

VARIACÕES NOS PARÂMETROS FISIOLÓGICOS E DE PRODUÇÃO EM CULTIVARES DE AMENDOIM (Arachis hypogaea L.) SOB DIFERENTES REGIMES HÍDRICOS

ILDEU FERREIRA DOS SANTOS

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO
DE PÓS-GRADUAÇÃO EM IRRIGAÇÃO E DRENAGEM, COMO
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO
GRAU DE MESTRE

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - 1989

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

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

Ildeu Ferreira dos Santos

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 05/Dezembro/1989

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

Moisés Custódio Saraiva Leão, Ph.D.
Conselheiro

Francisco José Alves Fernandes Távora, Ph.D.
Conselheiro

A minha mãe,
a memória do meu pai,
pelos sacrifícios em prol
da minha formação.

DEDICO

AGRADECIMENTOS

À Empresa de Assistência Técnica e Extensão Rural da Bahia - EMATER-BA, pela oportunidade de realização deste curso.

Ao Professor Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, pelas orientações precisas durante a elaboração desta dissertação.

Aos Professores Moisés Custódio Saraiva Leão e Francisco José Alves Fernandes Távora, pelo apoio e valiosas sugestões.

Ao Professor Luis Carlos Uchôa Saunders, pela atenciosa prestação de orientações durante o curso.

Ao Engenheiro Agrônomo Ivan Martins de Albuquerque e à Laboratorista Maria das Graças Cruz Pereira, pela grande colaboração nas coletas, análises estatísticas e análises de laboratório.

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas-DNOCS, e em especial aos funcionários da Fazenda Experimental do Projeto de Irrigação Curú - Paraipaba, pelo apoio durante a condução do experimento de campo.

Ao Convênio PRONI/CNPq, pela concessão de bolsa de estudo.

Aos colegas do Curso de Mestrado, pela convivência saudável e compreensão nas horas difíceis.

SUMÁRIO

	Página
<u>LISTA DE ILUSTRAÇÕES</u>	vii
<u>LISTA DE TABELAS</u>	ix
<u>ABREVIATURAS</u>	xii
<u>RESUMO</u>	xiii
<u>ABSTRACT</u>	xiv
1 - <u>INTRODUÇÃO</u>	1
2 - <u>REVISÃO DA LITERATURA</u>	4
2.1 - <u>Respostas Fisiológicas e de Produção ao Estresse Hídrico</u>	4
2.2 - <u>Respostas da Cultura do Amendoim ao Estresse Hídrico</u>	10
3 - <u>MATERIAL E MÉTODOS</u>	15
3.1 - <u>Caracterização do Local do Experimento</u>	15
3.2 - <u>Condições de Cultivo</u>	17
3.3 - <u>Determinações Químico-Físico-Hídricas do solo</u>	24
3.4 - <u>Determinação das Taxas de Transpiração Adaxial, Abaxial e Total</u>	25
3.5 - <u>Determinação dos Teores de Clorofila a, b e Total</u>	28
3.6 - <u>Determinação do Teor de Lipídios Totais</u>	29
3.7 - <u>Determinação das Produtividades Biológica e Agrícola</u>	30
3.7.1 - Determinação da área foliar e do número de folhas por planta	30
3.7.2 - Determinação do peso seco da parte aérea ..	30
3.7.3 - Determinação dos parâmetros de produção da cultura	30
4 - <u>RESULTADOS E DISCUSSÃO</u>	32
4.1 - <u>Lâmina de Água Aplicada</u>	32
4.2 - <u>Transpiração</u>	33

	Página
4.3 - <u>Clorofilas a, b e Total</u>	42
4.4 - <u>Lipídios</u>	46
4.5 - <u>Produtividades Biológica e Agrícola</u>	46
4.5.1 - Área foliar total e número de folhas por planta	46
4.5.2 - Peso seco da parte aérea	52
4.5.3 - Ramificação lateral	54
4.5.4 - Produção de flores	57
4.5.5 - Eficiência reprodutiva e relação peso seco das sementes/peso seco total das vagens ...	62
4.5.6 - Produção de vagens	66
5 - <u>CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES</u>	72
6 - <u>REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS</u>	74

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA	Página
1 Esquema do experimento de campo	19
2 Detalhes da área sob o regime hídrico L_1 ...	20
3 Curva característica da água do solo da área experimental. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	26
4 Quantidades de água transpirada pelas cultivares de amendoim Tatu(A) e PI 165-317 (B), submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	34
5 Quantidades de água transpirada pela cultivar de amendoim 55.437, submetida a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	35
6 Área foliar(A) e número de folhas por planta (B) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	50
7 Produção de flores por planta das cultivares de amendoim PI 165-317(A) e Tatu(B), submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Bra-	

sil, 1989	60
8 Produção de flores por planta da cultivar de amendoim 55.437, submetida a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{ MPa}$, respectivamente). Parapaba, Ceará, Brasil, 1989	61
9 Produção de vagens por hectare de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{ MPa}$, respectivamente). Parapaba, Ceará, Brasil, 1989	68

LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1 Condições agrometeorológicas semanais registradas durante o período 22/09 a 28/12/88 ..	16
2 Lâmina de água aplicada e precipitação natural durante o ciclo da cultura do amendoim, para os diferentes tratamentos	22
3 Características químicas e físico-hídricas do solo da área experimental, para a profundidade de 10 a 30 cm. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	27
4 Taxas médias diárias de transpiração ($\mu\text{g.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) da superfície adaxial das folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	36
5 Taxas médias diárias de transpiração ($\mu\text{g.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) da superfície abaxial das folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	37
6 Taxas médias diárias de transpiração total ($\mu\text{g.cm}^{-2}\text{s}^{-1}$) das folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	38
7 Valores médios dos teores de clorofila a ($\text{mg/g}_{\text{P.S.}}$) nas folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	43
8 Valores médios dos teores de clorofila b ($\text{mg/g}_{\text{P.S.}}$) nas folhas de cultivares de amen-	

TABELA

Página

	doim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	44
9	Valores médios dos teores de clorofila total (mg/g _{P.S.}) nas folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	45
10	Variações nos teores de lipídios (mg/g _{P.S.}) nas folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	47
11	Variação da área foliar (dm ²) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	48
12	Número de folhas por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	49
13	Peso seco da parte aérea (g/planta) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	53
14	Número de ramos laterais do tipo n + 1 por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	55
15	Número de ramos laterais do tipo n + 2 por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	56
16	Número total de flores por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	58
17	Eficiência reprodutiva (%) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídri-	

TABELA

Página

	cos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	63
18	Relação entre o peso seco das sementes e peso seco total das vagens (%) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	65
19	Produção de vagens (kg/ha) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989	67

ABREVIATURAS

K_C	- Coeficiente de cultivo
PM	- Pó molhável
CE	- Concentrado emulsionável
C.E.	- Condutividade elétrica do extrato de saturação do solo
M.O.	- Matéria orgânica
ppm	- Partes por milhão
cc	- Centímetro cúbico
meq	- Miliequivalente
pH	- Potencial hidrogeniônico
nm	- Nanômetro
D.O. ₆₄₅	- Densidade óptica determinada a 645 nm
D.O. ₆₆₃	- Densidade óptica determinada a 663 nm
xg	- Vezes a gravidade
TCA	- Ácido tricloro acético
P.S.	- Peso seco
P.F.	- Peso fresco
v/v	- Volume por volume
MPa	- Megapascal (1 MPa = 10 bar = 9,87 atm)

RESUMO

Experimentos de campo foram conduzidos na Fazenda Experimental do Projeto de Irrigação Curú - Paraipaba, Paraíba - CE, para identificar as variações fisiológicas e de produção em três cultivares de amendoim (Arachis hypogaea L.) em resposta a disponibilidade de água no solo. As cultivares Tatu, PI 165-317 e 55.437 foram plantadas em solo arenoso e irrigadas através de um sistema de irrigação por aspersão. As quatro intensidades de precipitação aplicadas corresponderam aos seguintes regimes hídricos: L_1 = lâmina de água requerida pela cultura a um potencial mátrico do solo de $-0,05\text{ MPa}$ e L_2 , L_3 e L_4 que representaram 88,5, 73 e 60,5% de L_1 , respectivamente. Não houve diferença significativa entre as combinações dos dois fatores testados, cultivar e lâmina de água de irrigação. Entretanto, a redução da disponibilidade hídrica no solo diminuiu a maioria dos parâmetros estudados, tais como: área foliar, número de folhas e flores, ramos $n + 1$, peso seco da parte aérea, relação entre peso seco das sementes e peso seco das vagens e eficiência reprodutiva. No caso das transpirações abaxial e total, e produção de vagens (kg/ha) houve interação significativa entre os dois fatores estudados, cultivar e lâmina de água de irrigação. Os níveis de clorofila a, b e total, teores de lipídios nas folhas, transpiração adaxial e ramificação lateral do tipo $n + 2$ não sofreram influência dos tratamentos. Foi utilizado o delineamento experimental em parcelas subdivididas com doze tratamentos e quatro repetições.

ABSTRACT

Field studies were conducted at the "Fazenda Experimental do Projeto de Irrigação Curú - Paraipaba", Paraipaba County, State of Ceará, Brazil, to investigate physiological and yield changes in three peanut (Arachis hypogaea L.) cultivars in response to soil water availability. Cultivars Tatu, PI 165-317 and 55.437 were grown on a sandy soil and watered by a sprinkler irrigation system. Four irrigation treatments were applied as following: L_1 = water depth required by the crop at soil matric potential of -0,05MPa and L_2 , L_3 and L_4 being 88,5, 73 and 60,5 percent of L_1 , respectively. There was no significant difference concerning the combination of two factors studied, cultivar and water depth. However, reduction in water availability in the soil reduced most the parameters studied, such as: leaf area, number of leaves and flowers, branches n + 1, shoot dry weight, shelling percentage and reproductive efficiency. Concerning abaxial and total transpiration and yield there was significant interaction between both factors studied, cultivar and water depth. The levels of chlorophyll a, b and total, amount of lipids in leaf, adaxial transpiration and occurrence of branches n + 2 was not modified in response to treatments. The experimental design was a split-plot with twelve treatments and four replications.

1 - INTRODUÇÃO

A cultura do amendoim (Arachis hypogaea L.) originária da América do Sul, mais especificamente do Peru e Brasil, alcançou outros continentes onde se desenvolveu sob condições de precipitação natural sem, contudo, receber dos pesquisadores a devida atenção no que concerne a suas relações hídricas (**HAMMONS, 1973** e **KLEPPER, 1973**). O "status" da água na planta invariavelmente afeta o seu crescimento e desenvolvimento através de alterações das suas funções fisiológicas. As relações hídricas da cultura do amendoim não estão suficientemente esclarecidas e o efeito do estresse hídrico sobre a fisiologia da planta carece de estudos mais detalhados.

Embora a produção brasileira de amendoim esteja concentrada no Estado de São Paulo, esta oleaginosa adapta-se muito bem a região semi-árida do Nordeste do Brasil onde poderá se desenvolver tornando-se uma boa opção para a produção de óleo comestível (**PRATA, 1969** e **CANÉCHIO FILHO, 1973**). Nesta região as condições de clima e solo são favoráveis ao desenvolvimento desta cultura. Há possibilidade de sua expansão em áreas irrigadas como também em condições de agricultura de sequeiro. No entanto, torna-se necessária a identificação de cultivares que apresentem características de adaptação a insuficiência hídrica pois a referida região apresenta como problema para a prática agrícola a irregularidade pluviométrica. O desenvolvimento da cultura do amendoim na região semi-árida do Brasil, pelo seu regime adverso de precipitação, está ligado portanto a obtenção de cultivares que apresentem estabilidade de produção e produzam em níveis aceitáveis em condições de carência hídrica.

Nos tempos atuais, o interesse dos profissionais das áreas de agronomia e fisiologia vegetal que atuam nas regiões semi-áridas, tem se voltado para o estudo dos efei-

tos da deficiência hídrica em plantas cultivadas, buscando esclarecer as relações existentes entre as alterações fisiológicas e os parâmetros de produção, quando o nível de umidade do solo não é adequado. Especialmente no caso da cultura do amendoim, o objetivo dos estudos das relações hídricas tem sido, na grande maioria das vezes, a identificação das alterações apenas dos parâmetros de produção. A literatura especializada se refere a cultivares de amendoim resistentes a seca mas não se aprofunda na discussão dos mecanismos que determinam tal resistência. A potencialidade produtiva das plantas cultivadas pode ser afetada por fatores do solo tais como: disponibilidade hídrica, disponibilidade de nutrientes e condições físicas. Sobre o regime hídrico para as culturas, tem-se desenvolvido muitos estudos e sabe-se que a escassez de água reduz os rendimentos da grande maioria delas pois as plantas necessitam de contínua absorção de água em virtude das grandes perdas através do processo transpiratório. KLEPPER (1973) afirmou que os efeitos do "status" da água na planta sobre teor de proteínas, teor de óleo e sabor dos grãos, além de outros parâmetros fisiológicos, não têm sido descritos para o amendoim, muito embora vários estudos tenham tentado determinar qual fase da cultura é mais sensível à carência hídrica. RAO et al. (1985 e 1988) embora tenham detectado importantes variações nos parâmetros de produção, não se referiram de forma detalhada a alterações da fisiologia das plantas do amendoim sob insuficiência hídrica. Os estudos destes autores buscaram também identificar qual das fases da cultura apresentava maior sensibilidade ao estresse hídrico.

A pesquisa científica sempre esteve interessada em determinar a quantidade de água necessária para promover o máximo desenvolvimento físico das culturas visando a produção de grãos sem se preocupar, até épocas recentes, com o máximo rendimento econômico. É de fundamental importância o conhecimento do comportamento fisiológico e produtivo das culturas em presença de baixa disponibilidade hídrica no solo para se obter sucesso na exploração agrícola em regiões semi-áridas. O esclarecimento das respostas fisiológicas das

culturas às condições de estresse hídrico pode orientar, de maneira eficiente, um manejo mais adequado visando economia de água quando se pratica agricultura irrigada. Neste sentido é que este trabalho se reveste de importância tendo os seguintes objetivos:

- a) determinar quais dos parâmetros fisiológicos estudados são significativamente alterados, com reflexos negativos na produção da cultura do amendoim, quando as plantas têm suprimento de água gradativamente reduzido;
- b) indicar dentre as cultivares estudadas aquelas que melhor se adaptem às condições de cultivo sob regime hídrico caracterizado por baixa intensidade de precipitação.

