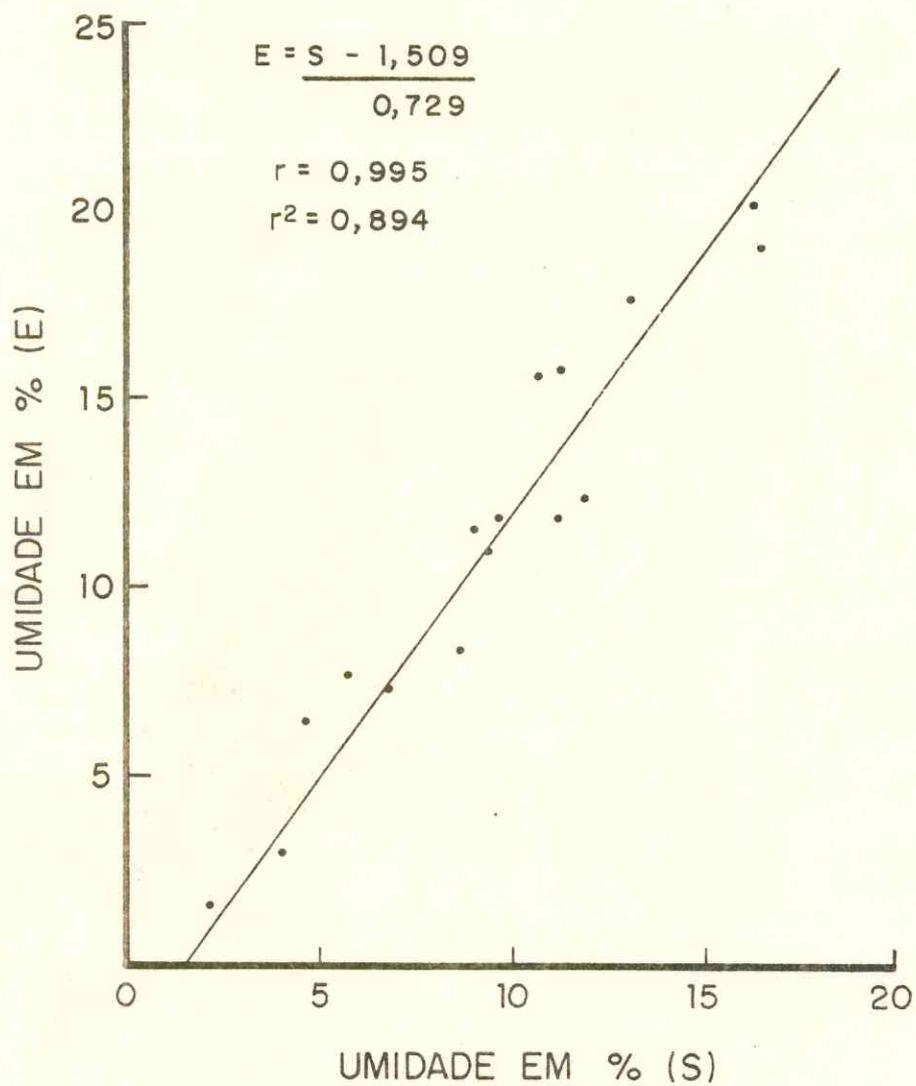


FIGURA 2 - Curva de calibração do medidor de umidade SPEEDY(S) x ESTUFA(E) do solo Aluvial Eutrófico da área do experimento, na profundidade média de 30 cm. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

do ácido. O plantio foi feito em covas furadas por um marcador com espaçamento entre plantas de 0,11 m e profundidade de 3 cm situadas no terço superior do camalhão, colocando-se quatro sementes por cova. A emergência se deu aos 4-5 dias após o plantio e devido à ocorrência de falhas em torno de 15%, realizou-se o replantio seguido de irrigação elevando a umidade do solo à capacidade de campo na profundidade de 40 cm, sete dias após o plantio. O desbaste foi realizado 22 dias após a germinação, permitindo-se uma planta por cova.

O experimento testou quatro regimes hídricos expressos em potencial mátrico, tais que $L_1 = 0,4$; $L_2 = 0,8$; $L_3 = 3,0$ e $L_4 = 8,0$ atm, dispostos em parcelas agrupadas e quatro níveis de adubação nitrogenada casualizados nas sub-parcelas: $N_1 = N$ residual do solo; 60; 120 e 180 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de nitrogênio na forma de sulfato de amônio (21% de N).

Foi realizada uma irrigação de base para lavagem dos sais, elevando-se a umidade do solo à capacidade de campo na profundidade de 60 cm. A adubação de fundação executada foi de 60 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de P_2O_5 e 40 $\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de K_2O , aplicando-se sob a forma de superfosfato triplo (42% de P_2O_5) num total de 23 kg e 10,8 kg de cloreto de potássio (60% de K_2O). Os níveis de adubação nitrogenada, representados por aplicações de 0; 11,5; 23,0 e 34,5 kg de sulfato de amônio, foram parcelados em duas ou três aplicações. Os tratamentos com menores tensões (0,4 e 0,8 atm), que exigiam um maior número de irrigações, sofreram três aplicações de nitrogênio, enquanto as

tensões mais estressantes receberam duas aplicações, visando a associar a aplicação do adubo à presença de umidade adequada a sua dissolução. A primeira aplicação foi feita logo após a irrigação de base para todos os tratamentos; a segunda aplicação se deu aos 27 dias após o plantio (DAP) das plantas para os tratamentos com menores tensões e aos 44 e 54 DAP, para os tratamentos com as tensões de 3,0 e 8,0 atm, respectivamente. A terceira aplicação ocorreu aos 44 DAP somente para os tratamentos com as menores tensões.

A água utilizada nas irrigações era proveniente do açude General Sampaio através de um sistema de condução e distribuição de água. A captação de água de um canal terciário foi feita por um conjunto moto-bomba e conduzida por toda a área por uma tubulação de PVC rígido portátil de 75 mm de diâmetro. A distribuição de água aos sulcos de cada sub-parcela foi feita por um tubo janelado de 50 mm de diâmetro com seis saídas, através de tubos de 32 mm de diâmetro, espaçados de 0,80 m. Foi acoplado ao tubo janelado um hidrômetro de 50 mm de diâmetro do qual partia uma mangueira flexível de mesmo diâmetro e 6,0 m de comprimento, a qual conectava-se à tubulação de PVC em derivações que variavam de acordo com as posições das sub-parcelas. O cálculo das lâminas de irrigação foi feito com base na umidade residual do solo para as profundidades médias de 10, 30 e 50 cm. A leitura das colunas de mercúrio dos tensiômetros era diária na parte da manhã e dos testes com SPEEDY, semanais. A camada superficial de solo (10 cm) indicava a necessidade de irrigação e as demais apenas o complemento da lâmina a ser apli

cada com os dados obtidos na leitura das colunas de mercúrio dos tensiômetros calculava-se o potencial mátrico do solo através da equação:

$$\Psi_m = -12,6.Hg + Hc + Ht$$

onde:

Ψ_m - potencial mátrico (cm H₂O);

Hg - leitura da coluna de mercúrio (cm);

Hc - altura da cuba de mercúrio em relação ao nível do solo (cm);

Ht - profundidade de instalação do tensiômetro no solo (cm).

Com os valores dos potenciais mátricos calculados, usava-se a curva característica respectiva à profundidade de solo e obtinha-se a umidade residual em volume.

Para o SPEEDY, o processo consistia na medição da umidade em peso das amostras e correção através da equação de calibração:

$$E = \frac{S - 1,509}{0,729}$$

onde:

S - umidade do solo pelo medidor SPEEDY (% em peso);

E - umidade do solo pelo método da estufa (% em peso);

De posse do valor corrigido, multiplicava-se pela densidade global da respectiva camada de solo para transformá-lo em umidade por volume. O cálculo das lâminas foi feito com o auxílio da expressão:

$$LI = (\theta_{cc} - \theta_r).P$$

$$La = \frac{LI}{E} \times 100$$

onde:

LI - lâmina líquida (mm);	P - profundidade efetiva do solo;
La - lâmina aplicada (mm);	θ_{cc} - capacidade de campo ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$);
E - eficiência de irrigação (%).	θ_r - umidade residual ($\text{cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$).

A eficiência adotada para a irrigação em sulcos fechados em condições experimentais controladas foi de 90%. As lâminas obtidas para cada camada eram somadas e o total multiplicado pela área da sub-parcela para se ter a quantidade de água a ser aplicada, em volume. Foram feitas observações do nível do lençol freático através de medições semanais. Nos primeiros 43 DAG, devido ao pequeno desenvolvimento do sistema radicular, a irrigação consistiu em elevar a umidade do solo à capacidade de campo até a profundidade de 40 cm e após este período até a profundidade de 60 cm. As irrigações foram suspensas de acordo com os tratamentos por ocasião da fase de abertura das maçãs.

No combate aos formigueiros da área, aplicou-se o agrotóxico Nitrosin CE 50 (organoclorado) em pó. A partir dos 30 DAG e durante dois meses foram feitas aplicações preventivas quinzenais com os agrotóxicos Folidol 600, Azodrin 400 e Nuvacron 400 (organofosforados) alternadamente na concentração de $2 \text{ ml} \cdot \text{l}^{-1}$ de água para o combate ao pulgão (*Aphis gossypii*), lagarta das maçãs (*Heliothis virescens*), ácaro rajado (*Tetranychus urticae*) e do tripes (*Frankliniella* spp), que ocorreram com baixa incidência. No final da fase de floração houve um pequeno surto de bicudo (*Anthonomus grandis*) sendo imediatamente combatido por aplicações semanais do pire-

tróide Cymbush 30 ED utilizando um atomizador eletrodinâmico Eletrodyn, não ocorrendo prejuízos para a cultura.

Foram feitas duas coletas de plantas, aos 56 e 70 DAG, para medição do peso seco da parte aérea, taxa de assimilação líquida, taxa de crescimento relativo e análise de NPK foliar, retirando-se uma planta por sub-parcela da área útil e condicionando-as em sacos plásticos e geladeira até a hora das medições. Durante o desenvolvimento da cultura foram marcadas três plantas por sub-parcela, representativas da população, para medição de vários parâmetros do processo reprodutivo, da produtividade biológica e da produção. A colheita, tanto das plantas marcadas como de toda a área útil da sub-parcela, foi iniciada aos 91 DAG, tendo sido realizada em cinco semanas, finalizando aos 119 DAG.

3.4 - Determinação do potencial hídrico

O potencial hídrico foliar das plantas foi medido escolhendo-se ao acaso uma planta representativa da população, tomando-se a 5ª ou 6ª folha completamente expandida a partir do ápice. De cada sub-parcela foi feita uma medição, iniciando-se aos 28 DAG, seguindo a metodologia descrita por SCHOLANDER et alii (1964; 1965). Utilizou-se uma câmara de pressão (PMS - Instruments Company, Corvallis, Oregon-USA), onde se introduziu a folha de modo que uma parte do pecíolo permaneceu no exterior. A leitura da pressão no manômetro

do aparelho era feita quando se observava o aparecimento da primeira gota do líquido no pecíolo, que correspondia ao potencial hídrico da planta, sendo expresso em megapascal (MPa). As medições eram realizadas entre às 7 e às 9 horas da manhã, seguindo-se por ordem de blocos para propiciar variação uniforme das leituras para os tratamentos, o que ocorre normalmente com o decorrer do dia e aumento da temperatura diurna. Durante oito semanas foram repetidas as medições, finalizando aos 76 DAG, antes, porém, da fase de abertura das maçãs.

3.5 - Análise foliar: N, P e K

As folhas das plantas coletadas na primeira época, aos 56 DAG, foram utilizadas para análise foliar dos elementos N, P e K. As folhas foram secas em estufa por 24 horas a 105°C, moídas e passadas por uma peneira de 40 mesh, sendo feitas as seguintes análises: nitrogênio total segundo método descrito por LOTT *et alii* (1956) e BLACK (1965); potássio e fósforo segundo método descrito por LOTT *et alii* (1956) e CHAPMAN & PRATT (1961). As análises foram realizadas no Laboratório de Análise Foliar do Departamento de Ciências do Solo da Universidade Federal do Ceará. Os resultados foram expressos em porcentagem em peso de matéria seca.

3.6 - Determinação da produtividade biológica

3.6.1 - *Determinação da área foliar e índice de área foliar (IAF)*

Foram marcadas três plantas das fileiras úteis de cada sub-parcela, para se efetuar as medições de área foliar e outros parâmetros. Semanalmente foram tomadas medidas no sentido de maior comprimento da folha com auxílio de uma régua milimetrada, de todas as folhas da planta. O processo, iniciado aos 26 DAG, foi repetido por oito semanas e terminou aos 75 DAG. A área foliar de cada planta foi calculada pela equação proposta por WENDT (1967):

$$\log y = 0,045 + 1,91 \cdot \log x$$

onde:

x - comprimento da folha;

y - área foliar em cm²;

A soma dos valores de y de todas as folhas de uma mesma planta correspondeu à área foliar total da referida planta, sendo feita a média de três plantas para representar a sub-parcela. O índice de área foliar (IAF) foi obtido dividindo-se a área foliar total da planta pela área do solo ocupada pela mesma.

3.6.2 - *Determinação do peso seco da parte aérea*

As plantas coletadas nas duas épocas, aos 56 e 70 DAG, foram secas em estufa a 80°C por 48 horas para serem feitas as pesagens do caule, folhas e partes florais necessárias para a obtenção do peso seco da parte aérea, no Laboratório de Água-Solo-Planta do Departamento de Engenharia Agrícola da Universidade Federal do Ceará. Os resultados foram expressos em gramas.

3.6.3 - *Determinação da taxa de crescimento relativo (TCR)*

A taxa de crescimento relativo (TCR) foi obtida segundo a metodologia proposta por RADFORD (1967), utilizando-se os dados obtidos nas medições da parte aérea das plantas coletadas nas duas épocas (aos 56 e 70 DAG). A fórmula utilizada para o cálculo da TCR foi a seguinte:

$$TCR = \frac{\ln W_2 - \ln W_1}{t_2 - t_1}$$

onde:

$\ln W_1$ e $\ln W_2$ - logaritmo neperiano do peso seco da parte aérea (g) das plantas coletadas nas épocas 56 e 70 DAG;

$t_2 - t_1$ - tempo transcorrido entre as duas épocas de coleta (dias);

TCR - taxa de crescimento relativo ($\text{mg.g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$).

3.6.4 - *Determinação da taxa de assimilação líquida (TAL)*

As plantas coletadas aos 56 e 70 DAG nos forneceram também os dados de peso seco das folhas e área foliar necessários ao cálculo da taxa de assimilação líquida (TAL), para a qual se utilizou a metodologia proposta por RADFORD (1967) expressa na fórmula:

$$\text{TAL} = \frac{(W_2 - W_1) \cdot (\text{Ln } A_2 - \text{Ln } A_1)}{(t_2 - t_1) \cdot (A_2 - A_1)}$$

onde:

W_1 e W_2 - peso seco das folhas das plantas coletadas nas épocas 56 e 70 DAG (g);

$\text{Ln } A_1$ e $\text{Ln } A_2$ - logarítmo neperiano da área foliar (dm^2) das plantas coletadas nas épocas 56 e 70 DAG;

$t_2 - t_1$ - tempo transcorrido entre as duas épocas de coleta (dias);

TAL - taxa de assimilação líquida ($\text{mg.dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$).

3.7 - Determinação dos parâmetros do processo reprodutivo

3.7.1 - *Produção de flores*

Quando todas as sub-parcelas iniciaram a fase de floração, aos 43 DAG, três plantas foram marcadas e procedida a contagem das flores formadas. As anotações foram sema-nais e terminaram aos 71 DAG, totalizando cinco semanas.

3.7.2 - *Abscisão de flores e frutos*

A porcentagem de abscisão de flores e frutos expres-sa o número de flores e frutos abortados, isto é, que não completaram o processo de desenvolvimento para formação de capulhos, em relação às flores emitidas. Subtraindo-se o número de capulhos produzidos do número de flores emitidas e dividindo-se o resultado pelo mesmo número de flores emi-tidas, obtivemos como quociente a porcentagem de abscisão de flores e frutos.

3.7.3 - *Produção de capulhos*

Os capulhos das plantas marcadas nas sub-parcelas fo

ram coletados separadamente durante cinco semanas, tomando-se o cuidado de anotar o número de capulhos produzidos semanalmente e por planta. Ao final das cinco coletas, calculou-se o número total de capulhos produzidos por planta, expressando-o em termo médio das três repetições por sub-parcela.

3.8 - Determinação dos parâmetros de produção do algodão

3.8.1 - *Produção de algodão em caroço por planta, por área e peso de capulho*

Foram realizadas cinco coletas e pesagens semanais do algodão em caroço da área útil e das plantas marcadas em separado, iniciando-se aos 91 DAG e finalizando aos 119 DAG. A produção de algodão em caroço obtida nas sub-parcelas foi extrapolada para área, sendo expressa em $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$. A produção por planta de algodão em caroço foi obtida através da média dos pesos dos capulhos colhidos das plantas marcadas de cada sub-parcela. Também foi calculado o peso de capulho dividindo-se a produção das plantas marcadas pelo número de capulhos produzidos por planta.

3.9 - Delineamento experimental

O delineamento experimental utilizado foi blocos ao acaso com parcelas subdivididas (split plot), sendo combinados quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, totalizando dezesseis tratamentos, com três repetições. Nas parcelas ficaram os regimes hídricos e nas sub-parcelas os níveis de adubação nitrogenada (FIGURA 3).

A área experimental totalizou 3.008 m², com 12 parcelas de dimensões 7 x 25 m e 48 sub-parcelas de 4,8 x 7 m contendo seis sulcos espaçados de 0,80 m. Entre as sub-parcelas foi obedecido um espaçamento de 1,60 m correspondente a dois sulcos e, entre as parcelas com níveis de água distintos, o espaçamento foi de 4,0 m a fim de se evitar a redistribuição de água para níveis com carência hídrica. A área útil da sub-parcela foi composta por quatro sulcos centrais com 6 m de extensão totalizando 19,2 m². Como bordadura, consideraram-se os dois sulcos das laterais e 0,50 m dos sulcos em ambas as extremidades das sub-parcelas.

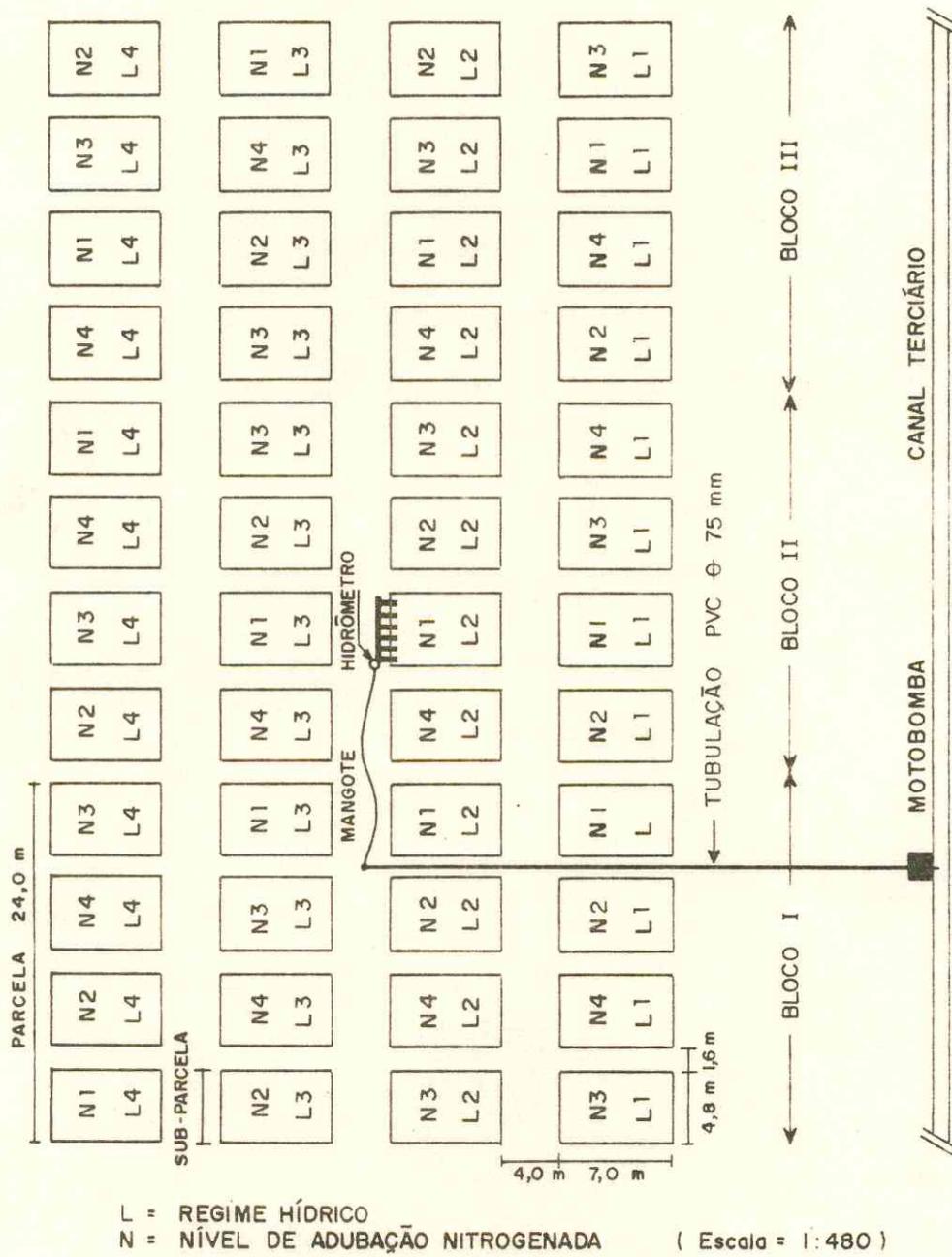


FIGURA 3 - Esquema do experimento de campo

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Lâminas de água aplicada

A irrigação da cultura do algodão do presente trabalho consistiu de uma lâmina de água de base, irrigação complementar de replantio e aplicações diferenciadas de lâminas de acordo com os tratamentos. A TABELA 4 revela os valores das lâminas de água aplicadas para o algodão nos quatro regimes de irrigação. Os valores variaram de acordo com os tratamentos e o requerimento da cultura nos diversos estádios. As irrigações tinham como finalidade repor a água elevando a umidade do solo à capacidade de campo nas profundidades desejadas.

