

UNIVERSIDADE FEDERAL DA PARAÍBA
PRÓ-REITORIA PARA ASSUNTOS DO INTERIOR
CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA

EFEITO DO ENCHARCAMENTO DO SOLO NO CRESCIMENTO,
DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO

OTÁVIO ALVARES DE ALMEIDA

Campina Grande, Paraíba
dezembro de 1987

OTÁVIO ALVARES DE ALMEIDA

EFEITO DO ENCHARCAMENTO DO SOLO NO CRESCIMENTO,
DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO

Dissertação submetida ao Corpo Docente da Coordenação dos Programas de Pós-Graduação e Pesquisa do Centro de Ciências e Tecnologia da Universidade Federal da Paraíba-UFPB, como parte dos requisitos necessários para a obtenção do grau de Mestre em Ciências (M.Sc.)

ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: RECURSOS HÍDRICOS
(ENGENHARIA DE IRRIGAÇÃO)

HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA
ORIENTADOR

NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO
ORIENTADOR

Campina Grande, Paraíba
dezembro de 1987

EFEITO DO ENCHARCAMENTO DO SOLO NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO

OTÁVIO ALVARES DE ALMEIDA

DISSERTAÇÃO APROVADA EM 11.12.87



HUGO ORLANDO CARVALLO GUERRA - Ph. D
Orientador



NAPOLEÃO ESBERARD DE MACÊDO BELTRÃO - Doutor
Orientador



HANS RAJ GHEYI - Doutor
Examinador



ELEUSIO CURVÊLO FREIRE - Doutor
Examinador

Campina Grande, Paraíba
dezembro de 1987

A447c Almeida, Otavio Alvares de
Efeito do encharcamento do solo no crescimento,
desenvolvimento e producao do algodoeiro herbaceo / Otavio
Alvares de Almeida. - Campina Grande, 1987.
71 f. : il.

Dissertacao (Mestrado em Engenharia Civil) -
Universidade Federal da Paraiba, Centro de Ciencias e
Tecnologia.

1. Algodao Herbaceo - 2. Solo - 3. Cultivo Algodoeiro 4.
Dissertacao I. Guerra, Hugo Orlando Carvalho, Dr. II.
Beltrao, Napoleao Esberard de Macedo, Dr. III. Universidade
Federal da Paraiba - Campina Grande (PB) IV. Título

CDU 633.51(043)

EFEITO DO ENCHARCAMENTO DO SOLO NO CRESCIMENTO,
DESENVOLVIMENTO E PRODUÇÃO DO ALGODOEIRO HERBÁCEO

Aos meus pais,
Joaquim e Dazinha

À minha esposa,
Suely

Aos meus filhos,
Fenelon, Michele e Otávio
Filho

Aos meus irmãos,
Oto, Jair, Jandir e Célia
Maria

Dedico

AGRADECIMENTOS

A Deus, pela minha vida e a força para lutar.

À Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária-EMBRAPA, pela oportunidade de realizar o curso.

À Universidade Federal da Paraíba - UFPB - CAMPUS II, pela formação acadêmica de mestrado.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Mandioca e Fruticultura - CNPMF/EMBRAPA, pela seleção inicial para realizar o curso.

Ao Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA/EMBRAPA, pela colaboração no decorrer do curso, dos trabalhos experimentais e confecção da tese.

Ao Dr. Napoleão Esberard de Macêdo Beltrão, pela sugestão do tema, orientação, apoio, amizade, convivência e pelos ensinamentos da cultura do algodão.

Ao Dr. Hugo Orlando Carvalho Guerra, pela orientação, apoio, amizade e pelos ensinamentos de Física dos Solos e Relação Água-Solo-Planta.

Ao Dr. Cyro Mascarenhas Rodrigues, pelo esforço em concretizar a seleção para o curso.

Aos Drs. Mário Augusto Pinto da Cunha, Luciano da Silva Souza e Gernack Ferraz Souto, pelo apoio e incentivo.

Ao Dr. Laudemiro Baldoíno da Nóbrega, pelo apoio e amizade.

Ao Dr. Miguel Barreiro Neto, pelo apoio indispensável à realização do trabalho.

Ao Dr. Márcio Carvalho Marques Porto, pela colaboração no plano de tese, incentivo e amizade.

Aos Professores José Elias da Cunha Metri, Norma Cezar de Azevedo, José Dantas Neto e Francisco Monte Alverne Sales Sampaio, pelo curso de nivelamento.

Aos Professores, Hans Raj Gheyi, Ricardo Brito, Ana Maria Catão, Francisco Morais, Cícero Vieira e Gilvan Oliveira, pelos ensinamentos ministrados.

Aos amigos, Marcus Augustus Cavalcanti e José Diniz de Araújo, pela colaboração no acompanhamento do ensaio, pela convivência e amizade.

Aos colegas, Almedes, Amador, Célio, Erivaldo e Moisés, pelo companheirismo, convivência e amizade.

À Francisco Glauberton Moreira, pelos serviços datilográficos, compreensão e amizade.

À Suely, Michele e Otávio Filho, pela dedicação, carinho, apoio e estímulo.

RESUMO

Objetivando verificar os efeitos causados pelo encharcamento do solo no crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch), foi instalado e conduzido um ensaio em casa de vegetação do CNPA/EMBRAPA, Campina Grande, Paraíba, de 02.04 a 13.08.87.

O substrato utilizado foi a mistura de um material de solo arenoso com esterco de curral curtido na proporção de 10:1, colocado em caixas de ferro de 50 X 50 X 25 cm de dimensões, contendo duas plantas por caixa.

Foi utilizado o delineamento estatístico de bloco ao acaso com oito tratamentos e quatro repetições, com esquema de análise fatorial 2 X 4, sendo os fatores duas cultivares de algodoeiro herbáceo (CNPA-3H e CNPA-Precoce 1) e quatro níveis de umidade do solo: E₀ - testemunha - capacidade de campo durante todo o ciclo da cultura; E₁ - encharcamento por cinco dias no início da emissão dos botões florais; E₂ - encharcamento por cinco dias no início da floração; E₃ - encharcamento por cinco dias no início da emissão dos botões florais e por cinco dias no início da floração.

Verificou-se que: As plantas submetidas a E₁ obtiveram a área foliar e a biomassa epígea respectivamente 30 e 36% menores que as testemunhas, a produção de algodão em caroço e em pluma reduzida de 38 e 41% respectivamente, além da redução da precocidade da cultivar CNPA-3H em 38%; As plantas submetidas a E₂ obtiveram a altura, e a biomassa apígea, hipógea e total, respectivamente 22, 28, 74 e 38% maiores que as testemunhas; e As plantas submetidas a E₃ obtiveram a produção de algodão em caroço e em pluma respectivamente 29 e 34% menores que as testemunhas, o com

primento de fibra 8% maior e a precocidade da cultivar CNPA-Precoce 1, reduzida de 23%.

Conclui-se que as cultivares estudadas foram sensíveis às condições impostas, principalmente ao encharcamento na fase de botão floral.

ABSTRACT

The objective of the work was to study the effects of the soil waterlogging on the growth, development and yields upland cotton (*Gossypium hirsutum* L.r. *letifolium* Hutch.). For this, an experiment was conducted from 04.02 to 08.13.87 in a greenhouse located at the CNPA/EMBRAPA, in Campina Grande-PB.

The cotton was planted on a sandy soil - manure mixture (10 : 1) placed in steel boxes 50 X 50 X 25 cm, two plants for box were grown.

The experiment was a 2 x 4 factorial on a randomized block statistical design with two varieties (CNPA-3H and CNPA-Precoce 1), four levels of the soil moisture factor and 4 replicates. The four levels were: E₀, the plants were maintained during the whole growing period with a soil water content at field capacity; E₁, the plants were waterlogged during the square formation for a period of five days; E₂, the plants were waterlogged during the flowering beginning for a period of five days; E₃, the plants were waterlogged five days during the square and 5 days during the flowering.

It was observed that the plants submitted to the E₁ treatments produced a leaf area and a aerial bio-mass 30 and 36%, respectively less than the check plants; the seed cotton and lint production were reduced in 38 and 41%, respectively less than the check. The precocity of the CNPA-3H also was reduced (38%) when compared with the check. The plants submitted to the E₂ treatment produced plant heights, aerial bio-mass, root bio-mass and total bio-mass 22, 28, 74 and 38%, respectively, higher than the check. The plants submitted to the E₃ treatment produced seed-cotton and lint yields, 29 and 34% respectively, less than

the checks, and 8% longer fiber compriment and the precocii
ty for the CNPA - Precoce 1 was reduced in a 23%.

It was concluded that the studied cultivars were sens
sitive to the conditions to which the cotton was expessed,
mainly to waterlogging during the square period.

LISTA DE TABELAS

	Página
TABELA 1 Características químicas do material do solo utilizado no experimento, proveniente de <u>Su</u> rubim, Pernambuco	16
TABELA 2 Resumo das análises de variância dos dados de diâmetro caulinar médio por planta (mm) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987	27
TABELA 3 Média dos tratamentos da variável diâmetro caulinar médio por planta (mm), antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987	28
TABELA 4 Resumo das análises de variância dos dados da altura média da planta (cm) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987	30
TABELA 5 Média dos tratamentos da variável altura média das plantas (cm) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987	31
TABELA 6 Resumo das análises de variância do volume	

da fitomassa epígea fresca (cm^3), antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987	33
TABELA 7	
Média dos tratamentos da variável volume da fitomassa epígea fresca (cm^3), antes, durante e depois dos encharcamentos nas fases de botão e floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987	34
TABELA 8	
Resumo das análises de variância dos dados de área foliar média por planta (cm^2) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e aos 80 dias de semeadura. Campina Grande, PB, 1987	36
TABELA 9	
Média dos tratamentos da variável área foliar média por planta (cm^2) antes, durante e depois dos encharcamentos nas fases de botão floral e de floração e aos 80 dias da semeadura das plantas. Campina Grande, PB, 1987	37
TABELA 10	
Resumo das análises de variância da biomassa epígea (g), hipógea (g) e total (g), e de relação biomassa hipógea/epígea (%), obtidos após a última colheita. Campina Grande, PB, 1987	39
TABELA 11	
Média dos tratamentos das variáveis biomassa epígea (g), hipógea (g) e total (g), e da relação biomassa hipógea/epígea (%), obtidas na última colheita. Campina Grande, PB, 1987	40
TABELA 12	
Resumo das análises de variância do número	

médio de capulhos colhidos por planta e o peso médio de capulhos por planta (g) na primeira colheita, segunda colheita e total. Campina Grande, PB, 1987	43
TABELA 13	
Média dos tratamentos das variáveis número médio de capulho colhidos por planta, na primeira colheita e total, e peso médio de um capulho por planta (g) na segunda colheita. Campina Grande, PB, 1987	44
TABELA 14	
Média dos tratamentos considerando os fatores cultivar e encharcamento e sua interação, dos dados da variável número médio de capulhos colhidos por planta, na segunda colheita. Campina Grande, PB, 1987	45
TABELA 15	
Média dos tratamentos considerando os fatores cultivar e encharcamento e sua interação dos dados da variável peso médio de capulho por planta (g), na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987	47
TABELA 16	
Média dos tratamentos considerando os fatores cultivares e encharcamento e sua interação dos dados da variável peso médio total de capulho por planta (g). Campina Grande, PB, 1987	48
TABELA 17	
Resumo das análises de variância do peso de 100 sementes (g), produção média por planta do algodão em caroço (g) na primeira colheita, segunda colheita e total, produção média por planta do algodão em pluma (g) e precocidade (%). Campina Grande, PB, 1987	50

TABELA 18	Médias dos tratamentos das variáveis peso de 100 sementes (g), produção média por planta do algodão em caroço (g) na primeira colheita e total e produção média por planta do algodão em pluma (g). Campina Grande, PB, 1987.	51
TABELA 19	Médias dos tratamentos considerando os fatores cultivar e encharcamento e sua interação dos dados da variável e produção média por planta de algodão em caroço (g) na segunda colheita. Campina Grande, PB, 1987	52
TABELA 20	Média dos tratamentos considerando os fatores cultivares e encharcamentos e sua interação dos dados da variável, precocidade (%). Campina Grande, PB, 1987	54
TABELA 21	Resumo das análises de variância das variáveis percentagem de fibra(%), resistência (Lb/mg), uniformidade (SL 50/SL 2,5%), finura (índice Micronaire) e comprimento de fibra SL 2,5% (mm). Campina Grande, PB, 1987	57
TABELA 22	Média dos tratamentos das percentagens de fibra (%), resistência (Lb/mg), uniformidade (SL 50/SL 2,5%), finura (índice Micronaire) e comprimento de fibra SL 2,5% (mm). Campina Grande, PB, 1987	58

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

	Página
FIGURA 1 Média das máximas e das mínimas da temperatura (°C) e umidade relativa do ar (%), por períodos de dez dias, durante o ciclo da cultura. Campina Grande, PB, 1987	14
FIGURA 2 Curva de retenção de água do material do solo. Campina Grande, PB, 1987	15
FIGURA 3 Distúrbios morfológicos causados pelo encharcamento do solo no algodoeiro herbáceo	24
FIGURA 4 Dessarranjos nutricionais causados pelo encharcamento do solo no algodoeiro herbáceo..	25
FIGURA 5 Detalhes de iniciação das raízes secundárias do algodoeiro herbáceo	56
FIGURA 6 Detalhe de uma irrigação por sulco, com nível inadequado de condução	61

ÍNDICE

	Página
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO DE LITERATURA	3
2.1. Efeitos gerais do alagamento e do encharcamento do solo sobre o meio edáfico e as plantas	3
2.1.1. Solo	3
2.1.1.1. pH	4
2.1.1.2. Matéria orgânica	5
2.1.1.3. Nitrogênio	5
2.1.1.4. Fósforo	6
2.1.1.5. Enxôfre	6
2.1.1.6. Ferro e Manganês	6
2.1.1.7. Etileno	7
2.1.2. Planta	7
2.2. Efeito do alagamento e do encharcamento do solo no algodoeiro herbáceo	10
3. MATERIAL E MÉTODOS	13
3.1. Localização do experimento	13
3.2. Características Físicas e Químicas do material do solo	13
3.2.1. Características Físicas	13
3.2.2. Características Químicas	13
3.3. Desenvolvimento dos trabalhos	16
3.3.1. Preparo do solo	16
3.3.2. Plantio e manejo da cultura	16

	Página
3.4. Fatores para análise dos resultados	18
3.4.1. Variáveis aferidas para determinação do crescimento	19
3.4.1.1. Diâmetro caulinar	20
3.4.1.2. Altura da planta	20
3.4.1.3. Volume da fitomassa epígea fresca	20
3.4.1.4. Área foliar	20
3.4.1.5. Biomassa	21
3.4.2. Variáveis aferidas para determinar a produção	21
3.4.2.1. Número de capulhos por planta.....	21
3.4.2.2. Pêso médio do capulho	21
3.4.2.3. Produção de algodão em caroço	21
3.4.2.4. Produção de algodão em pluma	21
3.4.2.5. Pêso de 100 sementes	21
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	23
4.1. Efeitos gerais do encharcamento do solo no algodoeiro	23
4.1.1. Aparecimento de raízes adventícias	23
4.1.2. Amarelecimento precoce das folhas cotiledo- nares	24
4.2. Efeito do encharcamento do solo no cresci- mento e desenvolvimento do algodoeiro her- báceo	26
4.2.1. Diâmetro caulinar	26
4.2.2. Altura da planta	29
4.2.3. Volume da fitomassa epígea	32
4.2.4. Área foliar	35
4.2.5. Biomassa	38

	Página
4.3. Efeito do encharcamento do solo nos componentes da produção e na produção	42
4.3.1. Capulho	42
4.3.2. Pêso de 100 sementes	49
4.3.3. Produção	49
4.3.3.1. Algodão em caroço	49
4.3.3.2. Algodão em pluma	53
4.4. Efeito do encharcamento do solo em outras características agronômicas e tecnológicas de fibra	53
4.4.1. Precocidade	53
4.4.2. Percentagem de fibra	56
4.4.3. Resistência de fibra	59
4.4.4. Uniformidade de fibra	59
4.4.5. Finura de fibra	60
4.4.6. Comprimento de fibra	60
4.5. Considerações práticas do estudo	61
5. CONCLUSÕES	64
6. LITERATURA CITADA	65

1. INTRODUÇÃO

Solos inundados natural ou artificialmente, bem como condições temporárias de encharcamento, são de ampla distribuição nas mais variadas partes do mundo. Situações de elevada precipitação pluvial, drenagem deficiente, entre outros fatores, podem levar o solo à condição de anaerobiose com consequências nefastas para as plantas de baixa resistência ao déficit de oxigênio, excesso de dióxido de carbono, etc.

Mesmo sob condições edafoclimáticas características de zonas áridas e semi-áridas, como o Nordeste brasileiro, podem ocorrer encharcamentos do solo, devido à irregular distribuição da precipitação pluvial, irrigação inadequada e natureza e propriedades do solo, que mesmo por pequenos períodos de tempo, podem acarretar enormes prejuízos à produtividade das culturas.

O algodoeiro herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch) é uma das principais culturas do Nordeste brasileiro, sendo responsável pela ocupação de aproximadamente 413.000 famílias e mais de 2.000.000 de pessoas com o cultivo em todos os nove estados da região, assumindo posição destacada na Bahia, Ceará, Paraíba e no Rio Grande do Norte (EMBRAPA, 1985).