2 - REVISÃO DA LITERATURA

2.1 - Respostas Fisiológicas e de Produção ao Estresse Hídrico

A deficiência hídrica exerce grandes efeitos sobre os processos de crescimento e de produção das plantas superiores, tendo as suas causas sido analisadas por diversos autores (**HSIAO, 1973; BENNET et al., 1981 e SOUZA et al., 1983**). O aparecimento de déficit hídrico em plantas está condicionado ao inadequado conteúdo de água no solo ou a elevadas taxas de transpiração. É mais comum o déficit ser provocado pelo segundo fator em decorrência da resistência ao fluxo de água causada pelas raízes e caule, ainda que haja água disponível no solo (**BOYER et al., 1980**, citados por **PORTO FILHO, 1986**). A redução da umidade do solo inibe o crescimento das plantas e portanto afeta a captação e utilização da radiação solar incidente sobre determinado campo cultivado, reduzindo a fotoassimilação que é função da abertura estomática (**HILLEL, 1970**). O autor afirmou que os tecidos das plantas não possuem condutibilidade constante para diferentes valores do potencial hídrico e que a redução progressiva do mesmo na folha resulta, eventualmente, no fechamento dos estômatos e no aumento da resistência ao transporte da água para a atmosfera.

Segundo **KRAMER (1983)** a água exerce, em geral, quatro funções nas plantas: como reagente na fotossíntese e outros processos bioquímicos; é constituinte do protoplasma e participa de todas as atividades fisiológicas; é o solvente através do qual sais, açúcares e outros solutos passam de célula para célula e de órgão para órgão e é essencial para a manutenção da turgescência necessária para a expansão e crescimento das células. O balanço hídrico interno, a pressão de turgescência e o fator hormonal controlam o crescimento

mento da planta. Estes fatores regem os processos fisiológicos que resultam na qualidade e quantidade de crescimento celular. O mesmo autor afirmou ainda que o balanço hídrico interno das plantas depende das taxas de água perdida na transpiração e água absorvida e que embora os dois processos tenham certa interdependência, a absorção é controlada, principalmente, por fatores do solo e a transpiração é basicamente determinada por fatores atmosféricos. Portanto, os processos podem ocorrer em diferentes taxas e quase sempre há uma menor intensidade de absorção do que transpiração devido a resistência oferecida ao movimento da água pelo sistema radicular. Entretanto, não se deve assumir que determinado nível de deficiência hídrica no solo é acompanhado por um equivalente grau de estresse hídrico na planta porque plantas em solo úmido poderão estar estressadas se a transpiração é alta e plantas em solo seco podem estar sujeitas somente a um estresse moderado se a transpiração é muito baixa.

Analizando a relação entre resistência à seca e produtividade vegetal, PRISCO (1986) comentou que, além dos mecanismos de escape à seca, aqueles que aumentam a capacidade de absorção de água e os que mantêm a pressão de turgescência dos tecidos não reduzem a atividade fotossintética. Entretanto, o autor ressaltou que os mecanismos acima destacados podem reduzir a produtividade, por redirecionarem os fotoassimilados em detrimento, principalmente, de investimento na parte aérea, onde, em geral, se localizam os órgãos ligados a produção vegetal.

Ao submeter plantas de tomate a diversos níveis de potencial hídrico foliar, BRIX (1962) observou que a fotosíntese decrescia quando este atingia valores de -7 atm. Com o incremento do estresse hídrico, a taxa de respiração também sofreu redução, o que conduziu a um déficit interno de energia. O autor afirmou ainda que a fotossíntese foi sensível ao baixo "status" de água em decorrência do aumento da resistência à difusão dos gases e que o restabelecimento do processo fotossintético, após o estresse, foi negativamente influenciado pelo aumento da resistência do sistema radicu-

lar alcançado durante a perda de turgescência. O tecido radicular estressado reduziu sua capacidade de absorção e condução de água resultando em déficit hídrico no tecido foliar inibindo o processo fotossintético. Após o reinício da irrigação a recuperação da condutância estomática foi mais lenta para os tecidos mais estressados.

Ao verificar as respostas fisiológicas de dois híbridos de milho ao estresse hídrico, imposto em três fases de crescimento, **ACKERSON (1983)** encontrou que os níveis de açúcares solúveis e amido não se comportavam de forma idêntica para os dois híbridos quando o potencial hídrico decrescia, devido talvez a variações na taxa fotossintética. Houve uma tendência de elevação na concentração de ácido abscísico, para um dos híbridos, particularmente quando as plantas tornavam-se estressadas. O híbrido que apresentou maior elevação na concentração de ácido abscísico mostrou níveis de amido e açúcares solúveis mais baixos pois o referido ácido atua no mecanismo de fechamento dos estômatos inibindo a assimilação fotossintética.

Trabalhando com ervilha em três níveis de umidade do solo, aplicados em três diferentes estádios da cultura, **HILER et al. (1972)** determinaram que a fase mais sensível ao estresse é aquela caracterizada pelo florescimento. O potencial hídrico de -28 bar, nas folhas, mantido durante todo o ciclo da cultura provocou decréscimo do rendimento de grãos da ordem de 50%. Verificaram ainda que o potencial hídrico da folha variou linearmente com o potencial hídrico do solo, entre 0 e -15 bar. A resistência difusiva tornou-se elevada e a transpiração foi reduzida após o potencial hídrico foliar alcançar -10 bar, quando o potencial hídrico do solo era -5 bar. A eficiência de uso da água foi elevada para os tratamentos úmidos durante o primeiro estádio de desenvolvimento das plantas. Em pesquisa realizada em soja, milho e girassol por **BOYER (1970)** ficou caracterizado que o crescimento foliar foi mais sensível ao decréscimo do potencial hídrico das folhas do que a fotossíntese e a respiração.

Procurando estabelecer o mínimo de água requerido

pela cultura da batata (*Solanum tuberosum* L.) **HANG & MILLER (1986)** obtiveram resultados que permitiram o cultivo desta planta, em solos arenosos, com irrigação em taxas próximas da evapotranspiração. Embora o crescimento vegetativo da cultura tenha sido beneficiado com o aumento do nível da irrigação, não ocorreu elevação significativa dos rendimentos quando se ultrapassou 10% da evapotranspiração.

Verificando os efeitos da imposição do estresse hídrico sobre a fotossíntese líquida de folhas de alfafa **NICOLODI et al. (1988)** concluíram que não só os mecanismos ligados aos estômatos contribuíram para a sua redução. A pressão parcial interna de CO₂ e a atividade enzimática também se mostraram importantes para o processo fotossintético.

Reduções dos teores de clorofila total, clorofilas a e b e de proteína foram encontradas por **PORTO FILHO (1986)** quando plantas de caupi foram expostas ao estresse, tanto pelo excesso como pela falta de água. Os estudos de **McGREGOR & RICHARDSON (1987)** sobre as respostas de plantas de beterraba, caupi e sorgo ao estresse hídrico, mostraram que apesar do ajustamento osmótico tornar possível acréscimos nos ganhos líquidos de carbono por unidade de água perdida pelas culturas do sorgo e beterraba durante um ciclo de irrigação, o potencial total de incorporação do carbono não é alcançado, a menos que a duração do ciclo de irrigação possa ser aumentada. Além do ajustamento osmótico há necessidade de algum controle da taxa de perda de água pelos estômatos.

De acordo com **SHAH & LOOMIS (1965)**, citados por **SILVA (1986)**, a síntese de proteínas é um processo altamente sensível ao desenvolvimento do estresse hídrico em plantas cultivadas.

Por outro lado **HSIAO (1973)** mostrou que em plantas estressadas, o processo mais alterado é o alongamento celular. Acentuado declínio da taxa de crescimento relativo com o decréscimo do potencial hídrico da folha foi o resultado encontrado por **CARTER & SHEAFFER (1983)** trabalhando com alfafa. A concentração de proteína não foi afetada pelo "status" da água na planta, mas o rendimento de forragem

foi reduzido para os tratamentos mais estressados.

Estudos visando determinar as necessidades de água de algumas cultivares de soja e observar os seus comportamentos quanto a evapotranspiração (ET) e capacidade de extração de água, em dois períodos de carência hídrica, foram conduzidos por **ESPINOZA (1982a)**. O autor observou que a ET diminuiu drasticamente entre 14 e 17 dias após a interrupção do fornecimento de água e que a diferença de produção apresentada pelas cultivares pode ser atribuída a diferença na eficiência de uso da água. Como sequência dos trabalhos, **ESPINOZA (1982b)** aplicou deficiência hídrica a cultivares de soja e constatou redução da produção de grãos e grande sensibilidade da taxa de crescimento da área foliar a baixos níveis de umidade do solo. Ficou evidenciada a redução do índice de área foliar (IAF), até três vezes menor em alguns casos, mas não foi observada uma clara relação entre IAF e rendimento sob condições irrigada e seca, quando o efeito era analisado separadamente.

Estudos realizados por **ROSENTHAL et al. (1987)** evidenciaram o efeito negativo da insuficiência hídrica sobre as culturas de algodão e sorgo, manifestado através dos processos de senescência das folhas e redução da transpiração. Embora o número de folhas tenha aumentado com o déficit hídrico a taxa relativa de expansão foliar foi inibida diminuindo a biomassa total produzida.

A exposição de plantas cultivadas a baixos níveis de disponibilidade hídrica no solo é capaz de promover alterações em seus processos fisiológicos e bioquímicos. Procurando identificar estas alterações em cultivares de algodão, submetidas ao estresse hídrico, **PAULA (1985)** encontrou redução no teor de lipídios totais quando o potencial hídrico decrescia para as duas cultivares estudadas. No mesmo estudo observou-se uma tendência de redução no teor de clorofila com a aplicação do estresse, no entanto houve recuperação para valores próximos aos normais, após o reinício da irrigação.

As alterações dos processos fisiológicos e bioquímicos decorrentes da exposição das plantas ao déficit hí-

drico refletem-se na capacidade reprodutiva das mesmas e podem ser evidenciadas pela redução da produtividade final das culturas. Incrementos no nível de estresse hídrico aplicados a cultura do caupi resultaram em progressiva redução da área foliar tendo este parâmetro mostrado grande sensibilidade ao déficit hídrico. O rendimento de sementes (kg/ha) foi inibido pelo déficit hídrico e mostrou-se linearmente correlacionado com o índice de área foliar no final do florescimento e com a percentagem de cobertura do solo apresentada pela cultura do início do florescimento até o enchimento de grãos (**TURK & HALL, 1980a**). Os mesmos autores (**1980b**), também encontraram uma relação linear entre rendimento relativo de grãos e uso da água, do início do florescimento até a colheita. A eficiência de uso da água, geralmente, cresceu com o estresse na fase vegetativa e foi reduzida pelo déficit hídrico na fase de floração e final do ciclo. Este parâmetro cresceu ligeiramente com moderadas reduções no nível de irrigação semanal e foi inibido com maiores reduções no nível de aplicação de água.

Aplicando deficiência hídrica em caupi, **CLARK & HILER (1973)** observaram significativa redução na produção de matéria seca e número de vagens produzidas. Ainda para esta cultura, **CARVALHO (1983)** pesquisando a influência de três níveis de água no solo, verificou diferença significativa quando comparou as produções das plantas submetidas a valores de potencial mátrico de -0,3 atm, -2,0 atm e -0,6 atm. Com relação à soja, as melhores respostas decorreram da aplicação de água de irrigação no final da floração, sendo o período mais sensível à deficiência hídrica, no que diz respeito ao rendimento, a fase de enchimento de grãos (**DOSS et al., 1974**). Observando os efeitos de quatro lâminas de irrigação, 55, 70, 85 e 100% da evapotranspiração máxima, respectivamente, em cultivares de arroz, **STONE et al. (1984)** verificaram que a deficiência hídrica induziu reduções no peso dos grãos, número de grãos cheios por panícula, produção de grãos, altura das plantas, produção total de matéria seca, índice de colheita e eficiência de uso da água. O ciclo da cultura e o rendimento de matéria seca

das raízes foram aumentados pela imposição do estresse.

Através de irrigação suplementar para a cultura do sorgo, **STEWART et al.** (1983) mostraram que a limitação na aplicação de água de irrigação incrementou a eficiência de uso da água. Quando aumentos de 125mm e 185mm de água foram aplicados, a evapotranspiração do sorgo teve acréscimos praticamente iguais. Houve aumento do rendimento de grãos em 154kg/ha, para cada 10mm de água de irrigação aplicados. Os autores afirmaram, com base neste estudo, que a adição de apenas 200mm de água à precipitação natural de 500mm, média da região onde foi desenvolvida a pesquisa, foi suficiente para elevar a produtividade média do sorgo de 1.500kg/ha para 4.580kg/ha.

O rendimento do algodão foi significativamente afetado pelo nível de água no solo e pela sua combinação com a adubação nitrogenada. A irrigação em níveis adequados aumentou os rendimentos somente na presença de altas taxas de nitrogênio. Para baixos níveis de nitrogênio a irrigação não afetou os rendimentos mas reduziu consideravelmente a eficiência de uso da água (**RADIN et al., 1985**). Com relação a eficiência de uso da água **SILVA et al. (1981)** encontraram resultados idênticos para a cultura do milheto. Segundo os autores, esta cultura é resistente ao déficit hídrico. Suas produções de grãos não são expressivamente diferentes entre os níveis de -0,3bar e -15 bar de potencial mátrico e mantêm, com o regime hídrico, uma relação quadrática. A produção máxima foi obtida quando a água disponível no solo manteve-se em 37%, determinando um potencial mátrico de -7,48 bar.

2.2 - Respostas da Cultura do Amendoim ao Estresse Hídrico

Estudando os efeitos do estresse hídrico em amendoim **PALLAS et al. (1979)** constataram a redução do potencial hídrico da folha para valores entre -30 e -40 bar, em diferentes anos de plantio, sendo que o potencial hídrico das plantas do tratamento controle permaneceu em torno de -12 bar.

A resistência difusiva dos estômatos, tanto para o tratamento irrigado quanto estressado, foi sempre menor na superfície adaxial das folhas, induzindo uma maior taxa transpiratória. Muitas plantas estressadas se recuperaram, após o reinício da irrigação, e a resistência difusiva voltou para valores próximos aos do controle. Neste experimento, em geral, o déficit hídrico reduziu o rendimento de vagens. Os autores afirmaram que a carência hídrica pode aumentar a incidência de aflatoxina nas plantas do amendoim.