A irrigação de base requereu a aplicação de uma lâmina de água de 136 mm para um perfil de 60 cm de solo e a irrigação complementar de replantio realizada uma semana após o plantio, necessitou de uma lâmina de 40 mm destinada a um perfil de apenas 40 cm de solo, condição comum a todos os tratamentos (TABELA 5).

Foram realizadas 11 irrigações para o regime de irrigação L_1 , conforme mostra a TABELA 5, com lâminas de água variáveis que somaram uma lâmina aplicada de 697 mm. A lâ-

TABELA 4 - Elementos básicos de irrigação para a cultivar de algodão CNPA Precoce 1 no período de 29/09/89 a 21/12/89 na F.E.V.C.. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

Tratamento Regimes	Prof. (cm)	Lâmina Inicial Residual (mm)	Lâmina Líquida(mm)	Lâmina Aplicada (mm)	Lâmina Final Residual (mm)	Lâmina Total (mm)	Número de Irrigações	Dotação Diária (mm)
L ₁	10	32.30	302.2	335.78	25.78	342.30		
L ₁	30	28.48	214.6	238.44	34.10	232.82		
L ₁	50	33.22	110.8	123.11	37.22	119.11		
TOTAL		94.00	627.6	697.33	97.10	694.23	11	5,83
L ₂	10	32.30	249.8	277.55	24.70	285.15		
L ₂	30	28.48	164.0	182.22	26.84	183.86		
L ₂	50	33.22	74.8	83.11	35.02	81.31		
TOTAL		94.00	488.6	542.88	86.56	550.32	7	4,62
L ₃	10	32.30	173.2	192.44	27.08	197.66		
L ₃	30	28.48	110.8	123.11	40.10	111.49		
L ₃	50	33.22	98.8	109.77	36.22	106.77		
TOTAL		94.00	382.8	425.32	103.40	415.92	4	3,50
L ₄	10	32.30	140.5	156.11	19.48	168.93		
L ₄	30	28.48	83.6	92.88	28.08	93.28		
L ₄	50	33.22	93.5	103.88	28.08	109.02		
TOTAL		94.00	317.6	352.87	75.64	371.23	3	3,11

TABELA 5 - Irrigação: frequência e lâminas para a cultivar de algodão CNPA Precoce 1
 UFC/CCA/FEV - Pentecoste (CE) 29/09/89 a 21/12/89.

I R R I G A Ç Õ E S

PARÂMETROS	REGIMES	BASE	REPLANTIO	1º	2º	3º	4º	5º	6º	7º	8º	9º
LÂMINA (mm)	L ₁	136,87	40,44	45,55	50,0	55,22	47,77	71,11	47,77	71,11	72,22	62,22
TURNO DE REGA	L ₁	-	7	11	7	11	7	7	7	5	8	7
PERÍODO DAP	L ₁	-	7	18	25	36	43	50	57	62	70	77
LÂMINA (mm)	L ₂	136,87	40,44	65,55	70,0	78,44	78,88	72,22				
TURNO DE REGA	L ₂	-	7	19	17	11	9	11				
PERÍODO DAP	L ₂	-	7	26	43	54	63	74				
LÂMINA (mm)	L ₃	136,87	40,44	83,11	164,88							
TURNO DE REGA	L ₃	-	7	36	40							
PERÍODO DAP	L ₃	-	7	43	83							
LÂMINA (mm)	L ₄	136,87	40,44	167,9								
TURNO DE REGA	L ₄	-	7	47								
PERÍODO DAP	L ₄	-	7	54								

mina de água total para a planta durante o seu ciclo foi de 694 mm (TABELA 4), devido às lâminas residual inicial e final. A redução do conteúdo de água do solo foi constante em todas as irrigações apenas para a camada superficial (0-20 cm), pois esta era a camada indicadora do momento de irrigação, com o valor de $0,123 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, que expressa a diferença entre a capacidade de campo e o nível crítico, 0,383 e $0,260 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Para as profundidades média 30 e 50 cm, a capacidade de campo e o nível crítico foram $0,312$ e $0,390 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, $0,205$ e $0,275 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Os níveis críticos das camadas 30 e 50 cm não foram atingidos. A última irrigação foi feita aos 77 dias após o plantio (DAP) devido à ocorrência de precipitações e proximidade do início da abertura das maçãs, que ocorreu aos 92 DAP. Pode-se notar, para o regime L_1 (TABELA 5), um intervalo entre regas semanal, com pouca variação, que ocasionou um nível de umidade elevado em todas as camadas de solo durante todas as fases da cultura. A variação no consumo, todavia, foi visível, tornando-se máxima na fase de formação das maçãs, entre 60 e 80 DAP.

A lâmina aplicada para o regime de irrigação L_2 no desenvolvimento da cultura foi de 542 mm, dividida em sete irrigações e a lâmina total foi de 550 mm durante o período (TABELA 4). A redução do conteúdo de água do solo da camada superficial foi de $0,183 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$ para uma capacidade de campo e nível crítico de 0,383 e $0,200 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. A capacidade de campo e o nível crítico das profundidades médias 30 e 50 cm foram $0,312$ e $0,390 \text{ cm}^3.\text{cm}^{-3}$,

0,175 e 0,200 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Realizou-se a última irrigação deste regime hídrico aos 74 DAP (TABELA 5) e a abertura das maçãs se iniciou aos 91 DAP. Foram observadas variações no intervalo entre regas em função das fases da cultura, realçando dois períodos distintos de consumo de água, até aos 45 dias e entre 45 e 75 DAP, fases de crescimento e baixo consumo e de floração e formação de maçãs e alto consumo de água, respectivamente.

A lâmina de água requerida para a irrigação do regime L_3 , foi 425 mm, parcelada em quatro aplicações e uma lâmina total de 415 mm de água para a planta durante o seu ciclo (TABELA 4). A redução de água da camada superficial foi constante em 0,253 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ para uma capacidade de campo e um nível crítico de 0,383 e 0,130 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. As profundidades médias 30 e 50 cm tiveram capacidade de campo e níveis críticos de 0,312 e 0,390 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, 0,125 e 0,140 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. A primeira irrigação coincidiu com a época de floração, porém, a segunda e última irrigação ocorreu próxima do início da abertura das maçãs. O intervalo entre regas foi de aproximadamente 40 dias. Aos 83 DAP foi realizada a última irrigação e aos 88 DAP iniciou-se a fase de abertura de maçãs.

Para o regime de irrigação L_4 , a lâmina aplicada ao longo do cultivo foi de 352 mm em apenas três irrigações e a lâmina total foi aproximadamente 371 mm (TABELA 4). A redução do conteúdo de água da camada superficial de solo foi 0,308 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ para a capacidade de campo e nível crítico

0,383 e 0,075 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Nas profundidades médias 30 e 50 cm os valores de capacidade de campo foram 0,312 e 0,39 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$ e a umidade crítica atingida 0,114 e 0,14 $\text{cm}^3.\text{cm}^{-3}$, respectivamente. Após o replantio foi feita uma única irrigação aos 54 DAP, na fase de formação das maçãs e a abertura destas iniciou-se aos 87 DAP.

Como os poços de observação mantiveram-se secos durante o período do experimento, concluiu-se que a água utilizada pelas plantas foi proveniente apenas da irrigação e das precipitações. Da precipitação natural ocorrida no período, que foi de 125 mm (TABELA 1), apenas 17 mm ocorreram na época de irrigação e indução do estresse hídrico e 103 mm se concentraram em apenas uma semana na fase de abertura das maçãs, dos 85 aos 92 DAP.

De acordo com a TABELA 4, as lâminas aplicadas de água variaram de 350 a 700 mm. Os regimes de irrigação L_2 , L_3 e L_4 tiveram suas lâminas reduzidas em 33, 41 e 50%, respectivamente, em relação ao regime L_1 . A distribuição proporcional da lâmina aplicada nas camadas de solo permite visualizar o consumo individualizado de água dos diferentes regimes hídricos. Na camada de solo superficial (0-20 cm) o consumo foi semelhante para todos os regimes de irrigação, em torno de 50% da lâmina aplicada. Na camada intermediária (20-40 cm), as plantas dos regimes L_1 e L_2 consumiram 33% da lâmina aplicada contra 26% dos regimes L_3 e L_4 . Para a camada mais profunda (40-60 cm), os regimes L_3 e L_4 mostraram um consumo de 25 e 31% da lâmina aplicada, respectiva -

mente, ao passo que os regimes L_1 e L_2 consumiram 17 e 15% da lâmina aplicada, respectivamente. Concluiu-se, portanto, que o sistema radicular do algodão sob estresse hídrico explora camadas profundas de solo, o que é confirmado pelos trabalhos de JORDAN & RITCHIE (1971) e KEPLER *et alii* (1973).

4.2 - Potencial hídrico

As TABELAS 6 a 13 relacionam os valores de potencial hídrico foliar do algodão, medidos durante oito semanas, dos 28 aos 76 dias após a germinação (DAG).

Os regimes hídricos L_1 e L_2 mantiveram no período de 28 a 56 DAG uma relativa estabilidade dos valores de potencial hídrico foliar em virtude de ampla disponibilidade hídrica do solo (FIGURAS 4 e 5). Os regimes L_3 e L_4 (FIGURAS 6 e 7) mostraram aos 28 DAG valores reduzidos de potencial hídrico em relação aos demais regimes, provavelmente devido aos processos de transpiração e fotossíntese e à indução de baixo potencial mátrico de solo (estresse). De 28 até 56 DAG, os regimes L_3 e L_4 apresentaram valores crescentes de potencial hídrico foliar, possivelmente em função do crescimento reduzido da área foliar como consequência do fechamento de estômatos. O estresse hídrico destes regimes provocou o crescimento do sistema radicular do algodão em profundidade, com maior consumo em camadas profundas (observações feitas em 4.1 a partir dos dados da TABELA 4), que se torna

TABELA 6 - Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 28 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	-1,61	-1,71	-1,56	-1,70	-1,65 B
L ₂	-1,61	-1,56	-1,70	-1,78	-1,66 B
L ₃	-2,23	-2,21	-2,30	-2,23	-2,24 A
L ₄	-2,38	-2,23	-2,40	-2,43	-2,36 A
MÉDIAS	-1,96	-1,93	-1,99	-2,03	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5%.

TABELA 7 - Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 35 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N1	N2	N3	N4	
L ₁	- 1,53 Ab	- 1,51 Aa	- 1,61 Abc	- 1,36 Ac	- 1,50
L ₂	- 1,61 Ab	- 1,51 Aa	- 1,45 Ac	- 1,56 Abc	- 1,53
L ₃	- 1,70 ABab	- 1,75 ABa	- 2,01 Aa	- 1,95 ABa	- 1,85
L ₄	- 2,05 Aa	- 1,70 ABa	- 1,85 ABab	- 1,85 ABab	- 1,86
MÉDIAS	- 1,72	- 1,62	- 1,73	- 1,68	

Médias seguidas pela mesma letra minúsculas, em cada coluna, ou pela mesma letra maiúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 8 - Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 42 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	- 1,48	- 1,53	- 1,55	- 1,53	- 1,52
L ₂	- 1,45	- 1,50	- 1,63	- 1,53	- 1,52
L ₃	- 1,63	- 1,53	- 1,61	- 1,75	- 1,63
L ₄	- 1,65	- 1,61	- 1,73	- 1,78	- 1,69
MÉDIAS	- 1,55	- 1,45	- 1,63	- 1,65	

A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 9 - Valores de potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 50 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	- 1,41	- 1,63	- 1,67	- 1,45	- 1,54
L ₂	- 1,31	- 1,48	- 1,46	- 1,48	- 1,43
L ₃	- 1,45	- 1,53	- 1,58	- 1,65	- 1,55
L ₄	- 1,46	- 1,43	- 1,38	- 1,68	- 1,49
MÉDIAS	- 1,41	- 1,52	- 1,52	- 1,56	

A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

TABELA 10 - Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	- 1,53 ABab	- 1,56 Aa	- 1,23 Aab	- 1,53 ABab	- 1,46
L ₂	- 1,33 Bab	- 1,55 Aab	- 1,47 Aab	- 1,67 Aa	- 1,47
L ₃	- 1,73 Aa	- 1,58 Aab	- 1,51 Aab	- 1,61 Aab	- 1,61
L ₄	- 1,18 Bc	- 1,23 ABbc	- 1,48 Aab	- 1,43 ABab	- 1,33
MÉDIAS	- 1,44 ab	- 1,48 ab	- 1,41 b	- 1,55 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 11 - Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 63 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	- 1,41 Bc	- 1,68 Abc	- 1,86 Aab	- 2,13 Aa	- 1,77
L ₂	- 1,60 ABa	- 1,60 Aa	- 1,83 Aa	- 1,70 Ba	- 1,68
L ₃	- 1,83 Aab	- 1,91 Aab	- 2,06 Aab	- 2,21 Aa	- 2,08
L ₄	- 1,50 ABc	- 1,53 Abc	- 1,91 Aab	- 2,00 ABa	- 1,73
MÉDIAS	- 1,58 b	- 1,68 b	- 1,92 a	- 2,01 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 12 - Valores do potencial hídrico (MPa) das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 69 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	- 1,33 Ba	- 1,41 Ca	- 1,53 Ba	- 1,61 Aa	- 1,47 B
L ₂	- 1,33 Bb	- 1,50 BC ab	- 1,70 ABa	- 1,76 Aa	- 1,57 B
L ₃	- 1,56 ABb	- 1,76 ABab	- 1,88 Aa	- 1,83 Aab	- 1,76 A
L ₄	- 1,71 Aab	- 1,91 Aa	- 1,76 ABab	- 1,86 Aab	- 1,81 A
MÉDIAS	- 1,48 c	- 1,65 b	- 1,72 ab	- 1,77 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúsculas, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

TABELA 13 - Valores do potencial hídrico (MPa) foliar das plantas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N1	N2	N3	N4	
L ₁	- 1,30 Ab	- 1,43 Bab	- 1,56 ABab	- 1,66 ABa	- 1,49 B
L ₂	- 1,33 Aa	- 1,55 ABa	- 1,61 ABa	- 1,60 Ba	- 1,52 B
L ₃	- 1,60 Ab	- 1,73 ABab	- 1,75 Aab	- 1,95 Aa	- 1,75 A
L ₄	- 1,58 Aa	- 1,78 Aa	- 1,66 Aa	- 1,61 Ba	- 1,66 AB
MÉDIAS	- 1,45 b	- 1,62 a	- 1,65 a	- 1,70 a	

Médias seguidas da mesma letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

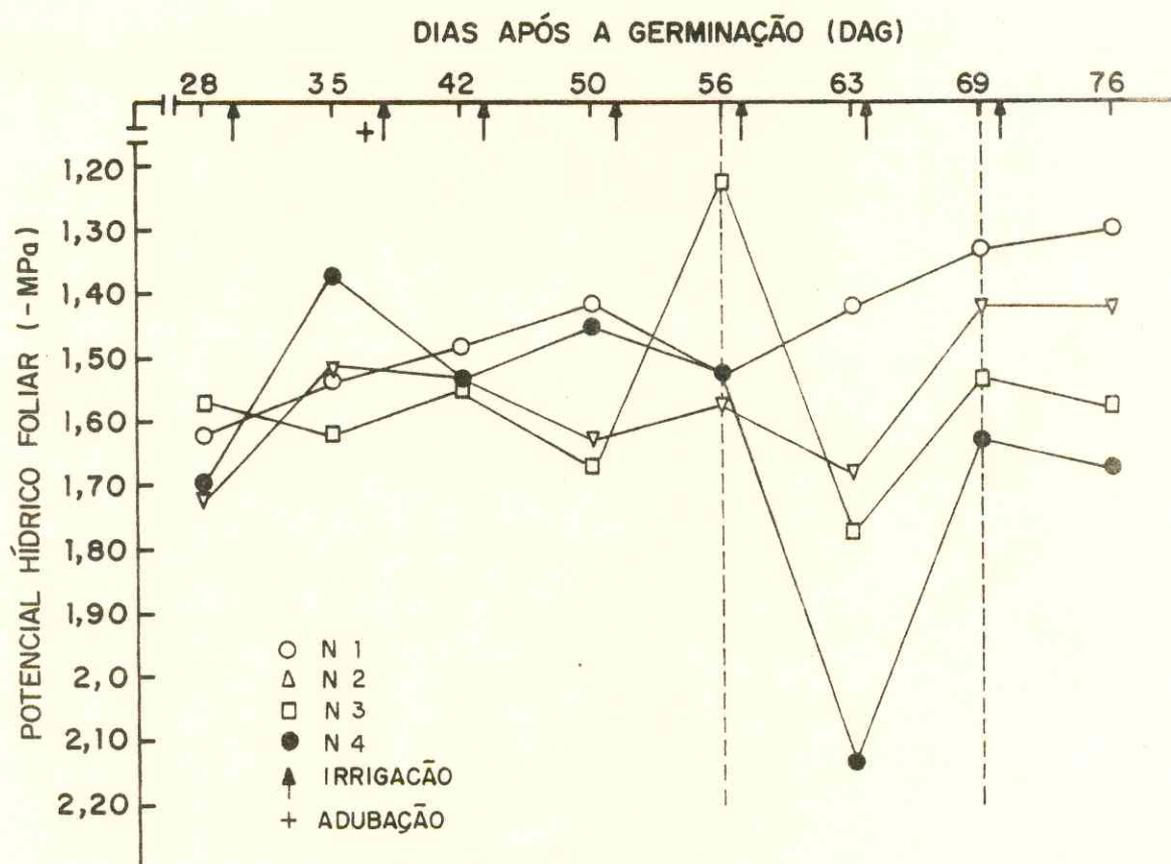


FIGURA 4 - Variação do potencial hídrico foliar (MPa) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L₁ (-0,4 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 28 e 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

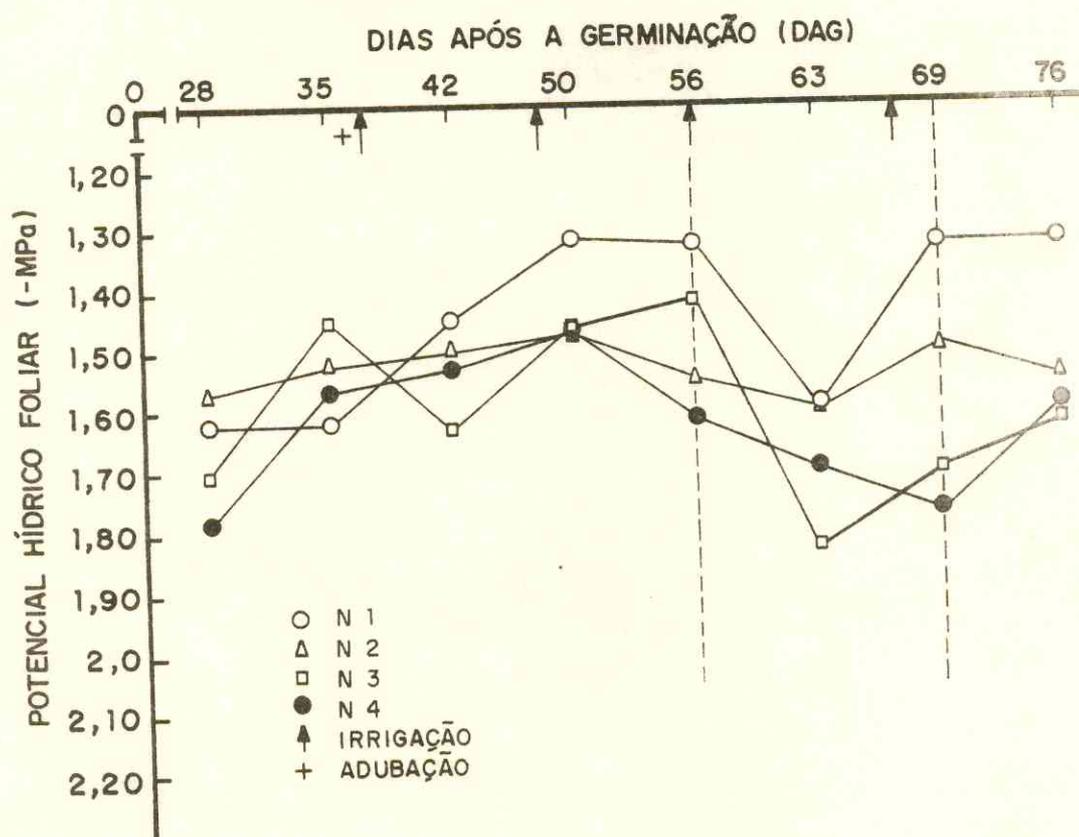


FIGURA 5 - Variação do potencial hídrico foliar (MPa) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L₂ (- 0,8 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 28 e 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