No Plano de Metas do Governo Federal consta a implantação de 1.000.000 de hectares irrigados no Nordeste até 1990 e a cultura do algodão está incluída neste contexto com 49.000 ha. Entretanto, o agricultor nordestino não está preparado para um manejo adequado da irrigação e, embora não existam informações escritas, sabe-se que em áreas irrigadas verificam-se problemas de encharcamento do solo, principalmente, devido o mau controle da água e preparo inadequado do solo.

Por ser o algodão uma planta considerada altamente sensível à saturação hídrica do solo (Hack, 1970; Chan, 1980; Ray & Khaddar, 1983; Glinski & Stepniewski, 1985) e considerando:

- que praticamente não existem informações no Brasil sobre a resposta do algodoeiro herbáceo às condições de saturação do solo;

- que tem-se no Nordeste, várias cultivares recomendadas, com bastantes diferenças de ciclo e hábito de crescimento, além de outros aspectos; e

- que para expansão do algodoeiro irrigado e de sequeiro, faz-se necessário que sejam feitos estudos visando a verificação da capacidade de resistência a períodos de encharcamento do solo, mesmo que sejam curtos, e selecionadas cultivares que suportem tais condições.

Assim sendo, justifica-se um estudo sobre os efeitos do encharcamento do solo no crescimento, desenvolvimento e produção do algodoeiro herbáceo.

2. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Efeitos gerais do alagamento e do encharcamento do solo sobre o meio edáfico e as plantas

2.1.1. Solo

Condições de alagamento (solo submerso) e encharcamento (saturação) podem produzir mudanças nas reações químicas e biológicas do solo, podendo levar as plantas, dependendo da espécie (Williamson & Kriz, 1970) e estágio de crescimento e/ou estágio de desenvolvimento (Glinski & Stepniewski, 1985) a profundas modificações bioquímicas e químicas que se refletem na produção biológica e partição de assimilados e, por consequência, na produção econômica das culturas.

O solo, porção superior, química, física e biologicamente decomposta do regolito, apresenta quatro componentes principais: Substâncias minerais, matéria orgânica, água e ar que devem estar presentes em proporções adequadas para que os vegetais tenham condições ótimas para o crescimento e o desenvolvimento. Brady (1983) salienta que um solo para ter condições agrícolas satisfatórias, deve apresentar cerca de 45% de minerais (argilas, silte e areia), 5% de matéria orgânica decomposta (ácidos polilacturônicos, ácidos húmicos, ácido fúlvico, etc.) e não decomposta (substâncias com identidade química como alcoois, proteínas, aminoácidos, etc.), 25% de água e 25% de ar. Entretanto, mesmo em condições semi-áridas e áridas, por diversas causas, temporariamente o solo fica com todo espaço poroso preenchido pela água, originando problemas para as plantas devido a deficiência ou falta de oxigênio (Scott & Evans, 1955), excesso de dióxido de carbono (Ponnamperuma et al., 1966) e outras transformações que são processadas devido a anaerobiose. Quando o solo é ala

gado ou saturado ocorre, dependendo do tempo de exposição, processos de redução, que é uma consequência direta da falta de oxigênio (Ponnamperuma, 1965).

De acordo com Scott & Evans (1955), quando o solo é inundado, o oxigênio dissolvido decresce imediatamente e, após dez horas, desaparece completamente. Com a falta de oxigênio molecular, os microorganismos aeróbicos tornam-se quiescentes ou morrem (Ponnamperuma et al., 1967) e os anaeróbicos facultativos, seguidos dos restrictos proliferam, usando os componentes oxidados do solo como nitratos, dióxido de manganês, óxidos hidratados de ferro, sulfatos e seus metabólitos (Werkman & Schlenk, 1951), como aceptores de eletrons para a respiração e, com isto, profundas transformações são processadas no solo.

Além disso, com a ausência do oxigênio molecular, toda a nutrição mineral das plantas fica comprometida de forma direta (falta de oxigênio para a respiração oxidativa) ou indireta (modificação nas formas de cada nutriente); a absorção é inibida e o dano final irá depender do tempo de exposição às condições anaeróbica, espécie e estágio de crescimento.

2.1.1.1. pH

O potencial hidrogênioônico do solo sofre variações dependendo do tipo do solo, nível de acidez e o tempo de exposição à saturação hídrica. Grable (1966), em trabalho de revisão, citando informações de Yamasaki (1952), salienta que solos ácidos ao serem saturados tornam-se mais ácidos, e que solos com elevado teor de matéria orgânica, também ficam mais ácidos quando o conteúdo de água é elevado acima da capacidade de campo. Entretanto, Ponnamperuma (1972) diz que um solo aeróbico quando é encharcado, seu pH decresce durante os primeiros poucos dias (citando Motomura, 1962; Ponnamperuma, 1965), alcançando um mínimo e então, cresce assintoticamente para um valor razoavelmente estável de 6,7 a 7,2 poucas semanas mais tarde. Segundo o mesmo autor, o completo efeito do encharcamento do solo é o

aumento do pH de solos ácidos e o decréscimo em solos alcalinos e calcáreos, fazendo com que o valor do pH convirja para 7.

Citando Romanoff 1945, Ponnampereuma et al. (1966), atribue o aumento do pH dos solos ácidos, saturados por vários meses, à redução dos sulfatos e o decréscimo no pH dos solos alcalinos à remoção do carbonato de sódio para cálcio e ions magnésio.

De uma maneira geral, a variação do pH do solo pode exercer influência de duas maneiras sobre a absorção de nutrientes e o crescimento das plantas: (a) mediante influência direta dos ions hidrogênio, ou (b) mediante influência indireta na disponibilidade de nutrientes e na presença de ions tóxicos (Brady, 1983).

2.1.1.2. Matéria orgânica

Com a ausência do oxigênio molecular nos solos saturados ou inundados, a decomposição da matéria orgânica é tremendamente reduzida e os produtos finais são diferentes da decomposição aeróbica (Ponnampereuma, 1972), pois os microorganismos aeróbicos desaparecem da massa do solo. Desse modo, em vez da decomposição produzir dióxido de carbono, nitrato, sulfato e humus, são produzidos metano, amônia, sulfitos e hidrogênio. Além disso, o ácido pirúvico, fruto do metabolismo dos carboidratos do solo, na ausência do oxigênio, é reduzido a ácido láctico e outros produtos tóxicos prejudiciais ao desenvolvimento das plantas (Ponnampereuma, 1972).

2.1.1.3. Nitrogênio

Com o encharcamento do solo, o nitrogênio na forma de nitrato, principal forma de absorção pelas plantas, é reduzido dentro de dois a três dias (Turner e Patrick, 1968). Com a decomposição do material orgânico em baixa taxa e ambiente de redução, o nitrogênio no solo encharcado se acumula em forma de amônia (Ponnampereuma, 1972), composto este tóxico aos vegetais eucarióticos. Esta amônia, na

sua quase totalidade, vem da decomposição anaeróbica de purinas, aminoácidos e uréia, e menos de 1% da redução do nitrato (Woldendorp, 1965, citado por Ponnampertuma, 1972). Outro aspecto importante do nitrogênio do solo na anoxia é o aumento da taxa de desnitrificação ou seja, o nitrito e o nitrato do solo é convertido a nitrogênio e a seus óxidos pela respiração de bactérias e fungos (Ponnampertuma, 1972).
VER FIG. 26

2.1.1.4. Fósforo

O fósforo, elemento essencial para o crescimento e desenvolvimento vegetal, fazendo parte dos ácidos nucleicos, fosfolipídeos e de todas as reações de transferência de energia nas células (Epstein, 1975), sofre profundas alterações (formas) quando o solo está em condições anoxílicas. Sob estas condições, há um aumento de fósforo solúvel devido à hidrólise dos compostos de ferro e alumínio nos solos ácidos, e de ferro, nos normais. O fósforo solúvel fica, quando da anoxia, mais de 60% na forma orgânica (Ponnampertuma, 1972), o que dificulta a absorção pelas plantas.

2.1.1.5. Enxôfre

O enxôfre, essencial para as plantas, faz parte das proteínas e outros compostos importantes da célula (Epstein, 1975), tem sua dinâmica alterada em solos alagados ou encharcados. Os sulfatos são reduzidos a sulfitos, e o orgânico, constituinte de aminoácidos sulfurosos, é convertido a H_2S , tióis e ácidos graxos (Ponnampertuma, 1972). Como as plantas superiores absorvem o enxôfre na forma de sulfato (Jorge, 1969), a nutrição delas fica comprometida.

2.1.1.6. Ferro e Manganês

Ambos são reduzidos nos solos com deficiência e/ou ausência do oxigênio molecular (Turner & Patrick, 1968), provocando um aumento pronunciado na solubilidade deles, ao ponto de atingirem níveis de toxicidade para as plantas.

2.1.1.7. Etileno

O etileno, hidrocarbonato insaturado, é um dos mais importantes hormônios das plantas superiores (Galston & Davis, 1972). Ele controla, ao lado das auxíνας, vários aspectos do crescimento e desenvolvimento vegetal como: a sensibilidade geotrópica, iniciação floral e a abscisão das folhas. O etileno age interferindo no transporte lateral de auxína e, dependendo de sua concentração, pode mudar a conformação normal do sistema radicular das plantas. Em solos alagados ou saturados, a produção dele é aumentada, atingindo valores maiores que 20 ppm dez dias após a saturação do solo, numa temperatura de 20°C (Smith & Restall, 1971). Em condições normais, com o oxigênio do solo na concentração de 21%, à semelhança da sua concentração na atmosfera, o etileno não é detectado no solo, só sendo, quando a tensão de oxigênio cai abaixo de 2%, conforme verificado por Smith & Restall (1971) em vários tipos de solos. O etileno produzido interfere no crescimento radicular reduzindo a extensão de raízes seminais em vários cereais, segundo Smith et al. (1970), citado por Smith & Restall (1971).

2.1.2. Planta

As plantas eucarióticas respondem à deficiência ou ausência de oxigênio no meio edáfico de maneira diferente, dependendo da espécie, estágio de crescimento e duração do estresse anoxítico, e da temperatura do ar e do solo (Glinski & Stepniewski, 1985). Levitt (1972), considera a anoxia como estresse secundário causado pela inundação ou saturação do solo. O excesso de água em si, na matriz do solo, não é causa do estresse, pois o estado de saturação hídrica das células dos vegetais é uma situação perfeitamente normal. A inundação do solo leva a planta a vários estresses, sendo, de acordo com Levitt (1972), os secundários (elevação da pressão de turgor e, principalmente, a deficiência do oxigênio molecular) e os terciários (estresse iônico, causados pela falta do oxigênio, quando especi-

almente o manganês e o ferro atingem níveis tóxicos) que causam a redução do crescimento e do desenvolvimento das plantas.

Quando ocorre a deficiência de oxigênio devido ao excesso de água ou compactação do solo, as raízes não conseguem absorver os nutrientes que a parte aérea necessita pois o crescimento e as funções das raízes são paralizadas, com excessão das plantas adaptadas a solos encharcados, como o arroz (*Oryza sativa* L.), devido o aerênquima, que conduz o oxigênio da parte aérea para as raízes (Prima vesi, 1982), nenhuma outra cultura consegue crescer num solo saturado ou inundado.

A capacidade da planta de evitar ou tolerar que o estresse ou estresses causados pelo encharcamento ou inundação do solo se transformem em "strain" ou seja, modificações físicas ou químicas no sistema biológico vegetal, dependerá de mecanismos como: a) capacidade de aumentar a porosidade da raiz; e b) presença de aerênquima (Williams & Barber, 1961; Armstrong, 1972); c) formação de raízes adventícias contendo aerênquima; e d) enraizamento superficial (Glinski & Stepniewski, 1985); e) dormência temporária (Levitt, 1972); f) modificações no tropismo radicular; g) mudança no metabolismo para evitar acumulação de produtos tóxicos como o etanol (Waddington & Baker, 1965; Drew, 1979; Wiedenroth, 1981; Glinski & Stepniewski, 1985), transformando este em ácidos orgânicos, especialmente o malato (McManmom & Crawford, 1971), que as células podem acumular sem sofrer danos; e h) suportar a respiração anaeróbica (Laing, 1940).

Nas espécies ditas sensíveis ao estresse anoxítico como o fumo (*Nicotiana tabacum* L.), tomate (*Lycopersicum esculentum* Mill), girassol (*Helianthus annuus* L.) e feijão (*Phaseolus vulgaris* L.), quando ocorrem deficiências de oxigênio no meio edáfico, várias modificações são processadas no metabolismo delas, tais como: a) redução no uso eficiente da água (Letey et al., 1961); b) aumento da resis

tência ao movimento de água através das raízes e redução da respiração radicular (Willey, 1970; Williamson & Kriz, 1970; Wareing & Phillips, 1981); c) decréscimo de transpiração (Holder & Brown, 1980); d) produção de substâncias tóxicas às células como o etanol (Bolton & Erickson 1970); e) aumento da síntese do etileno e seus precursores como o ácido 1-aminociclopropano-1-carboxílico (AAC) (Bradford & Yang, 1980), resultando no engrossamento do caule, senescência das folhas e na epinastia foliar (Jackson, 1956; Wareing & Phillips, 1981); e) inibição do ciclo dos ácidos tricarboxílicos nas células das raízes (Fulton, 1964); f) redução da importação de citocininas das raízes para a parte aérea, levando à clorose foliar, induzindo à senectude precoce dos trofófilos (Burrows & Carr, 1969; Wareing & Phillips, 1981); g) inibição da mitose das células das raízes (Amoore, 1961), além de outras modificações.

Segundo Wareing & Phillips (1981), o alagamento do sistema radicular, na maioria das plantas, causam reações precoces características: murcha temporária das folhas, redução na taxa de crescimento do alongamento dos internódios e abscisão das folhas, refletindo num drástico distúrbio do estado hormonal normal das plantas.

As transformações podem ser elásticas ou plásticas, dependendo do tempo de exposição à falta de oxigênio, estágio de crescimento, estágio de desenvolvimento da planta, da espécie e das condições do ambiente como a temperatura do solo e do ar (Bolton & Erickson, 1970).

De acordo com Primavesi (1982), nas condições tropicais a taxa mínima de oxigênio no solo deve ser de 10% em relação ao volume de espaço poroso, para permitir o crescimento e o desenvolvimento das plantas, pois quanto mais alta a temperatura tanto menos oxigênio se dissolve na água do solo e, assim, maior deve ser sua concentração no meio edáfico para satisfazer as exigências das culturas.

2.2. Efeito do alagamento e do encharcamento do solo no algodoeiro herbáceo

O algodoeiro é tido por vários pesquisadores, como uma planta altamente sensível às variações do conteúdo de água do solo durante alguns estágios do seu crescimento (Fisher & Hagan, 1965; Hearn, 1975; Rao et al., 1978). Condições de alagamento ou encharcamento temporário do solo pode levar o algodoeiro a sofrer profundas modificações no seu metabolismo. Huck (1970), estudando o efeito de diversos níveis de oxigênio no solo sobre o comportamento do algodoeiro em condições controladas, verificou que este elemento é vital para o crescimento das raízes, bem como necessário para que haja absorção da água e nutrientes pelo algodoeiro, pois com dois a três minutos em condições de anoxia total o crescimento radicular é paralizado e, se for prolongado por mais de três horas, a raiz principal morre. Também, em condições de laboratório, Tackett & Pearson (1964), verificaram que para solos com densidade aparente abaixo de $1,5 \text{ g/cm}^3$, o crescimento radicular do algodoeiro só foi reduzido quando o nível de oxigênio caiu abaixo de 10%, e que, com densidades mais elevadas, o efeito da resistência do solo foi maior do que baixos níveis de oxigênio na redução do crescimento radicular, chegando a não haver crescimento quando a densidade aparente foi de $1,9 \text{ g/cm}^3$, independente do teor de oxigênio no solo. X

Sob condições de anoxia total ou parcial, dependendo do tempo de exposição ao estresse, o algodoeiro sofre várias modificações no seu metabolismo, que se refletem nas taxas de crescimento e desenvolvimento, culminando com alterações na produção. Com a espécie *Gossypium arbóreum* L., também cultivada, Bharambe & Varade (1983) verificaram que com apenas sete dias de alagamento do solo, estando as plantas com 35 dias da emergência (formação de botões florais), ocorreram modificações como: a) aumento de 54,6% no nível de prolina (aminoácido protei X

co) saindo de 0,3085 μ moles/grama de peso fresco para 0,4771 μ moles/g; b) redução na atividade de reductase do nitrato de 22,0074 μ moles de NO_2/g de peso fresco por 30 minutos para 7,0706 moles/g de NO_2/g ; c) redução na porosidade das raízes de 4,777 para 2,631%; e d) redução de número de frutos por planta de 35 para 14, ou seja 60%. Todas estas relações foram feitas com a testemunha, estando esta com o conteúdo de água próximo à capacidade de campo.