Transpiração relativamente elevada e potenciais hídricos foliares baixos apresentados por duas dentre várias cultivares estudadas, constituíram um bom indicativo para a tolerância à seca. Esta foi a principal conclusão de **GAUTREAU (1977)** ao estudar os níveis de potencial hídrico de plantas de amendoim.

Ao aplicarem deficiência hídrica em quatro diferentes fases da cultura do amendoim, por meio de quatro intensidades de precipitação, **FOURRIER & PREVOT (1958)**, constataram que a insuficiência hídrica imposta na fase de floração resultou em pronunciado efeito depressivo sobre o crescimento da cultura e emissão de flores. Verificaram ainda que o estresse embora reduza crescimento, floração e rendimento de grãos, pode ser compensado com aplicação de adubação nitrogenada e fosfatada.

Após estudos idênticos a este **RAO et al. (1985)** verificaram que a maior redução na produção de vagens ocorreu quando o estresse foi imposto na fase de enchimento dos grãos. O decréscimo da umidade do solo na fase inicial da cultura promoveu um incremento de 19% e 13% na produção de vagens, em relação ao controle, para a primeira e segunda épocas de plantio observadas, respectivamente. A mais drástica queda na produção de vagens verificou-se ao se aplicar estresse durante todo o ciclo da cultura. Continuando os estudos para observação dos efeitos da insuficiência hídrica em quatro fases da cultura do amendoim **RAO et al. (1988)** relataram que o nível severo de déficit hídrico induziu o mais baixo rendimento de vagens por hectare, apesar do restabelecimento de irrigações normais, após o período de pré-

floração, que transcorreu com baixos níveis de umidade no solo. Afirmando ainda que o estresse na pré-floração tem efeitos residuais sobre vários processos que compõem o desenvolvimento reprodutivo, tais como: floração, desenvolvimento do ginóforo e sua penetração no solo, início da frutificação e enchimento dos grãos. O efeito sobre a floração se evidenciou a partir dos 105 dias após a emergência, sendo que apenas 15 a 20% das flores emitidas resultaram em vagens contribuintes para o rendimento de grãos. A condutância estomática decresceu para os níveis mais drásticos de déficit hídrico e o tratamento mais estressado teve sua recuperação mais lenta após o restabelecimento do nível normal de irrigação. As maiores produções de vagens estavam diretamente relacionadas com os mais elevados níveis de condutância estomática e ocorreram nos tratamentos intermediários. Em termos de adaptação duas respostas fisiológicas à seca, na fase de pré-floração, possíveis de terem determinado o incremento dos rendimentos nos tratamentos intermediários são citadas pelos autores como sendo: estímulo ao desenvolvimento do sistema radicular durante o estresse, o que promoveu subsequente aumento das taxas de absorção de água e condutância estomática durante o enchimento dos grãos, e inibição do número de ramos vegetativos.

A insuficiência hídrica prejudicou a cultura do amendoim quando aplicada nos estádios de plântula, floração, formação de ginóforos e formação e maturação dos frutos. O tratamento com 40% de água disponível, em todas as fases de crescimento, promoveu sensível redução na produção de vagens. A deficiência hídrica aplicada a partir da fase de floração até a formação e maturação dos frutos foi prejudicial a cultura mesmo em níveis moderados (**SCHINDE & PAWAR, 1984**), citados por **SILVA (1986)**. Utilizando o sistema de aspersão em linha **TÁVORA et al. (1985)** submeteram oito cultivares de amendoim à diferentes níveis de umidade do solo e obtiveram resultados que levaram às seguintes conclusões, dentre outras: as cultivares apresentaram diferentes potenciais de produtividade nos diversos níveis de umidade; a qualidade das sementes e frutos não foi prejudicada pelo

estresse hídrico, e ocorrência generalizada de tendência de redução da produtividade com o aumento do nível de deficiência hídrica. Através do mesmo sistema **PANDEY et al.** (1984) impuseram déficits hídricos, uniformemente, ao longo de todo ciclo de quatro leguminosas: amendoim, feijão mungo, caupi e soja. Nestas condições, a cultura do amendoim apresentou a menor redução na produção de sementes. O melhor resultado encontrado para a cultura do amendoim foi relacionado com a manutenção de níveis elevados do potencial hídrico, aproximadamente duas vezes superior aos potenciais hídricos das demais espécies estudadas, na mesma condição de déficit hídrico. Os autores concluíram que as plantas do amendoim exibiram maior capacidade de tolerância ao estresse hídrico, mantendo elevado nível de hidratação dos tecidos foliares, o que não prejudicou as funções fisiológicas possibilitando a esta cultura o mais alto rendimento de sementes e matéria seca total. Ao comparar duas cultivares de amendoim, com irrigação suplementar e sem irrigação, **GODOY et al.** (1978) encontraram uma maior produção de vagens para a cultura irrigada (1.081kg/ha), determinada pela manutenção do número de plantas por unidade de área. Houve, também, aumento do número de frutos por planta além do maior desenvolvimento da parte aérea e do sistema radicular na cultura irrigada. A irrigação não influenciou positivamente no aumento da produção das plantas, individualmente. Os frutos foram maiores na cultura de sequeiro, embora em menor número por planta.

A aplicação de deficiência hídrica em várias cultivares de amendoim provocou efeito negativo nos seguintes parâmetros: número de flores por planta, matéria seca da parte aérea e sistema radicular, número de ramos laterais, número de folhas, área foliar e comprimento e volume do sistema radicular. Em algumas cultivares a falta de água determinou adiantamento no pico de floração. O potencial hídrico também foi reduzido caracterizando um baixo "status" de água nas plantas submetidas à carência hídrica (**SÁ SOBRINHO, 1988**). Resultados idênticos foram obtidos por **SILVA (1986)** trabalhando com três cultivares da mesma espécie. Somente em épocas recentes argumentos convincentes têm sido

mostrados sobre a influência de fatores geométricos, como espaçamento entre fileiras e direção de orientação das mesmas, sobre a quantidade de água usada pelas culturas (**STONE et al., 1985**). Estes autores com base em estudos realizados durante três anos, sugeriram que a resistência difusiva dos estômatos está sob o controle de complexas interações entre potencial hídrico e demanda evaporativa do meio ambiente e é altamente influenciada pelo espaçamento das fileiras de plantas. A resistência estomática de plantas de amendoim crescendo em pequeno espaçamento entre fileiras (0,3m), tornou-se, do meio do dia para a tarde, mais elevada do que a resistência estomática de plantas cultivadas em espaçamento mais largo (0,9m). Segundo os citados autores, o efeito do menor espaçamento sobre o fechamento dos estômatos mostrou-se como um mecanismo compensatório em resposta ao estresse ambiental. Em ambos tratamentos, fileiras largas e fileiras estreitas, a relação entre resistência difusiva e potencial hídrico foi, geralmente, linear e inversamente proporcional.

3 - MATERIAL E MÉTODOS

3.1 - Caracterização do Local do Experimento

Os trabalhos experimentais foram conduzidos no campo experimental do Projeto de Irrigação Curu - Paraipaba, administrado pelo Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, localizado no município de Paraipaba, Ceará, distando, aproximadamente, 90km de Fortaleza. O campo experimental, geograficamente, está situado entre os paralelos de $3^{\circ}30'$ de latitude Sul e os meridianos $39^{\circ}15'$ e $39^{\circ}30'$ a Oeste de Greenwich e a 25m acima do nível do mar. A região apresenta clima quente e úmido, as precipitações anuais médias são de 878mm e sua distribuição anual vai de fevereiro a maio, sendo frequentes também chuvas nos meses de janeiro e junho. A temperatura média está em torno de 26°C com máxima de 35°C e mínima de 18°C , e os períodos mais quentes coincidem, normalmente, com a estação seca compreendida entre julho e novembro. Segundo a classificação de Koeppen o clima da região, onde foi desenvolvido o experimento, é do tipo AW' quente e úmido com amplitude térmica inferior a 5°C . Maiores detalhes sobre as condições climáticas do local, durante o período de condução do experimento, encontram-se na TABELA 1. O campo experimental do projeto de irrigação é formado por terrenos planos com solos bastante uniformes que se enquadram no grupo Latossol Vermelho Amarelo, de textura arenosa e baixa fertilidade natural, apresentando perfis profundos e alta permeabilidade, enquadrando-se na classificação de terras para irrigação como 2S (CONSÓRCIO TAHAL - SONDOTÉCNICA, 1970).

TABELA 1 - Condições agrometeorológicas semanais registradas durante o período 22/09 a 28/12/88.⁽¹⁾

Semanas	Temperatura do Ar (°C)					Umidade Relativa (%)	Velocidade do Vento (m/s)	Insolação (horas)	Evaporação (mm)	Precipitação (mm)
	Média	Média Máxima	Média Mínima	Máxima Absoluta	Mínima Absoluta					
22/09 a 28/09	27,9	34,2	21,6	36,2	20,2	81,7	2,3	71,6	77,3	0
29/09 a 05/10	28,2	32,6	23,7	32,2	23,2	88,0	2,6	62,9	63,7	0
06/10 a 12/10	28,4	33,8	23,0	34,8	21,4	86,0	2,2	69,3	67,0	0
13/10 a 19/10	27,5	32,7	22,3	33,4	19,8	88,4	1,9	66,0	63,6	0
20/10 a 26/10	27,9	33,1	22,8	33,6	21,4	86,5	2,6	73,0	67,6	0
27/10 a 02/11	28,3	31,9	23,3	33,8	21,8	89,2	5,9	70,9	57,8	0
03/11 a 09/11	27,9	33,0	23,0	34,4	22,0	89,3	2,0	73,9	61,0	7,7
10/11 a 16/11	28,2	33,0	23,5	33,6	21,2	85,6	2,6	72,0	62,0	4,4
17/11 a 23/11	28,1	33,5	22,7	34,0	21,8	86,5	2,2	66,3	63,7	0
24/11 a 30/11	28,2	32,2	22,7	34,4	22,0	88,3	2,1	68,6	44,6	0
01/12 a 07/12	27,1	33,1	21,0	33,0	19,6	86,6	1,6	74,2	36,6	0
08/12 a 14/12	27,3	33,2	21,5	33,8	20,0	86,5	1,8	68,3	51,4	0,4
15/12 a 21/12	27,4	31,9	23,0	33,0	21,8	87,6	1,9	27,8	39,9	5,0
22/12 a 28/12	27,4	31,9	23,0	33,8	22,4	89,7	1,6	54,6	51,0	11,1
Soma							919,4	807,2	28,6	
Média	27,8	32,9	22,6			87,1	2,38			

(1) Dados obtidos da estação agrometeorológica da Fazenda Experimental do Projeto de Irrigação Curu - Paraipaba (Paraipaba-Ce).

3.2 - Condições de Cultivo

A área destinada ao experimento foi submetida às operações de roçagem, aração, duas gradagens, sulcamento, adubação e coveamento. Com base na análise química do solo usou-se 15kg/ha de N, 50kg/ha de P₂O₅ e 40kg/ha de K₂O, por ocasião do plantio e 15kg/ha de N, em cobertura, aos trinta e cinco dias após o plantio, coincidindo com as operações de amontoa e desbaste.

No plantio foram utilizadas as cultivares Tatu, PI 165-317 e 55.437 sendo a primeira largamente cultivada no Brasil e as duas últimas provenientes dos EE.UU. e Senegal, respectivamente. As sementes do amendoim (*Arachis hypogaea* L.), fornecidas pelo Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, foram plantadas, em número de duas por cova, no espaçamento de 0,6m entre linhas e 0,1m entre covas, conforme orientação de CANÉCHIO FILHO (1973), após tratamento com PCNB (Penta Cloro Nitro Benzeno) utilizando o produto comercial Segmentol - 75, na base de 300g por 100kg de sementes. Aos trinta e cinco dias após o plantio foi realizado o desbaste deixando-se apenas uma planta por cova.

O experimento teve dezesseis parcelas de 12 x 2,5m constituídas pelos regimes hídricos, cada uma delas com três subparcelas de 4,0 x 2,5m constituídas pelas cultivares, totalizando uma área experimental de 480m². As parcelas de um mesmo regime hídrico foram agrupadas a fim de viabilizar a operação do sistema de irrigação. Foram testados quatro regimes hídricos combinados com três cultivares totalizando doze tratamentos com 4 repetições no total do experimento. Os conjuntos de tratamentos foram contornados por uma bordadura formada por duas linhas de plantas e se distanciaram entre si de 18m em função do raio de alcance dos aspersores usados.

Em uma das extremidades do experimento foi implantado um quebra-vento na tentativa de se tornar mais uniforme a precipitação dos aspersores uma vez que as demais ex-

tremidades limitavam com cultivos de plantas frutíferas de grande porte (FIGURAS 1 e 2). Na impossibilidade de realizar irrigações noturnas, uma vez que o sistema de operação do projeto não permite, a cultura foi sempre irrigada pela manhã, horário de menor intensidade dos ventos no local.

A análise da variância foi realizada conforme previsto para o delineamento experimental em parcelas subdivididas sendo usadas 3 repetições para os parâmetros fisiológicos, produção de vagens e peso seco da parte aérea e 4 repetições para os demais parâmetros. Quando a análise da variância apontou diferenças significativas as médias das culturais, dos regimes hídricos e das combinações entre estes dois fatores estudados foram comparadas pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

O sistema de irrigação utilizado constava de duas linhas paralelas de tubos de alumínio, de 50mm de diâmetro com seis aspersores modelo ZE-30, com bocal de 4,5mm, operando a uma pressão de serviço de 1,4 atm, com vazão de 1,1 m³/h e raio de alcance de 14,0m, em cada regime hídrico. As irrigações foram realizadas simultaneamente em dois conjuntos de tratamentos (FIGURA 1) totalizando a vazão do sistema em 13,2m³/h. Na disposição em que funcionou o sistema de irrigação a aplicação média de água foi de 7,8mm/h. Foram realizados testes preliminares para verificação da vazão dos aspersores e da uniformidade de precipitação do sistema que foi de 75%.