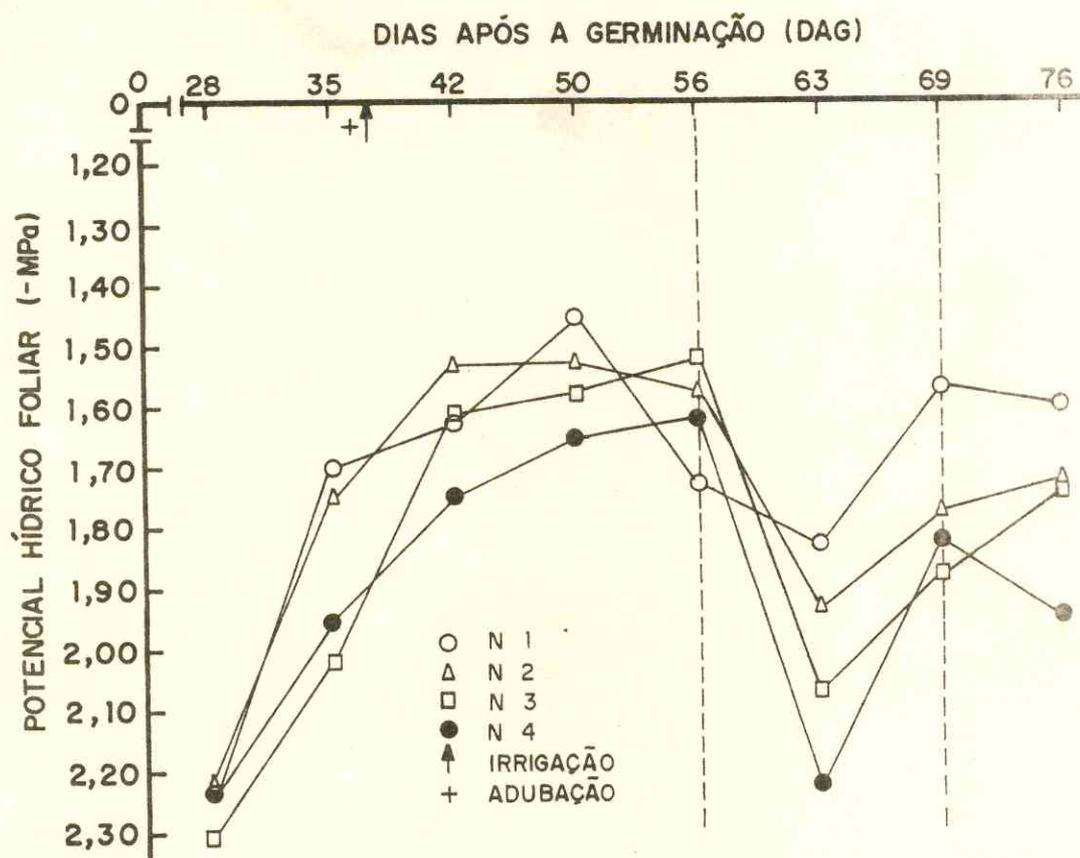


FIGURA 6 - Variação do potencial hídrico foliar (MPa) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L₃ (- 3,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 28 e 76 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

então um dreno de fotossintatos em detrimento do crescimento da área foliar (não houve acréscimos significativos de área neste período). A elevação dos valores de potencial hídrico destes regimes acentuou-se após a irrigação, estabilizando-se aos 42 e 50 DAG, respectivamente para L₃ e L₄. Na fase de crescimento não houve efeito significativo da adubação nitrogenada sobre o potencial hídrico foliar das plantas de algodão, ocorrendo influência apenas dos regimes hídricos. Estes dados evidenciam que as plantas necessitam de aplicações mínimas de nitrogênio no plantio para sua constituição inicial. Adubação nitrogenada parcelada com maiores doses no plantio não induz maiores respostas, o que reforça as conclusões de SARRUGE *et alii* (1963), WADDLE (1984) e VON PINHO *et alii* (1988) sobre o parcelamento da adubação nitrogenada e aplicação de doses menores no plantio para se evitar perdas do fertilizante.

O potencial hídrico foliar assumiu valores máximos num curto período de transição entre as fases de floração e frutificação (50 a 56 DAG). Esta elevação pode ter sido causada por uma menor transpiração provavelmente devido à menor produção de matéria seca (período final de desenvolvimento da área foliar e formação do sistema radicular) e ou influência parcial das irrigações realizadas.

Aos 63, 69 e 76 DAG (TABELAS 11, 12 e 13) os valores obtidos de potencial hídrico mostraram diferenças significativas entre os tratamentos e entre as médias dos níveis de adubação nitrogenada, bem como para as médias dos regi -

mes de irrigação aos 69 e 76 DAG. A fase de formação de frutos representou o período de maior exigência hídrica (TABELA 5) do algodão. O potencial hídrico foliar atingiu nesta fase valores mínimos, mesmo para os regimes de menor tensão de umidade do solo, L_1 e L_2 (FIGURAS 4 a 7). Esta redução do potencial hídrico foliar provavelmente ocorreu devido a maior produção de fotossintatos (fixação de CO_2) para a formação de frutos que agem como dreno, aumento da transpiração (maior abertura de estômatos), redução do crescimento radicular e exploração limitada de volume de solo. A redução do potencial hídrico foliar dos regimes hídricos para os aumentos dos níveis de adubação nitrogenada também pode ser explicada por uma provável produção de compostos nitrogenados, dentre eles a prolina (FERREIRA et alii, 1979), induzindo uma redução do potencial osmótico celular e conseqüente redução do potencial hídrico da folha, em concordância com as observações sobre ajustamento osmótico feitas por PRISCO (1980) para plantas de feijão. No regime L_1 , o nível N_1 teve pequena redução do potencial hídrico aos 56 DAG, aumentando progressivamente em seguida. A pequena área foliar deste tratamento e poucos frutos formados são as prováveis causas destes valores. Os menores potenciais hídricos são resultantes da transpiração das maiores áreas foliares, resultantes dos maiores incrementos de nitrogênio.

Dos 69 aos 76 DAG, fase de maturação dos frutos, os valores de potencial hídrico foliar estabilizaram-se em um nível elevado para todos os regimes hídricos apresentando di

ferenças entre os níveis de adubação. Este aumento dos valores do potencial hídrico pode ser decorrente da redução da demanda dos frutos que deixam de ser dreno. O regime L₄ mostrou uma tendência de elevação dos valores de potencial hídrico nesta fase possivelmente em função de um aumento da absorção de água pelas raízes em crescimento, resultando numa maior hidratação dos tecidos foliares. As plantas de algodão estressadas acumulam hidratos de carbono nas raízes (reservas), segundo SOUZA (1983), que favorecem o seu crescimento e conseqüente absorção de água de um volume maior de solo.

4.3 - Análise foliar

4.3.1 - *Nitrogênio*

O nitrogênio é o elemento mais exigido pelo algodão, com uma distribuição na planta que o concentra predominantemente nos órgãos vegetativos e, secundariamente, nos frutos. Os teores de nitrogênio foliar (porcentagem em peso de matéria seca) das plantas de algodão dos tratamentos, aos 56 DAG, são mostrados na TABELA 14. Os teores indicam que não houve diferenças significativas entre os tratamentos ministrados. Apesar de não serem constatadas diferenças significativas dos tratamentos sobre o teor de nitrogênio foliar,

é conhecida a influência que a água exerce sobre a absorção do nitrogênio do solo. DOSS & SCARSBROOK (1969) concluíram que os níveis de nitrogênio da planta variam diretamente com a aplicação do nitrogênio no solo, com ou sem irrigação, porém, o fornecimento de água permite uma recuperação maior do nitrogênio do solo.

TABELA 14 - Teor de Nitrogênio (%) presente nas folhas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	4,14	4,24	4,47	4,04	4,23 A
L ₂	3,77	4,06	3,93	4,60	4,09 AB
L ₃	3,49	4,0	3,96	4,29	3,94 AB
L ₄	3,40	3,91	3,95	3,60	3,72 B
MÉDIAS	3,70 b	4,05 ab	4,08 ab	4,13 a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5%.

Os teores de N foliar do algodão mostraram diferenças significativas entre as médias dos regimes de irrigação. Os regimes se destacaram em ordem crescente de umidade, o que está de acordo com a afirmação de SCARSBROOK et alii (1959) sobre absorção de nitrogênio induzida pelo aumento de umidade. Há de se levar em consideração para os regimes L₃ e L₄ que o parcelamento e aplicação da adubação nitrogenada determinados pelas épocas de irrigação resultaram em apenas uma aplicação em cobertura (50%) aos 37 e 49 DAG, respectivamente, enquanto a época de coleta das plantas para análise foliar foi aos 56 DAG. Apesar dos processos de solubilização e absorção do nitrogênio assim como os seus efeitos ocorrerem rapidamente, o prazo foi curto, podendo-se admitir que os efeitos e teores apresentados destes regimes (L₃ e L₄) podem se referir apenas à parte da quantidade aplicada. Os níveis de adubação nitrogenada também apresentaram influência sobre o teor de nitrogênio foliar do algodão, com diferenças significativas entre as médias dos níveis, indicando superioridade para os níveis mais altos. Os níveis de adubação N₁ e N₂ tiveram seus valores influenciados pelos regimes de irrigação, mas os níveis N₃ e N₄ não tiveram igual tendência, com comportamento bastante diferenciado. As diferenças encontradas entre os tratamentos e que alteraram os comportamentos esperados, podem ser decorrentes de alguns fenômenos. Destacamos como prováveis influências para o nível N₄ regime L₁ a translocação do elemento para os frutos e/ou o "efeito diluição". Isto é, a planta ao absorver o nitrogênio em total disponibilidade hídrica, interagiu si -

nergisticamente com o fósforo (alta concentração no solo) e desenvolveu-se excessivamente, distribuindo o nitrogênio por toda a parte aérea e sistema radicular. Provocou, portanto, uma redução na concentração do elemento por parte vegetativa da planta, de maneira semelhante ao "efeito diluição" originado da interação sinérgica P x Zn (OLSEN, 1972). Já para a condição de deficiência hídrica, nível N₄, regime L₃, possivelmente o crescimento reduzido resultou em maior concentração do elemento por parte vegetativa da planta. A falta de translocação do elemento para os frutos devido a desequilíbrios nutricionais também podem ser resposta para os resultados encontrados.

4.3.2 - *Fósforo*

Os teores de fósforo foliar (porcentagem em peso de matéria seca) das plantas de algodão dos diversos tratamentos, aos 56 DAG, estão expressos na TABELA 15. Não houve influência significativa dos tratamentos sobre o teor de fósforo foliar, porém, pode-se notar a superioridade da interação entre o nível de adubação nitrogenada N₁ e os regimes hídricos L₁, L₂ e L₃. O nível N₁ apresentou os maiores teores de fósforo foliar em relação aos demais tratamentos. Isto pode ser justificado pelo crescimento reduzido e carên-cia de nitrogênio das plantas destes tratamentos, o que é confirmado por NEVES et alii (1965). Crescimento deficien-

te é sinônimo de área foliar reduzida e baixas produções, o que caracteriza a concentração de fósforo nas folhas ao invés da translocação deste para os frutos em formação. Uma hipótese para a baixa concentração do fósforo foliar dos níveis N_2 , N_3 e N_4 seria o maior consumo de fósforo pelas plantas no processo de fotossíntese para produção de fotossintatos destinados ao crescimento e a produção, em resposta aos incrementos hídricos.

TABELA 15 - Teor de Fósforo (%) presente nas folhas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N_1	N_2	N_3	N_4	
L ₁	0,88	0,71	0,44	0,48	0,63 A
L ₂	1,13	0,50	0,40	0,42	0,61 A
L ₃	0,86	0,48	0,39	0,41	0,53 AB
L ₄	0,46	0,53	0,31	0,27	0,39 B
MÉDIAS	0,83 a	0,55 b	0,38 b	0,39 b	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5%.

A concentração de fósforo foliar tendeu a decrescer com os níveis crescentes de adubação nitrogenada, igualmente para todos os regimes hídricos, evidenciando assim a sua translocação para os órgãos reprodutivos. Dos níveis de adubação N₂, N₃ e N₄, o nível N₃ foi provavelmente o mais translocado e apresentou concentrações de fósforo foliar pouco inferiores às demais.

Analisando as médias dos regimes hídricos, verificamos que houve diferença significativa entre os regimes, com superioridade em ordem crescente de regimes e uma igualdade entre os regimes L₁ e L₂, que se distinguiram. O regime L₄ foi inferior aos demais, mesmo no nível de adubação N₁, podendo-se deduzir que houve limitação na absorção do fósforo do solo por insuficiência hídrica. Tal limitação se deve à ausência da água como elemento transportador do nutriente (causa direta), pelo volume reduzido do solo explorado em virtude do sistema radicular pouco desenvolvido (causa indireta), e a própria condição de imobilidade do elemento no solo. A umidade, portanto, proporciona condições para maior absorção e concentração do fósforo quando presente em níveis satisfatórios.

4.3.3 - *Potássio*

A TABELA 16 apresenta os teores de potássio foliar (porcentagem em peso de matéria seca) das plantas de algo -

ção dos tratamentos, aos 56 DAG. Não houve diferença significativa entre os tratamentos para a concentração de potássio foliar, bem como entre as médias dos fatores regimes hídricos e níveis de adubação nitrogenada. As médias de ambos os fatores não demonstraram resposta dos teores de potássio foliar para aumentos dos níveis dos dosi fatores, diferindo apenas nos níveis mínimos N₁ e L₄, porém, sem significância.

TABELA 16 - Teor de Potássio (%) presente nas folhas de algodão da cultivar CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e a quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	1,79	2,23	2,55	2,38	2,23
L ₂	1,74	2,36	2,19	1,86	2,03
L ₃	2,17	2,27	2,17	2,38	2,24
L ₄	1,55	1,73	2,11	2,07	1,86
MÉDIAS	1,81	2,14	2,25	2,17	

A ausência de letras indica que não houve diferença significativa pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

As concentrações de potássio foliar observadas demonstraram pouca influência dos tratamentos sobre o metabolismo do elemento na planta de algodão. Os tratamentos apresentaram teores foliares de potássio semelhantes para diferentes condições de desenvolvimento e produção. Não houve resposta dos teores de potássio foliar do algodão para a elevação dos níveis de irrigação, o que revela um certo grau de independência do potássio aos incrementos de umidade para o seu transporte e absorção.

A adubação nitrogenada em seus vários níveis mostrou que não exerce efeito sinérgico nem antagônico para o algodão com relação à concentração de potássio nas folhas. Na condição de deficiência hídrica (L_4) os níveis N_3 e N_4 mantiveram teores de potássio semelhantes aos demais tratamentos, ao passo que os níveis N_1 e N_2 apresentaram teores inferiores. De um modo geral, o nitrogênio estimulou a absorção e concentração de potássio de maneira equilibrada para os diferentes níveis aplicados, de acordo com as necessidades de produção das plantas dos diversos tratamentos.

4.4 - Produtividade biológica

4.4.1 - *Área foliar e Índice de área foliar*

Os valores médios de área foliar, obtidos durante o oi

to semanas, no período entre 26 a 75 DAG, estão expressos na TABELA 17. Nota-se que dos 26 aos 40 DAG (Fase I) as diferenças entre os valores para os regimes de irrigação foram pequenas, com exceção para o regime L₁ que apresentou relativa superioridade. Os níveis de adubação revelaram na Fase I a inferioridade do nível N₁ em relação aos demais níveis, que mantiveram valores aproximados de acréscimos para níveis crescentes. Apenas no regime L₁ os incrementos de área foliar foram discrepantes para os níveis de adubação. As taxas de crescimento da área foliar do algodão caracterizaram a Fase I em função dos pequenos incrementos de área foliar, provavelmente devido ao desenvolvimento do sistema radicular que atua como dreno preferencial de fotossintatos. O nitrogênio tem função de estimular a atividade meristemática nesta fase (crescimento foliar, número de nós e primórdios florais). Variações no crescimento inicial da área foliar são atribuídas ao nitrogênio, com melhores incrementos quando em presença de umidade ideal (CROWTHER, 1934), o que está de acordo com os valores apresentados.

A partir de 40 DAG e estendendo-se até aos 61 DAG (Fase II), a área foliar tem um crescimento acentuado, o que pode ser visto nas FIGURAS 8, 9, 10 e 11 para cada regime de irrigação. A irrigação proporciona, neste período, grandes diferenças nos incrementos de área foliar entre os tratamentos. Os níveis de adubação nitrogenada propiciam maiores aumentos de área foliar de acordo com os incrementos dos regimes de irrigação, que também diferiram entre si. A Fase II, determinada pelas curvas de crescimento da área foliar,

Tabela 17 - Variação da área foliar (dm²) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, no período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

PERÍODO DAG.	L ₁				L ₂				L ₃				L ₄			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
26	3,18	3,10	4,20	4,33	2,61	4,05	4,01	3,15	2,25	2,68	3,43	3,36	2,68	3,28	4,30	3,95
33	4,98	5,32	9,06	9,22	3,11	4,87	5,13	4,35	2,51	3,43	4,15	4,42	2,92	3,61	4,96	4,55
40	7,05	9,66	13,70	15,25	3,60	6,02	6,43	5,97	3,20	4,50	5,50	6,05	3,57	4,75	5,62	5,63
47	10,13	18,89	28,11	23,86	6,23	13,0	13,52	13,43	6,66	9,30	13,33	15,36	5,10	7,0	7,65	8,20
54	12,10	27,50	38,0	35,3	6,40	16,50	17,32	18,90	7,50	11,50	16,30	18,70	6,0	7,40	8,11	9,0
61	13,70	33,40	44,10	43,70	7,60	20,80	22,20	27,80	8,0	12,50	18,40	21,50	7,40	10,0	9,10	11,50
68	13,0	35,50	46,0	44,50	7,50	23,80	25,10	32,10	7,90	12,50	19,70	21,80	7,70	11,7	9,50	13,60
75	13,40	35,60	47,30	45,50	7,50	26,0	28,0	36,90	7,60	13,0	20,40	23,20	7,80	17,30	10,20	14,0

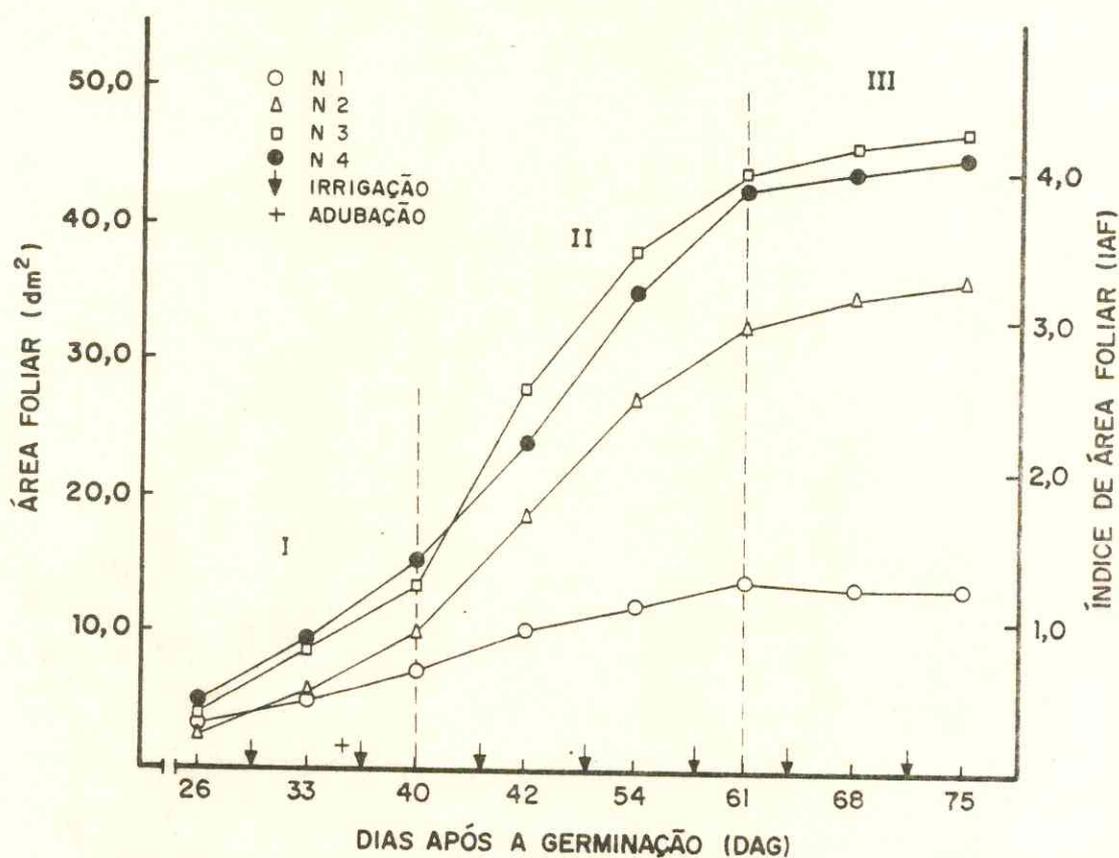


FIGURA 8 - Variação da área foliar (dm^2) e índice de área fo-
 liar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 subme-
 tida ao regime hídrico L_1 ($-0,4$ atm) e a quatro
 níveis de adubação nitrogenada, relativa ao pe-
 ríodo entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Bra-
 sil, 1990.