Outras alterações no metabolismo do algodoeiro *Gossypium hirsutum* L., têm sido observadas quando as plantas são submetidas às condições de anoxia, tais como: fechamento dos estomas (Ower-Bartlett, s.d., citado por Bruyn, 1982), redução da taxa de transpiração, murchamento foliar devido a redução do potencial hídrico (Reicosky et al., 1985), redução na condutância foliar e redução dos teores de nitrogênio, cálcio, potássio e cobre nas folhas e caule e aumento dos teores de fósforo, magnésio, sódio, boro e cloro nos mesmos órgãos (Meek et al., 1980).

Estudando o comportamento da frutificação de plantas jovens de algodoeiro em solos saturados e com pouca aeração Albert & Armstrong (1931), verificaram que o déficit de oxigênio no solo, induzido pelo alto teor de umidade, provocou aumento na percentagem de queda dos botões florais e atraso no crescimento da planta. Nas mesmas condições de umidade Brown (1938), observou que o desenvolvimento das raízes do algodoeiro era diminuído, podendo ocorrer murchamento em fases posteriores, quando condições atmosféricas incentivassem a evaporação, bem como o aumento do "shedding" (queda natural das estruturas reprodutivas). Também Stockton et al., (1961), observaram o aumento do "shedding" e, ainda, da altura da planta do algodoeiro, quando irrigada excessivamente.

Com relação aos efeitos do encharcamento ou alagamento temporário do solo nos vários estágios do crescimento e estágio de desenvolvimento da planta do algodoeiro na variável mais importante, a produção econômica (definida

por planta, pelo número de capulhos e peso médio de capulho e por área, pelos componentes retro mencionados, mais o número de plantas por unidade de área), as informações são poucas para a magnitude do problema.

Meek et al., (1980), trabalhando com a cultivar Stoneville 213, verificaram que a taxa de difusão de oxigênio foi reduzida em mais de 50% quando o lençol freático do solo foi elevado de 90 cm para 30 cm em solo montmorilônio, bem como a produção do algodão em caroço foi 43% menor.

Trabalhando com a cultivar "Deltapine 61", estressada em três fases do seu ciclo (início da formação de botões florais, pico da fase de botões florais e pico da fase de frutos imaturos), Hodgson (1982), verificou que com 32 horas de inundação a produtividade foi reduzida em 18%. Por outro lado, Reicosky et al., (1985) trabalhando com a cultivar supra mencionada, submetida ao estresse anoxítico parcial na fase de floração (pico), verificaram que houve promoção no crescimento reprodutivo das plantas.

Com relação aos efeitos da inundação do solo sobre as principais características tecnológicas da fibra do algodão, (comprimento, finura, resistência, uniformidade, maturidade e elasticidade), não foram encontrados registros na literatura.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. - Localização do experimento

O experimento foi conduzido em casa de vegetação, no Centro Nacional de Pesquisa do Algodão - CNPA, da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, em Campina Grande, Paraíba, de 02.04.87 a 13.08.87. A temperatura e a umidade relativa do ar, medidas em termohigrógrafo (marca Dr. Alfred Muller, Meteorologische Instrumente), durante a realização do ensaio, alcançaram valores médios das mínimas e máximas de 21,2 a 35,7°C e 65 a 92% respectivamente (Figura 1).

3.2. - Características Físicas e Químicas do material do solo

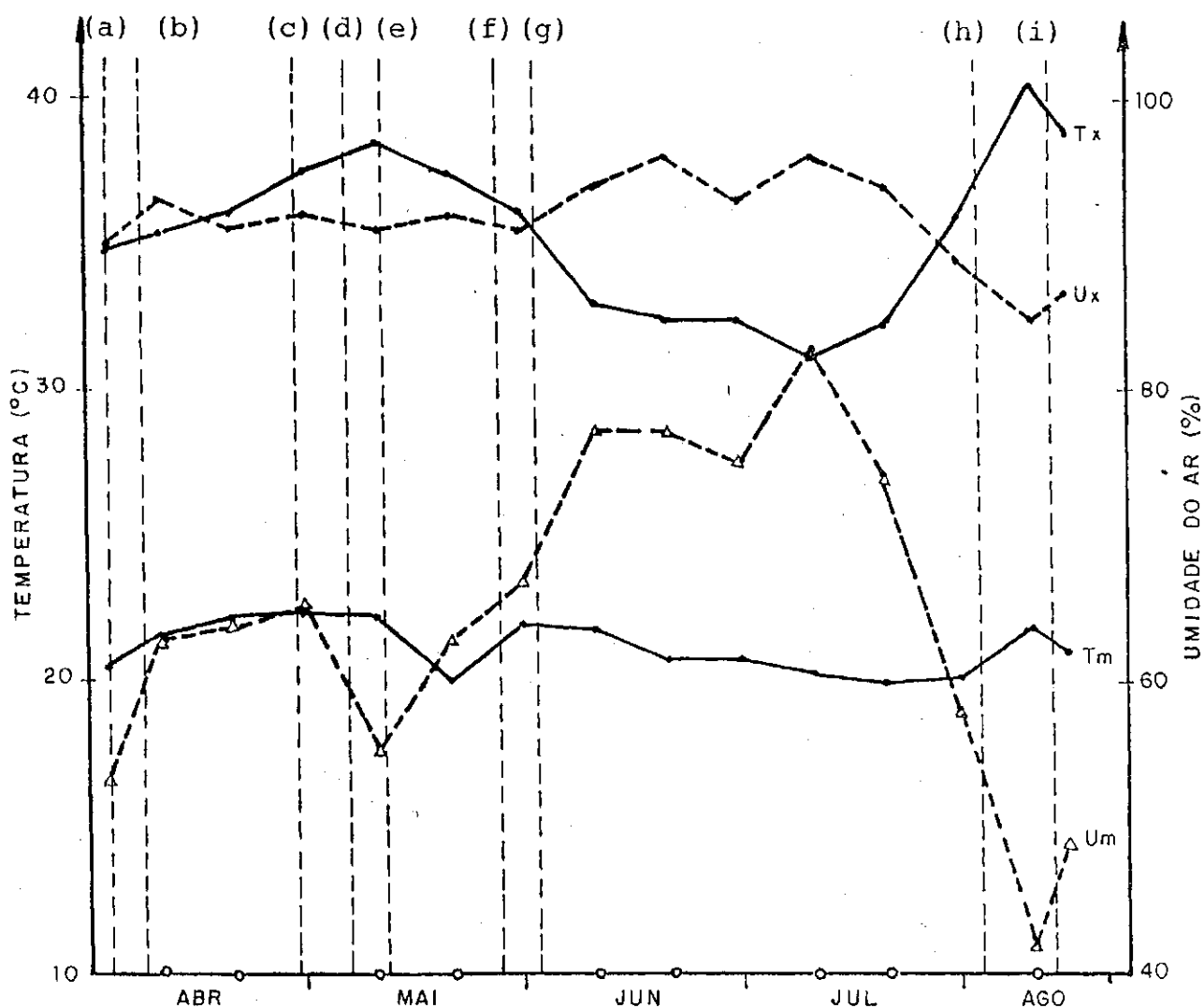
3.2.1. - Características Físicas

A análise granulométrica feita pelo Laboratório de Física do Solo do CNPA/EMBRAPA, revelou tratar-se de um material edáfico de natureza arenosa, com 56% de areia grossa, 33% de areia fina, 5% de silte e 6% de argila. A densidade aparente, determinada pelo método da proveta, e a densidade real, pelo método de picnômetro (Kiehl, 1979), foram 1,61g/cm³ e 2,60 g/cm³, respectivamente. A porosidade total, calculada pelo método indireto (Kiehl, 1979) foi de 38,08%. A curva de retenção da água do solo determinada pelo método descrito por Richards (1941), é apresentada na Figura 2.

3.2.2. - Características Químicas

As características químicas do material do solo são apresentadas na Tabela 1.

FIGURA 1 - Média das máximas e das mínimas da temperatura ($^{\circ}\text{C}$) e umidade relativa do ar (%), por períodos de dez dias, durante o ciclo da cultura. Campina Grande, PB, 1987.



LEGENDAS:

Tx - Temperatura Médias das Máximas; Tm - Temperatura Média das Mínimas; Ux - Umidade Média das Máximas; Um - Umidade Média das Mínimas; (a) - sementeira; (b) - emergência; (c) - desbaste; (d) - início do encharcamento na fase de botão floral; (e) - fim do encharcamento; (f) - início do encharcamento na fase de floração; (g) - fim do encharcamento; (h) - 1ª colheita; (i) - 2ª colheita.

FIGURA 2 - Curva da retenção de água do material do solo. Campi
na Grande, PB, 1987.

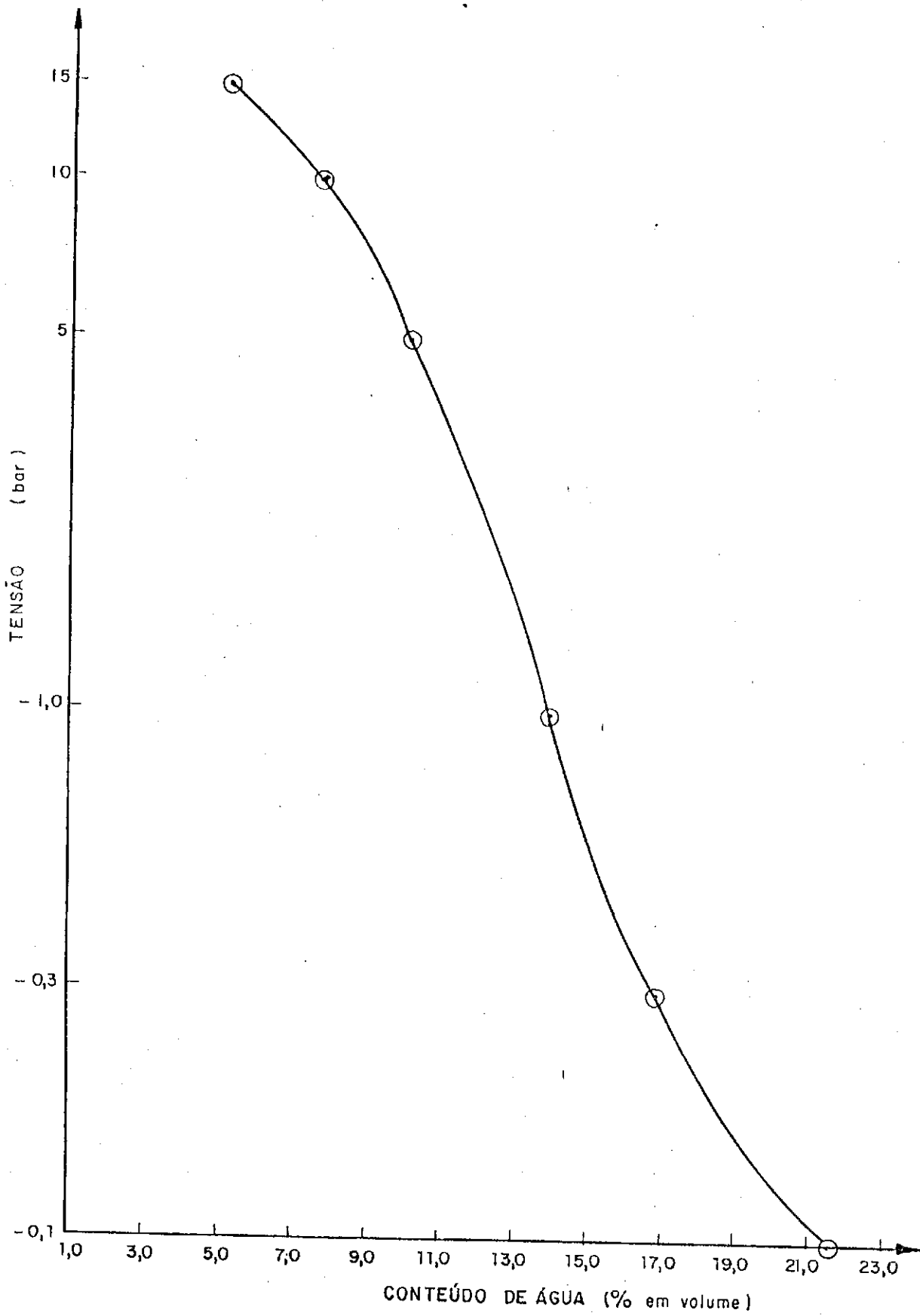


TABELA 1 - Características químicas do material do solo utilizado no experimento, proveniente de Surubim, Pernambuco¹

CARACTERÍSTICAS	TEOR
Al ⁺⁺⁺ (eq mg/100cm ³)	0,0
P (ppm)	120,0
K (ppm)	540,0
Ca + Mg (eq mg/100cm ³)	2,9
Ph em água (1:2,5)	6,3

¹ - Análise efetuada no Laboratório de Química do CNPA / EM BRAPA.

3.3. - Desenvolvimento dos trabalhos

3.3.1. - Preparo do solo

O material do solo utilizado foi uma mistura do horizonte A de um regossol associado, proveniente da Estação Experimental de Surubim, Surubim, Pernambuco, e esterco de curral curtido na proporção de 10 : 1. Após a incorporação do esterco de curral ao solo, o substrato foi passado na peneira de 2mm e colocado em caixas de ferro galvanizado nº 20, com dimensões de 50 X 50 X 25 cm, com um dreno no fundo. Cada caixa foi enchida com o substrato até uma altura de 22 cm, deixando 3 cm livres para aplicar as lâminas de água.

3.3.2. - Plantio e manejo da cultura

A cultura utilizada foi o algodão herbáceo (*Gossypium hirsutum* L.r. *latifolium* Hutch), cultivares CNPA-3H e CNPA Precoce 1, sendo a primeira originada da linhagem CNPA 76/6873, obtida no Campo Experimental de Surubim, Surubim, Pernambuco, resultante do cruzamento entre as cultivares Allen 333-57 a AFC 65-5236, ambos os progenitores originados da África Francesa, introduzida no Brasil na década de 60 pela SUDENE e Institut de Recherches du Cotton et des Textiles Exotiques - IRTC (Santos et al., 1986; Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, s.d. (a). Tem ciclo longo

(140-160 dias) e hábito de crescimento indeterminado; a segunda é o resultado da aclimação ao Nordeste brasileiro da linhagem GH 11-9-75, procedente dos Estados Unidos da América do Norte. Esta linhagem deriva da "TAMCOT SP-37", que foi obtida no Texas, no programa de melhoramento genético, visando resistência múltipla às adversidades e doenças do algodoeiro. Foi introduzida no Brasil em 1982 pelo Dr. Maurice James Lukefahr. Tem ciclo curto (90-110 dias) e hábito de crescimento determinado (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, s.d. b).

Cada unidade experimental (caixa) foi semeada com 16 sementes (oito por cova), tratadas com Fenaminosulf + Quintozone [P-(dimetilamina)-benzenodiazó sulfonato de sódio (Fenaminosulf) 10% + Pentacloronitrobenzeno (Quintozone) 75%], para a proteção contra a podridão do colo (*Phytophthora spp*, *Rhizoctonia spp*) e antracnose (*Colletotrichum gossypii*) na dosagem de 1.000 g/100 Kg de semente.

Para assegurar plantas vigorosas, foi feito um pré-desbaste treze dias depois da semeadura, mantendo quatro plantas por cova, e um desbaste final quatorze dias depois, deixando uma planta por cova, duas por unidade experimental.

O material do solo foi adubado com a fórmula 90-60-0 Kg/ha de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente, utilizando-se os adubos sulfato de amônia e superfosfato triplo. O nitrogênio foi desdobrado em três doses de 30 Kg/ha, sendo a primeira incorporado ao solo com a totalidade do fósforo no momento da semeadura, à profundidade média de 6 cm. As outras duas doses foram aplicadas em cobertura 27 e 55 dias após a semeadura, respectivamente no desbaste final e no início da floração. Estas aplicações foram feitas em sulcos, a 5 cm das plantas, de ambos os lados, e a 3 cm de profundidade média.

Foram feitos três tratamentos fitossanitários, sendo dois com Deltamethrine [(S)- α -ciano-m-fenoxibenzil (1R, 3R) 3-(2,2 dibromovinil) 2,2-dimetil ciclopropano carboxi-

lato], na dosagem de 10 g/ha, contra o pulgão (*Aphis gossypii*, Glover) e o curuquerê (*Alabama argillacea*, Huebner), uma aplicação no desbaste final e a outra quinze dias depois, e um tratamento com Dimeton-S-Metil (Tiofosfato de 0,0-dimetil - S-2-etil-mercapto-etila isomero tiol), na dosagem de 125 g/ha, contra o ácaro vermelho (*Tetranychus ludeni*, Zacher), quando a cultura estava na fase de floração.

A umidade do solo desejada foi mantida através de irrigação manual, utilizando um regador plástico de cinco litros de capacidade. A quantidade de água aplicada em cada unidade experimental foi função da variação do potencial matricial, determinado através de tensiômetros de mercúrio (Reichardt, 1985). Por se tratar de um solo de natureza arenosa, o potencial matricial para a capacidade do campo foi estimada como sendo aquela umidade de 0,1 bar (Hillel, 1982; Bernardo, 1984; Daker, 1984; Reichardt, 1985) e as reposições de água foram feitas periodicamente, de forma a manter sempre o solo com uma umidade próxima à capacidade de campo, o que correspondia a uma leitura de 9,6 cm de Hg.

Todas as unidades experimentais receberam uma primeira irrigação antes da semeadura a fim de assegurar a umidade necessária para a germinação das sementes, bem como a incorporação no solo da adubação de base, tendo sido aplicada a última irrigação quando da abertura dos primeiros capulhos.