Antes do plantio realizou-se uma irrigação uniforme em toda a área experimental aplicando uma lâmina de água de 40mm, suficiente para elevar a umidade do solo a capacidade de campo numa profundidade de 60cm. Esta irrigação assegurou um armazenamento inicial, uniforme, de água na profundidade efetiva de 40cm, utilizada no cálculo das lâminas a aplicar em cada regime hídrico. As leituras dos tensiômetros, na ocasião da colheita, indicaram um armazenamento médio de água no solo de 0,045cm³.cm⁻³, na profundidade de 10 a 50cm.

A partir da data do plantio e com base na evapotranspiração potencial, calculada pela fórmula de HARGREAVES

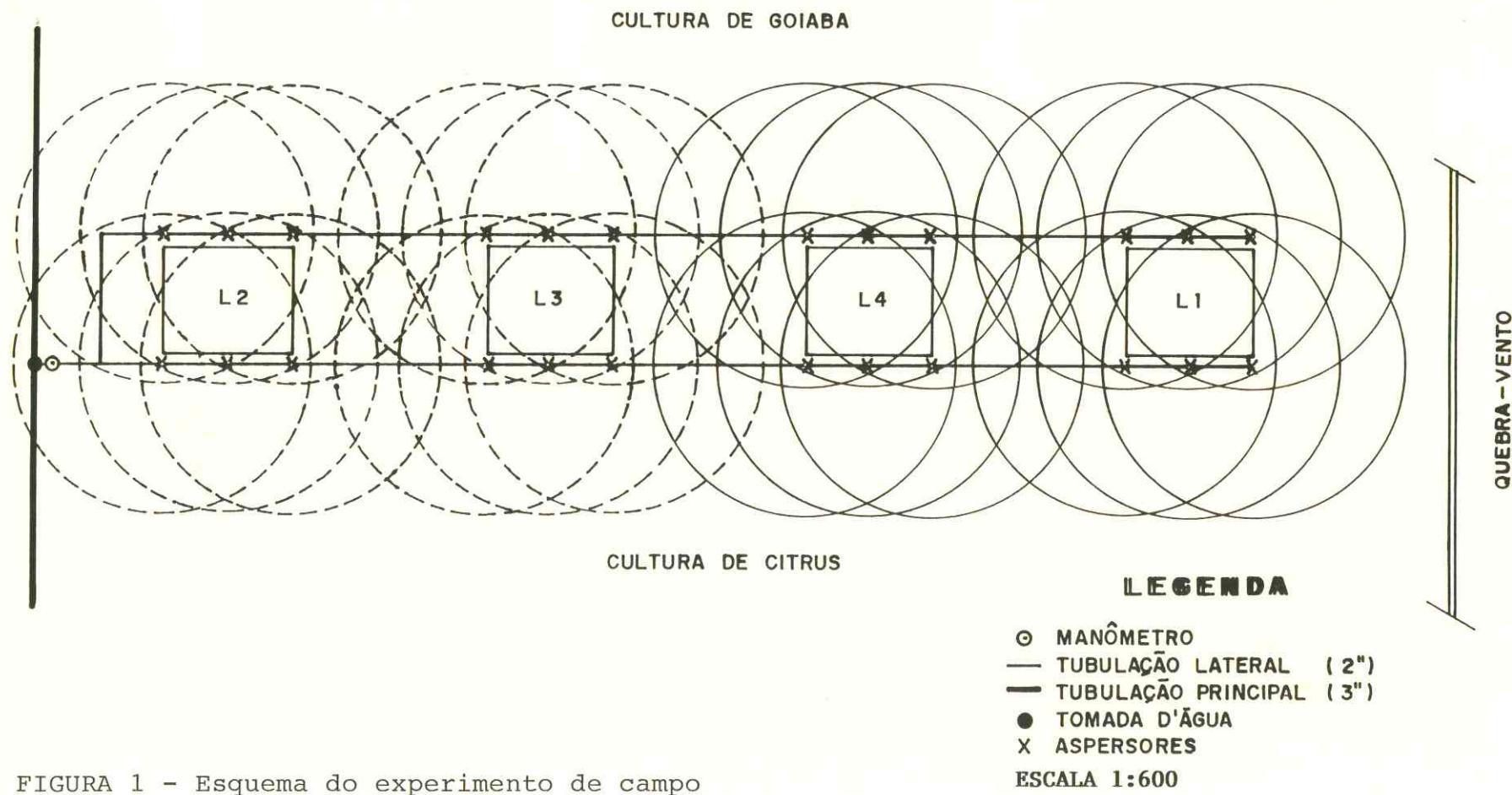
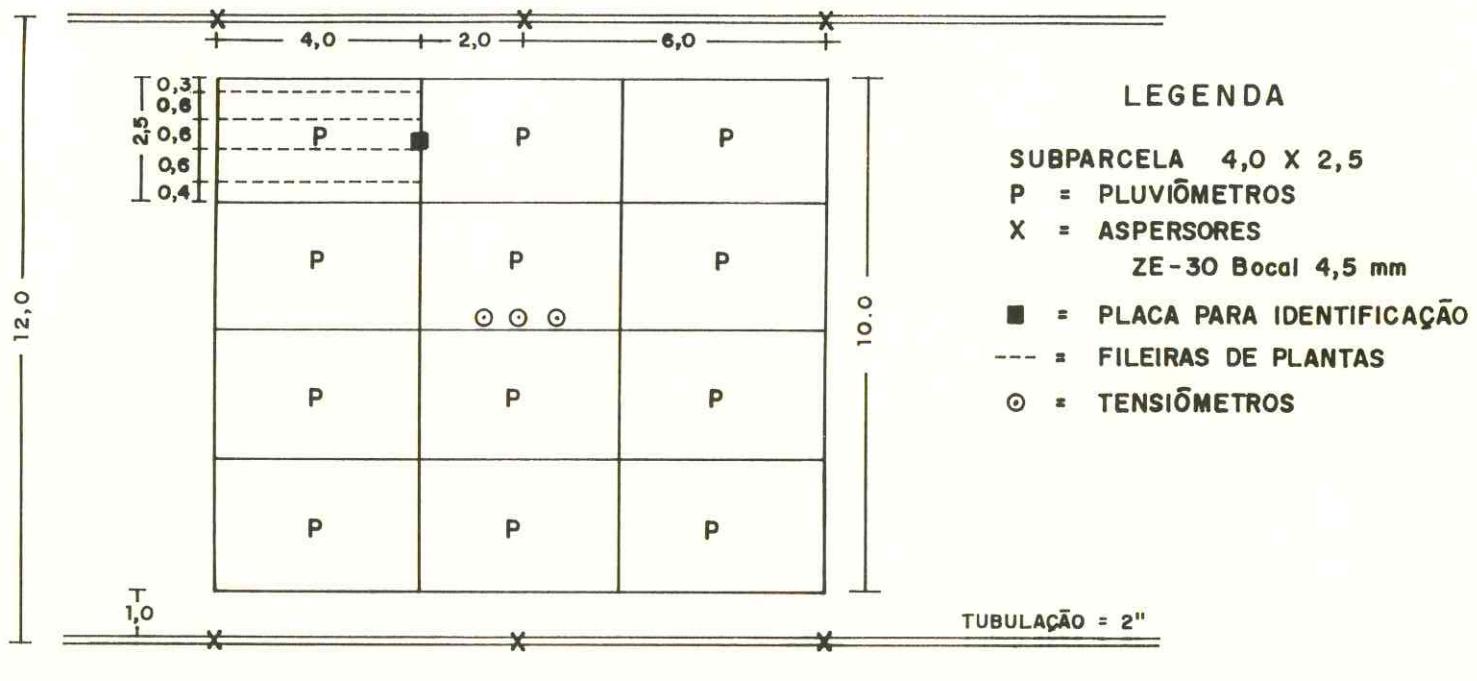


FIGURA 1 - Esquema do experimento de campo



ESC. = 1:150 (DISTÂNCIAS EM m.)

FIGURA 2 - Detalhes da área sob o regime hídrico L_1

discutida por CUNHA & MILLO (1984) e coeficientes de cultivo (K_c) indicados por REICHARDT (1987), foram realizadas irrigações de base, leves e frequentes, em toda área experimental, até os trinta dias do ciclo da cultura quando as irrigações passaram a ser diferenciadas com base no tratamento controle (L_1). Após a última irrigação uniforme para todos os tratamentos, retirou-se amostra para determinação da umidade residual existente no solo, encontrando-se como resultado, para a profundidade de 10 a 30cm, $0,065\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$, abaixo portanto da capacidade de campo que para esta profundidade é de $0,075\text{cm}^3\cdot\text{cm}^{-3}$. A partir da diferenciação, as irrigações foram reiniciadas quando o potencial mátrico do solo no regime hídrico controle atingia -0,05 MPa. As precipitações aplicadas em cada um dos quatro regimes hídricos foram diferenciadas pelo tempo de funcionamento do sistema em cada posição, calculado a partir da lâmina de irrigação encontrada para o tratamento controle. Este procedimento resultou, ao longo do período experimental, em quatro intensidades de precipitação ou lâminas de água de irrigação a saber: 116,20mm; 90,70mm; 56,30mm e 28,60mm, correspondentes aos regimes hídricos L_1 , L_2 , L_3 e L_4 , respectivamente. A estes valores foram adicionados 76,90mm referentes às irrigações iniciais e 28,60mm de precipitação natural ocorrida durante o período experimental (TABELA 2).

As leituras diárias de uma bateria de tensiômetros instalados às profundidades de 10, 30 e 50cm, no centro da área correspondente ao tratamento controle (L_1), permitiram, com auxílio da curva característica da água do solo, determinada para o local do experimento, calcular a lâmina de irrigação para as parcelas controles e consequentemente o tempo de irrigação com base na precipitação média do sistema de irrigação. A partir deste dado calculou-se os tempos de irrigação para os demais tratamentos (L_2 , L_3 e L_4) que representaram 75%, 50% e 25% do tempo de irrigação do controle, respectivamente.

O tensiômetro instalado a 10cm de profundidade indicava o momento da irrigação e aquele instalado a 30cm, juntamente com o de 10cm, forneciam dados para o cálculo da

TABELA 2 - Lâmina de água aplicada e precipitação natural durante o ciclo da cultura do amendoim, para os diferentes tratamentos.

Tratamento	Lâmina Inicial (mm)	Precipitação Natural (mm)	Lâmina Aplicada (mm)	Lâmina Total (mm)	Variação (%)
Controle (L_1)	76,90	28,60	116,20	221,70	100,00
L_2	76,90	28,60	90,70	196,20	88,50
L_3	76,90	28,60	56,30	161,80	73,00
L_4	76,90	28,60	28,60	134,10	60,50

lâmina de irrigação a ser aplicada. O cálculo do potencial mátrico, na testemunha, era feito com a utilização da expressão:

$$\psi_m = -12,6 \text{ hHg} + hc + ht \quad (1)$$

onde:

- ψ_m** = potencial mátrico da água do solo (-MPa);
- hHg** = leitura da coluna de mercúrio (cm), realizada diariamente, à tarde;
- hc** = altura da cuba de mercúrio (cm) com relação ao nível do solo;
- ht** = profundidade da cápsula com relação ao nível do solo (10 e 30cm).

Obtidos os valores do potencial mátrico nas profundidades de 10 e 30cm, e usando a curva característica para estas profundidades, determinava-se, graficamente, os valores da umidade crítica do solo no regime hídrico da testemunha.

Com a capacidade de campo determinada para 10 e 30cm de profundidade, umidade crítica e profundidade efetiva do sistema radicular, no caso 40cm, calculava-se a lâmina de irrigação a aplicar. Conhecendo a evaporação, medida diariamente na estação experimental, estimou-se com base no tempo médio de irrigação, as perdas em 10%, usando-se então, uma eficiência de 90% para cálculo da lâmina bruta. A lâmina de água de irrigação no regime hídrico da testemunha foi calculada pela expressão:

$$LL = \frac{CC - UC}{100} \times da \times P \quad (2)$$

onde:

- LL** = lâmina líquida de água a ser aplicada (mm);
- CC** = capacidade de campo (% peso seco);
- UC** = umidade crítica (% peso seco);

da = massa específica do solo (g/cm^3);

P = profundidade efetiva do sistema radicular (400mm).

Com o objetivo de controlar e verificar a vazão dos aspersores e a lâmina d'água aplicada, em cada irrigação, instalou-se 48 pluviômetros ou coletores de água sendo um em cada subparcela, a uma altura de 0,50m do solo (FIGURA 2).

As plantas foram mantidas livres da ação de ervas daninhas através de capinas manuais com enxadas quando se fazia necessário. O controle às pragas foi realizado por meio de pulverizações semanais, através de pulverizador costal e com os seguintes inseticidas: carvin 75 PM (1-Naftil-N-Metil-Carbamato) na proporção de 40g do produto comercial para 20 litros de água; aldrin 40 PM, um organo-clorado, na proporção de 40g do produto comercial para 20 litros de água; metasistox CE 250 (Demeton - S - Metil) na proporção de 30cm³ do produto comercial para 20 litros de água. A lagarta elasmo (Elasmopalpus lignosellus), tripse (Frankliniella sp) e ácaro vermelho (Tetranychus sp) foram as principais pragas que atacaram a cultura.

Aos 68 dias após o plantio fez-se, em cada subparcela, a coleta do material destinado às seguintes determinações: teor de lipídios, clorofila a, clorofila b e clorofila total. As taxas de transpiração adaxial, abaxial e total foram determinadas nesta mesma oportunidade. O peso seco da parte aérea foi determinado aos 82 dias do ciclo da cultura.

3.3 - Determinações Químico-Físico-Hídricas do Solo

A capacidade de campo para a camada de solo de 10 a 30cm de profundidade foi determinada, no local do experimento, pela metodologia descrita por **BERNARDO (1984)** e **REICHARDT (1987)**.

A massa específica do solo para as camadas 10, 30 e 50cm foi determinada pelo método do anel volumétrico, des-

crito por **UHLAND (1949)** e calculada com auxílio da seguinte expressão:

$$\text{Da} = \frac{\text{MSS}}{\text{VC}} \quad (3)$$

onde:

Da = massa específica do solo (g/cm^3);

MSS = massa do solo seco a 105°C (g);

VC = volume do cilindro (cm^3).

Através do sistema de tensiômetro e utilizando amostra deformada, retirada no local do experimento, entre 10 e 30cm de profundidade, determinou-se a curva característica da água do solo (FIGURA 3). Para potenciais mátricos abaixo de $-0,05 \text{ MPa}$ usou-se os métodos da placa de pressão e "panela de pressão".