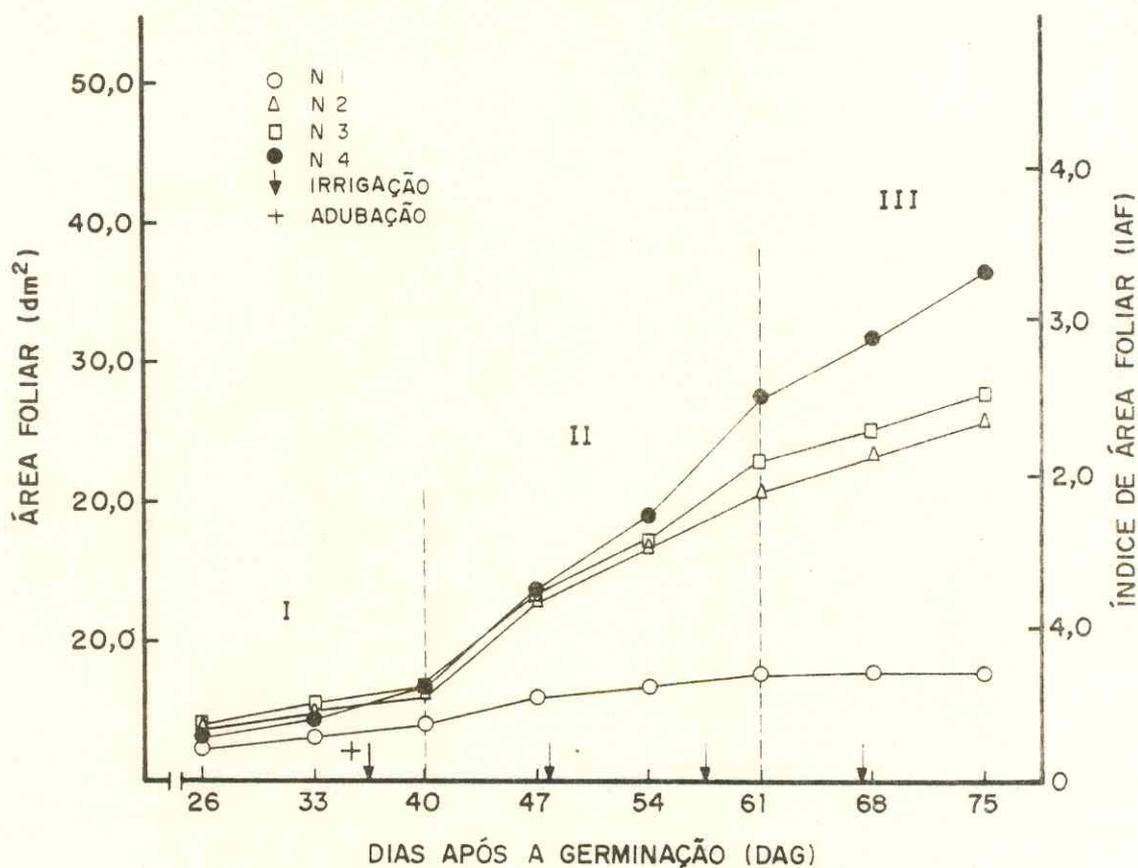


FIGURA 9 - Variação da área foliar (dm^2) e índice de área foliar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L_2 ($-0,8$ atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

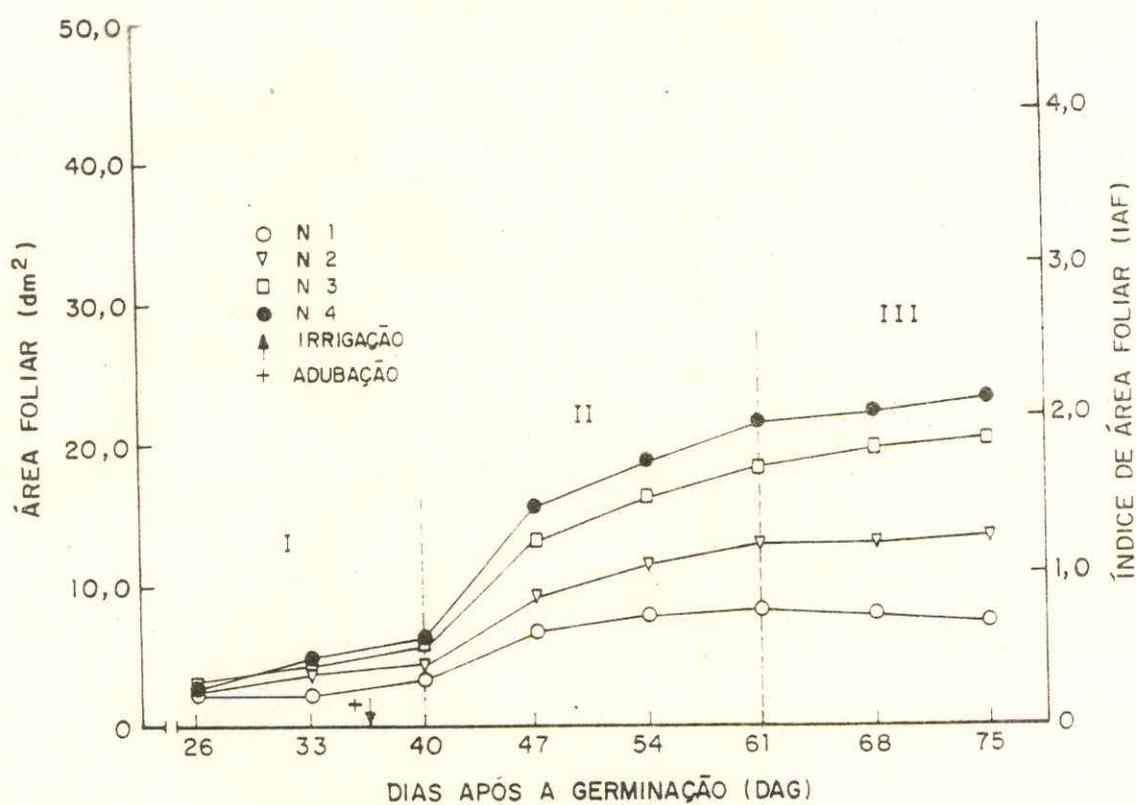


FIGURA 10 - Variação da área foliar (dm^2) e índice de área foliar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L_3 ($-3,0$ atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

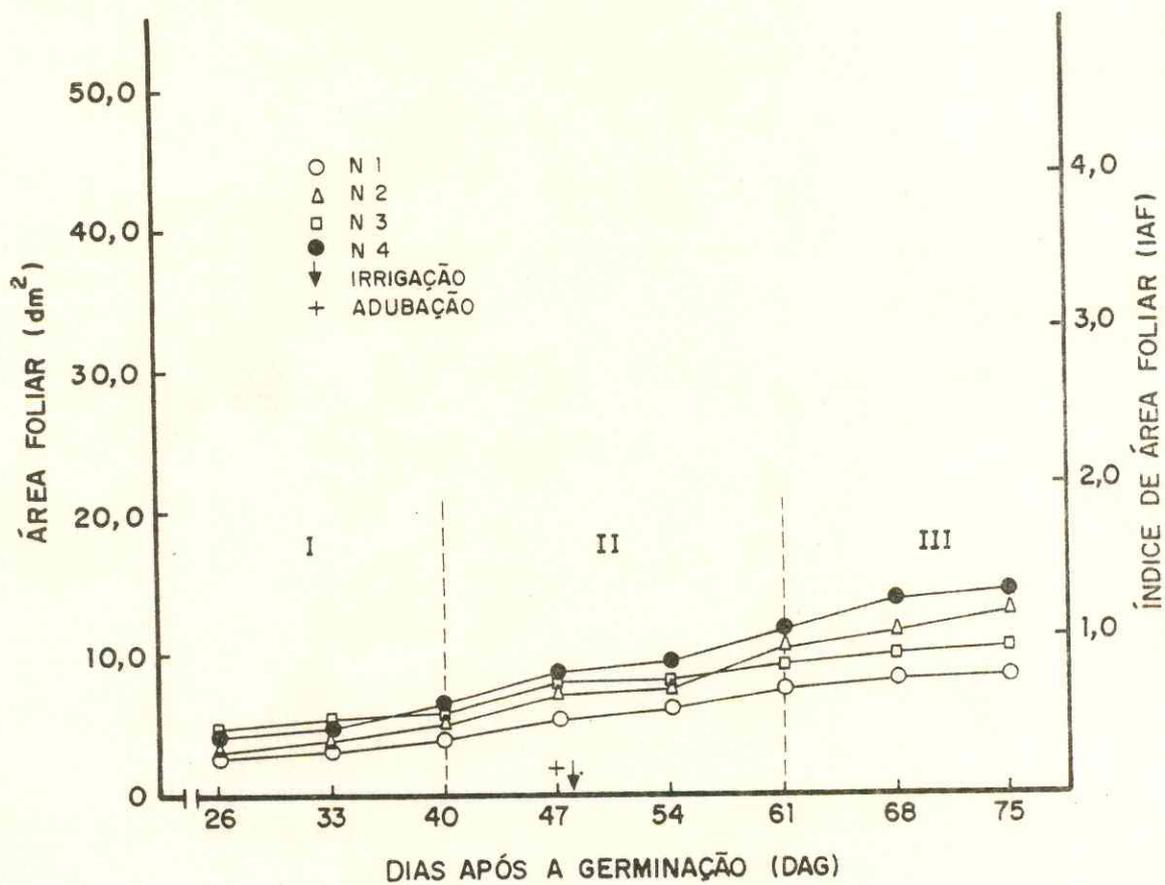


FIGURA 11 - Variação da área foliar (dm^2) e índice de área foliar da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L_4 ($-8,0$ atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 26 e 75 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

abrange aproximadamente o período de floração da cultura, possivelmente em virtude do sistema radicular já formado passar a ser fonte e a área foliar passar a ser dreno de fotossintatos e a demanda de fotossintatos dos primórdios florais e flores ser baixa. No final desta fase de crescimento máximo da área foliar, o algodão emite os frutos que serão a base da produção. A área foliar construída, nesta fase, é de suma importância, devido à produção de fotossintatos ser função da área de captação da radiação solar e CO_2 . Um sistema radicular bem suprido de fotoassimilados tem condição de se desenvolver e promover maior absorção de água e nutrientes. Também, nesta fase, há um maior requerimento do nitrogênio disponível do solo. Segundo MARANI & AHARONOV (1964), 69% do nitrogênio foram absorvidos pelas plantas durante o período de florescimento e emissão de frutos. O estresse hídrico afeta o processo de alongamento e divisão celular. JORDAN (1970) concluiu que o algodão, quando não atingia valores de potencial hídrico superiores a $-8,0$ bars, em qualquer parte do dia, tinha o crescimento da área foliar inibido. Por outro lado, MEYER (1987) acrescentou que, em condição de excesso de água, o crescimento da área foliar foi reduzido em 28%. O regime de irrigação L_4 mostrou o efeito prejudicial do estresse hídrico para o crescimento da área foliar, que ocorreu devido ao decréscimo do potencial hídrico, possivelmente devido à baixa pressão de turgescência celular. Estes resultados concordam com os de HEARN (1979) que concluiu que baixos potenciais hídricos das plantas afetam o crescimento da área foliar e fechamento de estômatos. Na con

dição de deficiência hídrica (L_4), o nitrogênio proporcionou pequenas diferenças de área foliar entre os níveis N_2 , N_3 e N_4 , provavelmente em virtude da baixa eficiência na absorção e transporte do adubo aplicado. A FIGURA 11 não apresenta resposta das plantas à adubação e irrigação, realizada aos 49 DAG, com relação aos aumentos esperados na área foliar. As taxas de crescimento da área foliar ($\text{dm}^2 \cdot \text{dia}^{-1}$) para a Fase II são apresentadas na TABELA 18A. As taxas evidenciam a ocorrência de interação entre os regimes hídricos de menor tensão e os níveis elevados de nitrogênio, indicando também o nível N_3 como ótimo para o regime hídrico L_1 . Na condição de estresse hídrico intenso, as adubações nitrogenadas diferenciadas provocaram poucas alterações na taxa de crescimento da área foliar.

Podemos notar para o período posterior aos 61 DAG (Fase III), uma certa estabilização da área foliar, com menores taxas de crescimento. Esta observação está de acordo com ASHLEY *et alii* (1965) que afirmou que com o desenvolvimento das maçãs, cessa-se o crescimento apical, de caule e raiz, diminuindo a absorção do nitrogênio. A provável causa é a interrupção no suprimento de carboidratos para as raízes, destinando aos frutos em desenvolvimento que se tornam dreno de fotossintatos. WADLEIGH (1944) confirma um aumento na demanda de reservas orgânicas induzido pelo desenvolvimento das maçãs, cessando assim o crescimento.

Os índices de área foliar (IAF) mostrados na TABELA 18B tentam expressar a capacidade fotossintética das plantas

TABELA 18 - Taxa de crescimento (dm^2/dia) no período entre 40 e 61 DAG (A) e Índice de Área Foliar aos 75 DAG (B), da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

A

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
L ₁	0,33	1,10	1,45	1,31
L ₂	0,20	0,71	0,85	1,05
L ₃	0,23	0,40	0,60	0,75
L ₄	0,17	0,25	0,13	0,28

B

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA			
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄
L ₁	1,21	3,23	4,30	4,13
L ₂	0,68	2,36	2,54	3,35
L ₃	0,69	1,18	1,85	2,11
L ₄	0,71	1,57	0,83	1,27

dos diversos tratamentos. A taxa de assimilação líquida depende dos incrementos no IAF até um certo limite, pois o sombreamento e a redução da concentração de CO_2 na atmosfera da copa da cultura diminuem a taxa de assimilação líquida para altos valores de IAF (WATSON, 1958). De uma maneira geral, os índices de área foliar foram satisfatórios apenas nos regimes L_1 e L_2 , quando em interação com os níveis de adubação N_2 , N_3 e N_4 . Isto comprova a influência de ambos os fatores, água e nitrogênio, em seus maiores valores no crescimento da área foliar. Mendis (1955), citado por ASHLEY et alii (1965), indica um índice de área foliar igual a 2,0 como sendo ótimo para a produção de algodão. Alega que os valores superiores provocaram redução na produção líquida. ASHLEY et alii (1965) discordaram deste valor e concluíram que a floração e a formação dos frutos foram dependentes do crescimento, reduzindo a emissão de frutos para um IAF abaixo de 5,0. Seus dados também revelaram a importância do IAF no desenvolvimento precoce da planta, o que proporcionou máximas produtividades. Os resultados encontrados de produção de flores e capulhos deste trabalho nos levaram a concluir que para a cultivar CNPA Precoce 1 o IAF igual ou superior a 0,4 na fase de crescimento (até 35 DAG) e 2,0 na fase de frutificação (55 a 75 DAG) foi satisfatório, concordando, portanto, com Mendis (1955), citado por ASHLEY et alii (1965).

4.4.2 - *Peso seco da parte aérea*

A primeira e segunda coleta de plantas para pesagem de matéria seca foram realizadas aos 56 e 70 DAG, respectivamente e os valores obtidos dos tratamentos são mostrados nas TABELAS 19 e 20. Em ambas as coletas, não se verificaram diferenças significativas de valores entre os tratamentos ministrados. Constataram-se, entretanto, diferenças significativas entre as médias dos regimes de irrigação, assim como para os níveis de adubação nitrogenada.

O nitrogênio, apontado como fator regulador da formação da matéria seca (MALAVOLTA & HAAG, 1968), desempenhou grande influência sobre o peso seco da parte aérea através dos níveis de adubação. Na primeira coleta as médias dos níveis N_1 e N_2 foram estatisticamente iguais e inferiores às médias dos níveis N_3 e N_4 . As médias da segunda coleta diferenciaram de maneira abrupta os níveis N_2 , N_3 e N_4 do nível N_1 , e entre si de modo gradual e crescente, evidenciando os ganhos no peso seco a cada incremento verificado na adubação nitrogenada. A adubação nitrogenada (50%) e a irrigação realizada aos 49 DAG para o regime L_4 certamente favoreceram tais resultados.

As médias dos valores de peso seco da parte aérea para os regimes de irrigação retratam uma situação semelhante, porém, complexa. O algodão é caracterizado por um crescimento indefinido sob disponibilidade hídrica contínua (HE-

TABELA 19 - Peso seco da parte aérea (g) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	27,22	35,13	43,63	74,36	45,09 A
L ₂	17,81	24,81	41,92	27,59	28,03 AB
L ₃	15,01	37,26	28,49	34,01	28,69 AB
L ₄	6,73	15,19	17,25	22,37	15,38 B
MÉDIAS	16,69 b	28,10 ab	32,82 a	39,58 a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5%.

TABELA 20 - Peso seco da parte aérea (g) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N1	N2	N3	N4	
L ₁	43,85	79,44	108,23	111,42	85,74 A
L ₂	32,43	75,28	67,48	68,50	60,92 AB
L ₃	22,87	46,76	56,79	49,28	43,93 B
L ₄	18,81	49,94	58,90	64,37	48,00 AB
MÉDIAS	29,49 b	62,86 a	72,85 a	73,39 a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5%.

ARN, 1979), o que é confirmado pelas médias dos regimes L_1 e L_2 , na segunda coleta (TABELA 20). As plantas submetidas ao estresse hídrico (L_3 e L_4), na primeira coleta, apresentaram uma esperada redução no peso seco da parte aérea. Esta redução pode ser atribuída aos gastos no crescimento do sistema radicular em profundidade, em detrimento do crescimento da parte aérea, bem como à limitação imposta pelo baixo potencial hídrico, através do fechamento de estômatos e redução na transpiração e absorção de CO_2 . O sistema radicular explora camadas profundas para absorção de água (KEPLER et alii, 1973) e funciona como um dreno na translocação de fotossintatos. À medida em que a escassez de água aumenta, o crescimento da parte aérea diminui, resultando na redução de fotossíntese. Os regimes hídricos, sob menor tensão de umidade de solo, revelaram-se superiores aos regimes estressados e os aumentos de peso seco da parte aérea se mostraram sensíveis aos aumentos dos níveis de adubação nitrogenada na presença de umidade, para sua total expressão. Isto comprova, portanto, que ambos os níveis, de umidade e de nitrogênio, não são excessivos e confirmam os resultados de HEARN (1975b), que relatou a eficiência da adubação nitrogenada ser dependente da umidade.

Apesar de não haver interação significativa dos tratamentos para peso seco da parte aérea da primeira coleta (FIGURA 12A), o nível N_4 de adubação interagiu com o regime hídrico L_1 , destacando-se dos demais níveis. Na segunda coleta, o nível N_3 de adubação interagiu com o regime L_1 se igualando ao nível N_4 (FIGURA 12B).

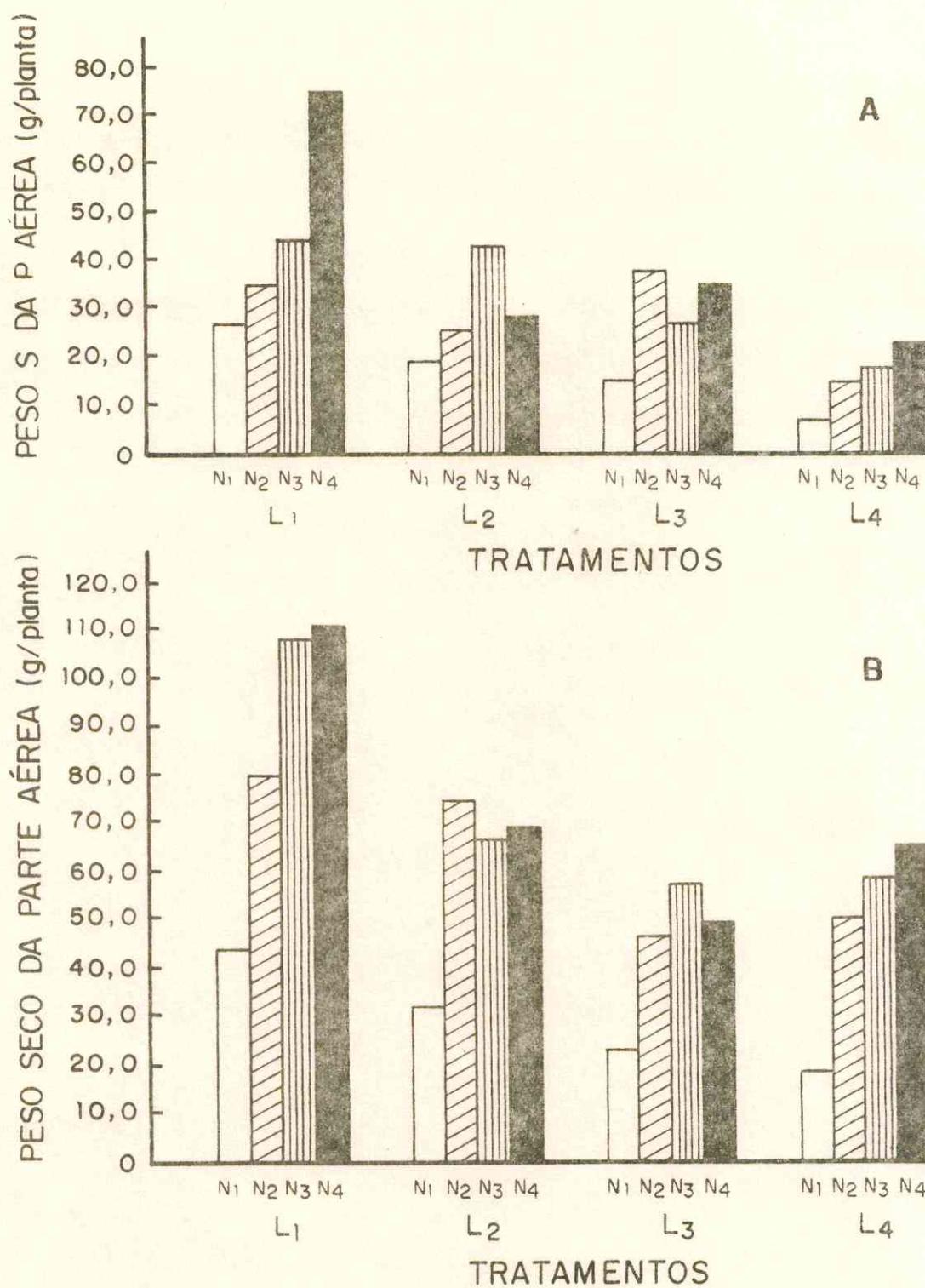


FIGURA 12 - Peso seco da parte aérea (g) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, aos 56 (A) e aos 70 DAG (B). Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

O efeito atenuador esperado do nitrogênio nos tratamentos submetidos ao estresse hídrico não ocorreu generalizado, mas pode ser visto em pequena intensidade no regime hídrico L_3 , níveis de adubação N_2 , N_3 e N_4 da primeira coleta e no regime hídrico L_4 , nos níveis de adubação N_2 , N_3 e N_4 da segunda coleta. Este efeito pode ser melhor visualizado se compararmos os valores dos níveis citados anteriormente com os níveis N_1 dos regimes hídricos L_1 e L_2 da primeira e segunda coleta.