3.4. - Fatores para análise dos resultados

Foi utilizado o delineamento estatístico de bloco ao acaso, com oito tratamentos e quatro repetições, com esquema de análise fatorial 2 X 4, sendo os fatores duas cultivares de algodoeiro herbáceo e quatro níveis de umidade de solo:

C₁ - Cultivar CNPA-3H

C₂ - Cultivar CNPA-Precoce 1

- E₀ - Testemunha; As plantas foram mantidas do plantio à abertura dos primeiros capulhos com o nível de umidade na capacidade de campo;
- E₁ - Encharcamento do solo na fase de botão floral; As plantas foram encharcadas durante cinco dias ao começarem a emitir os primeiros botões florais e mantidas com a umidade do solo próxima à capacidade de campo nos demais períodos, até a abertura dos primeiros capulhos;
- E₂ - Encharcamento do solo na fase de floração; As plantas foram encharcadas durante cinco dias no início da emissão das primeiras flores e mantidas com a umidade do solo próxima à capacidade de campo nos demais estádios de crescimento até a abertura dos primeiros capulhos; e
- E₃ - Encharcamento do solo nas fases de botão floral e de floração; As plantas foram encharcadas durante cinco dias ao começarem a emitir os primeiros botões florais e, também, pelo mesmo período de tempo quando iniciaram a emissão das primeiras flores, sendo mantidas com a umidade do solo próxima à capacidade de campo nos demais períodos até a abertura dos primeiros capulhos.

3.4.1. - Variáveis aferidas para determinação do crescimento

Visando a observação dos aspectos ligados ao crescimento e desenvolvimento das plantas foram aferidas as seguintes variáveis:

- a. Diâmetro caulinar
- b. Altura da planta
- c. Volume da fitomassa epígea fresca
- d. Área foliar
- e. Biomassa.

3.4.1.1. - Diâmetro caulinar

Foi aferido com paquímetro a 3,0 cm do solo, no início, término e cinco dias depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e, ainda, quando da realização da primeira colheita (03.08.87). Quando do encharcamento na fase de botão floral não foram medidos o diâmetro caulinar das plantas que seriam submetidas, apenas, ao encharcamento na fase de floração, por estarem estas, naquele momento, funcionando como testemunhas. Tal situação se repetiu com a altura da planta, área foliar e, por consequência, no volume da fitomassa epígea fresca. Nestes casos, o grau de liberdade para a cultivar se manteve igual a 1, entretanto, para encharcamento, interação cultivar versus encharcamento e resíduo, foi reduzido para 2, 2 e 15, respectivamente.

3.4.1.2. - Altura da planta

Foram realizadas os mesmo número de medições e nas mesmas circunstâncias que o diâmetro caulinar. Usou-se régua graduada, e mediu-se as plantas do nível do solo à gema apical.

3.4.1.3. - Volume da fitomassa epígea fresca

De posse dos valores do diâmetro caulinar (d) e da altura da planta (h), foi determinado o volume da fitomassa epígea fresca pelo produto d^2h , que segundo Hozumi et al. (1955), tem correlação linear com o peso da matéria fresca, oferecendo condições para a verificação do incremento de fitomassa no crescimento e desenvolvimento das plantas.

3.4.1.4. - Área foliar

Foi determinada pelo método de Wendt (1967), medindo-se o comprimento de todas as folhas nas aferições realizadas no período de encharcamento na fase de botão floral, e com vinte folhas representativas de cada planta no período de encharcamento na fase de floração e aos 80 dias da semeadura.

3.4.1.5. - Biomassa

Após a última colheita (13.08.87), as amostras de caule e raiz foram colocadas em estufa a 70°C até atingirem peso constante. Foram pesados isoladamente o caule e a raiz e, com os valores obtidos, determinada a biomassa total e a relação raiz e parte aérea. A biomassa epígea constou apenas dos ramos frutíferos e vegetativos, devido a senectude das folhas, acompanhada de queda, quando da suspensão da irrigação na abertura dos primeiros capulhos.

3.4.2. - Variáveis aferidas para determinar a produção

3.4.2.1. - Número de capulhos por planta

Foi determinado a partir da contagem dos capulhos efetivamente colhidos na primeira colheita e na final.

3.4.2.2. - Peso médio do capulho

Determinado pelo valor total de peso do algodão em caroço, dividido pelo número de capulhos colhidos, para cada unidade experimental, sendo expresso em gramas.

3.4.2.3. - Produção de algodão em caroço

Foram realizadas duas colheitas; a primeira quando aproximadamente 50% dos capulhos das plantas testemunhas encontravam-se abertos e sem umidade, e a segunda, 10 dias após, quando todos os capulhos encontravam-se na condição anterior. A produção foi pesada separadamente e expressa em gramas por planta.

3.4.2.4. - Produção de algodão em pluma

Determinada após o beneficiamento do produto com a separação dos caroços da pluma, sendo expressa em gramas por planta.

3.4.2.5. - Peso de 100 sementes

Determinado a partir da amostra de 100 sementes tomadas ao acaso após o beneficiamento dos capulhos supra citados.

Além das variáveis do crescimento, os componentes

da produção e a produção, foram, também determinadas as variáveis precocidade e percentagem de fibra e da qualidade de fibra produzida.

Tanto a precocidade quanto a percentagem de fibra foram determinadas a partir da relação entre variáveis características da produção. A primeira é a relação entre a produção da primeira colheita e a total, e a segunda entre o peso do algodão em pluma e o em caroço, ambas expressas em percentagem.

A qualidade da fibra, representada pelas principais características tecnológicas (resistência, uniformidade, finura e comprimento) foram determinadas no laboratório de Tecnologia de Fibras do CNP-ALGODÃO, de acordo com as normas internacionais padronizadas para análise de fibra de algodão, citadas por Perkins Junior et al., (1984). O comprimento de fibra foi determinado em um fibrográfo 530 Spin Lab, a SL 2,5% mm. Pela relação de comprimento a 50% e 2,5%, determinou-se a uniformidade que é expressa em percentagem. A finura foi determinada em Fibronaire, marca Sheffield e a resistência no Pressley, marca J.N. Doebrich CO., expressa em Lb/mg.

As análises estatísticas dos dados foram feitas segundo os métodos convencionais de comparação das variâncias pelo Teste F e dos contrastes entre duas médias pelo Teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Pimentel Gomes, 1982). Os dados originais da variável número de capulhos por planta foram transformados em \sqrt{x} e os da relação biomassa hipógea/epígea e precocidade foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x\%}$.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos gerais do encharcamento do solo no algodoeiro

4.1.1. Aparecimento de raízes adventícias

Verificou-se que após três dias de encharcamento do solo, quando as plantas estavam na fase de botão floral, tanto na Cultivar CNPA-3H quanto na CNPA-Precoce 1, a abertura de lenticelas nas proximidades do colo do caule e, 48 horas depois, surgiram raízes adventícias. Tal fato se repetiu quando do encharcamento na fase de floração porém, com menor intensidade. Nas duas ocasiões, cessado o encharcamento, as plantas afetadas retornaram, gradativamente, às condições anteriores (Figura 3a-d).

Com relação ao encharcamento do solo Scott & Evans (1955), salientaram que depois de dez horas de ocorrido, o oxigênio na forma molecular desaparece do solo e, sem ele, de acordo com Russell (1977), as raízes entram em processo fermentativo, que além de produzir pouca energia, promove a produção de etanol (Bolton & Erickson, 1970) e desbalanceamento hormonal (Brandford & Yang, 1980), causando danos às plantas. Daí, segundo Glinski & Stepniewski (1985) a formação de raízes adventícias contendo aerênquima é um mecanismo de defesa das plantas para evitar ou tolerar o estresse ou estresses causados pelo encharcamento do solo pois, através delas, é possível que as plantas retirem o oxigênio da atmosfera e, posteriormente, o conduza para a biomassa hipógea, reduzindo os danos e as lesões bioquímicas causados pelo encharcamento. Com isso, tende-se a admitir, que ao contrário das afirmativas que o algodão é uma planta efetivamente de sequeiro, por ser tolerante à seca, possui, também, mecanis

mos de defesa que a possibilitam serem cultivadas em regime de irrigação, inclusive, com capacidade para suportar curtos períodos de encharcamento ou inundação do solo.

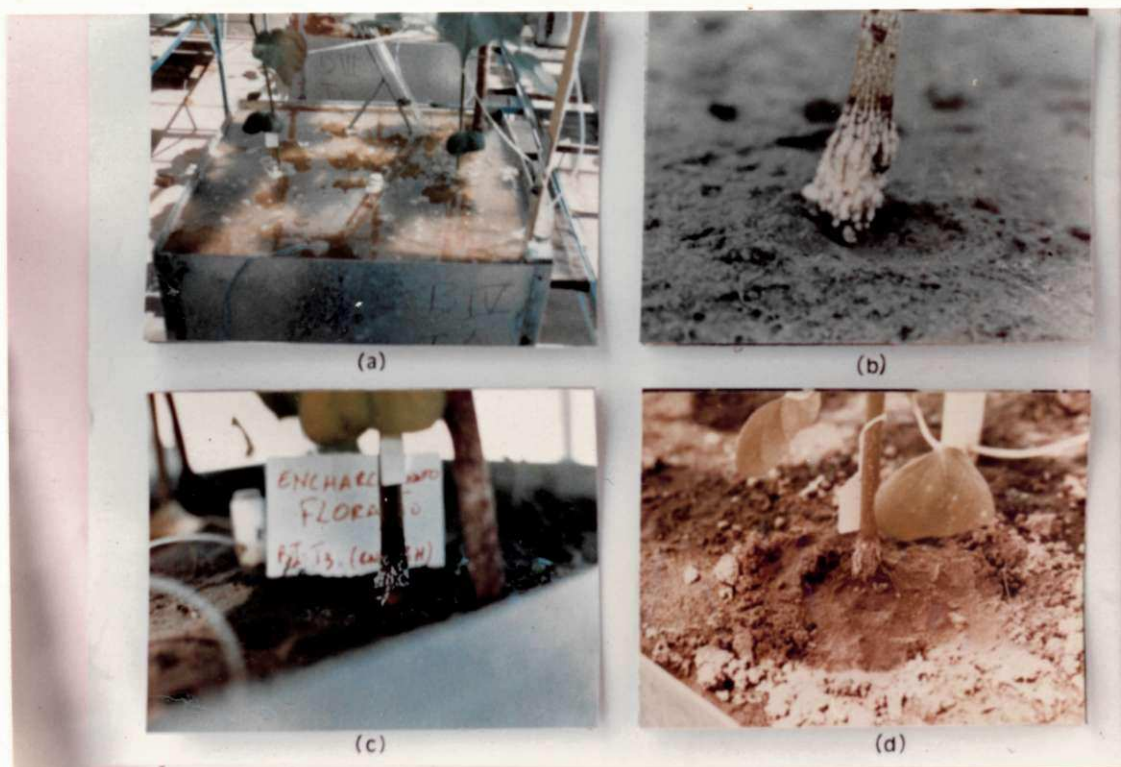


Figura 3 - Distúrbios morfológicos causados pelo encharcamento do solo no algodoeiro herbáceo. (a) vista do encharcamento; (b) abertura das lenticelas e emissão de raízes adventícias na fase de botão floral; (c) abertura de lenticelas e emissão de raízes adventícias na fase de floração; (d) início da redução das raízes adventícias e fechamento das lenticelas.

4.1.2. Amarelecimento precoce das folhas cotiledonares

A senescência precoce das folhas cotiledonares em ambas cultivares das plantas que sofreram encharcamento na fase de botão floral, comparadas às testemunhas, está mostrada na Figura 4a-d. Verificou-se que a queda das folhas cotiledonares ocorreu muito mais rapidamente nas plantas encharcadas que nas testemunhas. Quando do encharcamento na fase de floração, além do amarelecimento das folhas cotiledonares ainda existentes nas plantas submetidas pela primeira vez ao estresse anoxítico, verificou-se, também,

que o sintoma começou a difundir-se por toda planta, entretanto não ocorrendo a queda de outras folhas, tendo a coloração característica retornado quando do término do tratamento. Provavelmente, o estresse anoxítico, em função do estágio de desenvolvimento das plantas, promoveu um "strain" plástico no caso do encharcamento na fase de botão floral e elástico na fase de floração.

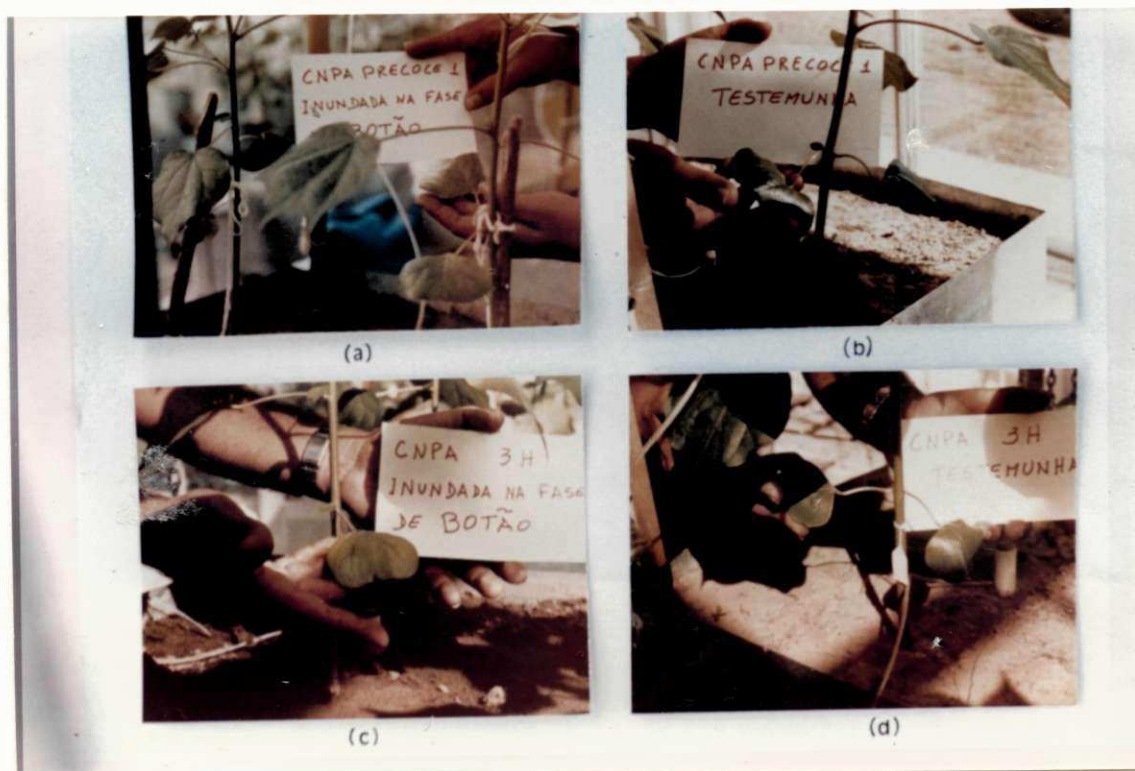


FIGURA 4 - Dessarranjos nutricionais causados pelo encharcamento do solo no algodoeiro herbáceo. (a) cultivar CNPA-Precoce 1 encharcadas na fase de botão floral, visualizando-se o amarelecimento das folhas cotiledonares; (b) CNPA-Precoce 1, testemunha; (c) cultivar CNPA-3H encharcada na fase de botão floral, com amarelecimento das folhas cotiledonares; (d) CNPA-3H, testemunha.

Tais sintomas, possivelmente, se devem ao aumento da síntese do etileno (Jackson, 1956; Wareing & Phillips, 1981), redução da importação de citocinina das raízes para a parte aérea (Burrows & Carr, 1969; Wareing & Phillips, 1981) e distúrbios do estado hormonal das plantas (Wareing & Phillips, 1981), observados em plantas ditas sensíveis ao encharcamento do solo. A deficiência de nitrogênio pode

ter sido outra causa da senectude das folhas, devido ser sua absorção ativa (Epstain, 1975) e requerer energia proveniente da respiração oxidativa das células radiculares para ocorrer, e estas, por sua vez, necessitam de oxigênio para realizar a referida respiração. Com a anoxia do solo, provocada pelo encharcamento, a respiração oxidativa, provavelmente, não ocorreu, com isso não houve a absorção de nitrogênio e, conseqüentemente, as folhas amareleceram.

4.2. Efeito do encharcamento do solo no crescimento e desenvolvimento do algodoeiro herbáceo

4.2.1. Diâmetro caulinar

No resumo das análises de variância do diâmetro caulinar médio por planta, observado no decorrer do ciclo fenológico da cultura (Tabela 2), verificou-se que não houve efeito significativo do encharcamento na fase de botão para nenhuma das fontes de variação, tendo a ocorrência desse fato na condição ANTES caracterizado o equilíbrio das unidades experimentais ao ser aplicado o tratamento. Para o encharcamento na fase de floração, verificou-se que nas condições ANTES e DURANTE houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F para o fator encharcamento, desaparecendo nas condições DEPOIS e permanecendo a situação até o final do ciclo. Além disso, não houve efeito significativo para a cultivar e interação para esta variável, durante todo o ciclo da cultura. No período do encharcamento na fase de floração e na primeira colheita, verificou-se os efeitos de bloco, indicando a eficiência do delineamento utilizado.