Optou-se pelo traçado da curva para uma única profundidade em decorrência da uniformidade do solo até 50cm, no que diz respeito a suas características físicas.

Para identificar as características físicas e químicas do solo (TABELA 3) foram realizadas análises pelo Laboratório de Análise de Solo da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, localizado em Teresina, Piauí.

3.4 - Determinação das Taxas de Transpiração Adaxial, Abaxial e Total

As taxas de transpiração foram medidas diretamente com a utilização do instrumento portátil (LI-1600 Steady State Porometer - Lincoln - Nebrasca, EE.UU.). Foram feitas seis determinações diárias, a partir das 7:00 horas da manhã, espaçadas de duas horas, aos 68, 69 e 70 dias do ciclo da cultura, coincidindo com a determinação dos demais parâme-

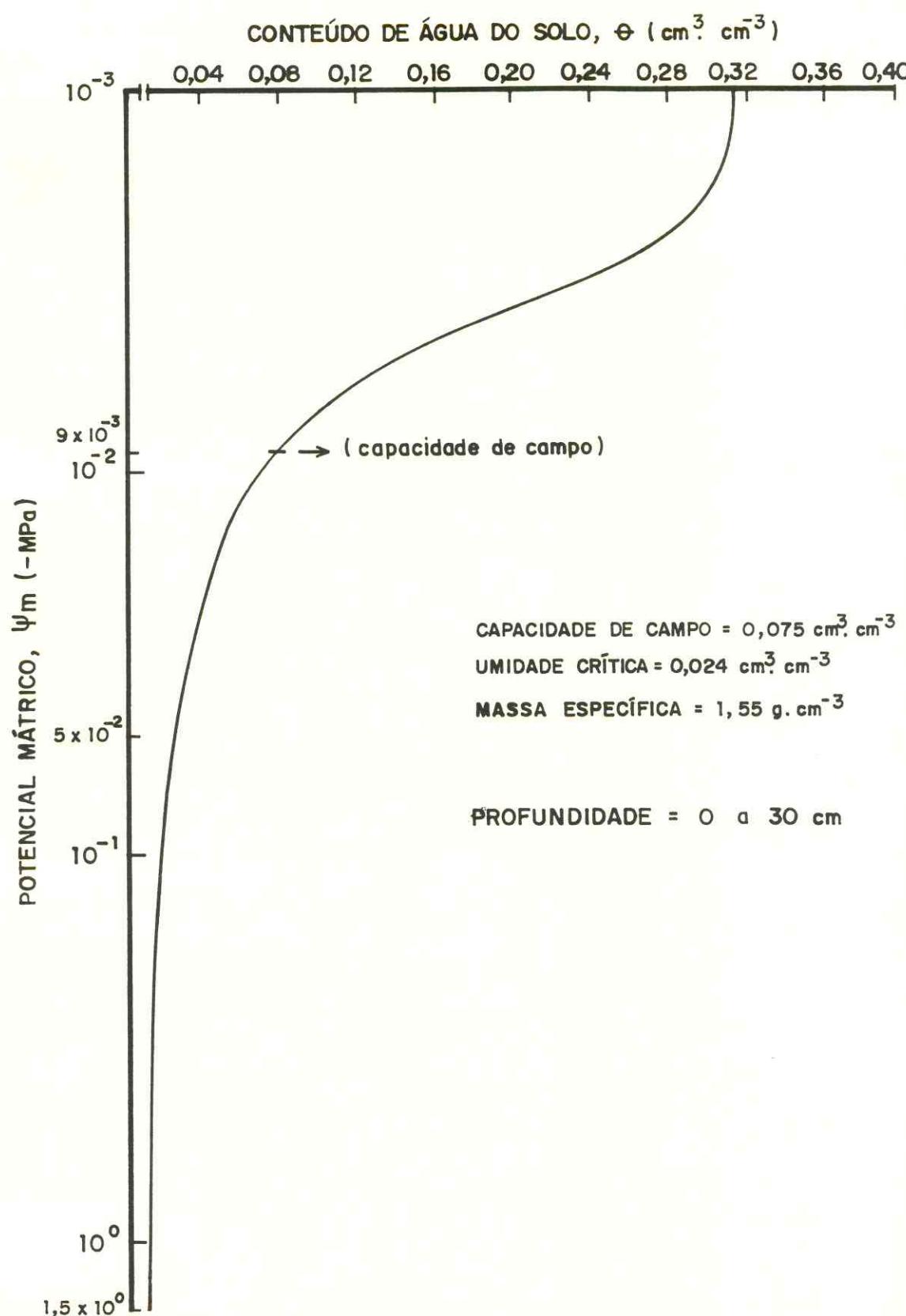


FIGURA 3 - Curva característica da água do solo da área experimental. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

TABELA 3 - Características químicas e físico-hídricas do solo da área experimental, para a profundidade de 10 a 30cm. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Características Químicas							
pH em H_2O	Al meq/100ml	Ca + Mg meq/100ml	K meq/100ml	P ppm	M.O. %	C.E. do Extrato mmhos/cm 25°C	
6,60	0,36	2,60	0,09	25,00	0,25	0,11	
Características Físico-Hídricas							
Areia Grossa %	Areia Fina %	Silte %	Argila %	Classificação Textural	Massa Específica $\frac{g \cdot cm^{-3}}{10cm \ 30cm}$	Capacidade de Campo $(\frac{cm^3}{10cm} \cdot \frac{cm^3}{30cm})$	
71	20	6	3	areia	1,542 1,555	0,073 0,077	

tros fisiológicos. Cada dia de determinação representa uma repetição.

Escolheu-se ao acaso 3 subparcelas dentro de cada regime hídrico, cada uma delas representando um tratamento, determinando no total do experimento 12 subparcelas amostradas. A cada dia marcava-se em cada subparcela, também ao acaso, uma planta para verificação da taxa transpiratória. As medições foram feitas nas superfícies adaxial e abaxial das folhas de cada planta, sendo a transpiração total determinada pela soma das duas. As leituras eram fornecidas diretamente em $\mu\text{gH}_2\text{O} \cdot \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$.

3.5 - Determinação dos Teores de Clorofila a, b e Total

Para determinação dos teores de clorofila a, b e total foi escolhida uma planta em cada subparcela e retirada uma amostra de 0,25g da terceira folha a partir do ápice. A Trituração da amostra foi feita em um almofariz juntamente com 0,3g de CaCO_3 , 0,3g de areia lavada e 1,8ml de acetona pura. O homogenato foi filtrado em um funil de Büchner e o resíduo lavado com 5ml de acetona a 80%. Lavou-se o almofariz com 2,0ml da mesma solução de acetona e ajustou-se o volume para 10ml. Retirou-se desta solução uma alíquota de 0,1ml e diluiu-se em 4,9ml de acetona 80%, objetivando a determinação da densidade óptica a 645 e 663nm, utilizando-se acetona a 80% como branco. A dosagem de clorofila foi feita conforme metodologia descrita por ARNON (1949). As concentrações de clorofila total, clorofila a e clorofila b foram obtidas através da aplicação das fórmulas de MCKINNEY (1941):

$$\text{Ct (mg/l)} = 20,20 \text{ D.O.}_{645} + 8,02 \text{ D.O.}_{663} \quad (4)$$

$$\text{Ca (mg/l)} = 12,70 \text{ D.O.}_{663} - 2,69 \text{ D.O.}_{645} \quad (5)$$

$$\text{Cb (mg/l)} = 22,90 \text{ D.O.}_{645} - 4,68 \text{ D.O.}_{663} \quad (6)$$

onde:

C_t = concentração total de clorofila, expressa em peso fresco;

C_a = concentração de clorofila a, expressa em peso fresco;

C_b = concentração de clorofila b, expressa em peso fresco;

$D.O_{645}$ e $D.O_{663}$ densidade óptica em 645 e 663nm, respectivamente.

Após as devidas transformações as concentrações de clorofila total, clorofila a e clorofila b foram expressas em mg/g de peso seco.

3.6 - Determinação do Teor de Lipídios Totais

A extração dos lipídios foi feita segundo o método descrito por ALLEN & GOOD (1971) utilizando-se uma amostra de 5g retirada da terceira e quarta folhas contadas a partir do ápice. As lâminas foliares foram fixadas em 20ml de água fervente por dois minutos e a seguir trituradas com 20ml de metanol/clorofórmio (2:1 v/v) e areia. A seguir, através de um funil de placa porosa, o material foi filtrado sendo o resíduo lavado com 30ml de clorofórmio puro. Procedeu-se uma lavagem com a água usada na fixação das folhas acrescentada de 10ml de KCl 0,1M para promover a separação entre o solvente e a parte aquosa.

O filtrado foi submetido a uma centrifugação de 200 x g a fim de facilitar a separação da fase lipídica. Mais duas lavagens da fase superior foram realizadas usando-se em cada uma delas 5,0ml de clorofórmio. O solvente onde se encontrava a fase inferior foi evaporado com ventilação fornecida a partir de um balão de nitrogênio em gás eliminando-se os resíduos aquosos.

Os balões de vidro foram colocados em um dessecador, contendo sílica e KOH, por doze horas após o que se obteve o teor de lipídios pela diferença de peso dos balões com e sem lipídios. Os valores foram ajustados para serem expressos em mg/g_{p.s.}

3.7 - Determinação das Produtividades Biológica e Agrícola

3.7.1 - Determinação da área foliar e do número de folhas por planta

A área foliar foi determinada através do medidor de área foliar (Portable Área Meter, Modelo LI-3000 - Lincoln - Nebrasca, EE.UU.) que consiste de um sensor de fotocélulas.

O número médio de folhas por planta foi determinado por contagem direta feita em duas plantas por cada subparcela, por ocasião da colheita.

3.7.2 - Determinação do peso seco da parte aérea

A determinação do peso seco da parte aérea foi realizada através de pesagem direta das folhas e caules após permanência por 48 horas na estufa, a 80°C. Para esta determinação colheu-se uma planta por subparcela aos 82 dias do ciclo da cultura.

3.7.3 - Determinação dos parâmetros de produção da cultura

O número total de flores emitidas durante o ciclo foi obtido através de contagem direta iniciada 20 dias após o plantio, diariamente, em duas plantas marcadas em cada subparcela, totalizando 96 plantas amostradas ou observadas. Estas mesmas plantas, por ocasião da colheita, aos 96 dias do ciclo da cultura, foram coletadas separadamente e utilizadas para determinação dos parâmetros de produção tais como: número de ramos $n+1$ e $n+2$, percentagem de sementes em relação ao peso total das vagens e eficiência re-

produtiva. Esta foi obtida dividindo-se o número de vagens normais ou maduras pelo número total de flores emitidas durante o ciclo da cultura. Após a coleta do material citado anteriormente, o restante das linhas centrais de plantas foi medido e colhido para determinação da produção de vagens por hectare. A produtividade em kg/ha foi estimada com as vagens contendo 8,22% de umidade.

4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 - Lâmina de Água Aplicada

A redução da aplicação da água teve o objetivo de estabelecer estresse hídrico nas plantas do amendoim em decorrência do decréscimo da disponibilidade hídrica no solo. No regime hídrico controle (L_1), correspondente a lâmina de água de irrigação de 221,70mm, as irrigações foram realizadas quando a umidade do solo era reduzida para o valor de $0,024 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$, que determinava um potencial mátrico de $-0,05 \text{ MPa}$, de acordo com a curva de retenção, considerado como crítico para a cultura. A depleção do conteúdo de água do solo foi de $0,051 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$ uma vez que a retenção de umidade pelo mesmo, na capacidade de campo, era de $0,075 \text{ cm}^3 \cdot \text{cm}^{-3}$. Este nível de irrigação definiu o turno de rega em torno de 7 dias. A redução da disponibilidade hídrica para as plantas foi feita, a partir do 30º dia após o plantio, com base no tempo de aplicação da água, calculado em função do tempo de irrigação encontrado para o regime hídrico controle e representou 75, 50 e 25% daquele nos tratamentos L_2 , L_3 e L_4 , respectivamente. Considerando a precipitação natural e a lâmina básica de irrigação aplicada uniformemente até o 30º dia do ciclo da cultura, temos, em relação ao controle, a variação de cerca de 88,5, 73 e 60,5% na aplicação da água para L_2 , L_3 e L_4 , respectivamente (TABELA 2). Considerou-se que estas reduções no nível de aplicação da água estabeleceram déficit hídrico no solo e consequentemente nas plantas pois as condições climáticas, durante a condução do experimento, caracterizaram elevada demanda de água pela atmosfera. Nestas condições e com o regime de inadequado suprimento de água, em alguns tratamentos, as plantas se desenvolveram sob estresse hídrico cujos efeitos afetaram o crescimento vegetal.

tivo e o processo reprodutivo da cultura.

4.2 - Transpiração

A variação da transpiração ao longo do dia, determinada aos 68, 69 e 70 dias após o plantio, isto é, no estádio de máximo desenvolvimento vegetativo, mostrou tendência de redução deste parâmetro quando se supriu em 39,5 % a aplicação da água (L_4) em relação ao regime hídrico L_1 (FIGURAS 4A, 4B e 5). O pico transpiratório foi, na maioria dos tratamentos, atingido às 11 horas decrescendo a partir deste horário. Com a elevação da demanda transpiratória, as perdas de água nas primeiras horas do dia podem ter ocasionado redução do potencial hídrico da folha e como consequência a pressão de turgescência foi reduzida, ocorrendo então o fechamento parcial dos estômatos.

Os efeitos das cultivares, das lâminas de água de irrigação e as combinações destes dois fatores não foram suficientes para induzir variações significativas na transpiração da superfície adaxial das folhas (TABELA 4). Entretanto, observou-se que os valores médios transpirados pelas plantas no regime hídrico L_4 apresentaram tendência de decréscimo em relação às médias dos demais regimes hídricos.

A transpiração da face abaxial das folhas (TABELA 5) mostrou diferenças significativas para os diversos tratamentos testados e apresentou valor médio, independente dos tratamentos, inferior à transpiração da face adaxial, concordando com resultados de PALLAS *et al.* (1979) estudando a mesma espécie. As cultivares PI 165-317, 55.437 e Tatu, quando submetidas ao regime hídrico L_4 , reduziram a transpiração da superfície abaxial das folhas em aproximadamente 50, 67 e 5 %, respectivamente, em relação as médias calculadas com os valores transpirados sob os regimes hídricos L_1 , L_2 e L_3 .