De acordo com os valores dos tratamentos do regime hídrico L_4 da primeira e segunda coletas, pode-se perceber que a segunda aplicação do nitrogênio (50%), realizada aos 49 DAG, somente surtiu efeito na segunda coleta (70 DAG) e mostrou-se superior ao regime hídrico L_3 . Estes dados nos permitem concluir que, mesmo em condição de estresse hídrico, a adubação nitrogenada deve ser parcelada, com aplicações em cobertura mais espaçadas.

4.4.3 - *Taxa de crescimento relativo*

As taxas de crescimento relativo do algodão (TCR), tomadas no período entre 56 e 70 DAG, apresentaram variações para os diversos tratamentos (TABELA 21). É necessário salientar que, por ocasião da coleta das plantas para se efetuar as medições, os regimes de irrigação L_1 e L_2 sofreram duas irrigações, o regime L_3 experimentou, nesta fase, 19 e

33 dias de estresse hídrico, respectivamente, para primeira e segunda coleta e o regime L₄ havia sido adubado em cobertura (50%) e irrigado 7 e 21 dias, respectivamente.

TABELA 21 - Variações na taxa de crescimento relativo ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) da cultivar algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, no período compreendido entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	39,71	67,99	75,70	33,70	54,27
L ₂	49,94	92,53	39,67	75,78	64,48
L ₃	35,09	18,92	57,48	30,91	35,60
L ₄	85,60	99,16	102,36	88,11	93,80
MÉDIAS	52,58	69,65	68,80	57,12	

Na comparação das média dos regimes de irrigação, o regime L₁ é considerado excessivo ou pouco eficaz, o regime L₂ é moderado e de bom desempenho e o regime L₃ demonstrou baixa incorporação de massa em virtude da deficiência hídrica. O regime L₄, caracterizado como estresse hídrico inten

so, apresentou as mais altas taxas de crescimento, o que é plenamente justificado pela recente irrigação e adubação (49 DAG) que sofrera quando da época das coletas. O peso seco da parte aérea (TABELAS 19 e 20) confirma as taxas de crescimento relativo elevadas do regime L₄, mostrando que aos 56 DAG seus valores eram inferiores aos demais e aos 70 DAG equilibraram-se com os valores do regime L₃. Fica difícil, no entanto, a discriminação dos efeitos, pois os regimes L₁ e L₂ sofreram irrigações iguais ao regime L₄ e não alcançaram tais resultados, apesar de também terem recebido adubação nitrogenada em cobertura (33%) 19 e 33 dias antes das coletas, respectivamente. Entre os níveis de adubação do regime L₄ não houve diferenças, nem ao menos do controle (FIGURA 13), o que particulariza o efeito da irrigação tardia. As plantas dos tratamentos do regime L₄, por terem sido irrigadas apenas no plantio e exibirem um porte relativamente reduzido, demonstraram conservar o potencial de resposta de crescimento e atividade fotossintética aos incrementos de umidade do solo, após receberem nova irrigação aos 49 DAG. O processo de incorporação de CO₂ realizou-se normalmente mostrando alta tolerância protoplasmática celular do algodão, não sendo afetado de modo irreversível, sem lesões nos tecidos, pelo estresse hídrico pronunciado. A variação ocorrida no regime L₄ nos permite observar que o algodão retoma o crescimento após um período de estresse hídrico, mesmo durante a fase de formação de frutos, quando se restabelece a irrigação. Isto revela que o algodão, após passar por um período de estresse hídrico, consegue se recuperar se for a

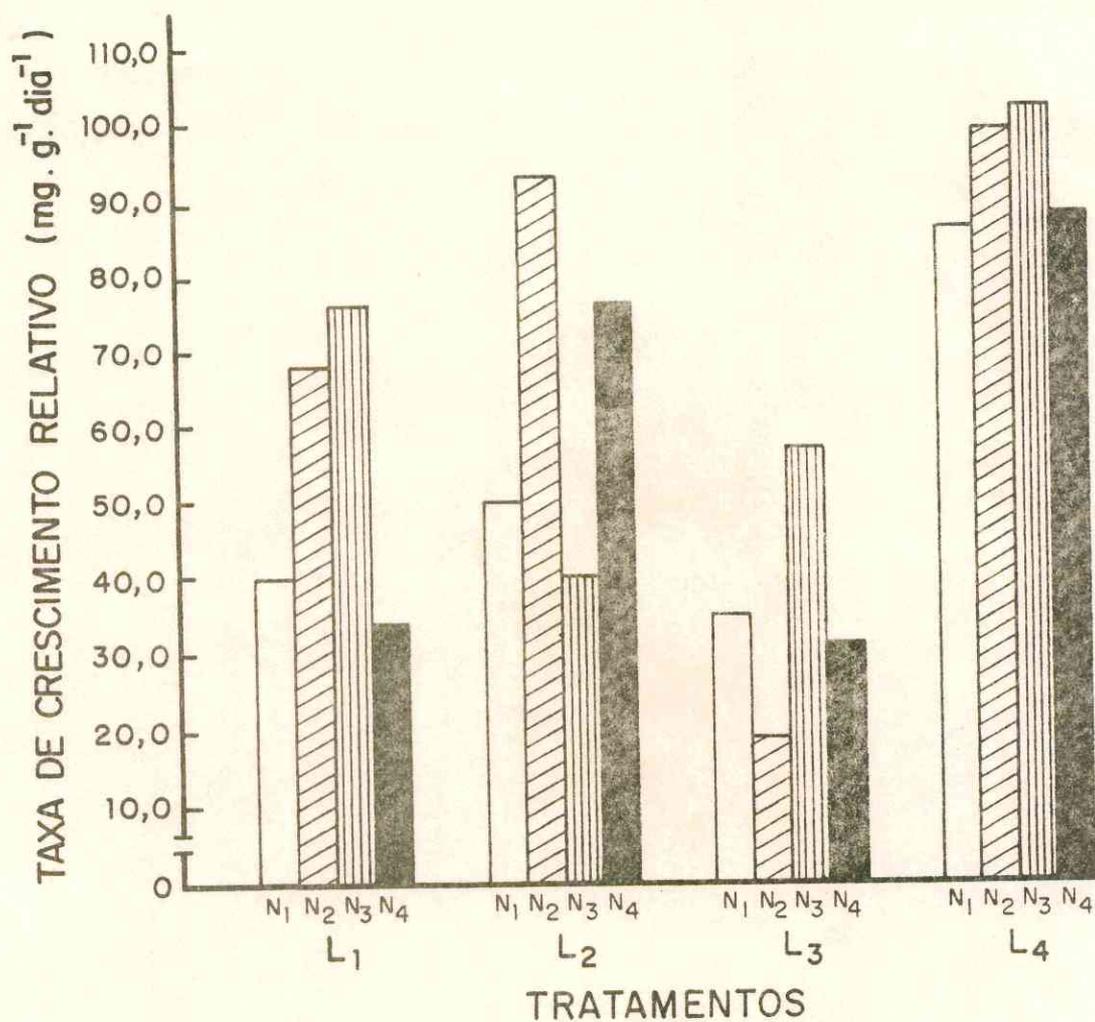


FIGURA 13 - Taxa de crescimento relativo ($\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

dubado e irrigado, possivelmente direcionando e convertendo os fotoassimilados para a frutificação. A hipótese suporta e reforça a idéia do parcelamento da adubação nitrogenada com maiores doses na floração e frutificação e da importância da irrigação na fase de frutificação do algodão.

As médias dos níveis de adubação nitrogenada distinguiram os níveis N_2 e N_3 em condição de igualdade para um desempenho moderado. Também se igualaram os níveis N_1 e N_4 , porém, o nível N_1 por motivo de deficiência de nitrogênio e o nível N_4 provavelmente por excesso ou ineficiência da adubação. Podemos concluir, através destas análises, que as taxas de crescimento relativo foram altamente influenciadas pelos regimes hídricos e que os incrementos de adubação nitrogenada pouco afetaram o processo, sendo exigido apenas em um nível mínimo satisfatório.

4.4.4 - Taxa de assimilação líquida

As taxas de assimilação líquida (TAL) do algodão, tomadas no período entre 56 e 70 DAG, estão expressas na TABELA 22. Podemos notar que as tendências das variações ocorridas na TAL são semelhantes às da taxa de crescimento relativo, confirmando as conclusões estabelecidas para a mesma.

A adubação nitrogenada não mostrou influência sobre a TAL, mas notou-se, para a maioria dos regimes hídricos, a

inferioridade das taxas no nível N₁. Comparando-se as médias dos níveis de adubação, comprovou-se que os níveis N₂ e N₃ são superiores ao N₁ e ao N₄, que foram semelhantes. Níveis excessivos de adubação nitrogenada mostraram, portanto, serem tão limitantes quanto a deficiência de nitrogênio, provavelmente em virtude do alto IAF que propicia, segundo WATSON (1958), causando sombreamento, redução do CO₂ da atmosfera da copa da cultura e limitando a TAL.

TABELA 22 - Variações na taxa de assimilação líquida (mg. dm⁻².dia⁻¹) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, no período compreendido entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N1	N2	N3	N4	
L ₁	112,3	126,5	153,2	67,9	115,0
L ₂	117,8	178,2	78,2	139,8	128,5
L ₃	68,3	51,2	151,1	62,9	83,4
L ₄	150,2	211,7	237,1	194,7	198,4
MÉDIAS	112,1	141,9	154,9	116,3	

Os regimes hídricos exerceram grande influência sobre a TAL. As médias dos regimes L₁ e L₂ revelaram uma eficiência satisfatória de assimilação, ao passo que o regime L₃ teve baixo valor de TAL devido a um estresse hídrico de 19 e 33 dias, respectivamente, para a primeira e segunda época de coleta de plantas. O regime L₄ superou os demais regimes com excelentes valores (FIGURA 14), provável consequência da irrigação e adubação em cobertura (50%) realizada 7 e 21 dias antes da primeira e segunda coleta, respectivamente. O fato demonstra o poder de recuperação das plantas, que experimentaram 47 dias iniciais consecutivos de estresse hídrico. A TAL do algodão evidenciou a importância do manejo da irrigação, a necessidade de aplicação de um nível mínimo de nitrogênio satisfatório, bem como a sua independência aos incrementos excessivos de nitrogênio.

4.5 - Processo reprodutivo

4.5.1 - *Produção de flores*

A produção de flores das plantas de algodão está expressa na TABELA 23 e revela que não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Houve, porém diferenças significativas entre as médias dos regimes hídricos e dos níveis de adubação nitrogenada.

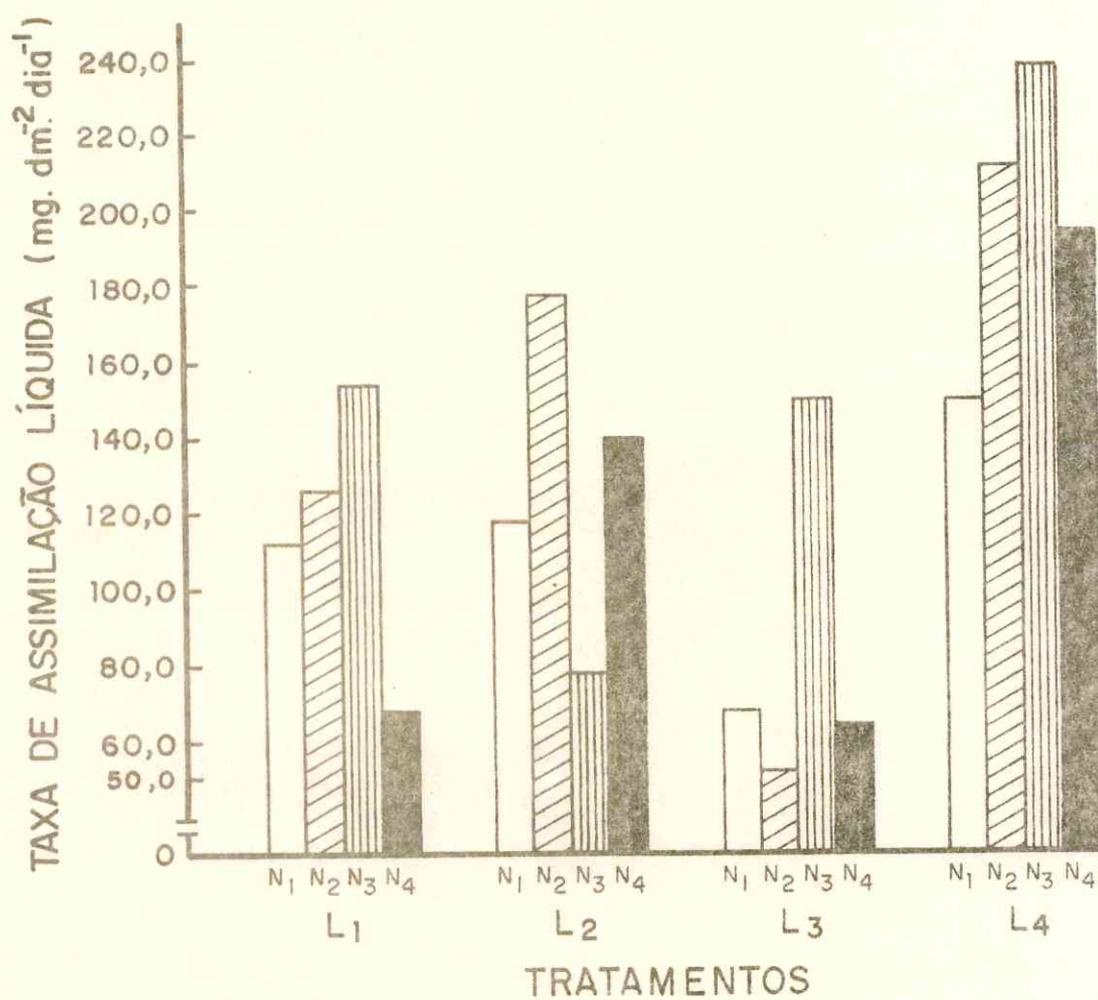


FIGURA 14 - Taxa de assimilação líquida ($\text{mg. dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 56 e 70 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

TABELA 23 - Produção de flores das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	18,22	37,77	49,0	46,33	37,83 A
L ₂	10,44	28,0	25,77	37,44	25,41 AB
L ₃	11,33	18,0	24,44	27,99	20,44 B
L ₄	9,44	17,77	13,44	17,55	14,55 B
MÉDIAS	12,36 b	25,39 a	28,16 a	32,33 a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5%.

De uma maneira geral, o efeito da irrigação na produção de flores mostrou-se superior apenas para a média do regime L₁ e o efeito da adubação nitrogenada apresentou equilíbrio entre as médias dos três maiores níveis, N₂, N₃ e N₄ diferindo significativamente com superioridade apenas do nível N₁. Apesar de não ter ocorrido interação entre os fatores, os tratamentos revelaram a tendência favorável de pro

dução de flores elevada para o regime L₁ combinado com os níveis N₃ e N₄ de adubação. Percebe-se que a planta mostra a sua potencialidade genética investindo na produção de flores quando as condições existentes no meio são propícias. O nível N₁ nos regimes hídricos enfatiza a afirmação.

A variação de produção de flores com o tempo foi comparada separadamente por regime de irrigação, de acordo com as FIGURAS 15, 16, 17 e 18, evidenciando um efeito gradual e marcante das tensões de umidade do solo sobre o potencial reprodutivo do algodão. Observou-se um período na floração da cultura com pico máximo de produção de flores, o qual é altamente dependente do conteúdo de água do solo, e em menor grau da disponibilidade do nitrogênio do solo.

Analisando as épocas de irrigação (TABELA 5), podemos afirmar que a água foi imprescindível na fase de pré-floração, bem como durante a floração, mostrando que o algodão tem potenciais de resposta diferenciadas para níveis variados de suprimento hídrico. Resultados semelhantes foram obtidos por GUINN & MAUNEY (1984a; 1984b), os quais afirmaram que o atraso pronunciado na primeira ou segunda irrigação de pós-emergência deve ser evitado porque o estresse hídrico severo causa um decréscimo na taxa de floração, a qual não se recupera em menos de três semanas após o estresse hídrico depois que se irriga. Acrescentam ainda que o estresse tem que ser controlado antes que se inicie a floração. Estes resultados contestam os obtidos por SINGH (1975), segundo o qual, o estresse hídrico no período de pré-floração aumenta

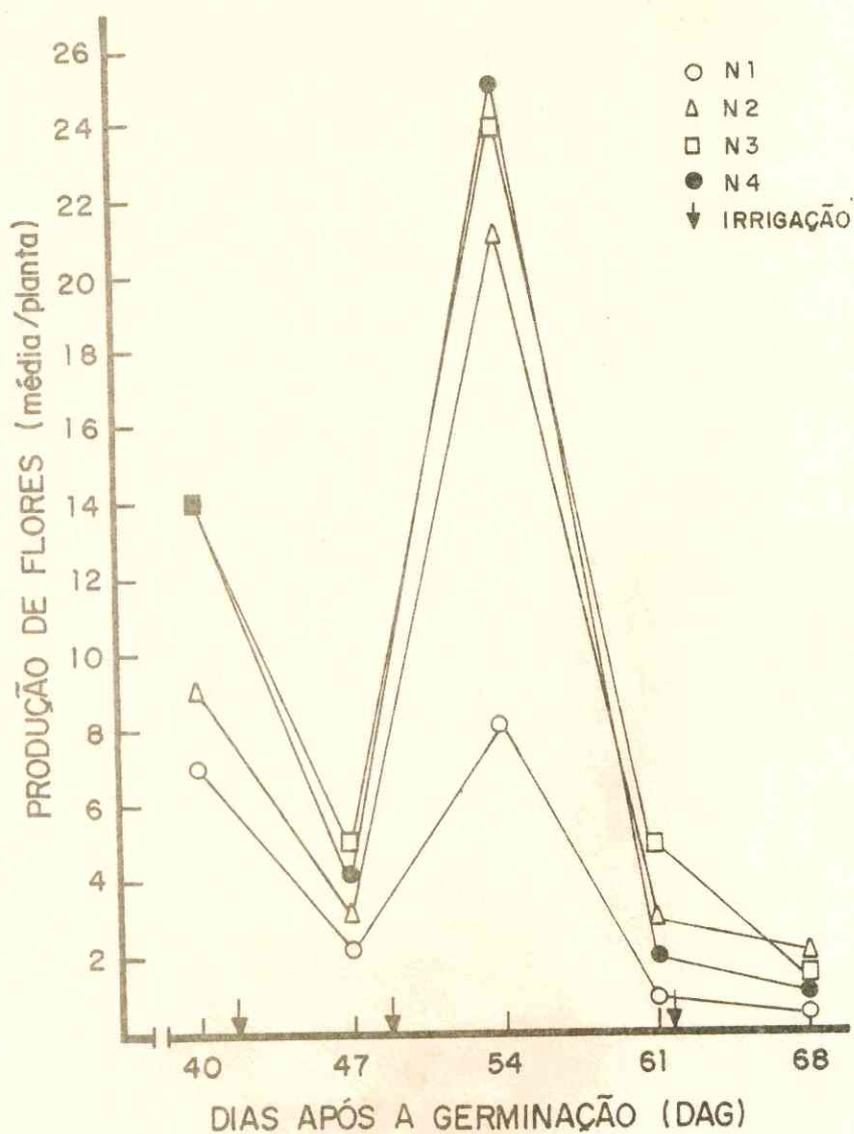


FIGURA 15 - Variação na produção de flores da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L₁ (- 0,4 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

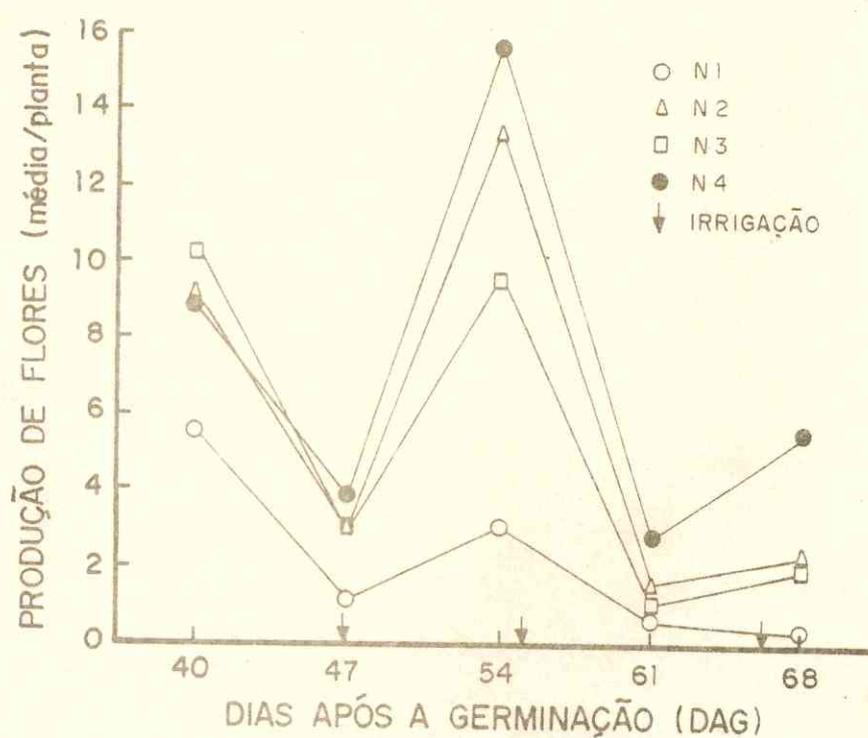


FIGURA 16 - Variação na produção de flores da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L₂ (- 0,8 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