Na Tabela 3, considerando o encharcamento na fase de floração, verificou-se que as plantas submetidas a esse encharcamento (E_2), apresentaram caules mais grossos que as plantas submetidas a E_3 (encharcamentos nas fases de botão e de floração), na condição ANTES e às submetidas a E_1 (encharcamento na fase de botão), na condição DURANTE. Tal fato se deve a que, possivelmente, as plantas ao sofrerem o estresse anoxítico na fase de floração tiveram aumento

TABELA 2 - Resumo das análises de variância dos dados de diâmetro caulinar médio por planta (mm) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO						
		ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			PRIMEIRA COLHEITA
		ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
Blocos	3	0,67 ^{ns}	1,07 ^{ns}	2,04 ^{ns}	3,39 ^{**}	3,24 [*]	3,18 [*]	2,98 [*]
Cultivar (C)	1	0,06 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,03 ^{ns}	0,29 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,02 ^{ns}	0,08 ^{ns}
Encharcamento (E)	3	0,19 ^{ns}	0,38 ^{ns}	1,24 ^{ns}	2,91 [*]	2,56 [*]	0,87 ^{ns}	0,29 ^{ns}
Interação (CXE)	3	0,36 ^{ns}	0,34 ^{ns}	0,32 ^{ns}	0,35 ^{ns}	0,14 ^{ns}	0,51 ^{ns}	0,82 ^{ns}
Resíduo	21	0,40	0,52	0,65	0,69	0,72	0,66	0,67
C.V. (%)		11,07	9,70	9,69	7,97	7,60	7,09	7,50

OBS.: - O G.L. para o encharcamento na fase de botão floral das fontes de variação ENCHARCAMENTO e INTERAÇÃO é 2 e para RESÍDUO 15.

- As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia do início, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.
- ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.
- * - significativo, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.
- ** - significativo, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 3 - Média dos tratamentos da variável diâmetro caulinar médio por planta (mm), antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			PRIMEIRA COLHEITA
	ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
CULTIVARES							
C ₁ (CNPA-3H)	5,70a	7,50a	8,30a	10,34a	11,18a	11,49a	10,94a
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	5,80a	7,45a	8,37a	10,53a	11,20a	11,44a	10,84a
ENCHARCAMENTOS							
E ₀	5,68a	7,27a	8,79a	10,83ab	11,05ab	11,28a	10,78a
E ₁	5,64a	7,43a	8,18a	10,09ab	10,76 b	11,28a	10,71a
E ₂	-	-	-	11,05a	12,02a	11,96a	11,14a
E ₃	5,92a	7,71a	8,05a	9,78 b	10,94ab	11,35a	10,91a
MÉDIAS	5,75	7,47	8,34	10,44	11,19	11,46	10,89
C.V. (%)	11,07	9,70	9,69	7,97	7,60	7,09	7,50
D.M.S.	-	=	-	1,16	1,19	-	-

OBS.: - As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia de início do encharcamento, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

dos espaços intercelulares do cortex. Esta ocorrência pode ser visualizada através do maior crescimento do caule das plantas submetidas a E_3 , em relação às plantas submetidas a E_1 , quando o efeito estatístico de E_2 variou da condição ANTES para a condição DURANTE. Além disso, o engrossamento do caule pode ter sido causado pelo aumento da síntese do etileno, observado em plantas sensíveis ao encharcamento (Jackson, 1956; Wareing & Phillips, 1981). Ainda na Tabela 3, observou-se que houve um aumento gradativo do diâmetro caulinar no decorrer do ciclo e uma redução por ocasião da primeira colheita, sendo estes fatos indicativos de que o estresse anoxítico não foi suficiente para paralisar a atividade cambial do caule, além de que a redução do diâmetro, provavelmente fôra provocado pela senescência do caule devido à suspensão da água de irrigação quando as plantas começaram a abrir os primeiros capulhos.

4.2.2. Altura da planta

Na análise de variância dos dados da altura média da planta (Tabela 4), verificou-se que não houve diferença significativa para o encharcamento na fase de botão floral, ocorrendo, entretanto, para o encharcamento na fase de floração e por ocasião da primeira colheita, tanto para o fator cultivar quanto para encharcamento porém, não houve para a interação.

Aplicando-se o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade às médias (Tabela 5), verificou-se que a altura média da cultivar CNPA-3H foi sempre maior que a altura da CNPA-Precoce 1, contudo só apresentando diferença significativa a partir do encharcamento na fase de floração, permanecendo até a primeira colheita. Tal comportamento caracteriza o hábito de crescimento indeterminado na cultivar CNPA-3H, que investiu mais no crescimento vegetativo do que a CNPA-Precoce 1, de hábito de crescimento determinado e curto período de floração (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária s.d. a,b). Verificou-se, ainda, que independente de cultivar, houve diferença estatística entre os

TABELA 4 - Resumo das análises de variância dos dados da altura média da planta (cm) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO						
		ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			PRIMEIRA COLHEITA
		ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
Blocos	3	35,12 ^{ns}	65,76 ^{ns}	113,26 ^{ns}	156,78 ^{ns}	117,82 ^{ns}	76,62 ^{ns}	315,51 ^{ns}
Cultivar (C)	1	16,67 ^{ns}	123,76 ^{ns}	145,04 ^{ns}	736,32*	1.098,63*	1.653,12**	4.912,88**
Encharcamento (E)	2	16,76 ^{ns}	14,45 ^{ns}	56,38 ^{ns}	567,97*	858,57**	1.021,80**	1.619,42**
Interação (CXE)	3	68,82 ^{ns}	79,20 ^{ns}	166,53 ^{ns}	180,15 ^{ns}	156,22 ^{ns}	158,31 ^{ns}	89,01 ^{ns}
Resíduo	21	22,45	46,84	67,03	127,58	164,76	197,34	289,19
C.V. (%)		11,87	13,19	13,43	12,14	12,50	12,89	14,17

OBS.: - O G.L. para o encharcamento na fase de botão floral das fontes de variação ENCHARCAMENTO e INTERAÇÃO é 2 e para RESÍDUO 15.

- As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia do início, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.

- ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 5 - Média dos tratamentos das variável altura média das plantas (cm) antes, durante e depois do encharcamento na fase de botão floral e de floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			PRIMEIRA COLHEITA
	ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
CULTIVARES							
C ₁ (CNPA-3H)	43,62a	54,17a	63,42a	97,81a	108,56a	116,16a	129,88a
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	41,96a	49,62a	58,51a	88,22 b	96,84 b	101,78 b	105,09 b
ENCHARCAMENTOS							
E ₀	43,19a	51,88a	63,75a	94,44ab	101,75ab	106,81ab	108,50 bc
E ₁	41,19a	50,56a	58,46a	84,62 b	92,62 b	97,88 b	102,50 c
E ₂	-	-	-	104,12a	117,12a	124,75a	132,19a
E ₃	44,00a	53,25a	60,69a	88,88ab	99,31ab	106,44ab	126,75ab
MÉDIAS	42,79	51,90	60,97	93,02	102,70	108,97	117,48
C.V. (%)	11,07	13,19	13,43	12,14	12,50	12,89	14,47
D.M.S.	-	-	-	15,77	17,93	19,62	23,70

OBS.: - As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia de início do encharcamento, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

encharcamentos E_1 e E_2 , ANTES, DURANTE e DEPOIS do encharcamento na fase de floração, ampliando a condição para E_0 na primeira colheita, onde E_3 também diferiu estatisticamente de E_1 . Notou-se, também, que embora E_2 não diferisse estatisticamente de E_0 durante o encharcamento na fase de floração, obteve altura média 10, 15 e 17% maior, respectivamente nas condições ANTES, DURANTE e DEPOIS. Já na primeira colheita, E_2 foi estatisticamente maior que E_0 e E_1 22 e 29%, respectivamente.

Além desses resultados confirmarem as observações de Stockton et al. (1961), é possível que o encharcamento na fase de floração, fase onde ocorre no algodoeiro competição interna entre as estruturas reprodutivas, que são drenos de alta atividades (Constable & Rawson, 1980 a,b; Mutsaers, 1976) e as partes vegetativas, tenham ocorrido distúrbios hormonais nas plantas (Wareing & Phillips, 1981) e, por consequência, tenha favorecido o crescimento vegetativo, e assim, possivelmente, a inibição da parte reprodutiva.

4.2.3. Volume da fitomassa epígea

Na Tabela 6 encontra-se o resumo das análises de variância da variável volume da fitomassa epígea fresca por planta. Observou-se que só houve efeito significativo quando do encharcamento na fase de floração, para o fator encharcamento, e para o fator cultivar, quando da primeira colheita.

As médias obtidas para esta variável encontram-se na Tabela 7. Nela observou-se que a cultivar CNPA-3H diferiu estatisticamente da CNPA-Precoce 1 na primeira colheita, obtendo volume 24% maior, confirmando o seu hábito de crescimento indeterminado. Observou-se ainda, que as plantas submetidas ao encharcamento E_2 , independente de cultivar, diferiram estatisticamente das plantas submetidas aos encharcamentos E_1 e E_3 , nas condições ANTES e DURANTE, e as submetidas ao encharcamento E_1 na condição DEPOIS, quando do encharcamento na fase de floração. Entretanto, não

TABELA 6 - Resumo das análises de variância do volume da fitomassa epígea fresca (cm³) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO						
		ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			PRIMEIRA COLHEITA
		ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
Blocos	3	25,81 ^{ns}	117,55 ^{ns}	390,95 ^{ns}	1.745,91 ^{ns}	2.584,32 ^{ns}	2.994,35 ^{ns}	1.900,37 ^{ns}
Cultivar (C)	1	0,06 ^{ns}	36,43 ^{ns}	111,41 ^{ns}	487,89 ^{ns}	1.389,17 ^{ns}	3.029,34 ^{ns}	7.125,14*
Encharcamento (E)	3	7,77 ^{ns}	24,84 ^{ns}	411,91 ^{ns}	3.283,13*	6.140,73**	5.927,72*	3.544,86 ^{ns}
Interação (CXE)	3	24,22 ^{ns}	53,71 ^{ns}	74,21 ^{ns}	542,50 ^{ns}	247,20 ^{ns}	350,90 ^{ns}	654,97 ^{ns}
Resíduo	21	15,95	55,82	124,72	682,32	1.079,35	1.308,23	1.325,96
C.V. (%)		27,42	25,20	25,52	25,20	24,86	24,36	25,71

OBS.: - O G.L. para o encharcamento na fase de botão floral das fontes de variação ENCHARCAMENTO e INTERAÇÃO é 2 e para RESÍDUO é 15.

- As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia de início, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.
- ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.
- * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.
- ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 7 - Média dos tratamentos da variável volume da fitomassa epígea fresca (cm³), antes, durante e depois dos encharcamentos nas fases de botão floral e floração e na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			PRIMEIRA COLHEITA
	ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
CULTIVARES							
C ₁ (CNPA-3H)	14,62a	30,88a	45,91a	107,57a	138,74a	158,22a	156,56a
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	14,52a	28,42a	41,60a	99,76a	125,56a	138,76a	126,71 b
ENCHARCAMENTOS							
E ₀	14,50a	28,80a	51,93a	111,19ab	127,61ab	139,35ab	128,31a
E ₁	13,62a	28,48a	38,49a	88,57 b	108,98 b	126,74 b	120,29a
E ₂	-	-	-	128,88a	172,09a	188,32a	165,86a
E ₃	15,58a	31,68a	40,85a	86,04 b	119,91 b	139,57ab	152,08a
MÉDIA	14,57	29,65	43,76	103,67	132,15	148,50	141,63
C.V. (%)	27,42	25,20	25,52	25,20	24,86	24,36	25,71
D.M.S.	-	-	-	36,48	45,88	50,51	-

OBS.: - As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia do início, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão floral.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

houve diferença quando da realização da primeira colheita, indicando que embora esta variável seja obtida de duas ou tras (quadrado do diâmetro caulinar e linear da altura), não reflete linearmente as suas variações (Tabelas 3 e 5), e sim, a correlação linear com a biomassa fresca (Hozumi et al., 1955).

4.2.4. Área foliar

O resumo das análises de variância para a área foliar média por planta encontra-se na Tabela 8. Verificou-se que houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F desde a condição DEPOIS, para o encharcamento na fase de botão floral, até aos 80 dias da semeadura. Para o fator cultivar, apenas na condição DURANTE, quando do encharcamento na fase de floração, e aos 80 dias da semeadura houve efeito significativo aos níveis respectivos de 5 e 1% de probabilidade. Os efeitos de bloco ocorridos nos tratamentos, caracterizam, mais uma vez, a eficiência do delineamento estatístico utilizado.

Na Tabela 9, verificou-se que quando do encharcamento na fase de floração, não houve diferença significativa entre as cultivares nas condições ANTES e DEPOIS, entretanto, ocorreu na condição DURANTE, e aos 80 dias da semeadura, quando a CNPA-3H apresentou área foliar, respectivamente, 13 e 24% maior que a CNPA-Precoce 1, provavelmente devido a maior rapidez do ciclo da CNPA-Precoce 1, que investiu nas partes reprodutivas enquanto a CNPA-3H aumentou as partes vegetativas. Além disso, a CNPA-3H possui maior taxa de crescimento foliar, devido ao hábito de crescimento indeterminado, e folhas maiores. Para o fator encharcamento, verificou-se, quando do encharcamento na fase de botão floral, que na condição DEPOIS, as plantas submetidas a este tratamento tiveram redução de área foliar, independente de cultivar, mostrando que esta fase foi crítica para elas pois, quando do encharcamento na fase de floração, as plantas afetadas mantiveram suas áreas reduzidas, variando aos 80 dias da semeadura, quando as plantas submetidas ao en

TABELA 8 - Resumo das análises de variância dos dados de área foliar média por planta-(cm²) antes, durante e depois dos encharcamentos na fase de botão floral e de floração e aos 80 dias da semeadura. Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO						
		ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			80 DIAS DA SEMEADURA
		ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
Blocos	3	209.235,38 ^{ns}	461.609,78 [*]	1.543.819,50 ^{**}	3.788.363,43 ^{**}	3.368.181,09 ^{**}	6.649.075,96 ^{ns}	9.834.852,37 ^{ns}
Cultivar (C)	1	103,09 ^{ns}	24.469,87 ^{ns}	114.208,72 ^{ns}	1.371.950,63 ^{ns}	4.685.542,26 [*]	4.370.245,29 ^{ns}	42.840.536,24 ^{**}
Encharcamento (E)	3	3.945,46 ^{ns}	246.275,67 ^{ns}	2.765.292,03 ^{**}	13.368.205,00 ^{**}	21.048.244,08 ^{**}	39.604.884,68 ^{**}	22.529.827,91 ^{**}
Interação (CXE)	3	18.083,75 ^{ns}	81.402,93 ^{ns}	80.689,30 ^{ns}	461.065,17 ^{ns}	718.062,67 ^{ns}	769.718,03 ^{ns}	1.630.044,46 ^{ns}
Resíduo	21	95.024,60	100.520,56	271.264,03	715.338,04	658.957,08	2.756.600,34	3.556.582,43
C.V. (%)		25,89	17,28	19,53	17,67	13,14	20,24	17,80

OBS.: - O G.L. para o encharcamento na fase de botão floral das fontes de variação ENCHARCAMENTO e INTERAÇÃO é 2 e para RESÍDUO é 15.

- As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia do início, dia do término e cinco dias após o término dos encharcamentos, respectivamente.

- ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 9 - Média dos tratamentos da variável área foliar média por planta (cm²) antes, durante e depois dos encharcamentos nas fases de botão floral e de floração e aos 80 dias da semeadura das plantas. Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	ENCHARCAMENTO EM BOTÃO			ENCHARCAMENTO EM FLORAÇÃO			80 DIAS DA SEMEADURA
	ANTES	DURANTE	DEPOIS	ANTES	DURANTE	DEPOIS	
CULTIVARES							
C ₁ (CNPA-3H)	1.188,59a	1.802,68a	2.735,68a	4.993,48a	6.559,62a	8.574,36a	11.749,45a
C ₂ (CNPA-Prec. 1)	1.192,73a	1.866,54a	2.597,72a	4.579,36a	5.794,31 b	7.835,25a	9.435,35 b
ENCHARCAMENTOS							
E ₀	1.166,30a	2.024,10a	3.345,49a	5.499,45a	6.950,68a	9.334,34a	11.112,64ab
E ₁	1.209,77a	1.677,78a	2.317,80 b	3.822,30 b	5.092,10 b	6.495,86 b	8.569,82 b
E ₂	-	-	-	6.243,06a	8.074,54a	10.784,44a	12.559,85a
E ₃	1.195,90a	1.801,95a	2.336,81 b	3.580,88 b	4.590,54 b	6.204,57 b	10.127,28ab
MÉDIAS	1.190,66	1.834,61	2.666,70	4.786,43	6.176,96	8.204,80	10.592,40
C.V. (%)	25,89	17,28	19,53	17,67	13,14	20,24	17,80
D.M.S.	-	-	675,80	1.181,16	1.133,65	2.318,67	2.633,71

OBS.: - As condições ANTES, DURANTE e DEPOIS, referem-se ao dia do início do encharcamento, dia do término e cinco dias após o término do encharcamento, respectivamente.