Os valores médios das taxas de transpiração diária total (TABELA 6) resultaram da soma das transpirações da face adaxial e abaxial das folhas. Portanto, as diferenças es-

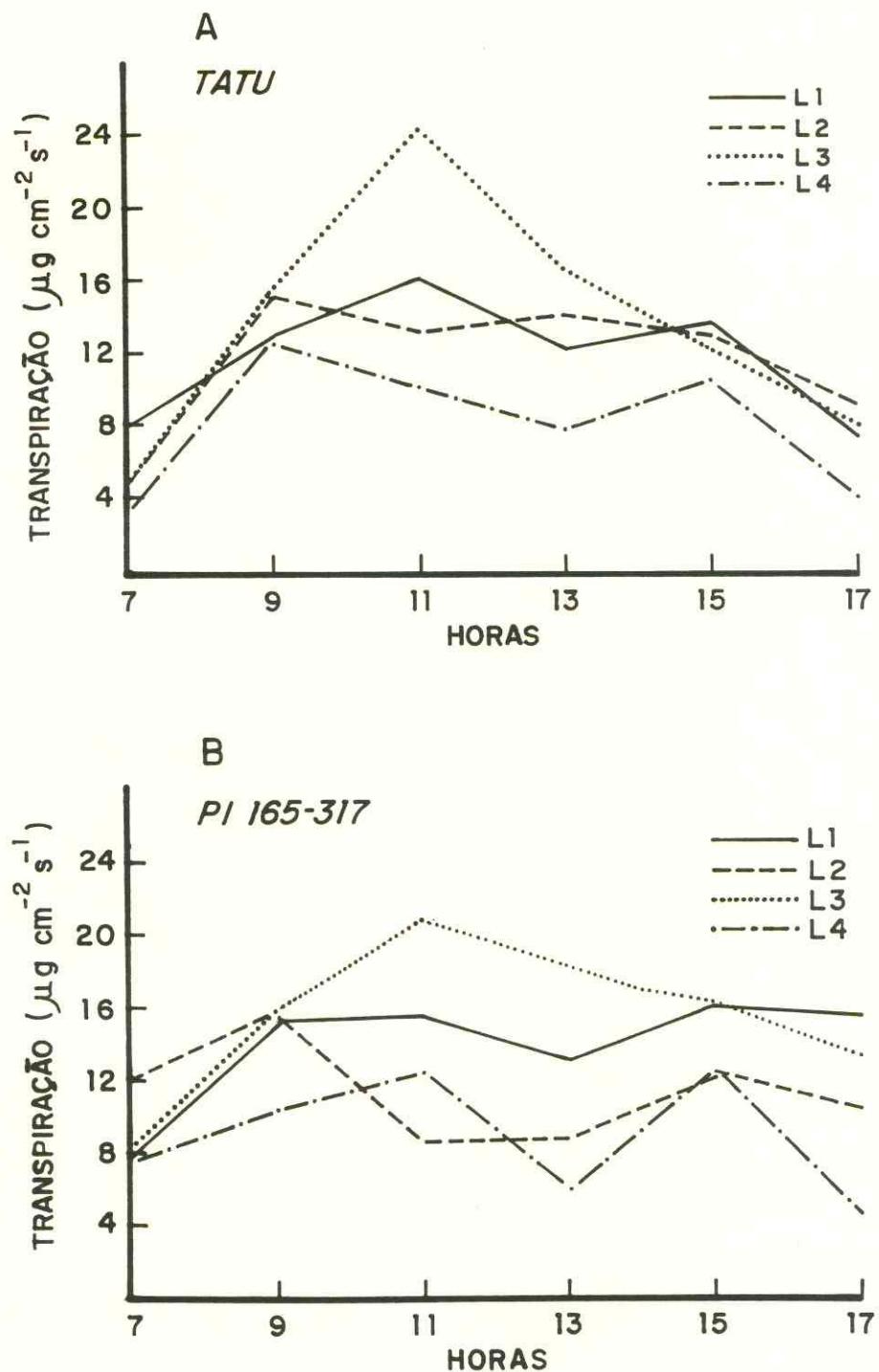


FIGURA 4 - Quantidades de água transpirada pelas cultivares de amendoim Tatu (A) e PI 165-317 (B), submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$, $L_2 = 88,5\%$, $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{ MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

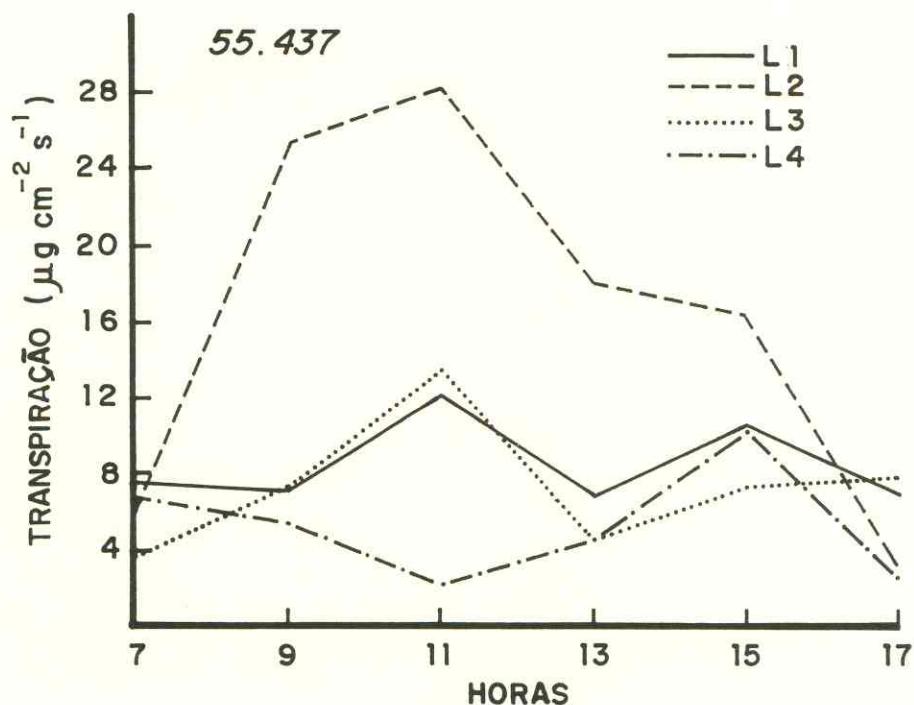


FIGURA 5 - Quantidades de água transpirada pela cultivar de amendoim 55.437, submetida a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

TABELA 4 - Taxas médias diárias de transpiração ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) da superfície adaxial das folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	8,17	5,39	7,08	5,88	6,63
55.437	5,91	7,22	4,76	3,65	5,38
Tatu	8,61	6,77	6,87	3,94	6,55
Médias	7,56	6,46	6,24	4,49	6,19

A ausência de letras indica que a análise da variância não mostrou diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 5 - Taxas médias diárias de transpiração ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \text{ s}^{-1}$) da superfície abaxial das folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos			
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4
PI 165-317	6,34Aab	5,74Bab	8,43Aa	3,38ABB
55.437	2,90Bb	9,70Aa	2,87Bb	1,67Bb
Tatu	3,19Bb	5,24Bab	7,78Aa	5,12Aab

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

TABELA 6 - Taxas médias diárias de transpiração total ($\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \text{s}^{-1}$) das folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paráipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos			
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4
PI 165-317	14,51Aa	11,13Ba	15,51Aa	9,26Aa
55.437	8,82Bb	16,92Aa	7,63Bb	5,32Ab
Tatu	11,79ABA	12,01Ba	14,65Aa	9,06Aa

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

tatisticamente significativas encontradas para este parâmetro foram determinadas pela variação da transpiração da superfície abaxial. A cultivar PI 165-317 não sofreu redução significativa dos valores transpirados com a supressão da aplicação da água e diferenciou-se da cultivar 55.437 nos regimes hídricos L_1 , L_2 e L_3 . Não houve diferença significativa entre a cultivar PI 165-317 e a cultivar Tatu nos diferentes regimes hídricos. A cultivar 55.437 não se diferenciou da cultivar Tatu sob os regimes hídricos L_1 e L_4 . A variação da transpiração das cultivares Tatu e PI 165-317 foi idêntica frente a redução da umidade do solo. A cultivar 55.437 sob o regime hídrico L_2 superou os demais níveis de irrigação no que se refere a transpiração total. Esta combinação dos dois fatores testados mostrou elevado valor de transpiração em relação as demais combinações estudadas. Neste sentido **RAO et al. (1988)**, estudando a cultura do amendoim em condições de déficit hídrico, encontraram maiores taxas de condutância estomática também para os tratamentos intermediários.

Os gráficos das FIGURAS 4A, 4B e 5 e a TABELA 6 sugerem que sob os regimes hídricos L_2 e L_3 , em relação ao controle (L_1), não houve variação do "status" hídrico das plantas suficiente para atingir o valor limite crítico a partir do qual os estômatos se fechassem, parcial ou totalmente, inibindo a transpiração. Nestes tratamentos intermediários as taxas de transpiração podem ter sido influenciadas pela variação do número de estômatos por unidade de área. A variação do número de estômatos ocorre não só entre espécies mas também dentro da mesma espécie dependendo dos fatores ambientais e até mesmo para a mesma folha, por unidade de área, em função da distância que eles se encontram das nervuras principais. Analisando o efeito da lâmina de água de irrigação observou-se que, apesar da análise estatística ter mostrado diferenças significativas apenas para a cultivar 55.437 sob o regime hídrico L_2 , houve certa tendência de declínio da taxa transpiratória total quando foram comparados os valores encontrados para o regime hídrico L_4 com as médias de cada cultivar sob os regimes hídricos

L_1 , L_2 e L_3 . A supressão da água disponível para as plantas promove o aparecimento de baixos níveis de água nas folhas que por conseguinte induzem ao fechamento dos estômatos aumentando a resistência estomática reduzindo portanto a transpiração. A tendência de declínio da transpiração de plantas do amendoim, submetidas a severo estresse hídrico (L_4), encontrada neste trabalho, está de acordo com as conclusões de RAO *et al.* (1988). Para as culturas do algodão e sorgo, soja e ervilha ROSENTHAL *et al.* (1987), ESPINOZA (1982a) e HILER *et al.* (1972), respectivamente, encontraram reduções da taxa transpiratória ao submeter as plantas a condições de baixa umidade no solo.

Os dados da TABELA 6 resultaram de determinações da transpiração, através de seis medições diárias a partir das 7:00 horas e espaçadas de duas horas, aos 68, 69 e 70 dias do ciclo da cultura, ou seja, no estádio em que as plantas apresentavam desenvolvimento vegetativo máximo e florescimento intenso. Esta fase é caracterizada por alto consumo de água pela cultura e o coeficiente de cultivo (K_c), expresso pela relação entre evapotranspiração real (ET_r) e a evapotranspiração potencial (ET_0), pode atingir valores maiores que a unidade (REICHARDT, 1987). Através das devidas transformações verificou-se que o valor médio transpirado pelas plantas sob a influência da lâmina de água controle (L_1), independentemente das cultivares, foi de 5,2 mm/dia durante o período de determinação. Este valor está abaixo daqueles indicados pela literatura especializada para o consumo de água pela planta para esta fase da cultura. Para os regimes hídricos L_2 e L_3 o mesmo cálculo resultou em 5,9 e 5,6 mm/dia, valores também inferiores àqueles citados pela literatura especializada. Usando o valor da evapotranspiração potencial (ET_0), calculado pela fórmula de HARGREAVES apresentada por CUNHA & MILLO (1984), os coeficientes de cultivo indicados por REICHARDT (1987) e os períodos fenológicos apresentados por GILLIER & SILVESTRE (1970) concluiu-se que o consumo total de água pela cultura do amendoim na forma de evapotranspiração real, durante todo o ciclo, nas condições climáticas em que se realizou o

experimento, deveria ser da ordem de 270 mm para as plantas submetidas ao regime hídrico controle (L_1). Como o consumo de água pelas plantas durante o ciclo exigiu a aplicação de apenas 221,70 mm (TABELA 2) deduziu-se que em determinadas fases houve séria limitação ao processo transpiratório o que reduziu a demanda hídrica da cultura. Os valores elevados da umidade relativa do ar (TABELA 1), muito embora tenham exercido influência sobre a transpiração, não determinaram reduções relevantes do processo transpiratório que depende essencialmente da radiação solar líquida disponível. Na referida tabela observa-se que os dados de insolação, velocidade do vento e evaporação são indicativos de alta demanda de água pela atmosfera. **MUKAMMAL & BRUCE (1960)**, citados por **MOTA (1986)**, demonstraram que a importância relativa da radiação, umidade relativa e vento na evaporação de uma superfície livre de água estão na proporção de 80:6:14, respectivamente. O último autor sugere que o efeito da temperatura está relacionado com a radiação. Observou ainda que no caso da evapotranspiração potencial a proporção seria mantida e que o fator dominante no processo é a radiação. **BROUWER (1956)**, citado pelo mesmo autor, mostrou que para determinada abertura estomática a transpiração é proporcional à energia da radiação. **REICHARDT (1987)** afirmou que a demanda atmosférica de água está intimamente ligada a radiação solar que fornece energia para todos os processos ocorridos na atmosfera.

GILLIER & SILVESTRE (1970) indicaram que é necessário o consumo de 370 a 570 mm de água, através da transpiração, durante o ciclo da cultura, para que a água não se torne fator limitante da produção do amendoim, nas condições climáticas do Senegal. Por outro lado **REICHARDT (1987)** afirmou que a depender do clima, as necessidades totais de água para a cultura do amendoim variam de 500 a 700 mm e ainda que a disponibilidade hídrica para as plantas depende do fluxo de água no solo. A água é considerada disponível se as condições de solo, gradiente de potencial e condutividade hidráulica, permitirem que o fluxo atenda a demanda atmosférica. Para altos valores de evapotranspiração po-

tencial (ET_o) o fluxo de água no solo, mesmo estando este com elevada umidade, não é suficiente e a evapotranspiração real (ET_r) será menor que a evapotranspiração máxima (ET_m) ou ET_o. Portanto, quanto maior a evapotranspiração potencial mais rapidamente decrescerá a evapotranspiração real em relação àquela. Para as condições climáticas em que foi executado este experimento, os resultados de transpiração para a lâmina de água L₁, indicam que o consumo de água pela cultura do amendoim foi reduzido pelo fato exposto acima inibindo o potencial produtivo das cultivares estudadas.