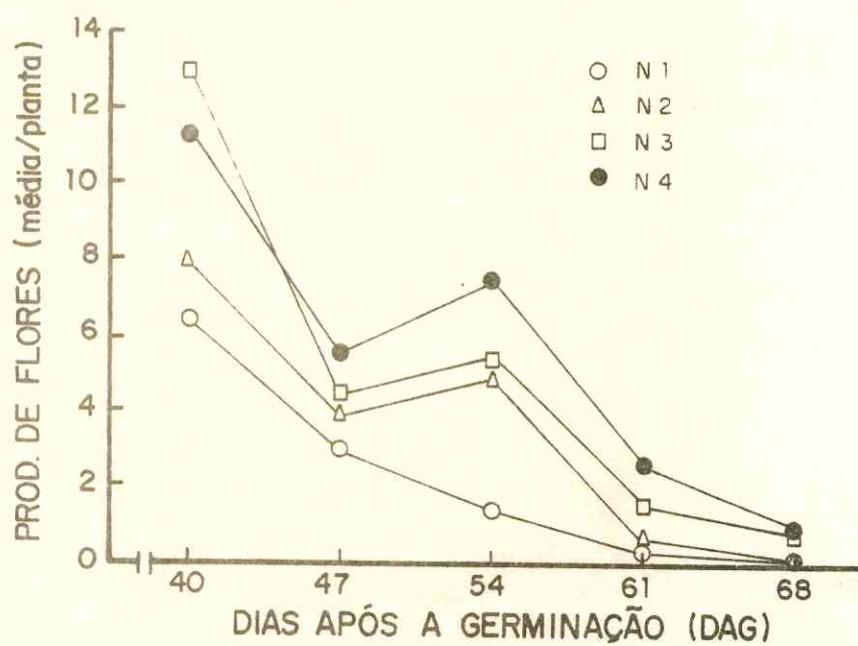


FIGURA 17 - Variação na produção de flores da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L₃ (- 3,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

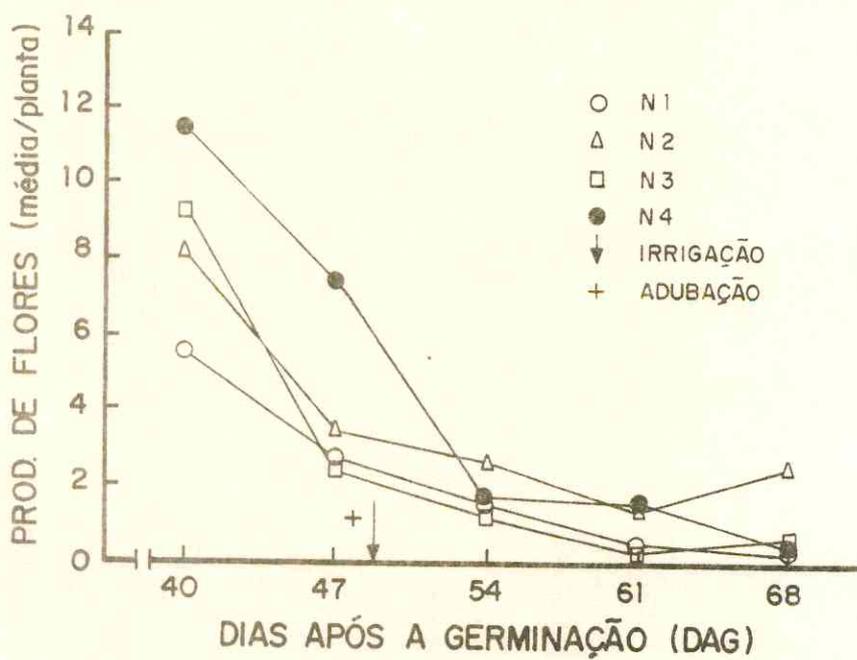


FIGURA 18 - Variação na produção de flores da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida ao regime hídrico L₄ (- 8,0 atm) e a quatro níveis de adubação nitrogenada, relativa ao período entre 40 e 68 DAG. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

a taxa de floração do algodão. Nos trabalhos de GRIMES et alii (1969a) foi evidenciada resposta na produção de flores do algodão para acréscimos de água, por sua vez altamente dependente do suprimento de nitrogênio, o que em parte pode ser constatado pelas FIGURAS 19 e 20. A resposta à adubação ocorreu em menor intensidade, sendo que as diferenças tornam-se visíveis à medida em que se diminui a irrigação (L₃ e L₄). O fato não comprova na íntegra, portanto, a afirmação de Tucker e Tucker (1968), citados por BENEDICT (1984), de que aumento no nível de nitrogênio promove acréscimo na taxa de floração do algodão. Para os diferentes regimes de irrigação e adubação nitrogenada não foi notada alteração significativa no intervalo de floração. Isto confirma a conclusão de Radin e Mauney (1982), citados por BENEDICT (1984), de que diferentes níveis de nitrogênio não afetaram o intervalo de floração e a época da primeira flor.

4.5.2 - *Abscisão de flores e frutos*

A TABELA 24 mostra os percentuais de abscisão de flores e frutos dos tratamentos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos, bem como entre as médias dos regimes hídricos e níveis de adubação nitrogenada. A comparação das médias dos níveis de adubação para cada regime hídrico (FIGURAS 19 e 20) permitem, no entanto, uma melhor interpretação do fenômeno. Em números absolutos, a abscisão

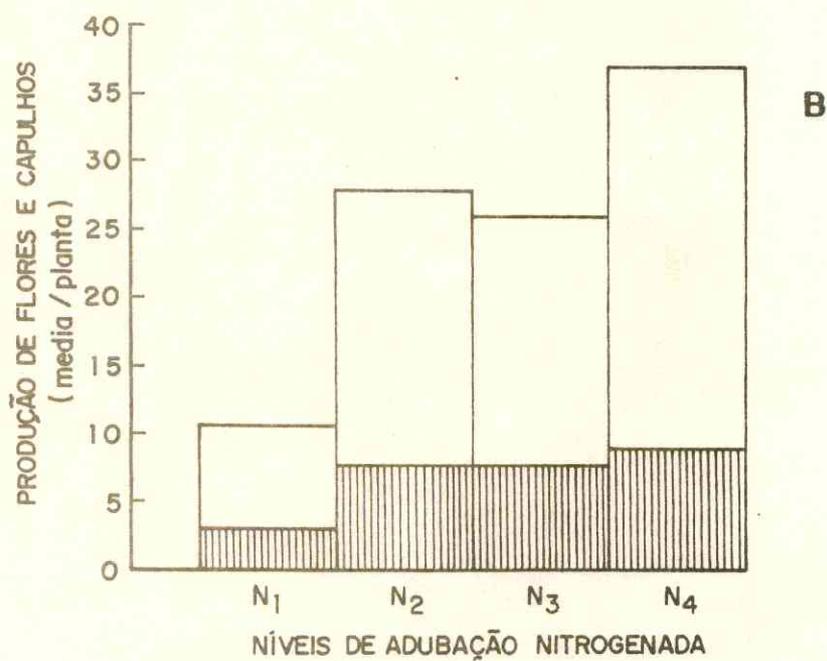
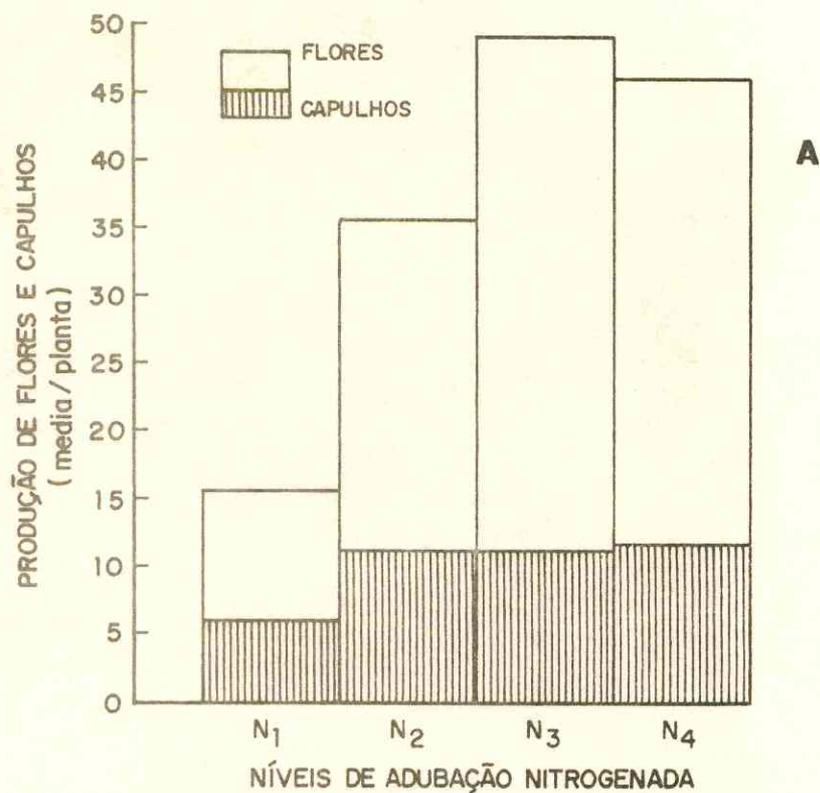


FIGURA 19 - Produção de flores e capulhos da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida aos regimes hídricos L₁ (- 0,4 atm) (A) e L₂ (- 0,8 atm) (B) e a quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

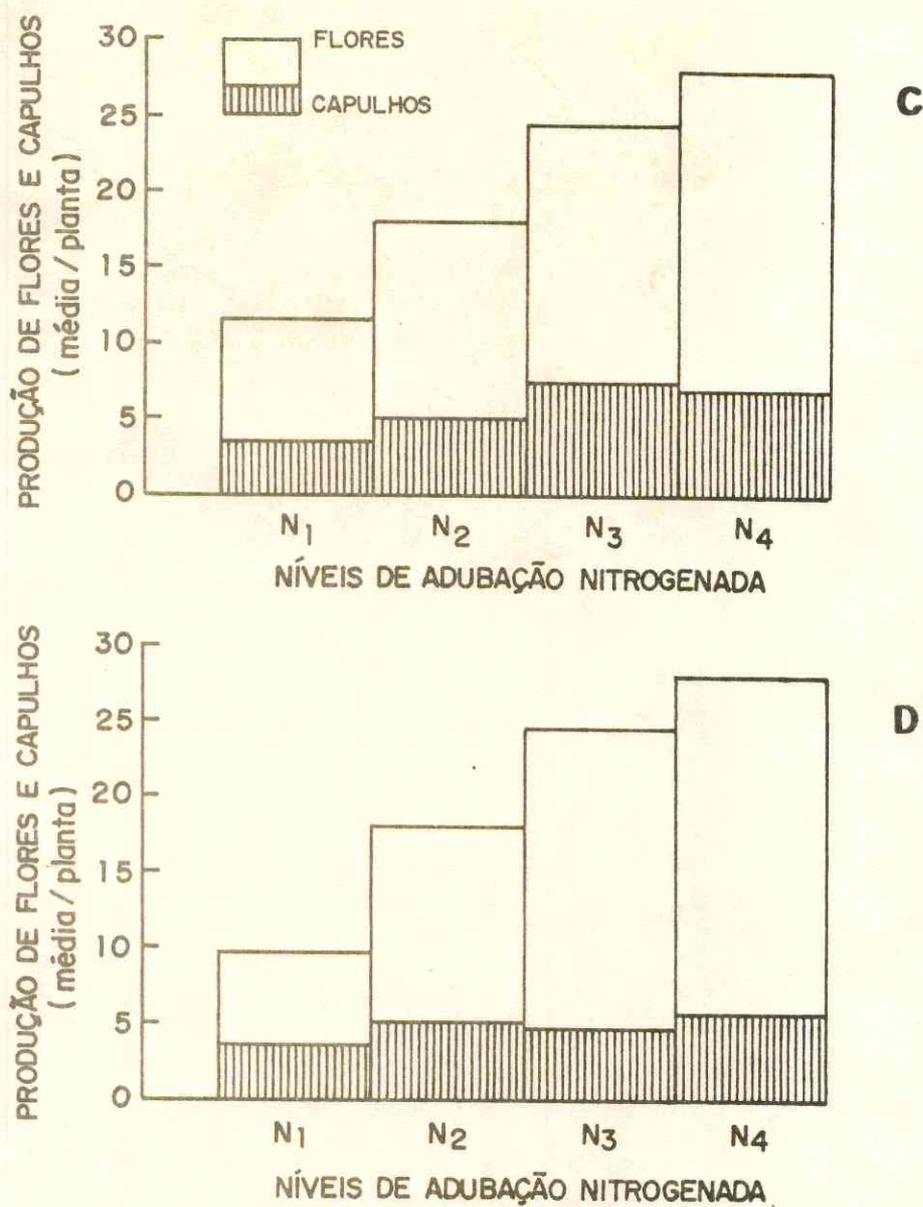


FIGURA 20 - Produção de flores e capulhos da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida aos regimes hídricos L₃ (- 3,0 atm) (C) e L₄ (- 8,0 atm) (D) e a quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

para o nível N₁ de adubação é baixa em relação aos demais níveis para todos os regimes hídricos.

TABELA 24 - Taxas de abscisão de flores e frutos (%) em plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	67,20	69,97	76,61	73,20	71,74
L ₂	66,97	71,29	71,63	74,36	71,06
L ₃	68,92	72,72	67,99	72,96	70,64
L ₄	71,28	72,94	67,20	65,22	69,15
MÉDIAS	68,59	71,73	70,85	71,43	

A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Alguns autores (STOCKTON *et alii*, 1961; HEARN, 1975a; HEARN & CONSTABLE, 1984; SILVA, 1985a) relataram aumentos da taxa de queda de maçãs devido às irrigações freqüentes e ex

cessivas e outros autores (McMICHAEL et alii, 1972, 1973; GUINN, 1982; GUINN & MAUNEY, 1984) ressaltaram a deficiência hídrica como a causa para o aumento da produção de etileno e ácido abscísico, resultando na queda de flores e frutos. A abscisão de frutos foi atribuída à deficiência de nitrogênio e indiretamente à umidade, devido esta ser o meio de transporte do nitrogênio, por BRUCE & RONKENS (1965), ao passo que HEARN (1979) afirmou que a queda de frutos é reduzida com baixas aplicações de nitrogênio. Todas estas hipóteses são aceitas e, em parte, podem explicar as taxas de abscisão de flores e frutos ocorridas neste trabalho, porém, se analisadas para a interação entre os fatores. Pode-se notar a ocorrência de duas situações: a primeira, sob a condição de alta umidade disponível, regimes hídricos L_1 e L_2 (FIGURA 19), onde se concluiu que houve resposta à irrigação, mas não houve resposta para os níveis crescentes de adubação. As taxas de abscisão de flores e frutos são justificadas pelo excesso de irrigação e deficiência de nitrogênio do controle. A segunda situação, sob a condição de estresse hídrico, regimes L_3 e L_4 , mostra que sob deficiência hídrica as doses elevadas de nitrogênio tornam-se excessivas e limitantes. No regime hídrico L_3 a adubação ótima foi o nível N_3 e para o regime L_4 o nível N_2 se destacou. A mudança na concentração dos hormônios das plantas induzida pela deficiência hídrica e um provável desbalanço nutricional são os possíveis agentes causadores da abscisão ocorrida nos regimes hídricos estressados.

4.5.3 - *Produção de capulhos*

A TABELA 25 apresenta os valores de produção de capulhos dos tratamentos. Não houve diferença significativa entre os tratamentos. Houve diferença significativa apenas para as médias dos regimes hídricos e níveis de adubação nitrogenada.

TABELA 25 - Produção de capulhos das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	6,22	11,22	11,11	11,44	9,99 A
L ₂	3,33	7,55	7,88	8,89	6,91 AB
L ₃	3,33	5,22	7,66	7,22	5,86 B
L ₄	3,55	5,11	4,55	5,77	4,75 B
MÉDIAS	4,11 b	7,27 a	7,80 a	8,33 a	

Médias seguidas da mesma letra não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5%.

O número de capulhos produzidos sofre grande influência do número de flores emitidas e da taxa de abscisão de flores e frutos, dependendo ainda, até que se complete a maturação, de outros fatores da própria planta, do meio e do manejo da cultura (BENEDICT, 1984). Como os percentuais de abscisão de flores e frutos mostraram-se semelhantes para todos os tratamentos, é natural que a produção dos capulhos a presente variações correspondentes à emissão de flores. Comparando-se a TABELA 25 com a TABELA 23 podemos constatar a afirmação.

Níveis crescentes de umidade de solo resultaram em produções crescentes e diferenciadas, enquanto que a adubação nitrogenada em seus três níveis tiveram respostas idênticas, diferindo apenas do nível N_1 e evidenciando, portanto, a necessidade de uma aplicação mínima de nitrogênio para dar suporte à maior produção de capulhos.

A importância da água pode ser notada nas FIGURAS 19 e 20 comparadas entre si. Os regimes hídricos L_1 e L_2 são superiores a L_3 e L_4 e enfatizam também a necessidade de aplicação de nitrogênio. As médias dos níveis de adubação N_2 , N_3 e N_4 não apresentaram diferenças significativas entre si, mas no regime hídrico L_3 (FIGURA 20C) os níveis de adubação N_3 e N_4 mostraram-se superiores. O nível N_1 em todos os regimes hídricos foi sempre inferior aos demais níveis de adubação nitrogenada.

A produção de capulhos, além de ser função da umidade do solo e da disponibilidade de nitrogênio no solo, pare

ce ainda variar de acordo com o manejo destes fatores. Segundo HEARN (1975b), o número e o peso de capulhos quase duplicaram em resposta a aplicações de nitrogênio e água. O nitrogênio prolonga a emissão de frutos exigindo água continuamente para total expressão, portanto, não se deve cessar a irrigação precocemente. Doses pesadas de nitrogênio decrescem as taxas iniciais de emissão de frutos. Quando comparamos o regime hídrico L₁ com L₄, concluímos que o estresse hídrico imposto à cultura do algodão reduziu em cerca de 50% o número de capulhos produzidos em todos os níveis de adubação nitrogenada, enquanto a lâmina d'água foi suprimida também em 50%. A lâmina aplicada no regime hídrico L₄ foi de 350 mm (TABELA 4) distribuída em duas irrigações, no plantio e aos 49 DAG, praticamente iguais (TABELA 5). PEREIRA et alii (1985) também observaram em seu trabalho que o número de capulhos por planta diminuiu com o aumento do período de estresse hídrico inicial. SINGH (1975) discorda destes resultados, ressaltando que o estresse hídrico na fase de pré-floração do algodão permite a produção de um maior número de capulhos.

4.6 - Produção do algodão

4.6.1 - *Peso de capulho*

Houve influência significativa dos tratamentos so -

bre o peso de capulho, conforme os dados apresentados na TA BELA 26. O maior nível de adubação nitrogenada (N_4) interagiu com os regimes intermediários L_2 e L_3 , resultando em maiores pesos de capulhos e o nível N_3 , apesar de apresentar uma leve inferioridade em relação ao nível N_4 , destacou-se também dos demais níveis (FIGURA 21). Os regimes hídricos não apresentaram diferenças significativas entre suas médias, porém, percebe-se que, devido às interações estabelecidas com os níveis N_3 e N_4 , os regimes L_2 e L_3 tiveram grande influência sobre o peso de capulhos. A adubação nitrogenada teve uma influência significativa sobre o peso dos capulhos. Níveis crescentes de adubação nitrogenada proporcionaram aumentos gradativos de peso de capulho da ordem de 10, 20 e 25% para os níveis N_2 , N_3 e N_4 , respectivamente, em relação ao nível N_1 .

Os dados de peso de capulho deste trabalho não comprovam totalmente os resultados de SCARSBROOK et alii (1959), que afirmaram que a combinação de altas taxas de nitrogênio e água aumentam o peso de capulho. Também não contesta SILVA et alii (1985c) que concluíram que o aumento do período inicial de estresse hídrico induz ganhos de peso de capulhos. O número de capulhos produzidos não influiu no peso de capulho, contrariando PEREIRA et alii (1985), segundo os quais o estresse hídrico no período inicial de desenvolvimento do algodão proporciona menor número de frutos mas com maiores pesos. De acordo com os dados obtidos, o peso de capulho varia em função da adubação nitrogenada e dos níveis de umidade do solo. Níveis crescentes de aplicação de ni -

trogênio promovem aumentos no peso do capulho e a influência da umidade fica restrita ao período e intensidade do estresse hídrico, com boas respostas para estresse moderado no período inicial de desenvolvimento e de pré-floração. Alguns autores (MARANI & AMIROV, 1971; SHIMSHI & MARANI, 1971; SOUZA, 1986) atribuíram ao estresse hídrico, na fase de floração, as reduções no peso de capulho, o que não foi verificado neste trabalho.