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

charcamento E_3 se recuperaram e não diferiram estatisticamente de E_0 e E_2 , como nas situações anteriores. Observou-se, ainda, que o dano causado pelo encharcamento na fase de botão floral às plantas submetidas, apenas, a esse encharcamento, foi irreversível, propagando-se até o final do ciclo, talvez por ter sido o estresse muito severo, numa fase de imaturidade fisiológica delas. Já as plantas que além de serem encharcadas na fase de botão floral o foram, também, na fase de floração (E_3), o fato não ocorreu, devido, provavelmente, à reversão hormonal que alterou as relações entre o crescimento vegetativo e a diferenciação celular.

4.2.5. Biomassa

No resumo das análises de variância dos dados referente às biomassas epígea, hipógea e total, e a relação entre a biomassa hipógea e a epígea (Tabela 10), verificou-se que apenas para a relação biomassa hipógea e a epígea não houve efeito significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de F, para nenhuma fonte de variação.

Para a variável biomassa epígea, verificou-se que houve efeito significativo para os fatores encharcamento e cultivar, que confirmado pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 11), caracteriza o maior porte da cultivar CNPA-3H em relação à CNPA-Precoce 1 (Tabelas 5, 7 e 9), que, conseqüentemente, obteve o maior pêsco da parte aérea. Com relação ao fator encharcamento para esta variável, as plantas submetidas ao encharcamento E_2 obtiveram valores 27, 50 e 73% maiores que as submetidas, respectivamente, aos encharcamentos E_0 , E_3 e E_1 , independente de cultivar, diferindo E_2 , estatisticamente, dos demais, e E_0 de E_1 , indicando que o encharcamento isolado na fase de floração, provavelmente, provoca aumento no pêsco da parte aérea, em consequência do aumento da altura da planta, volume de fitomassa epígea e área foliar.

Quanto à variável biomassa hipógea (Tabela 10), verificou-se que não houve efeito significativo para culti

TABELA 10 - Resumo das análises de variância da biomassa epígea (g), hipógea (g) e total (g), e da relação biomassa hipógea/epígea (%), obtidos após a última colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIÇÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO			
		BIOMASSA EPÍGEA	BIOMASSA HIPÓGEA	BIOMASSA TOTAL	RELAÇÃO BIOMASSA HIPÓGEA/EPÍGEA
Blocos	3	153,45*	95,78 ^{ns}	465,23**	46,17 ^{ns}
Cultivar (C)	1	205,03*	0,53 ^{ns}	226,31 ^{ns}	30,42 ^{ns}
Encharcamento (E)	3	1.091,68**	182,94*	1.872,37**	234,60 ^{ns}
Interação (CXE)	3	30,84 ^{ns}	35,88 ^{ns}	12,42 ^{ns}	102,61 ^{ns}
Resíduo	21	31,93	42,64	84,29	87,47
C.V. (%)		11,76	32,41	13,47	22,86

OBS.: - Os dados referente à relação biomassa hipógea/epígea foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x\%}$

- ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.
- * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.
- ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 11 - Média dos tratamentos das variáveis biomassa epígea (g), hipógea (g) e total (g), e da relação biomassa hipógea/epígea (%), obtidas na última colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	BIOMASSA EPÍGEA	BIOMASSA HIPÓGEA	BIOMASSA TOTAL	RELAÇÃO BIOMASSA HIPÓGEA/EPÍGEA
CULTIVARES				
C ₁ (CNPA-3H)	50,56a	20,27a	70,84a	39,94a
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	45,50 b	20,02a	65,52a	41,89a
ENCHARCAMENTOS				
E ₀	49,81 b	15,39 b	65,20 b	33,74a
E ₁	36,62 c	19,00ab	55,62 b	46,59a
E ₂	63,56a	26,79a	90,35a	40,42a
E ₃	42,12 bc	19,41ab	61,54 b	42,92a
MÉDIAS	48,03	20,15	68,18	40,92
C.V. (%)	11,76	32,41	13,47	22,86
D.M.S.	7,90	9,10	12,80	-

OBS.: - Os dados originais da variável relação biomassa hipógea/epígea foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x\%}$

- Em cada coluna e para cada fator as médias seguidas da mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

var e interação porém, houve para encharcamento. Na Tabela 11, média dos tratamentos desta variável, verificou-se que as plantas submetidas ao encharcamento E_2 , independente de cultivar, obtiveram maior pêso de raiz, inclusive estatisticamente diferente das testemunhas (E_0). Tal fato se deveu, possivelmente, ao maior investimento de assimilados nas raízes, em função do incremento no crescimento da parte aérea, verificado nessas mesmas plantas, a fim de promover o equilíbrio entre a biomassa epígea e a hipógea. Isso contraria o funcionamento normal do sistema radicular, que em condições satisfatórias de cultivo, estando as plantas na fase de floração, as raízes têm seu crescimento reduzido a fim de que haja maior investimento pelas plantas nas estruturas reprodutivas.

Para a variável biomassa total (Tabela 10), verificou-se a mesma situação dos efeitos significativos que a biomassa hipógea. Na média dos tratamentos desta variável (Tabela 11), verificou-se que as plantas submetidas ao encharcamento E_2 diferiu estatisticamente das demais, sendo 39% mais pesadas que E_0 , ratificando a hipótese de que o encharcamento isolado na fase de floração estimula o crescimento e desenvolvimento das plantas de algodoeiro herbáceo. Verificou-se, ainda na Tabela 11, que a parte aérea sofreu mais que a radicular nas plantas encharcadas apenas na fase de botão floral (E_1), devido, possivelmente, à violência do estresse numa fase ainda jovial das plantas e, também, pelo fato de que, em geral, os órgãos das plantas que mais sofrem, são os mais distantes da fonte do estresse, no caso, o meio edáfico. Observou-se, também que o estresse anoxítico apenas na fase de floração (E_2), apresentou maior biomassa epígea, hipógea e, por consequência, total, devido, provavelmente, ao favorecimento do crescimento vegetativo provocado pelos distúrbios hormonais ocorridos nessa fase, embora não tenham refletido na relação entre o pêso seco da raiz e a parte aérea, quando nenhum fator diferiu estatisticamente.

4.3. Efeito do encharcamento do solo nos componentes da produção e na produção

4.3.1. Capulho

Para as variáveis número^o de capulhos e pêsos médio de capulho por planta, apenas não houve efeito significativo para pêsos médio de capulho, na segunda colheita (Tabela 12).

Para a variável número de capulhos por planta houve efeito significativo, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, para o fator encharcamento na primeira colheita e no total, e ao nível de 5% de probabilidade, para interação cultivar X encharcamento, na segunda colheita. Já para pêsos médio de capulho houve efeito significativo para cultivar e interação, na primeira colheita e, no total, para interação.

Na Tabela 13, o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, revelou que o número médio de capulhos colhidos foi maior nas plantas submetidas ao encharcamento E_2 , independente de cultivar, sendo superior, estatisticamente, 25 e 21% às plantas submetidas aos encharcamentos E_1 e E_3 , respectivamente, quando mensuradas na primeira colheita e 20% no número total colhido, porém, não diferiu estatisticamente de E_0 .

No desdobramento da interação cultivar X encharcamento, para a variável número de capulhos, na segunda colheita (Tabela 14), verificou-se que a diferença ocorreu da cultivar dentro do encharcamento, onde a cultivar CNPA-3H obteve a média de capulhos 60% maior que a CNPA-Precoce 1, no encharcamento E_1 . Este fato permite afirmar que as plantas da cultivar CNPA-3H, submetidas apenas ao encharcamento na fase de botão floral, foram bem mais sensíveis ao estresse anoxítico do que as plantas da cultivar CNPA-Precoce 1, haja visto terem aquelas atrasado a maturação dos frutos, provavelmente, devido à condição imposta, considerando que esta componente de produção apresenta baixa her-

TABELA 12 - Resumo das análises de variância do número médio de capulhos colhidos por planta e o peso médio de capulho por planta (g) na primeira colheita, segunda colheita e total. Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO					
		Nº DE CAPULHOS			PÊSO MÉDIO DE UM CAPULHO		
		1ª COLHEITA	2ª COLHEITA	TOTAL	1ª COLHEITA	2ª COLHEITA	TOTAL
Bloco	3	0,1261 ^{ns}	0,1798 ^{ns}	0,0649 ^{ns}	0,8525 ^{ns}	0,0688 ^{ns}	0,2138 ^{ns}
Cultivar (C)	1	0,0116 ^{ns}	0,6413 ^{ns}	0,2000 ^{ns}	1,7113*	0,2450 ^{ns}	0,3612 ^{ns}
Encharcamento (E)	3	0,9904**	0,3773 ^{ns}	0,8829**	0,1442 ^{ns}	0,5171 ^{ns}	0,2921 ^{ns}
Interação (CXE)	3	0,0661 ^{ns}	0,5997*	0,1971 ^{ns}	1,8621**	0,4742 ^{ns}	1,0521*
Resíduo	21	0,1433	0,1523	0,0868	0,3111	0,5992	0,2587
C.V. (%)		12,28	19,86	8,07	9,92	17,92	9,75

OBS.: - Os dados referentes ao número de capulhos por planta foram transformados em \sqrt{x}

- ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 13 - Média dos tratamentos das variáveis número médio de capulho colhidos por planta, na primeira colheita e total, e peso médio de um capulho por planta (g) na segunda colheita. Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	NÚMERO DE CAPULHOS		PÊSO MÉDIO DE UM CAPULHO
	1ª COLHEITA	TOTAL	2ª COLHEITA
CULTIVARES			
C ₁ (CNPA-3H)	3,10a	3,73a	4,41a
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	3,06a	3,57a	4,23a
ENCHARCAMENTOS			
E ₀	3,34ab	3,76ab	4,24a
E ₁	2,74 c	3,38 b	4,08a
E ₂	3,43a	4,07a	4,29a
E ₃	2,83 bc	3,39 b	4,68a
MÉDIA	3,08	3,65	4,32
C.V. (%)	12,28	8,07	17,92
D.M.S.	0,53	0,41	-

OBS.: - Dados originais da variável número médio de capulhos colhidos por planta foram transformados em \sqrt{x}

- Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas da mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão floral.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

TABELA 14 - Média dos tratamentos considerando os fatores cultivar e encharcamento e sua interação, dos dados da variável número médio de capulhos colhidos por planta, na segunda colheita. Campina Grande, PB, 1987.

CULTIVARES	ENCHARCAMENTOS				MÉDIAS
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
C ₁ (CNPA-3H)	1,74aA	2,50aA	2,37aA	1,83aA	2,11 A
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	1,57aA	1,56a B	1,95aA	2,21aA	1,82 A
MÉDIA	1,65a	2,03a	2,16a	2,02a	

Obs.: - D.M.S. (E.d.C.) = 0,77

D.M.S. (C.d.E.) = 0,57

- Os dados originais foram transformados em \sqrt{X}

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e duas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para coluna (cultivar dentro de encharcamento e sua média) com letras maiúsculas.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão floral.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

dabilidade. Além do mais, verificou-se que na média dos tratamentos da variável peso médio do capulho nesta mesma colheita (Tabela 13), não houve efeito significativo para nenhum fator, indicando que, embora o número de capulhos colhidos fôra estatisticamente diferente, não houve variação no peso.

No desdobramento da interação cultivar X encharcamento para a variável peso médio de capulho, na primeira colheita (Tabela 15), verificou-se que houve diferença da cultivar dentro do encharcamento e suas médias, sendo a cultivar CNPA-Precoce 1 maior 41 e 9% que a cultivar CNPA-3H, no encharcamento E_1 e na média, respectivamente. Na diferença do encharcamento dentro da cultivar, tendo E_1 o fator limitante, as plantas da cultivar CNPA-3H, submetidas a esse tratamento, obtiveram o peso médio de capulho 28% menor que a testemunha (E_0).

Quanto ao desdobramento da interação para o peso médio de capulho no total da colheita (Tabela 16), verificou-se que houve diferença da cultivar dentro do encharcamento e vice versa, sendo, também, em E_1 o fator limitante, confirmando a sensibilidade da cultivar CNPA-3H a esse encharcamento. Para o primeiro caso (cultivar dentro do encharcamento), a cultivar C_2 foi 28% maior que a C_1 e no segundo caso (encharcamento dentro da cultivar), a média entre E_0 e E_3 , da cultivar C_1 , foi 25% maior que em E_1 .

Observou-se ainda, que o valor médio para o peso de capulho obtido para a cultivar CNPA-3H no encharcamento E_1 (4,38g), Tabela 16, é cerca de 10% menor que o valor mínimo (4,8g), para esta cultivar (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária s.d. a). Já a cultivar CNPA-Precoce 1, no mesmo encharcamento, obteve o peso médio (5,62g), 2% maior que o máximo (5,5g), para a cultivar (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária s.d. b), indicando que embora não houvesse efeito interativo do encharcamento dentro da cultivar C_2 , o encharcamento E_1 provocou aumento no peso do capulho dela.

TABELA 15 - Média dos tratamentos considerando os fatores cultivar e encharcamento e sua interação dos dados da variável peso médio de capulho por planta (g), na primeira colheita. Campina Grande, PB, 1987.

CULTIVARES	ENCHARCAMENTOS				MÉDIA
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
C ₁ (CNPA-3H)	5,90aA	4,62 b B	5,48abA	5,58abA	5,39 B
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	5,75aA	6,52a A	5,60a A	5,55a A	5,86A
MÉDIA	5,82a	5,57a	5,54a	5,56a	

OBS.: - D.M.S. (E.d.C.) = 1,1

D.M.S. (C.d.E.) = 0,8

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e suas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para a coluna (cultivar dentro de encharcamento e suas médias), com letras maiúsculas.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão floral.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

TABELA 16 - Média dos tratamentos considerando os fatores cultivares e encharcamento e sua interação dos dados da variável peso médio total de capulho por planta (g). Campina Grande, PB, 1987.

CULTIVARES	ENCHARCAMENTOS				MÉDIA
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
C ₁ - (CNPA-3H)	5,50aA	4,38 b B	5,12abA	5,45aA	5,11A
C ₂ - (CNPA-PRECOCE 1)	5,42aA	5,62a A	5,02a A	5,02aA	5,32A
MÉDIA	5,46a	5,00a	5,17a	5,24a	

OBS.: - D.M.S. (E.d.C.) = 1,0

D.M.S. (C.d.E.) = 0,7

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e suas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para coluna (cultivar dentro de encharcamento e suas médias), com letras maiúsculas.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão floral.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

4.3.2. Pêso de 100 sementes

No resumo das análises de variância para esta variável (Tabela 17), verificou-se que só houve efeito significativo para o fator cultivar, ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, indicando que as condições impostas não afetaram as cultivares estudadas, nesta componente da produção. Na análise das médias dos tratamentos desta variável (Tabela 18), verificou-se que a cultivar CNPA-Precoce 1 obteve média 8% maior que a cultivar CNPA-3H, indicativo de sementes maiores e, provavelmente, mais vigorosas da cultivar C_2 em relação à C_1 .

4.3.3. Produção

4.3.3.1. Algodão em caroço

Na análise de variância da produção média por planta de algodão em caroço (Tabela 17), verificou-se que houve efeito significativo para encharcamento na primeira colheita e no total colhido, bem como para cultivar e a interação cultivar X encharcamento, na segunda colheita.

Na análise das médias dos tratamentos para esta variável (Tabela 18), verificou-se que as plantas submetidas ao encharcamento E_2 e as testemunhas (E_0), não diferiram entre si, sendo estatisticamente diferentes das plantas submetidas aos encharcamentos E_1 e E_3 , tanto na primeira colheita quanto no total colhido, indicando que as plantas submetidas apenas ao encharcamento na fase de floração, independente da cultivar, não foram afetadas na sua produção, inclusive obtendo a média do total colhido 11% maior que a testemunha. Verificou-se, ainda, que no desdobramento da interação cultivar X encharcamento para a segunda colheita (Tabela 19), o efeito da cultivar dentro do encharcamento e sua média ocorreu em E_1 , quando C_1 obteve valor 163% maior que C_2 , refletindo na média geral um valor 39% superior, provavelmente por ser a cultivar C_1 de ciclo longo e, com isso, demorou mais tempo para abrir os capulhos, haja visto que na produção total (Tabela 18), a diferença

TABELA 17 - Resumo das análises de variância do peso de 100 sementes (g), produção média por planta do algodão em caroço (g) na primeira colheita, segunda colheita e total, produção média por planta do algodão em pluma (g) e precocidade (%). Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO					
		PÊSO DE 100 SEMENTES	ALGODÃO EM CAROÇO			ALGODÃO EM PLUMA	PRECOCIDADE
			1ª COLHEITA	2ª COLHEITA	TOTAL		
Blocos	3	0,3136 ^{ns}	339,64 [*]	60,62 ^{ns}	202,04 ^{ns}	45,72 ^{ns}	89,12 ^{ns}
Cultivar (C)	1	6,9378 ^{**}	55,52 ^{ns}	250,60 [*]	84,66 ^{ns}	12,56 ^{ns}	242,55 [*]
Encharcamento (E)	3	1,2886 ^{ns}	1.649,60 ^{**}	93,63 ^{ns}	1.597,93 ^{**}	271,22 ^{**}	192,53 ^{**}
Interação (CXE)	3	0,8595 ^{ns}	126,71 ^{ns}	144,62 ^{**}	48,28 ^{ns}	9,89 ^{ns}	190,21 ^{**}
Resíduo	21	0,4506	69,84	34,72	74,87	16,16	30,91
C.V. (%)		5,82	15,86	34,02	12,39	14,89	9,20

OBS.: - Os dados originais de precocidade foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{\frac{x}{x}}$

- ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 18 - Médias dos tratamentos das variáveis peso de 100 sementes (g), produção média por planta do algodão em caroço (g) na primeira colheita e total e produção média por planta do algodão em pluma (g). Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	PÊSO DE 100 SEMENTES (g)	PRODUÇÃO DO ALGODÃO EM CAROCO (g)		PRODUÇÃO ALGODÃO EM PLUMA (g)
		1ª COLHEITA	TOTAL	
CULTIVARES				
C ₁ (CNPA-3H)	11,06 b	51,37a	71,49a	27,62a
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	11,99a	54,00a	68,23a	26,37a
ENCHARCAMENTOS				
E ₀	11,80a	64,91a	77,51a	30,39a
E ₁	11,31a	39,32 b	56,16 b	21,52 b
E ₂	11,08a	65,29a	85,82a	33,42a
E ₃	11,92a	41,21 b	59,96 b	22,64 b
MÉDIA	11,53	52,70	69,86	27,00
C.V. (%)	5,82	15,86	12,39	14,89
D.M.S.	-	11,67	12,08	5,61

OBS.: - Em cada coluna e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra minúscula não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.
- E₁ - Encharcamento na fase de botão.
- E₂ - Encharcamento na fase de floração.
- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

TABELA 19 - Média dos tratamentos considerando os fatores cultivar e encharcamento e sua interação dos dados da variável e produção média por planta de algodão em caroço (g) na segunda colheita. Campina Grande, PB, 1987.