4.3 - Clorofilas a, b e Total

Os tratamentos testados não foram capazes de induzir diferenças significativas nos teores de clorofila a, clorofila b e clorofila total das três cultivares estudadas (TABELAS 7, 8 e 9). Os valores médios de clorofila a mostraram-se bastante superiores em relação a clorofila b, para todas as cultivares. Contrariando os resultados de **PORTO FILHO (1986)** trabalhando com caupi e **DE PAULA (1985)** estudando a cultura do algodão, os níveis de clorofila a, b e total tenderam a manter-se estáveis a medida que se reduziu a aplicação de água, resultado este comum às três cultivares.

O estresse hídrico aplicado pode não ter reduzido o "status" hídrico a níveis suficientes para promover alterações negativas nos teores de clorofila das folhas do amendoim, a exemplo do que ocorreu nos referidos trabalhos.

ALBERT et al. (1975), citados por **PORTO FILHO (1986)**, verificaram para feijão de porco (Canavalia ensiformis L.D.C.), que somente potenciais hídricos inferiores a -0,5 MPa podiam retardar o aparecimento de clorofila pela redução da taxa de formação do complexo proteína-clorofila a/b e por diminuir o acúmulo de clorofila b.

TABELA 7 - Valores médios dos teores de clorofila a (mg/g P.S.) nas folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	7,16	7,94	9,22	8,89	8,30
55.437	8,21	7,91	7,88	9,12	8,28
Tatu	6,65	9,68	9,77	10,13	9,06
Médias	7,34	8,51	8,96	9,38	8,55

A ausência de letras indica que a análise da variância não mostrou diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 8 - Valores médios dos teores de clorofila b (mg/g.p.s) nas folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	3,00	2,76	3,60	3,89	3,31
55.437	3,55	3,01	3,93	3,14	3,41
Tatu	2,66	5,40	3,92	3,90	3,97
Médias	3,07	3,72	3,82	3,64	3,56

A ausência de letras indica que a análise da variância não mostrou diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 9 - Valores médios dos teores de clorofila total (mg/g_{P.S.}) nas folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L ₁)	L ₂	L ₃	L ₄	
PI 165-317	10,16	10,71	12,82	12,78	11,62
55.437	11,76	10,91	11,81	12,26	11,68
Tatu	9,30	15,08	13,68	14,03	13,02
Médias	10,41	12,23	12,77	13,02	12,11

A ausência de letras indica que a análise da variância não mostrou diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade.

4.4 - Lipídios

Os valores dos teores de lipídios totais (TABELA 10) não apresentaram diferenças significativas quando submetidos a análise estatística. Os resultados deste trabalho mostraram que o teor de lipídios totais das folhas do amendoim não foi inibido com a supressão de até 39,5 % da água aplicada ao solo.

Para a cultura do algodão, resultado diferente foi encontrado por DE PAULA (1985) que ao aplicar estresse hídrico a duas cultivares, constatou redução no teor de lipídios totais para ambas. No entanto, o experimento foi conduzido em condições de casa de vegetação, com suspensão da irrigação até que as folhas apresentassem sinais visíveis de murcha e baixos valores de potencial hídrico.

Os resultados apresentados na TABELA 10 sugerem que a magnitude da variação do potencial hídrico pode não ter sido suficiente para induzir alterações negativas no teor de lipídios que ocorrem predominantemente nas membranas celulares das folhas.

4.5 - Produtividades Biológica e Agrícola

4.5.1 - Área foliar total e número de folhas por planta

As cultivares estudadas não apresentaram variações significativas destes dois parâmetros mediante a imposição do estresse hídrico. As combinações entre as cultivares e os regimes hídricos testados também não mostraram variações significativas indicando que os efeitos dos dois fatores não se reforçaram, isto é, não houve interação significativa entre eles (TABELAS 11 e 12 e FIGURAS 6A e 6B). No entanto, considerando apenas o fator lámina de água de irrigação, independentemente das cultivares, verificou-se reduções significativas para os dois parâmetros, quando se re-

TABELA 10 - Variações nos teores de lipídios (mg/g P.S.) nas folhas de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	74,24	110,45	107,16	67,89	89,94
55.437	44,87	102,54	100,63	97,94	86,49
Tatu	73,76	79,11	109,14	79,11	85,28
Médias	64,29	97,37	105,64	81,65	87,24

A ausência de letras indica que a análise da variância não mostrou diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade.

TABELA 11 - Variação da área foliar (dm^2) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	12,9	13,5	14,0	10,7	12,7
55.437	19,4	15,6	11,8	7,7	13,6
Tatu	19,6	16,4	12,9	5,0	13,5
Médias	17,3a	15,2a	12,9a	7,8b	13,3

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

TABELA 12 - Número de folhas por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	219,2	231,8	237,9	205,6	223,6
55.437	278,9	244,6	175,9	153,5	213,2
Tatu	323,4	240,7	197,6	114,0	218,9
Médias	273,8a	239,0ab	203,8bc	157,7c	218,6

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

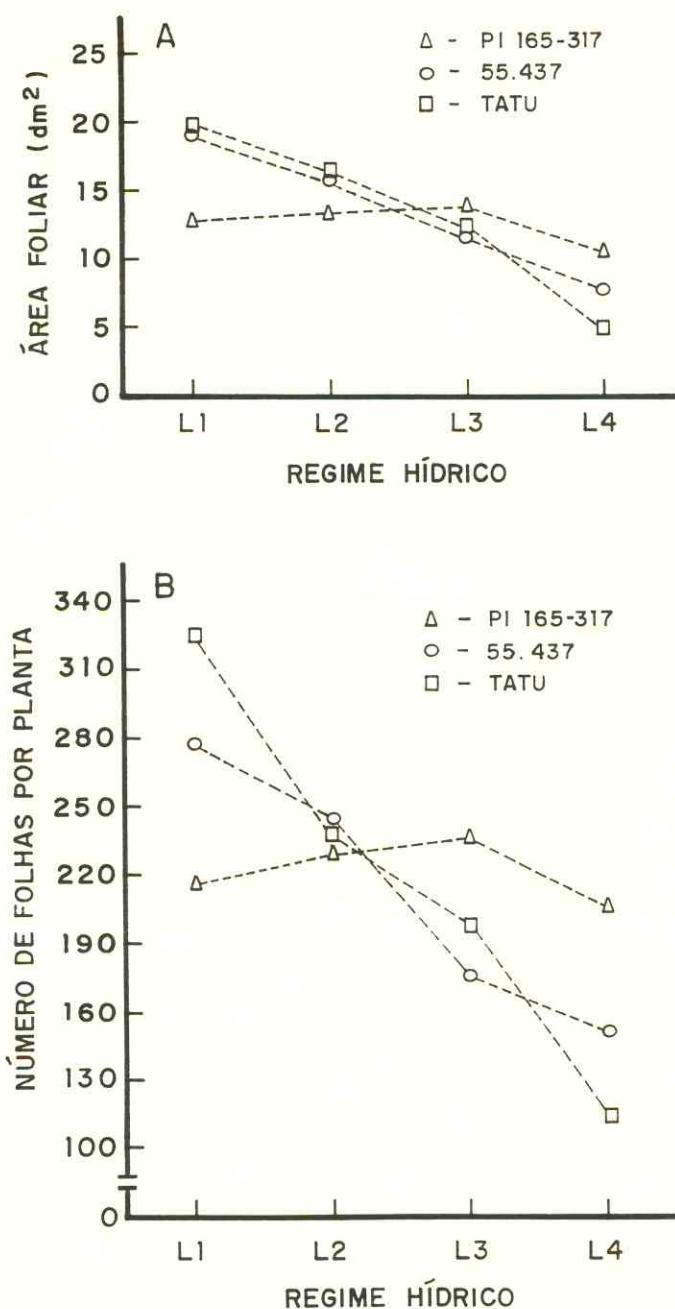


FIGURA 6 - Área foliar (A) e número de folhas por planta (B) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{ MPa}$, respectivamente). Paraípaba, Ceará, Brasil, 1989.

duziu o nível de aplicação da água. A área foliar foi reduzida quando se supriu em 39,5 % o fornecimento de água ao solo (L_4) em comparação com a média dos demais regimes hídricos nos quais este parâmetro não variou significativamente. As reduções encontradas para o regime hídrico L_4 , em relação a L_1 , L_2 e L_3 , foram de 55, 49 e 39 %, respectivamente.

Os números de folhas por planta encontrados para os tratamentos L_1 e L_2 foram semelhantes. Quando as plantas foram submetidas ao tratamento L_4 o número de folhas diferenciou-se dos valores encontrados para os tratamentos L_1 e L_2 mas foi semelhante ao valor verificado para L_3 que por sua vez não se diferenciou do valor referente ao tratamento L_2 . Apesar destes resultados, a análise percentual mostrou tendência de declínio do número de folhas por planta em cerca de 42, 34 e 23 %, quando se comparou a lâmina de irrigação L_4 com L_1 , L_2 e L_3 , respectivamente.

A baixa disponibilidade de água no solo refletiu-se negativamente na área foliar e número de folhas por planta da cultura do amendoim, no entanto, comparando-se a variação dos dois parâmetros nota-se que a área foliar se revelou mais suscetível à carência de água. Com base na discussão anterior pode-se dizer que o processo de alongamento ou expansão celular foi mais afetado do que a divisão celular quando plantas do amendoim foram expostas a baixos níveis de disponibilidade hídrica no solo. Esta maior sensibilidade ficou caracterizada pela maior percentagem de redução dos valores da área foliar uma vez que este parâmetro é determinado pelo alongamento das células que por sua vez mantém íntima relação com o "status" energético da água na planta através da pressão de turgescência. Este resultado ratifica as conclusões de HSIAO (1973).

A redução da área foliar total das plantas do amendoim sob condições de baixa disponibilidade hídrica no solo pode ser relacionada ao desenvolvimento de mecanismos de tolerância à seca, através da redução da expansão celular. TURNER (1979), propôs que a manutenção da elasticidade da parede celular e a redução do tamanho das células tendiam a aumentar a tolerância à deficiência hídrica. Os resultados

encontrados neste trabalho para a área foliar confirmam àqueles apresentados por SILVA (1986) e SÁ SOBRINHO (1988) para a cultura do amendoim sob condições de insuficiência hídrica.

4.5.2 - Peso seco da parte aérea

Os tratamentos testados mostraram, para o peso seco da parte aérea (TABELA 13), resultados semelhantes àqueles obtidos para área foliar e número de folhas. Não se fez presente o efeito do fator cultivar e nem houve interação significativa para os dois fatores estudados, cultivar e lâmina de água de irrigação. Observou-se porém, comparando as médias dos regimes hídricos, que o aumento do nível do estresse hídrico alterou significativamente a produção de matéria seca da parte aérea da cultura do amendoim. Os tratamentos L_1 , L_2 e L_3 produziram as maiores quantidades de matéria seca e foram estatisticamente iguais. O valor encontrado para este parâmetro mediante o regime hídrico L_4 foi significativamente inferior ao valor referente ao tratamento L_1 mas não foi diferente dos valores obtidos sob as lâminas de água L_2 e L_3 . Apesar disto ficou caracterizada uma tendência de declínio da produção de matéria seca da parte aérea com a redução da disponibilidade hídrica no solo.

A redução da quantidade de água disponível às plantas do amendoim diminuiu a produção de matéria seca da parte aérea por ter inibido o crescimento vegetativo das plantas. Os resultados encontrados neste trabalho sugerem que pode ter havido, em função do déficit hídrico, maior investimento dos fotoassimilados no crescimento do sistema radicular em detrimento da parte aérea com as plantas procurando se adaptarem às condições adversas em termos de umidade do solo. Resultados obtidos por SÁ SOBRINHO (1988) mostraram acentuado aumento da relação raiz/parte aérea quando submeteu diversas cultivares de amendoim a deficiência hídrica. SILVA (1986) também estudando a cultura do amendoim chegou a conclusões

TABELA 13 - Peso seco da parte aérea (**g/planta**) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L ₁)	L ₂	L ₃	L ₄	
PI 165-317	15,23	11,42	10,20	7,85	11,17
55.437	13,85	13,91	10,66	9,16	11,89
Tatu	23,86	19,41	14,12	7,58	16,24
Médias	17,65a	14,91ab	11,66ab	8,19b	13,10

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

semelhantes o que reforça o exposto anteriormente. Este autor afirmou que o aumento da relação raiz/parte aérea pode caracterizar a adaptação da planta às condições de carência hídrica por meio da menor restrição do crescimento da raiz nestas condições. Por outro lado TURNER (1979) verificou um aumento absoluto no crescimento radicular de plantas cultivadas em condições de estresse hídrico. Portanto, mesmo não tendo estudado o sistema radicular da cultura neste trabalho, presume-se que as plantas reduziram o crescimento da parte aérea e provavelmente aumentaram o crescimento relativo do sistema radicular em resposta ao déficit hídrico. Sabe-se entretanto, que esta possível adaptação a condições de baixa umidade no solo não é suficiente para manter o nível de produtividade da cultura.

4.5.3 - Ramificação lateral

Os valores encontrados para a ramificação lateral (TABELAS 14 e 15), mediante as diferentes combinações entre cultivares e lâminas de água de irrigação, mantiveram relativa estabilidade não apresentando diferenças significativas em termos estatísticos. As cultivares estudadas foram idênticas na emissão da ramificação lateral. Entende-se por ramos laterais tipo $n + 1$ aqueles que brotam a partir do ramo principal ou central das plantas do amendoim e ramos laterais do tipo $n + 2$ aqueles que se diferenciam a partir dos ramos $n + 1$. Ocorreu nítida predominância da emissão de ramos tipo $n + 1$ sobre o lançamento de ramos tipo $n + 2$.

Ao se analisar apenas o efeito dos diferentes regimes hídricos ficou caracterizada redução significativa da ramificação lateral do tipo $n + 1$ quando a aplicação da água foi reduzida em 27 e 39,5 % em relação ao controle, L_3 e L_4 , respectivamente. Entre estes dois níveis de estresse hídrico não houve variação significativa da ramificação lateral. O parâmetro em discussão não foi inibido com a redução da lâmina de água de irrigação em 11,5 % (L_2).