TABELA 26 - Peso de capulho (g) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1 submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	4,01 Aa	4,37 Aa	5,23 Aa	4,01 ABa	4,40
L ₂	3,39 Ab	4,97 Aab	4,65 Aab	5,32 Aa	4,58
L ₃	4,13 Aab	4,08 Aab	4,94 Aab	5,44 Aa	4,65
L ₄	4,22 Aa	4,00 Aa	4,07 Aa	4,81 ABa	4,27
MÉDIAS	3,94 b	4,36 ab	4,72 a	4,90 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

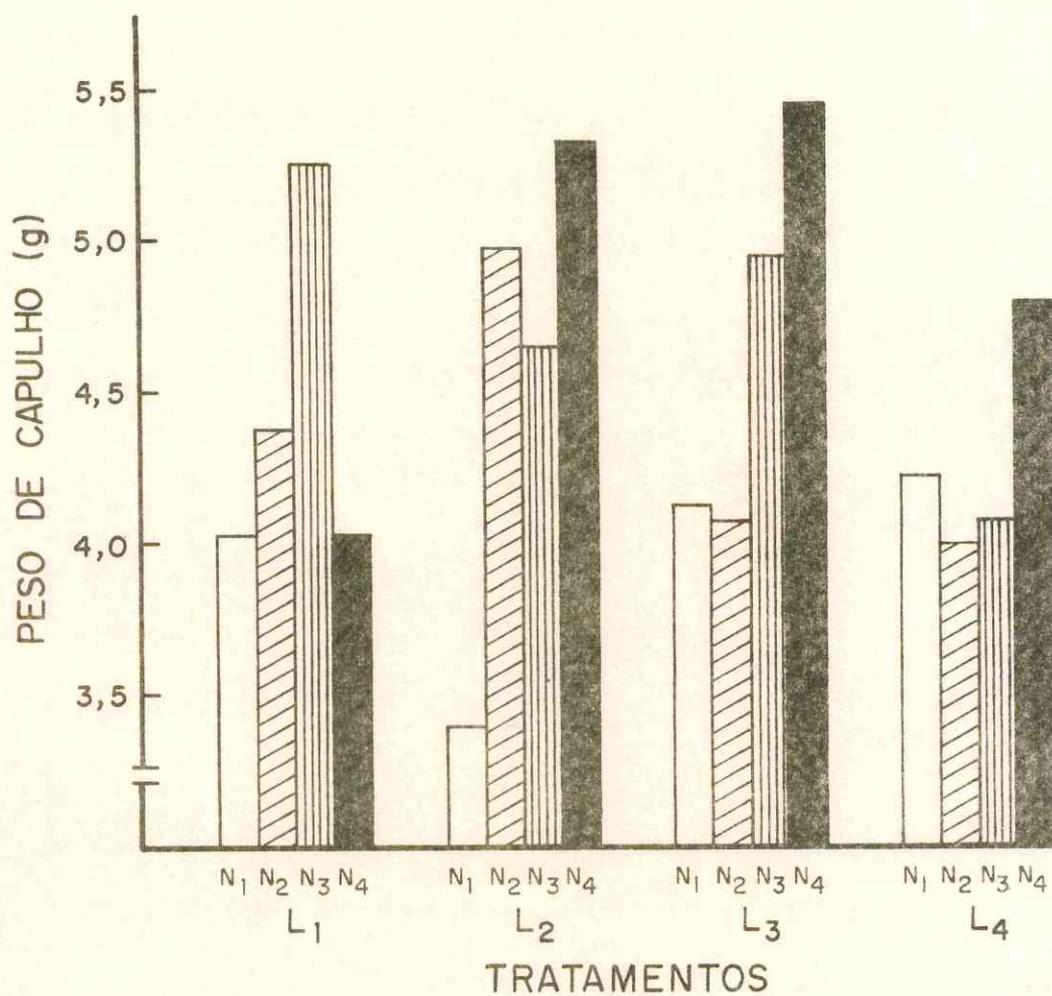


FIGURA 21 - Peso de capulho (g) da cultivar de algodão CNPA Precoce I submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

4.6.2 - *Produção de algodão em caroço por planta*

Houve diferença significativa entre os tratamentos para produção por planta de algodão em caroço, como mostram os valores na TABELA 27.

TABELA 27 - Produção de algodão em caroço por planta (g) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	17,23 Ac	41,23 Ab	54,79 Aab	60,14 Aa	43,35 A
L ₂	13,68 Ab	31,16 Aa	45,11 ABa	45,28 ABa	33,81 AB
L ₃	16,12 Ab	25,58 Aab	31,96 Bab	35,19 Ba	27,21 B
L ₄	13,58 Aa	23,93 Aa	27,17 Ba	28,15 Ba	23,33 B
MÉDIAS	15,15 c	30,48 b	39,76 a	42,22 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

Os tratamentos que foram predominantemente superiores aos demais expressaram interação entre os regimes hídricos de maior frequência de irrigação (L_1 e L_2) e os níveis mais altos de adubação nitrogenada, N_3 e N_4 . Estes resultados estão de acordo com aqueles encontrados por GRIMES et alii (1969a) e HEARN (1985b), segundo os quais a resposta aos acréscimos de água é altamente dependente de nitrogênio. Estes resultados também nos permitem concluir que os regimes hídricos estabelecidos não foram excessivos, pois vários pesquisadores (JACKSON & TILT, 1968; GRIMES et alii, 1969b; HEARN, 1975a) foram unânimes em afirmar que, sob altas taxas de nitrogênio, a umidade excessiva resultava em crescimento vegetativo excessivo em detrimento da produção.

A FIGURA 22 exibe, para cada regime hídrico, respostas crescentes aos níveis ascendentes de adubação nitrogenada, potencializadas pelo aumento da umidade. O nível de adubação N_3 obteve resultados levemente inferiores aos do nível N_4 , podendo ser considerado nível ótimo de adubação nitrogenada para produção por planta. Pode-se perceber que as diferenças entre níveis de adubação foram marcantes no regime hídrico L_1 , reduzindo-se gradativamente com o decréscimo da umidade dos regimes L_2 , L_3 e L_4 , respectivamente. A absorção do nitrogênio revelou-se, portanto, dependente de níveis de umidade adequados para sua otimização, o que é confirmado por DOSS & SCARSBROOK (1969), CONSTABLE & HEARN (1981) e HEARN (1984).

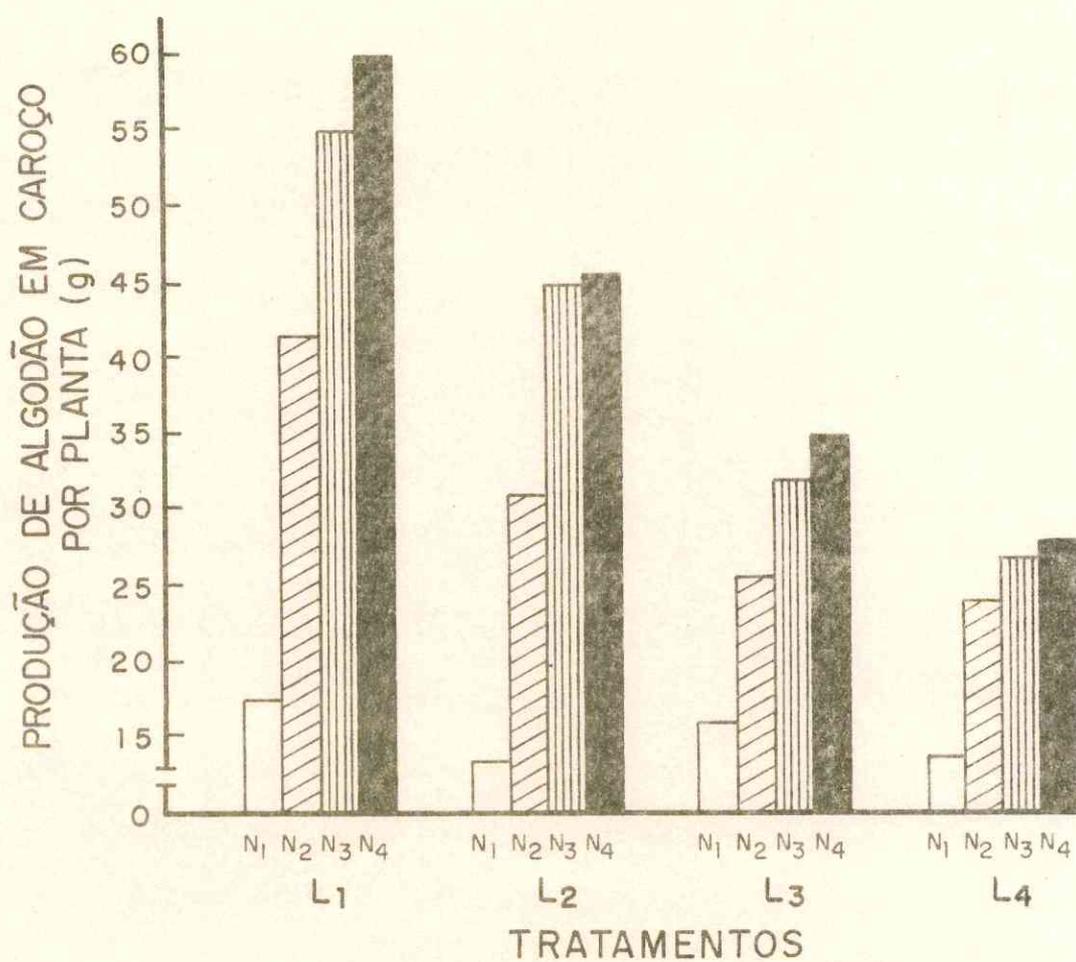


FIGURA 22 - Produção de algodão em caroço por planta (g) da cultivar algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

4.6.3 - *Produção de algodão em caroço*

Houve diferenças significativas entre os tratamentos para produção de algodão em caroço, conforme os valores constantes da TABELA 28. As médias dos fatores hídricos e níveis de adubação nitrogenada também apresentaram diferenças significativas entre si. As melhores produções foram resultado da interação entre os maiores níveis dos dois fatores. A produção máxima foi de 4.617 kg.ha⁻¹, superior em 412% a produção mínima, como pode ser visto na FIGURA 23.

No regime hídrico L₁ os aumentos na produção foram da ordem de 313, 266 e 220%, respectivamente para os níveis N₄, N₃ e N₂ de adubação nitrogenada, em relação ao nível N₁. As diferenças entre os níveis N₂ e N₃ e N₃ e N₄ para o regime L₁ foram semelhantes, com um ganho na produção de algodão em caroço de 11,7 kg por kg de nitrogênio aplicado. Para o regime L₂ os níveis de adubação N₃ e N₄ não diferiram, porém, foram superiores ao nível N₂. Nos demais regimes hídricos, L₃ e L₄, os níveis N₂, N₃ e N₄ apresentaram menores diferenças entre si para a produção. A interação entre os regimes hídricos L₁ e L₂ e os níveis de adubação N₂, N₃ e N₄ proporcionou diferenças de produção em relação aos demais tratamentos que caracterizaram o efeito da interação entre os maiores níveis dos dois fatores. As pesquisas de SCARBROOK *et alii* (1959) e HEARN (1979) também relataram o efeito da interação entre estes fatores para produção de algodão, com níveis crescentes de irrigação induzindo à absor-

ção de maiores quantidades de nitrogênio aplicado e atingindo as maiores produções. GRIMES *et alii* (1969) por outro lado concluíram que doses excessivas de irrigação e adubação nitrogenada podem reduzir a produção. Esta conclusão não diverge dos resultados obtidos por este trabalho e, sim, adiciona a informação de que os níveis e regimes praticados não são excessivos.

TABELA 28 - Produção de algodão em caroço ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) das plantas da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetidas a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

REGIMES HÍDRICOS	ADUBAÇÃO NITROGENADA				MÉDIAS
	N ₁	N ₂	N ₃	N ₄	
L ₁	1.473,75 Ac	3.236,78 Ab	3.925,33 Aab	4.617,34 Aa	3.313,30 A
L ₂	1.120,92 Ab	2.510,27 Aa	3.634,47 ABa	3.742,39 ABa	2.752,01 AB
L ₃	1.391,93 Ab	2.374,88 Aab	2.862,82 ABa	2.955,29 Ba	2.396,23 AB
L ₄	1.280,78 Aa	2.031,07 Aa	2.482,06 Ba	2.592,09 Ba	2.096,50 B
MÉDIAS	1.316,84 c	2.538,25 b	3.226,17 a	3.476,78 a	

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna, ou pela mesma letra minúscula, em cada linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

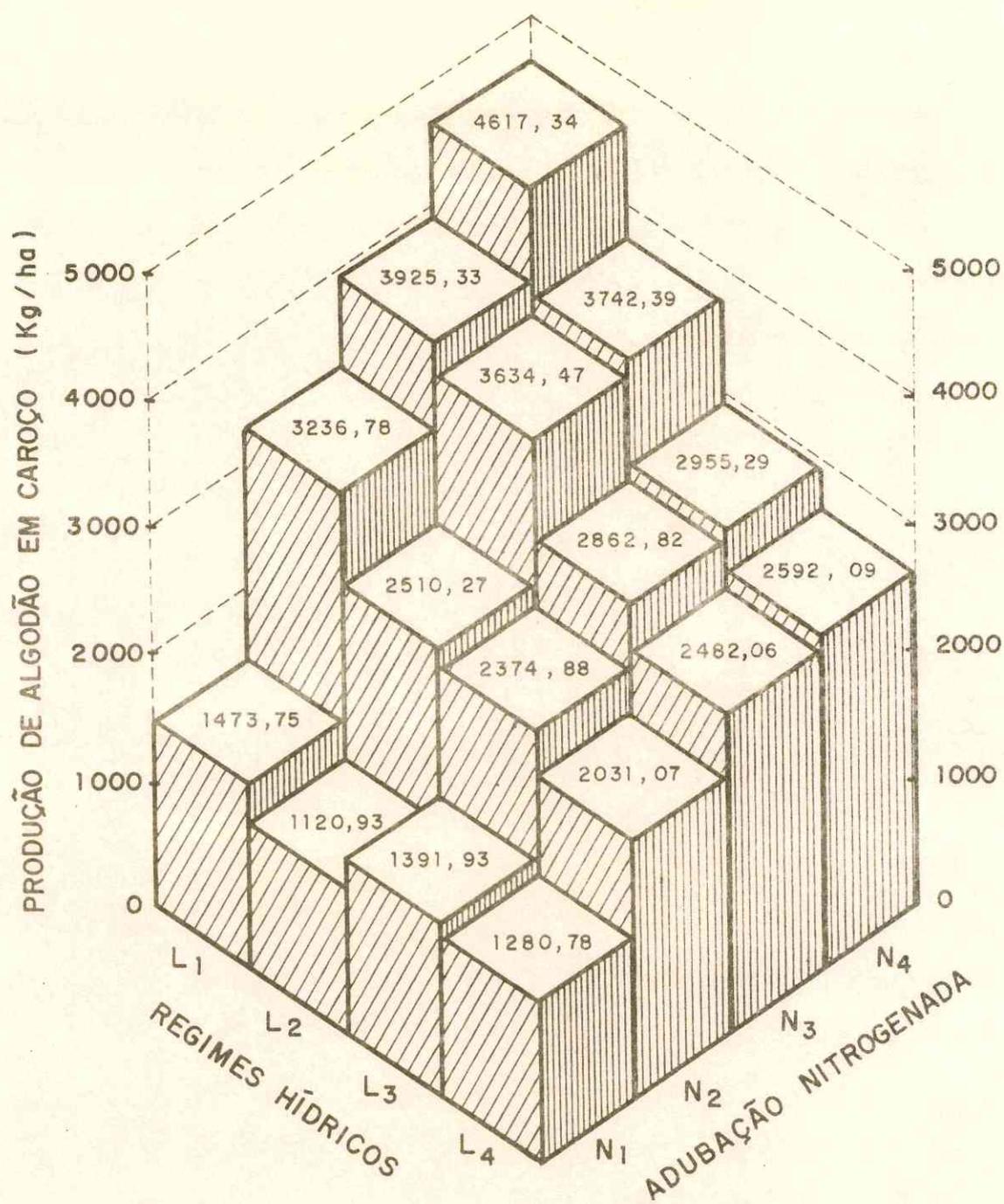


FIGURA 23 - Produção de algodão em caroço (kg. ha^{-1}) da cultivar de algodão CNPA Precoce 1, submetida a quatro regimes hídricos e quatro níveis de adubação nitrogenada. Pentecoste, Ceará, Brasil, 1990.

Os regimes hídricos L_3 e L_4 , caracterizados por deficiência hídrica, comprovaram o efeito prejudicial do estresse hídrico na produção de algodão nas circunstâncias em que foi realizado. Estes regimes, L_3 e L_4 , com redução na lâmina de água aplicada da ordem de 41 a 50% em relação ao regime L_1 , registraram decréscimos nas médias da produção de algodão de cerca de 28 e 37%, respectivamente. A queda na produção de algodão do regime L_3 em relação aos regimes L_1 e L_2 foi amenizada nos níveis de adubação N_2 e N_3 , que mantiveram diferenças não significativas entre estes tratamentos.

As reduções de produção causadas pelo regime hídrico L_4 não foram tão acentuadas quanto as proporcionadas pelo nível de adubação nitrogenada N_1 . A deficiência de nitrogênio do nível N_1 se mostrou altamente limitante para a produção de algodão quando comparada à deficiência hídrica do regime L_4 . O fato confirma a dependência do algodão a um nível mínimo de nitrogênio para obtenção de incrementos na produção. No maior nível de adubação (N_4), as reduções na produção para as variações dos regimes L_2 , L_3 e L_4 em relação ao regime L_1 foram cerca de 19; 36 e 44%, respectivamente. O nível N_4 proporcionou acréscimos consideráveis na produção apenas para o regime hídrico L_1 evidenciando a dependência da resposta dos níveis elevados de nitrogênio a umidade elevada do solo.

A redução no crescimento da área foliar é uma das prováveis causas da redução da produção, em decorrência do

estabelecimento de baixos potenciais hídricos da planta (críticos), fechamento ou redução da abertura dos estômatos, redução da transpiração e fixação de carbono, o que é confirmado por CUTLER & RAINS (1977) e RADIN & PARKER (1979a; 1979b; 1982). A absorção ineficiente do nitrogênio aplicado em virtude da deficiência hídrica também é considerado causa da redução da produção.

A amplitude dos resultados dos tratamentos com uma diferença máxima de 412% na produção, indica a importância da otimização dos fatores estudados em prol de produtividades satisfatórias.

5 - CONCLUSÕES

- a) Os valores de potencial hídrico foliar do algodão foram influenciados pelos regimes hídricos e níveis de adubação nitrogenada. Aos 28 dias após a germinação (DAG), na fase vegetativa e aos 63 DAG, na fase de frutificação, ocorreram os menores valores de potencial hídrico e na fase de floração (50 - 56 DAG) os maiores valores. Na fase inicial de crescimento do algodão apenas os regimes hídricos mostraram influência significativa sobre o potencial hídrico. Na fase de frutificação houve uma queda acentuada dos valores de potencial hídrico para todos os regimes de irrigação, com maiores reduções nos níveis mais elevados de nitrogênio.
- b) O crescimento da área foliar do algodão foi influenciado pelos regimes hídricos e níveis de adubação nitrogenada. Incrementos de ambos os fatores induziram aumento da área foliar. Foram caracterizadas três fases de crescimento da área foliar, destacando-se uma fase de crescimento acentuado (40 a 61 DAG). O regime L₄ e o nível de adubação N₁ limitaram o crescimento da área foliar.
- c) Potenciais hídricos e índices de área foliar considerados críticos, inibidores do crescimento da área foliar e limitantes da produção: Fase de crescimento (até 35 DAG)

- potencial hídrico menor que $-1,8$ MPa e IAF menor que $0,4$; fase de frutificação (55 a 75 DAG) - potencial hídrico menor que $-2,2$ MPa e IAF menor que $2,0$.
- d) Houve diferenças significativas apenas entre as médias dos fatores regimes hídricos e níveis de adubação nitrogenada para peso seco da parte aérea. O estresse hídrico (L_3 e L_4) reduziu os valores do peso seco.
- e) As taxas de crescimento relativo e assimilação líquida mostraram o efeito da irrigação na recuperação do algodão após um período de deficiência hídrica pronunciada (regime L_4).
- f) A produção de flores e de capulhos mostrou elevado grau de dependência do conteúdo de água do solo e níveis mínimos de nitrogênio no solo. Estes fatores não alteraram a eficiência reprodutiva do algodão. Os percentuais de abscisão de flores e frutos foram semelhantes para todos os tratamentos.
- g) Os valores de peso de capulho mostraram influência significativa dos tratamentos. Os maiores pesos de capulho foram obtidos nas interações entre os níveis N_3 e N_4 e os regimes L_2 e L_3 .
- h) Houve diferenças significativas entre os tratamentos para produção de algodão em caroço por planta e por área. A interação entre o regime mais irrigado e o maior nível de adubação nitrogenada resultou em uma produção máxima

de 4.617 kg.ha^{-1} , com superioridade de 412% sobre o tratamento de menor produção. Concluiu-se que os incrementos hídricos induziram maiores produções para incrementos de adubação nitrogenada. No regime com maior disponibilidade hídrica (L_1), os acréscimos de nitrogênio induziram aumentos progressivos nos níveis de produção, porém, para os demais regimes os acréscimos consideráveis de produção só ocorreram até o nível de adubação nitrogenada N_3 .

6 - LITERATURA CITADA

AMIR, J. & BIELORAI, H. The influence of various soil moisture regimes on the yield and quality of cotton in on arid zone. *J. Agric. Sci.*, 73:425-9, 1969.

AQUINO, A.R.L. Níveis e modos de aplicação de uréia N¹⁵ no arroz submetido a veranicos. Piracicaba, ESALQ, 1985. (Tese DS).

ARAGÃO JÚNIOR, T.C. & MAGALHÃES, C.A. de. Efeito do deficit hídrico em algodão herbáceo. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 5, Campina Grande; 1988. Resumos... Campina Grande, EMBRAPA, 1988. p.132.

_____ ; _____ & SANTOS, C.S.V. dos. Estudo de lâminas de irrigação na cultura do algodão herbáceo. Fortaleza, EPACE, 1989. 15p. (EPACE, Boletim de Pesquisa, 14).

ARMSTRONG, G.M. & ALBERT, W.B. A study of the cotton plant with special reference to its nitrogen content. *J. Agric. Res.*, 42:689-702, 1951.