CULTIVARES	ENCHARCAMENTOS				MÉDIA
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
C ₁ (CNPA-3H)	13,96aA	25,30aA	24,68aA	16,54aA	20,12 A
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	11,14aA	9,61a B	16,39aA	20,95aA	14,52 B
MÉDIA	12,55a	17,46a	20,53a	18,74a	

OBS.: - D.M.S. (E.d.C.) = 11,64

D.M.S. (C.d.E.) = 8,66

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e suas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para colu na (cultivar dentro do encharcamento e suas médias), com letras maiúsculas.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão floral.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

foi de 5% a mais de C_1 para C_2 , sem diferir estatisticamente.

4.3.3.2. Algodão em pluma

Para a análise de variância do algodão em pluma (Tabela 17), verificou-se que só houve efeito significativo para o fator encharcamento. Na análise das médias dos tratamentos para esta variável (Tabela 18), verificou-se resultados semelhantes aos observados para a produção de algodão em caroço ou seja: E_0 e E_2 iguais estatisticamente e diferindo de E_1 e E_3 , caracterizando, mais uma vez, que o encharcamento isolado na fase de floração não prejudicou a produção de algodão, sendo, para esta variável, a média de produção das plantas submetidas a E_2 , independente de cultivar, 10% maior que a testemunha, embora sem diferir estatisticamente.

4.4. Efeito do encharcamento do solo em outras características agrônômicas e tecnológicas de fibra

4.4.1. Precocidade

No resumo das análises de variância para a variável precocidade (Tabela 17), verificou-se que houve diferença significativa entre as cultivares, encharcamentos e na interação cultivar X encharcamento, indicando que as cultivares, diferentes em hábito de crescimento, foram afetadas diferencialmente pelas condições impostas.

No desdobramento da interação cultivar X encharcamento, para esta variável (Tabela 20), verificou-se que a cultivar C_2 foi mais precoce que a C_1 , independente de encharcamento, 9,5% e, no efeito da cultivar dentro do encharcamento, a precocidade de C_2 foi 39% maior que a de C_1 , quando submetidas ao encharcamento E_1 . Para o efeito do encharcamento dentro da cultivar, verificou-se que a precocidade das plantas testemunhas da cultivar CNPA-3H diferiu estatisticamente das plantas submetidas ao encharcamento E_1 , indicando que a precocidade da cultivar CNPA-3H só foi afetada com o encharcamento isolado na fase de bo-

TABELA 20 - Média dos tratamentos considerando os fatores cultivares e encharcamentos e sua interação dos dados da variável precocidade (%). Campina Grande, PB, 1987.

CULTIVARES	ENCHARCAMENTOS				MÉDIA
	E ₀	E ₁	E ₂	E ₃	
C ₁ (CNPA-3H)	67,2a A	48,5 b B	58,2abA	57,1abA	57,7 B
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	67,0a A	67,6a A	64,0abA	54,3 ba	63,2A
MÉDIA	67,0a	58,0 b	61,1ab	55,7 b	

OBS.: - D.M.S. (E.) = 7,76

D.M.S. (E.d.C.) = 10,98

D.M.S. (C.d.E.) = 8,17

- Os dados originais foram transformados em $\text{arc sen } \sqrt{x\%}$

- Em cada linha (encharcamento dentro de cultivares e suas médias), médias seguidas por letras minúsculas iguais não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade. O mesmo ocorre para coluna (cultivar dentro do encharcamento e suas médias) com letras maiúsculas.

- E₀ - Testemunha.

- E₁ - Encharcamento na fase de botão floral.

- E₂ - Encharcamento na fase de floração.

- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

tão floral. Para a cultivar CNPA-Precoce 1, a precocidade foi afetada quando as plantas foram submetidas aos encharcamentos na fases de botão floral e de floração (E_3), caracterizando, provavelmente, uma diferença genética entre as cultivares estudadas. Independente da cultivar, a precocidade das plantas foi reduzida quando submetidas aos encharcamentos E_1 e E_3 .

Além disso, verificou-se que a cultivar CNPA-Precoce 1 apresentou, independente das condições de umidade do solo, raízes secundárias e terciárias bem mais superficiais que a CNPA-3H, conforme pode ser observado na Figura 5a,b. Como estas raízes são responsáveis pela absorção da água, nutrientes e do oxigênio molecular dissolvido no solo, e a principal via de entrada do oxigênio molecular no solo é por difusão (Grable, 1966), quando o solo começou a secar (após a abertura dos drenos depois dos encharcamentos), as primeiras camadas receberam logo o oxigênio da atmosfera e, assim, a CNPA-Precoce 1 pode ter sido beneficiada em função da superficialidade das suas raízes. Essa diferença, que inclusive foi estatisticamente significativa para o fator cultivar, deve ser de cunho genético pois, conforme salienta Russell (1977), ocorrem diferenças varietais nas espécies cultivadas como o milho (*Zea mays* L.), arroz, feijão, soja (*Glicine max* (L.) Merr) e outras.

Tais resultados revestem-se de importância prática para o cultivo do algodoeiro irrigado, indicando que o uso de uma cultivar de hábito de crescimento indeterminado como a CNPA-3H, e a maioria das cultivares disponíveis atualmente, um manejo inadequado de água, levando a efeitos anoxíticos na fase de botão floral, poderá ampliar o período vegetativo da cultura, reduzindo a precocidade, e, com isso, a cultura passará mais tempo no campo exposta às pragas e outros fatores negativos que possam ocorrer.

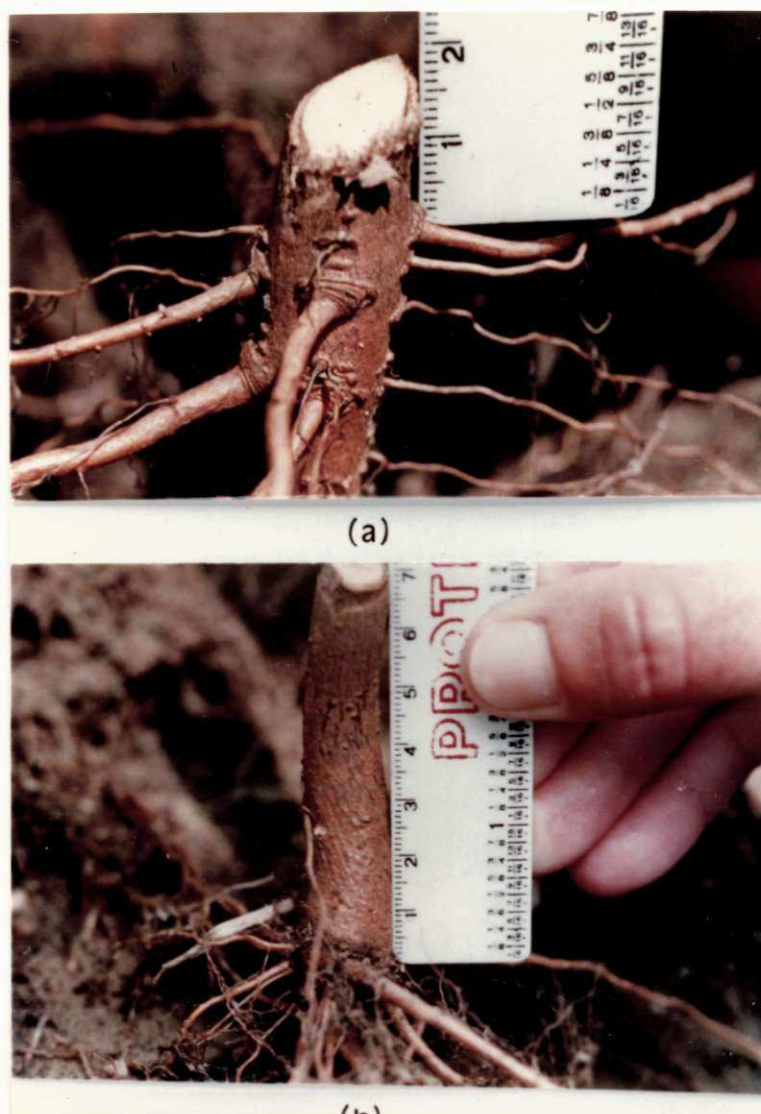


FIGURA 5 - Detalhes de iniciação das raízes secundárias do algodoeiro herbáceo. (a) cultivar CNPA-Precoce 1: raízes bem próximas do colo; (b) cultivar CNPA-3H: raízes bem mais afastadas do colo.

4.4.2. Percentagem de fibra

No resumo das análises de variância da variável percentagem de fibra (Tabela 21), verificou-se que não houve diferença significativa pelo teste F, sendo confirmado pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade, quando da análise das médias (Tabela 22). Entretanto, verificou-se que os valores médios obtidos para cultivares, independentes do encharcamento, foram 1,5 e 10% maiores que os va

TABELA 21 - Resumo das análises de variância das variáveis percentagem de fibra (%), resistência (Lb/mg), uniformidade (SL 50/SL 2,5%), finura (índice Micronaire) e comprimento da fibra SL 2,5% (mm). Campina Grande, PB, 1987.

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	QUADRADO MÉDIO				
		% DE FIBRA	RESISTÊNCIA	UNIFORMIDADE	FINURA	COMPRIMENTO
Blocos	3	6,85 ^{ns}	0,0278 ^{ns}	6,22 ^{ns}	0,1692 ^{ns}	1,57 ^{ns}
Cultivar (C)	1	0,34 ^{ns}	0,1128 ^{ns}	27,75 ^{**}	2,7612 ^{**}	8,51 [*]
Encharcamento (E)	3	3,88 ^{ns}	0,0386 ^{ns}	3,56 ^{ns}	0,8083 ^{**}	8,06 [*]
Interação (CXE)	3	1,07 ^{ns}	0,1187 ^{ns}	1,28 ^{ns}	0,3146 ^{ns}	1,16 ^{ns}
Resíduo	21	3,86	0,2719	3,03	0,1563	1,81
C.V. (%)		5,11	7,28	3,07	9,36	4,59

OBS.: - ns - não significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- * - significativo ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F.

- ** - significativo ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F.

TABELA 22 - Média dos tratamentos das percentagens de fibra (%), resistência (Lb/mg), uniformidade (SL 50/SL 2,5%), finura (índice Micronaire) e comprimento de fibra SL 2,5% (mm). Campina Grande, PB, 1987.

FATORES	% DE FIBRA	RESISTÊNCIA	UNIFORMIDADE	FINURA	COMPRIMENTO
CULTIVARES					
C ₁ (CNPA-3H)	38,36a	7,10a	57,58a	4,52a	28,79 b
C ₂ (CNPA-PRECOCE 1)	38,56a	7,22a	55,72 b	3,93 b	29,82a
ENCHARCAMENTOS					
E ₀	39,08a	7,11a	56,71a	4,34ab	28,31 b
E ₁	38,31a	7,09a	57,55a	3,76 b	29,41ab
E ₂	38,91a	7,21a	56,00a	4,49a	28,84 b
E ₃	37,54a	7,22a	56,34a	4,31ab	30,56a
MÉDIA	38,46	7,16	56,65	4,22	29,30
C.V. (%)	5,11	7,28	3,07	9,36	4,59
D.M.S.	-	-	-	0,60	1,90

OBS.: - Em cada linha e para cada fator, as médias seguidas de mesma letra não diferem entre si pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade.

- E₀ - Testemunha.
- E₁ - Encharcamento na fase de botão.
- E₂ - Encharcamento na fase de floração.
- E₃ - Encharcamento nas fases de botão e floração.

lores médios obtidos para C_1 e C_2 , respectivamente, observados em condições de sequeiro. Notou-se, ainda, que a menor percentagem de fibra ocorreu em E_3 (37,54%) independente da cultivar, mesmo assim, próximo ao percentual médio da CNPA-3H e 7% maior que o obtido para a CNPA-Precoce 1 (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária s.d. a,b).

4.4.3. Resistência de fibra

Da mesma maneira que a percentagem de fibra, não houve efeito significativo para a resistência (Tabela 21). Para as médias dos tratamentos desta variável (Tabela 22), verificou-se que as cultivares, independente de encharcamento, mesmo não diferindo estatisticamente, obtiveram médias 5,6 e 3,9% menores que as observadas respectivamente, para a CNPA-3H e CNPA-Precoce 1, em condições de sequeiro, tendo ocorrido em E_1 a menor média (7,09 Lb/mg), fato que, provavelmente, induziu a redução da média geral das cultivares, além de ser um indicativo que o encharcamento isolado na fase de botão floral pode diminuir a resistência da fibra.

4.4.4. Uniformidade de fibra

No resumo das análises de variância para esta variável (Tabela 21), verificou-se que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, apenas para o fator cultivar. Na Tabela 22, médias dos tratamentos, verificou-se que a uniformidade da cultivar C_1 foi 3% maior que a C_2 e, também, 3% maior que a uniformidade máxima obtida para a CNPA-3H por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (s.d.)a. Quanto à CNPA-Precoce 1, embora com a uniformidade estatisticamente menor que a CNPA-3H, obteve média 6% maior que o valor obtido por Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (s.d.)b, para esta mesma cultivar em condições de sequeiro.

4.4.5. Finura de fibra

Para a variável finura de fibra (Tabela 21), verifi

cou-se que houve diferença significativa ao nível de 1% de probabilidade pelo teste F, tanto para a cultivar quanto para encharcamento. Com a análise das médias dos tratamentos pelo teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade (Tabela 22), verificou-se que a cultivar CNPA-3H produziu fibra 15% mais grossas que a CNPA-Precoce 1 e que as plantas submetidas ao encharcamento E_2 , independente de cultivar, produziram fibras 19% mais grossas que as submetidas em E_1 . Verificou-se, ainda, que a média de finura da cultivar CNPA-3H (4,52% IM), está muito próximo do valor médio para esta cultivar em condições de sequeiro (4,5 IM), ao passo que a média da CNPA-Precoce 1 (3,93 IM) é 12% menor que o valor obtido, também em sequeiro (4,4 IM), indicando que esta cultivar, em regime de irrigação, pode produzir mais finas.

4.4.6. Comprimento de fibra

O comprimento de fibra foi estatisticamente diferente, ao nível de 5% de probabilidade pelo teste F, tanto para o fator cultivar quanto para encharcamento (Tabela 21). Na Tabela 22, verificou-se que, ao contrário da finura de fibra, quando houve superioridade numérica da cultivar CNPA-3H, a CNPA-Precoce 1 obteve comprimento de fibra 3,6% maior que a CNPA-3H, independente do encharcamento, bem como as plantas que foram submetidas aos encharcamentos nas fases de botão floral e de floração (E_3), independente de cultivar, obtiveram comprimento de fibra 8% maior que as testemunhas (E_0), indicando que esse tratamento, provavelmente, induz ao aumento do comprimento da fibra.

4.5. Considerações práticas do estudo

A constatação dos problemas de manejo de água que ocorrem a nível de produtor (Figura 6), pode interferir negativamente não somente no rendimento a ser obtido de algodão em caroço, como também na precocidade da cultura.

O encharcamento na fase de botão floral, mesmo por curto período de tempo (120 horas), pode levar a cultura a um "strain" plástico, devido a deficiência de oxigênio (efeito direto) e suas consequências (efeitos indiretos) tais como a modificação do pH, disponibilidade de nutrientes e maior solubilidade de elementos do solo, capazes de atingirem níveis tóxicos, e desequilíbrio hormonal das plantas, acarretando reflexos na produtividade.



Figura 6 - Detalhe de uma irrigação por sulco, com nível inadequado de condução. Seridô da Paraíba, 1987.

O aumento do período vegetativo constatado quando do encharcamento no estágio esporofítico previlhar, condicionou às plantas do algodoeiro, cultivar precoce, à redu

ção da precocidade, o que significa, a nível prático, um aumento no ciclo. Este incremento, suprime do genótipo de curta duração, como a CNPA-Precoce 1, sua condição de resistência, por escape, ao bicudo (*Anthonomus grandis*, Boheman), haja visto que nas condições ecológicas do Nordeste brasileiro, este hexapoda completa seu ciclo (ôvo e adulto em condições de reprodução) em cerca de 20 dias. Considerando que o bicudo, em função da fonte alimentar e condições de ambiente, pode aumentar a sua população de 2 a 40 vezes por geração (Walker Junior & Niles, 1971), qualquer aumento no ciclo do algodoeiro poderá, não somente elevar o custo da produção, mas até, inviabilizar o cultivo desta fibrosa pois, com populações elevadas e níveis de dano acima de 70% (segundo Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária, 1985 o nível de combate é de 10%), poderá tornar sem efeito o uso de inseticidas, meio mais eficiente e até eficaz de controle do inseto.

Além disso, dependendo do estágio de crescimento quando o estresse anoxítico for aplicado (fase de botão floral e/ou floração) e da cultivar (crescimento determinado ou indeterminado), o rendimento da cultura poderá ser reduzido em níveis significativos.

Na Figura 6, pode-se observar que as plantas inundadas são menores, apresentando características de distúrbios nutricionais e outros aspectos, que poderão levar as plantas ao aumento do ciclo (redução da precocidade) e redução da produtividade. É necessário salientar que, infelizmente, boa parte das áreas de cultivo do algodoeiro em condições irrigadas que ora são iniciadas no Nordeste, onde as condições são favoráveis para obtenção de altos rendimentos e tipo superior de fibra, caso haja aplicação adequada e equilíbrio dos fatores de produção (manejo e qualidade da água, adubação, controle de pragas e plantas daninhas, entre outras), não têm um bom acompanhamento técnico, e assim, as leis mesológicas fundamentais (mínimo e holocenotismo ambiental) não são satisfeitas e com isso, os

rendimentos são baixos (900 a 1.500 Kg/ha), em relação aos esperados.

Recomenda-se que estudos de campo e, ainda, em casa de vegetação sejam desenvolvidos, inclusive envolvendo outras cultivares, como a CNPA Acala 1, de fibra longa, com aplicação de estresses anoxítico no meio edáfico em vários estágios de crescimento e estádios de desenvolvimento, e variações na duração e períodos de encharcamento, e as combinações entre estes fatores. Além disso, pode-se incluir níveis de adubação, espaçamentos, configurações de plantio, manejo de água, etc.

Com relação ao encharcamento do solo nas fases de plenitude morfológicas, como o início de floração, onde não foram verificados efeitos depressivos no rendimento, sugere-se estudos de lavagem intermitente do solo quando salinos ou alcalinos com o uso do algodoeiro herbáceo, por ser o algodão tolerante à salinidade, ter ciclo rápido e retorno assegurado de investimento caso seja bem manejado.

5. CONCLUSÕES

1. O algodoeiro herbáceo, cultivares CNPA-3H e CNPA-Precoce 1, é sensível ao encharcamento do solo na fase de botão floral;
2. O encharcamento do solo na fase de botão floral, independente de cultivar, reduziu significativamente a área foliar, biomassa epígea e as produções de algodão em caroço e em pluma;
3. O encharcamento do solo tanto na fase de botão floral quanto de floração, induziu ao amarelecimento precoce das folhas cotiledonares e ao surgimento de raízes adventícias na região do colo;
4. O encharcamento do solo na fase de floração, independente de cultivar, aumentou significativamente a altura da plantas e as biomassas epígea, hipógea e total;
5. O encharcamento do solo nas fases de botão floral e de floração, independente de cultivar, reduziu significativamente as produções de algodão em caroço e em pluma, porém aumentou o comprimento da fibra; e
6. A precocidade da cultivar CNPA-3H foi reduzida significativamente com o encharcamento do solo na fase de botão floral, a da CNPA-Precoce 1, com o encharcamento na fase de floração e, independente de cultivar, a precocidade foi reduzida significativamente tanto no encharcamento do solo na fase de botão floral quanto nas fases de botão floral e de floração.

6. LITERATURA CITADA

- * ALBERT, W.B. & ARMSTRONG, G.M. Effects of high soil moisture and lack of soil aeration upon fruiting behaviour of young cotton plants. *Plant. Physiol.*, Bethesda, 65 : 585-91, 1931.
- * AMOORE, J.E. Dependence of mitosis and respiration in roots upon oxygen tension. *Proc. Roy. Soc. Ser. B.*, 154 :190-140, 1961.
- ARMSTRONG, W. A re-examination of the functional significance of aerenchyma. *Physiol. Plant.*, 27:173-177, 1972.
- BERNARDO, Selassier. *Manual de irrigação* 3ª ed. Viçosa, UFV, Impr. Univ. 1984. 463p.
- * BHARAMBE, P.R. & VARADE, S.B. Effect of water submergence periods on yield and biochemical changes of cotton plant. *Indian J. Agric. Sci.*, 53 (3):179-181, 1983.
- * BOLTON, E.F. & ERICKSON, A.E. Ethanol concentration in tomato plants during soil flooding. *Agron. J.*, 62:220 - 9, 1970.
- * BRADFORD, K.J. & YANG, S.F. Xylem transport of 1 - aminocyclopropane - 1 - carboxylic acid, an ethylene precursor, in waterlogged tomato plants. *Plant. Physiol.*, 65: 322-6, 1980.
- * BRADY, N.C. *Natureza e propriedades dos solos*. Tradução de NEIVA FIGUEIREDO Fº, A.B. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1983, 647p.
- * BROWN, H.B. *Cotton*. 2. ed. New York, McGraw-Hill, 1938, 592p.
- * BRUYN, L.P. de. The effect of over-irrigation on the growth and production of *Gossypium hirsutum*. *Irrig. Sci.*, 3:177-184, 1982.

- * BURROWS, W.J. & CARR, D.J. Effects of flooding the root system of sunflower plants on the cytokinin content in the xylem sap. *Physiol. Plant.*, 22 : 1105-1112, 1969.
- CHAN, K.Y. Waterlogging causes low cotton yields. *Agric. Gazett New South Wales Narrabu, Austrália*, 91 (5): 44-5, 1980.
- CONSTABLE, G.A. & RAWSON, H.M. Carbon production and utilization in cotton: Inferences from a carbon budget. *Aust. J. Plant. Physiol.*, 7:539-553, 1980a.
- CONSTABLE, G.A. & RAWSON, H.M. Photosynthesis, respiration and transpiration of cotton fruit. *Photosynthetica*, 14 (4):557-563, 1980b.
- DAKER, Alberto. Irrigação e drenagem, *A água na agricultura*, 3º vol., 6. ed. rev. e ampl. Rio de Janeiro, Freitas Bastos, 1984, 543p.
- DREW, M.C. Plant responses to anaerobic conditions in soil and solution culture. *Cum. Adv. Plant. Sci.* 36 : 1-52, 1979.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande. *Relatório técnico anual do Centro Nacional de Pesquisa do Algodão*, 1983. Campina Grande, 1985. 376p.
- EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande. *Cultura do algodoeiro em áreas infestadas pelo bicudo (Anthonomus grandis, Boheman)*. Campina Grande, 1985. 17p. (EMBRAPA-CNPA. Circular Técnico, 11).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Unidade de Execução de Pesquisa de Âmbito Estadual de Teresina. **CNPA-3H; Nova cultivar de algodão herbáceo para o Nordeste**. Teresina, UEPAE/Teresina/EMBRAPA - CNPA, s.d. (a), n.p. (Folder).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa do Algodão, Campina Grande, PB. **A cultivar de algodão CNPA-Precoce 1**. Campina Grande. s.

d. (b), n.p. (Folder)

- EPSTAIN, E. **Nutrição mineral das plantas, Princípios e perspectiva.** Tradução de MALAVOLTA, E. Piracicaba, SP. Editora Universidade de São Paulo, 1975. 341p.
- * FISHER, R.A. & HAGAN, R.M. Plant water relations. Irrigation management and crop yield. *Exp. Agric.* 1 : 101-117, 1965.
- FULTON, J.M.; ERICKSON, A.E. & TALBERT, N.E. Distribution of C^{14} among metabolites of flooded and aerobically grown tomato plants. *Agron. J.*, 56 : 527-529, 1964.
- GALSTON, A.W. & DAVIS, P.J. **Mecanismos de controle no desenvolvimento vegetal.** Tradução de MEGURO, M. São Paulo, SP. Editora Edgard Blucher Ltda. 1972. p.37-50.
- GLINSKI, J. & STEPNIEWSKI, W. **Soil aeration and its role for plants.** Flórida, USA, CRC Press, Inc. 1985. p. 137-171.
- GRABLE, A.R. Soil aeration and plant growth. *Adv.Agron.* 18 : 57-106, 1966.
- HACK, H.R.B. Emergence of crops in clay soils of the Central Sudan rainlands in relation to soil water and air-filled pore space. *Experimental Agric.*, 6 (4) : 287-302, 1970.
- * HEARN, A.B. Response of cotton to water and nitrogen in tropical environment. I. Frequency of Watering and method of application of nitrogen. *J. Agric. Sci.*, 84 : 407-417, 1975.
- HILLEL, D. **Introduction to soil Physics.** Acad. Pres. Inc. Orlando, Flórida, USA, 1982. 364p.
- HODGSON, A.E. The effects of duration, timing and chemical amelioration of short-term waterlogging during furrow irrigation of cotton in a cracking grey clay. *Aust. J. Agric. Res.*, 33 : 1019-1028, 1982.
- * HOLDER, C.B. & BROWN, K.W. The relationship between oxy

gen and water uptake by roots of intact bean plants. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 44 : 21-25, 1980.

HOZUMI, K.; KOYAMA, H. & KIRA, T. Intraspecific competition among higher plants. IV. A preliminary secount on the interaction between adjacent individuals. *J. Inst. Plytech.*, 6: 121-30, 1955.

* HUCK, M.G. Variation in taproot elongation rate as influenced by composition of the soil air. *Agron. J.*, 62 : 818-28, 1970.

* JACKSON, W.T. The relative importance of factors causing injuries to shoots of flooded tomato plants. *Am. J. Bot.*, 43 : 637-639, 1956.

JORGE, J.A. Solo. Manejo e adubação. São Paulo, SP. Edições Melhoramento. 1969. p.71-76.

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

LAING, H.E. Respiration of the rhisomes ^Nos Nuphar advenum and other water plants. *Amer. J. Botany.*, 27: 574-581, 1940.

* LETEY, J.; LUNT, O.R.; STOLZY, L.H.; SZUSZKIEWICZ, T.E. Plant growth, water use and nutritional response to rhizosphere differentials of oxygen concentration. *Soil Sci. Soc. Proc.*, 25 : 183-186, 1961.

LEVITT, J. Responses of plants to environmental stresses. New York, U.S.A. Academic Press. 1972. p.531-534.

McMANMON, M. & CRAWFORD, R.M.M. A metabolic theory of flooding tolerance: the significance of enzyme distribution and behaviour. *New Phytol.* (1971) 70, 229-306.

* MEEK, B.D.; OWEN-BERTLETT, E.C.; STOLZY, L.H. & LABANAUSKAS, C.K. Cotton yield and nutrient uptake in relation to water table depth. *Soil. Sci. Soc. Am. J.*, 44: 301-5, 1980.

MUTSAERS, H.J.W. Growth and assimilate conversion of

- cotton bolls (*Gossypium hirsutum* L.) 1. Growth of fruits and substrate demand. *Ann. Bot.*, 40:301-315, 1976.
- PERKINS JUNIOR, H.H.; ETHRIDGE, D.E. & BRAGG, C.K. *Fiber. In. KOHEL, R.J. & LEWIS, C.F. Cotton. Madson, Wisconsin, ASA, 1984. p.437-509.*
- PIMENTEL GOMES, F. *Curso de estatística experimental. Piracicaba, Nobel, 1982. 430p.*
- PONNAMPERUMA, F.N. Dynamic aspects of flooded soils and the nutrition of the rice plant. *Proc. Symposium Mineral Nutrition of the Rice Plant., 1964 : 295-328, 1965.*
- PONNAMPERUMA; MARTINEZ, E. & LOY, T. Influence of redox potential and partial pressure of carbon dioxide on pH values and the suspension effects of flooded soils. *Soil. Sci.*, 101(6) : 421-431, 1966.
- _____ ; TIANCO, E.M. & LOY, T. Redox equilibria in flooded soils: I. the iron hydroxide systems. *Soil. Sci.*, 103(6) : 374-382, 1967.
- _____. The chemistry of submerged soils. *Adv. Agron.*, 24 : 29-95, 1972.
- * PRIMAVESI, A. *A agricultura em regiões tropicais. O manejo ecológico do solo. São Paulo, Nobel, 1982, p.46-85.*
- * RAO, G.R.; SHINDE, J.S.; KADAM, D.M, & VARADE, S.B. Phenoclimatological study of rainfed cotton crop. *Int. J. Ecol. Environ. Sci.*, 4 : 7-13, 1978.
- RAY, N. & KHADDAR, V.K. Formations of adventitious and floating roots in cottons under waterlogged condition. *Current Sci.*, 52 (17) : 826-8, 1983.
- RICHARDS, L.A. Pressure-membrane apparatus construction and use. *Agron. Eng.*, [s. 1], 28 : 451-4, 1941.
- REICHARDT, K. *Processos de transferência no sistema solo-planta-atmosfera. 4. ed. rev. e ampliada. Campinas, Fundação Cargill, 1985. 466p.*

- REICOSKY, D.C.; MEYER, W.S.; SCHAEFER, N.L. & SIDES, R.D. Cotton response to short-term waterlogging imposed with a water-table gradient facility. *Agricultural Water Maneg.*, 10 (1985) : 127-143.
- RUSSELL, R.S. *Plant root systems: Their function and interaction with the soil.* London. McGraw-Hill. 1977. 298p.
- SANTOS, E.O. dos; SANTANA, J.C.F. de; MEDEIROS, L.C. & COSTA, J.N. da. Nova cultivar de algodoeiro herbáceo para o Nordeste - 3H. In: Reunião Nacional do Algodão, 4.; Belém, PA. 1986. *Resumos dos Trabalhos.* Campina Grande, EMBRAPA - CNPA/SAGRI-PA, 1986. p.73.
- SCOTT, A.D. & EVANS, D.D. Dissolved oxygen in saturated soil. *Proc. Soil. Sci. Soc. of Am.*, 19 (1) : 7-12, 1955.
- SMITH, K.A. & RESTALL, S.W.F. The occurrence of ethylene in anaerobic soil. *J. Soil. Sci.*, 22 : 430-443, 1971.
- * STOCKTON, J.; DONEEN, L.D. & WALHOOD, V.T. Boll shedding and growth of the cotton plant in relation to irrigation frequency. *Agron. J., Madison*, 53(4) : 272-5, 1961.
- * TACKETT, J.L. & PEARSON, R.W. Oxygen requirements of cotton seedling roots for penetration of compacted soil cores. *Soil. Sci. Soc. Proc.*, 28(5) : 600-5, 1964.
- TURNER, F.T. & PATRICK JUNIOR, W_m.H. Chemical changes in waterlogged soils as a result of oxygen depletion. In: *Congress Soil. Sci., Trans.*, 9, Adhelaide, Austria, 1968. p.53-65.
- WADDINGTON, D.V. & BAKER, J.H. Influence of soil aeration on the growth and chemical composition of three grass species. *Agron. J.*, 57 : 253-7, 1965.
- WALKER JUNIOR, J.K. & NILES, G.A. *Populations dynamics of the boll weevil and modified cotton types.* s.l., s. ed., 1971. 14p. (Tex. Agric. Exp. Stn. Bull., 1109).
- * WAREING, P.F. & PHILLIPS, I.D.J. *Growth and differentiation in plants.* 3. ed., Oxford, England, Pergamon

Press., 1981., p.142.

- WENDT, C.W. Use of relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton, (*Gossypium hirsutum* L.), Castors (*Ricinus communis* L.) and sorghum (*Shorghum vulgare* L.). *Agron. J.*, 59 : 484-6, 1967. *Sorghum*
- WERKMAN, C.H. & SCHLENK, F. Anaerobic dissimulation of carbohydrates. In: WERKMAN, C.H. & WILSON, P.W. (eds.). *Bacterial Physiology*. New York. Academic Press. 1951.p. 281-324.
- WIEDENROTH, E.M. Relations between photosynthesis and root metabolism of cereal seedlings influenced by root anaerobiosis. *Phytosynthetica*, 15 : 575-9, 1981.
- WILLEY, C.R. Effects of short periods of anaerobic and near-anaerobic conditions on water uptake by tobacco roots. *Agron. J.*, 62 : 224-9, 1970.
- WILLIAMSON, R.E. & KRIZ, G.J. Response of agricultural crops to flooding depth of water table and soil gaseous composition. *Transactions of the ASAE.*, 13 : 216-220, 1970.
- WILLIAMS, W.T. & BARBER, D.A. The functional significance of aerenchyma in plants. *S.E.B. Symposium*. 15 : 132-144 1961-