ASHLEY, G.M. & ALBERT, W.B. A method of determining leaf area in cotton. *Agron. J.*, 55:584-5, 1963.

_____ & _____. Relation of cotton leaf area index to plant growth and fruiting. *Agron. J.*, 57:61-4, 1965.

- BARROS, A.C.Q.T. de. **Variações nos teores de carboidratos e resistência do algodoeiro à seca.** Areia, UFPB, 1983. 87p. (Tese M.S.).
- BASSET, D.M.; ANDERSON, W.D. & WERKHOVEN, C.H.E. Dry matter production and nutrient uptake in irrigated cotton. **Agron. J.**, 62:299-303, 1970.
- BELTRÃO, N.E. de M.; CRISÓSTOMO, J.R.; NÓBREGA, L.B.; SANTOS, E.O.; AZEVEDO, D.M.P. de; VIEIRA, D.J.; GUIMARÃES, P.M. & SILVA, M.J. **O algodão e tecnologias disponíveis no Nordeste Brasileiro.** Fortaleza, Banco do Nordeste do Brasil, 1986. 166p.
- BENEDICT, C.R. Physiology. Chapter 6. In: **COTTON**; R.V. KOHEL & LEWIS, C.F. **American Society of Agronomy.** Inc. Crop Science of America, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin, USA. 1984.
- BLACK, C.S. Methods of soil analysis. Part 2. **Amer. Soc. Agron.**, 1149-78, (ed) 1965.
- BOYER, J.S. Effects of osmotic water stress on metabolic rates of cotton plants with open stomata. **Plant Physiol.** 40(2):229-34, 1965.
- _____. Leaf water potentials measured with a pressure chamber. **Plant. Physiol.**, 42:133-7, 1967.
- BRUCE, R.R. & RONKENS, M.J.M. Fruiting and growth characteristics of cotton in relation to soil moisture tension. **Agron. J.**, 57:135-40, 1965.

- BRUCE, R.R. & SHIP, C.D. cotton fruiting as affected by soil moisture regime. *Agron. J.*, 54:15-8, 1962.
- BURNETT, E. & FISHER, C.E. Correlation of soil moisture and cotton yields. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 18:127-9, 1954.
- CARMI, A. & SHALHEVET, J. Root effects on cotton growth and yield. *Crop Sci.*, 23(5):875-8, 1983.
- CARVALHO, O.S.; SILVA, M.J.; BEZERRA, J.E.S.; CAVALCANTI, F. B. & SILVA, O.R.R.F. da. Efeito da adubação nitrogenada na cultura do algodoeiro herbáceo em condições irrigadas. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 2p. (Comunicado Técnico, 23), 1982.
- CHAPMAN, H.D. & PRATT, P.F. **Methods of analysis for soils, plants and waters.** University of California, Division of Agricultural Science. p.161-74, 1961.
- CONSTABLE, G.A. & HEARN, A.B. Irrigation for crops in a sub-humid environment. VI Effect of irrigation and nitrogen fertilizer on growth, yield and quality for cotton. *Irrig. Sci.*, 3:17-28, 1981.
- COSTA, A.M. da. Efeito da época de plantio e diferentes níveis de irrigação na produtividade de duas cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). UFC/CCA. Fortaleza. 1989. 85p. (Tese M.S.).
- CROWTHER, F. Studies in growth analysis of the cotton plant under irrigation in the Sudan. I. The effect of different combinations of nitrogen application and water supply. *Annals of Botany*, 48:877-913, 1934.

CUTLER, J.M. & RAINS, D.W. Effect of irrigation history on responses of cotton to subsequent water stress. *Crop Sci.*, 17(2):329-35, 1977.

DAKER, A. **A água na agricultura: irrigação e drenagem.** Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1973. v.3, 543p.

DAVIES, W.J. Stomatal responses to water stress and light in plants grown in controlled environments and in the field. *Crop Sci.*, 17:735-40, 1977.

DOSS, B.D. & SCARSBROOK, C.E. Effect of irrigation on recovery of applied nitrogen by cotton. *Agron. J.*, 61:37-40, 1969.

FERREIRA, L.G.R.; SOUZA, J.G. & PRISCO, J.T. Effects of water deficit on proline accumulation and growth of two cotton genotypes of different drought resistences. *Z. Pflanzenphysiol.*, 93:189-99, 1979.

GRIMES, D.; DICKENS, W.L.; ANDERSON, W.A. & YAMADA, H. Irrigation and nitrogen for cotton... a yield surface and optimum combinations on a Panoche loam soil. *California Agric.*, 21:12-4, 1967.

_____ ; _____ & _____. Functions for cotton production from irrigation and nitrogen fertilization variables. II. Yield components and quality characteristics. *Agron. J.*, 61:773-6, 1969a.

_____ ; YAMADA, H. & DICKENS, W.L. Function for cotton production from irrigation and nitrogen fertilization variables. I. Yield and evapotranspiration. *Agron. J.*, 61:769-73, 1969b.

- GRIMES, D. & YAMADA, H. Relation of cotton growth and yield to minimum leaf water potential. *Crop Sci.*, 22(1):134-9, 1982.
- GUINN, G. Fruit age and changes in abscisic acid content, ethylene production, and abscission rate of cotton fruit. *Plant Physiol.*, 69:349-52, 1982.
- _____ & MAUNEY, J.R. Fruiting of cotton. I. Effects of moisture status on flowering. *Agron. J.*, 76:90-4, 1984a.
- _____ & _____. Fruiting of cotton. II. Effects of plant moisture status and active boll load on boll retention. *Agron. J.*, 76:94-8, 1984b.
- _____ ; _____ & FRY, K.E. Irrigation scheduling and plant population effects on growth, bloom rates, boll abscission, and yield of cotton. *Agron. J.*, 73:529-34, 1981.
- HALEVY, J. Growth rate and nutrient uptake of two cotton cultivars grown under irrigation. *Agron. J.*, 68(5):701-5, 1976.
- _____ ; MARANI, A. & MARKOVITZ, T. Growth and NPK uptake of highyielding cotton grown at different nitrogen levels in a permanent-plot experiment. *Plant and Soil*, 103:39-44, 1987.
- HAMILTON, J.; STANBERRY, C.O. & WOOTON, W.M. Cotton growth and production as affected by moisture, nitrogen, and plant spacing on the Yuma Mesa. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 20:246-52, 1956.

HEARN, A.B. Response of cotton to water and nitrogen in a tropical environment. I. Frequency of watering and method of application of nitrogen. *J. Agric. Sci.*, 84:407-17, 1975a.

_____. Response of cotton to water and nitrogen in a tropical environment. II. Date of last watering and rate of application of nitrogen fertilizer. *J. Agric. Sci.*, 84:417-30, 1975b.

_____. Water relationships in cotton. *Outlook on Agriculture*, 10:159-66, 1979.

_____ & CONSTABLE, G. Irrigation for crops in a sub-humid environment. VII. Evaluation of irrigation strategies for cotton. *Irrig. Sci.*, 5:75-94, 1984.

HSIAO, T.C. Plant responses to water stress. *Ann. Rev. Plant Physiol.*, 24:519-70, 1973.

_____ & ACEVEDO, E. Plant responses to water-use efficiency and drought resistance. *Agricultural Meteorology*, 14(1/2):59-84, 1974.

HUTCHINSON, J.; MANNING, H.L. & FARBROTHER, H.G. Crop water requirements of cotton. *J. Agric. Sci.*, 51(2):177-88, 1958.

JACKSON, E.B. & TILT, P.A. Effects of irrigation intensity and nitrogen level on the performance of eight varieties of upland cotton. *Agron. J.*, 60(1):13-7, 1968.

- JORDAN, W.R. Growth of cotton seedlings in relation to maximum daily plant-water potential. *Agron. J.*, **62**:699-702, 1970.
- _____ & RITCHIE, J.T. Influence of soil water stress on evaporation, root absorption and internal water status of cotton. *Plant Physiol.*, **48**:783-8, 1971.
- KAKIDA, J. & LACA-BUENDIA, J.P. Adubação nitrogenada no algodoeiro herbáceo sob regime de irrigação. **PROJETO ALGODÃO**. Relatório 78/79. EPAMIG, p.61-3, 1981.
- _____ & MARINATO, R. Estudo do período crítico para irrigação do algodoeiro no Norte de Minas. In: **REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO**, 2, Salvador, 1982. **Resumos...** Salvador, EMBRAPA, 1982. p.129.
- KLEPPER, B.; TAYLOR, H.M.; HUCK, M.G. & FISCUS, E.L. Water relation and growth of cotton in drying soil. *Agron. J.*, **65**:307-10, 1973.
- KLAR, A.E. **A água no sistema solo-planta-atmosfera**. São Paulo, Ed. Nobel, 1984. 408p.
- KRAMER, P.J. **Water relations in plants**. Academic Press, New York. 1983.
- KOZLOWSKI, T.T. **Water deficits and plant growth**. New York, Academic Press, 1983. 489p.
- LEE, J.A. Cotton as a world crop. Chapter 1. In: **COTTON**. R.V. KOHEL & C.F. LEWIS. American Society of Agronomy. Inc. Crop Science of America, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin, USA, 1984.

- LOTT, W.L.; NERY, J.P.; GELO, J.R. & MEDCALF, J.C. Leaf analysis technique in coffee research. IBEC RESEARCH INSTITUTE. Bull. 9, 1956.
- MACKENZIE, A.J. & VAN SCHAIK, P.H. Effect of nitrogen on yield, boll, and fiber properties of four varieties of irrigated cotton. *Agron. J.*, 55(4):345-7, 1963.
- MALAVOLTA, E. *Elementos de nutrição mineral de plantas*. São Paulo, Ceres, 1980. 251p.
- _____ & HAAG, H.P. Recent advances in the study of the mineral nutrition of cotton in Brazil. *Anais da ESALQ*, 25:219-30, 1968.
- MARANI, A. & AHARONOV, B. Rate of nitrogen adsorption and dry matter production by upland cotton grown under irrigation. *Israel J. Agric. Res.*, 14:3-9, 1964.
- _____ & AMIROV, A. Effects of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. I. The coastal plain region. *Exp. Agric.*, 7:213-44, 1971.
- _____ & FUCHS, Y. Effect of the amount of water applied as a single irrigation on cotton grown under dryland conditions. *Agron. J.*, 56(3):281-2, 1964.
- _____ & HORWITZ, M. Growth and yield of cotton as affected by the time of a single irrigation. *Agron. J.*, 55: 219-22, 1963.
- _____ & LEVI, D. Effect of soil moisture during early stages of development on growth and yield of cotton plants. *Agron. J.*, 65:637-40, 1973.

MARINATO, R. Determinação da evapotranspiração da cultura do algodão no Norte de Minas. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO; 2, SALVADOR, 1982. **Resumos...** Salvador, EMBRAPA, 1982. p.125.

_____ & KAKIDA, J. Determinação do consumo de água em algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 2, SALVADOR, 1982. **Resumos...** Salvador, EMBRAPA, 1982. p.123.

_____ & LIMA, C.A. de S. Irrigação do algodoeiro. In - **forme Agropecuário**, 8(92):75-81, 1982.

McMICHAEL, B.L. & ELMORE, C.D. Proline accumulation in water stressed cotton leaves. **Agron. J.**, 17:905-8, 1977.

_____ ; JORDAN, W.R. & POWELL, R.D. An effect of water stress on ethylene production by intact cotton petioles. **Plant Physiol.**, 49:658-60, 1972.

_____ ; _____ & _____. Abascission processes in cotton: Induction by plant water deficit. **Agron. J.**, 65: 202-4, 1973.

MELO, A.T. de. Avaliação do comportamento de duas cultivares de caupi [*Vigna unguiculata* (L.) Walp.] BR-1 e EPACE-1 submetidas ao estresse hídrico e reidratação. Fortaleza, UFC, 1989. 98p. (Tese M.S.).

MEYER, W.S.; REICOSKY, D.C.; BARRS, H.D. & SMITH, R.C.G. Physiological responses of cotton to a single water-logging at high and low N-levels. **Plant and Soil**, 102:161-70, 1987.

- MILLAR, S.A. Drenagem de terras agrícolas. Mc Graw-Hill do Brasil, 276p. São Paulo. 1978.
- MILLER, R.J. & GRIMES, D.W. Effects of moisture stress on cotton yields. *California Agriculture*, 21(8):18-9, 1967.
- NEVES, O.S.; CAVALIERI, P.A.; VERDADE, F.C.; JUNQUEIRA, A. A. & GRIDIPAPP, I.L. In: **Cultura e adubação do algodão**. Ed. Instituto Brasileiro de Potassa, São Paulo, Brasil, 1965. 567p.
- OLIVEIRA, F.A. & SILVA, J.J.S. Efeito da última irrigação e número de colheitas sobre a cultura do algodão. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 3, RECIFE, 1984. **Resumos...** Recife, EMBRAPA, 1984. p.180.
- _____ ; _____ ; CAMPOS, T.G. da S. & SOUZA, J.G. Uso consuntivo e desenvolvimento radicular do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.). In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 5, CAMPINA GRANDE, 1988. **Resumos...** Campina Grande, EMBRAPA, 1988. p.127.
- OLSEN, S.R. Micronutrients interactions. In: MORTVEDT, J. J.; GIORDANO, P.M. & LINDSAY, W.L. **Micronutrients in agriculture**. Madison, Soil Science Society of America, 1972.
- PASSOS, S.M. **Algodão**. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola, Campinas, 1977. 424p.
- PEREIRA, O.J.; SILVA, F.P. da & ANDRADE, E.M. Estudo do comportamento da cultivar BR-1 do algodão herbáceo submetido a estresse hídrico inicial. *Ciência Agronômica*, 17 (1):29-33, 1985.

- PERKINS, H.F. & DOUGLAS, A.G. Effects of nitrogen on the yield and certain properties of cotton. **Agron. J.**, 57: 383-4, 1965.
- PONTE, J.J. Influência do ácido sulfúrico concentrado (densidade 1,84) sobre a germinação das sementes do algodão mocó (*Gossypium hirsutum marie-galante* Huntch.). **Bol. Soc. Cear. Agron.**, 1:67-72, 1980.
- PRISCO, J.T. Alguns aspectos da fisiologia do "stress" salino. **Revta. Brasil. Bot.**, 3:85-94, 1980.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae-their use and abuse. **Crop Science**, 7(3):171-5, 1967.
- RADIN, J.W. & ACKERSON, R.C. Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency. III. Stomatal conductance, photosynthesis and abscisic acid accumulation during drought. **Plant Physiol.**, 67:115-9, 1981.
- _____ & PARKER, L.L. Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency. I. Dependence upon leaf structure. **Plant Physiol.**, 64:495-8, 1979a.
- _____ & _____. Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency. II. Environmental interactions on stomata. **Plant Physiol.**, 64:499-501, 1979b.
- _____ ; _____ & GUINN, G. Water relations of cotton plants under nitrogen deficiency. V. environmental control of abscisic acid accumulation and stomatal sensitivity to abscisic acid. **Plant Physiol.**, 70:1066-70, 1982.

RADIN, J.W.; MAUNEY, J.R. & GUINN, G. Effects of N fertility on plant water relations and stomatal responses to water stress in irrigated cotton. *Crop Sci.*, 25(1):110-5, 1985.

REMA, A.B. & MASCIOTTI, G.Z. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo do nitrogênio e o crescimento de quatro cultivares de feijão. *Revista Ceres*, 23(128):288-301, 1976.

SARRUGE, J.R.; GOMES, L.; HAAG, H.P. & MALAVOLTA, E. Estudo sobre a alimentação mineral do algodoeiro. I. Macha de absorção dos macronutrientes. *Anais da ESALQ, Piracicaba*, 20:13-23, 1963.

SCARSBROOK, C.E.; BENNETT, O.L. & PEARSON, R.W. The interaction of nitrogen and moisture on cotton yields and other characteristics. *Agron. J.*, 51(12):718-21, 1959.

SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A. & BRADSTREI, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potencial in leaves of mangrove and some other plants. *Proc. Nat. Acad. Sci., USA*, 52:119-25, 1964.

_____; _____; _____ & _____. Sap pressure in vascular plants. *Science*, 148:339-46, 1965.

SHINSHI; D. & MARANI, A. Effect of soil moisture stress on two varieties of upland cotton in Israel. II. The northern Negev region. *Exp. Agric.*, 7:225-39, 1971.

SILVA, M.J. da; BELTRÃO; N.E. de M. & SANTOS, E.O. Perspec
tivas de irrigação na cultura algodoeira do Nordeste Bra
sileiro. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 1988. 28p. (Dou
mentos, 35).

_____ ; HOLANDA, A.F. de; JESUS, F.M.M. de; CARVALHO, O.
S.; PIMENTEL, C.R.M. & GUIMARÃES, P.M. Recomendações pa
ra a cultura do algodoeiro herbáceo irrigado no Nordeste
Brasileiro. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 1984. 15p.
(Circular Técnica, 10).

_____ ; _____ ; SAUNDERS, L.C.U. & CAVALCANTI, F.B. Es
tudo do período crítico do algodoeiro à deficiência hí-
drica. Relatório Anual do CNPA 1983/1984. Campina Grande,
EMBRAPA-CNPA, 1985a. p.191.

_____ ; _____ ; _____ & _____. Efeito de níveis
de umidade e densidade de plantio sobre a produtividade
de algumas cultivares de algodoeiro. Relatório Anual do
CNPA 1983/1984. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 1985b. p.
193.

_____ ; _____ ; _____ & _____. Fatores que afe -
tam a produtividade do algodoeiro sob regime de irriga-
ção por sulcos. **Ciência Agronômica**, 16(1):1-8, 1985c.

_____ ; _____ & MATIAS FILHO, J. Necessidade de água
de irrigação no cultivo do algodoeiro no Nordeste brasi-
leiro. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 5, CAMPINA GRANDE,
1988. Resumos... Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 1988.
p.129.

- SILVA, R.M. da. Estudo da irrigação do algodão submetido a diferentes esforços de umidade de solo. 2º DR. DNOCS, 1979. 15p.
- SINGH, S.P. Studies on the effects on soil moisture stress on the yield of cotton. *Indian Journal of Plant Physiology*, 18(1):49-55, 1975.
- SLATYER, R.O. *Plant-water relationships*. New York, Academic Press, 1967. 366p.
- SOUZA, F.A. de. Efeito do estresse hídrico e da época de plantio na produtividade de três cultivares de algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.) sob regime de irrigação no Vale do Curu. UFC/CCA. Fortaleza, 1986. 90p. (Tese M.S.).
- SOUZA, J.G.; BARROS, A.C.Q.T. & GILES, J.A. Reservas de hidratos de carbono e resistência do algodoeiro à seca. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, 18(3):269-73, 1983.
- _____; NETO, M.B.; SILVA, J.B.V. & GILES, J.A. *Estudos de parâmetros fisiológicos para a resistência do algodoeiro à seca*. Campina Grande, EMBRAPA-CNPA, 1982. 19p. (Documentos, 16).
- STOCKTON, J.R.; DONEEN, L.D. & WALHOOD, V.T. Boll shedding and growth of the cotton plant in relation to irrigation frequency. *Agron. J.*, 53:272-5, 1961.
- TESHA, A.J. & KUMAR, D. Nitrogen as a factor in increasing resistance to drought. In: ANNUAL REPORT COFFEE RESEARCH FOUNDATION, 1974/1975, 1975.

- TESHA, A.J. & KUMAR, D. Effect of fertilizer nitrogen on drought resistance in *Coffea arabica* (L.). **J. Agric. Sci.**, **90**:625-31, 1978.
- THOMAS, J.C.; BROWN, K.W. & JORDAN, W.R. Stomatal response to leaf water potential as affected by preconditioning water stress in the field. **Agron. J.**, **68**(5):706-8, 1976.
- THOMSON, N.J. The effects of nitrogen fertilization on irrigated cotton at the KIMBERLEY RESEARCH STATION. **Australian Journal of Experimental Agriculture and Animal Husbandry**, **5**:218-26, 1965.
- VASSILIEV, I.M. On the physiological characteristics of cotton irrigation. **Empire Cotton Growing Review**, **13**(1): 362, 1936.
- VIETS Jr., F.G. Water deficits and nutrient availability. In: KOZLOWSKI, T.T. Ed. **Water Deficits and Plant Growth**. New York, Academic Press, 1972. v.3, p.217-39.
- VON PINHO, R.G.; RESENDE, E.V.; FRAGA, A.C. & VALE, F.P. Estudo sobre o parcelamento da adubação da cultura do algodoeiro herbáceo. In: REUNIÃO NACIONAL DO ALGODÃO, 5, CAMPINA GRANDE, 1988. **Resumos...**, Campina Grande, EMBRAPA, 1988. p.91.
- WADDLE, B.A. Crop growing practices. Chapter 8. In: **COTTON**. R.V. KOHEL & C.F. LEWIS. American Society of Agronomy. Inc. Crop Science of America, Inc. Publishers. Madison, Wisconsin, USA. 1984.

- WADLEIGH, C.H. Growth status of the cotton plant as influenced by the supply of nitrogen. *Ark. Agr. Exp. Sta. Bul.*, n9446, 1944.
- WARING, R.H. & CLEARY, B.D. Plant moisture stress: evaluation by pressure bomb. *Science*, 155:1248-54, 1967.
- WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. *Ann. Bot.*, 22:37-54, 1958.
- WETHERLEY, P.E. Studies in the water relations of cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. *New Phytol.*, 49:81-97, 1950.
- WENDT, C.W. Use of a relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton (*Gossypium hirsutum* L.), castors (*Ricinus communis* L.), and sorghum (*Sorghum vulgare* L.). *Agron. J.*, 59:484-6, 1967.
- WENKERT, W.; LEMON, E.R. & SINCLAIR, T.R. Changes in water potential during pressure bomb measurement. *Agron. J.*, 70:353-5, 1978.