TABELA 14 - Número de ramos laterais do tipo n + 1 por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	4,5	4,1	4,6	4,7	4,5
55.437	5,4	5,0	3,9	4,1	4,6
Tatu	5,1	5,0	3,9	3,8	4,4
Médias	5,0a	4,7a	4,1b	4,2b	4,5

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

TABELA 15 - Número de ramos laterais do tipo $n+2$ por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	0,1	0,5	0,0	0,7	0,32
55.437	0,1	0,0	0,2	0,1	0,10
Tatu	0,0	0,1	0,1	0,0	0,05
Médias	0,07	0,20	0,10	0,30	0,16

A ausência de letras indica que a análise da variância não mostrou diferenças significativas ao nível de 5 % de probabilidade.

Conforme discussão apresentada para área foliar e número de folhas por planta, o processo de divisão celular foi menos influenciado pelo estresse hídrico do que o alongamento celular que é determinado pela pressão de turgescência no interior das células.

A menor sensibilidade do processo de divisão celular ao baixo "status" energético da água na planta, discutida anteriormente, torna-se evidente quando analisamos a ramificação lateral do amendoim.

As cultivares PI 165-317 e 55.437 pertencem ao grupo Spanish e a cultivar Tatu pertence ao grupo Valência e apresentam ramificação sequencial. O baixo número de ramos vegetativos laterais encontrado para todos os tratamentos é característico das cultivares que apresentam este tipo de ramificação.

Estudos realizados por **SÁ SOBRINHO (1988)** com diversas cultivares de amendoim mostraram maior percentagem de redução do número de ramos laterais, mediante o déficit hídrico, para as cultivares pertencentes ao grupo Virgínia, de ramificação alternada.

4.5.4 - Produção de flores

O processo de floração iniciou-se aos vinte dias após o plantio e estendeu-se por quase todo o ciclo da cultura. As diferentes combinações entre cultivares e regimes hídricos (TABELA 16) não variaram de forma suficiente para provocar diferenças significativas na produção total de flores pelas plantas do amendoim. Independentemente do regime de irrigação, as cultivares tiveram produções diferenciadas de flores. Analisando apenas o efeito deste fator verificou-se que as cultivares PI 165-317 e 55.437 foram semelhantes, mas superaram em termos significativos a cultivar Tatu. A redução da disponibilidade hídrica no solo afetou negativamente o processo de floração da cultura do amendoim. Comparando as médias dos regimes hídricos, isto é, considerando apenas o

TABELA 16 - Número total de flores por planta de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L ₁)	L ₂	L ₃	L ₄	
PI 165-317	71,2	74,5	58,0	56,5	65,0A
55.437	109,1	79,4	59,0	57,6	76,3A
Tatu	66,2	43,5	48,4	23,4	45,4B
Médias	82,2a	65,8ab	55,1b	45,8b	62,2

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5 %.

efeito das diferentes lâminas de água de irrigação aplicadas, verificou-se que o tratamento controle (L_1) superou os tratamentos L_3 e L_4 , embora não tenha se diferenciado do L_2 . Estes últimos tratamentos citados não apresentaram diferenças significativas entre si. Os resultados mostraram que a produção de flores da cultura do amendoim é um processo bastante sensível a redução da água disponível para as plantas, uma vez que a supressão de apenas 27 % da água aplicada (L_3), em relação ao controle, foi suficiente para alterar negativa e significativamente este parâmetro.

Os gráficos das FIGURAS 7A, 7B e 8 mostram a variação do número de flores emitidas pelas cultivares em função do regime hídrico e do período de floração (semanas). Nos gráficos a primeira semana corresponde ao período entre o vigésimo e o vigésimo sétimo dia após o plantio. O processo de florescimento se estendeu até a 9^a semana após a emissão das primeiras flores. A variação semanal do número de flores produzidas mostrou, para todas as cultivares, antecipação do pico de floração em decorrência da redução da água disponível para as plantas. Para o regime hídrico L_1 a produção máxima de flores ocorreu sempre na 5^a semana após o início do processo de florescimento. Este processo foi, para a cultivar PI 165-317, antecipado para a 4^a semana sob o regime hídrico L_2 e para a 2^a semana sob os regimes hídricos L_3 e L_4 . A cultivar Tatu teve antecipação da floração máxima para a 4^a, 3^a e 2^a semanas quando submetida aos regimes hídricos L_4 , L_3 e L_2 , respectivamente. Para a cultivar 55.437 a antecipação do máximo número de flores emitidas ocorreu para a 4^a, 3^a e 2^a semanas ao receber, respectivamente, as precipitações L_3 , L_2 e L_4 . Os resultados apresentados na TABELA 16 e FIGURAS 7A, 7B e 8 corroboram aqueles descritos por FOURRIER & PREVOT (1958), SILVA (1986) e SÁ SOBRINHO (1988) a respeito da influência negativa exercida sobre o número total de flores emitidas e antecipação da floração máxima da cultura do amendoim, em condições de carência hídrica.

A antecipação da floração máxima pode ser vista como um recurso adaptativo apresentado pelas plantas em bus-

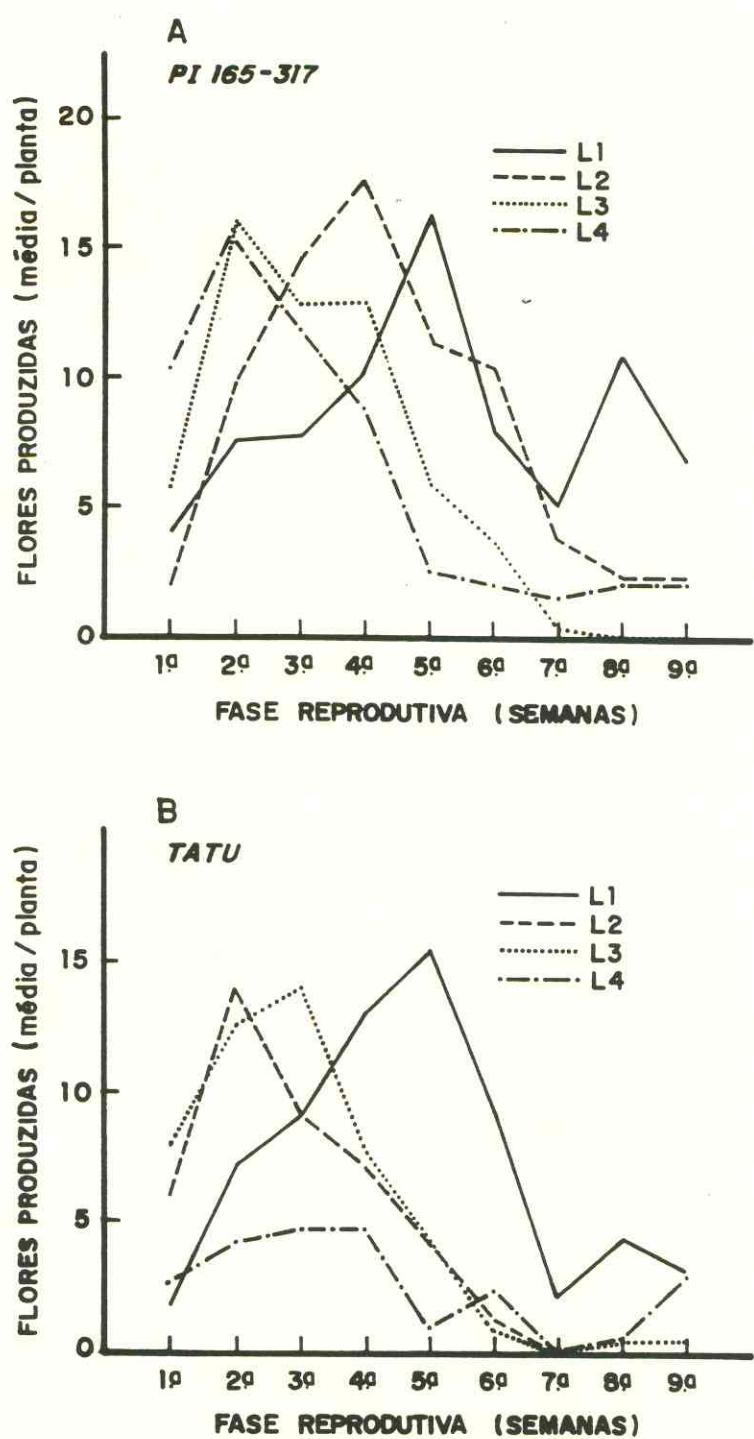


FIGURA 7 - Produção de flores por planta das cultivares de amendoim PI 165-317 (A) e Tatu (B), submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05 \text{ MPa}$, respectivamente). Paraípaba, Ceará, Brasil, 1989.

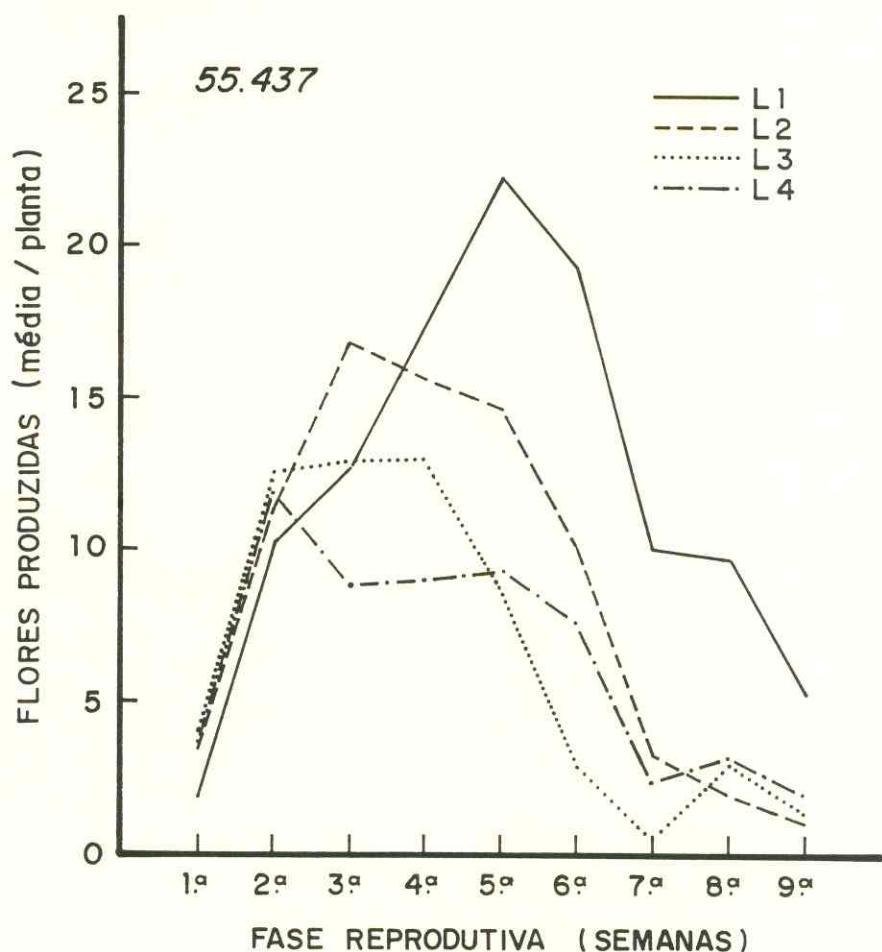


FIGURA 8 - Produção de flores por planta da cultivar de amendoim 55.437, submetida a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{ MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

ca da sobrevivência da espécie diante das condições adversas em termos de disponibilidade hídrica.

4.5.5 - Eficiência reprodutiva e relação peso seco das sementes/peso seco total das vagens

A eficiência reprodutiva (TABELA 17) refere-se a capacidade das plantas transformarem flores emitidas em vagens maduras de valor econômico.

As cultivares estudadas foram semelhantes em termos de eficiência reprodutiva e suas combinações com os diferentes regimes hídricos não apresentaram diferenças significativas. O fator irrigação mostrou-se importante para este parâmetro que foi reduzido significativamente no tratamento mais estressado (L_4), em relação aos demais. A cultivar Tatu foi pouco eficiente quando submetida ao regime hídrico L_1 em comparação aos valores encontrados para as lâminas de água L_2 e L_3 . Analisando-se a resposta desta cultivar no regime hídrico L_1 verificou-se que exatamente onde ocorreu o maior suprimento de água a mesma mostrou relativamente baixa eficiência reprodutiva. O resultado sugere que outro fator, além da aplicação de água, interferiu no processo reprodutivo das plantas da cultivar Tatu no tratamento controle uma vez que na lâmina de água L_2 , com precipitação levemente inferior, apresentou-se bastante eficiente. Sob a lâmina de água L_2 até mesmo nas subparcelas onde a precipitação, em decorrência do coeficiente de uniformidade de irrigação (75 %), foi levemente superior, esta cultivar apresentou alta eficiência reprodutiva. Embora **SCHENK (1961)**, citado por **GILLIER & SILVESTRE (1970)**, tenha se referido ao intenso processo respiratório das vagens em formação, não deve ter ocorrido restrição da aeração para a cultivar no regime hídrico L_1 pois o solo usado no experimento tem porosidade total igual a 41,5 % e em condições de máxima retenção de umidade (capacidade de campo) tem apenas 7,5 % do seu volume ocupado com água. Como o solo permaneceu com

TABELA 17 - Eficiência reprodutiva (%) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L_1)	L_2	L_3	L_4	
PI 165-317	20,2	21,0	23,0	13,6	19,4
55.437	16,5	17,4	16,4	6,9	14,3
Tatu	18,9	27,2	23,6	8,0	19,4
Médias	18,5a	21,9a	21,0a	9,5b	17,7

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

a maior parte do seu volume poroso ocupado com ar pode-se afirmar que não houve restrição no fornecimento de oxigênio para o processo respiratório das vagens em formação na cultivar Tatu. A baixa eficiência reprodutiva desta cultivar, nas condições discutidas acima, combina com a tendência de declínio, em relação aos demais regimes hídricos, dos seguintes parâmetros fisiológicos: transpiração da superfície abaxial das folhas, teores de clorofila a, b e total e teor de lipídios. O desenvolvimento vegetativo das plantas não foi afetado visto que a produção de matéria seca, sob a lâmina de água L₁, manteve-se em níveis mais elevados do que nos demais regimes hídricos testados.

A cultivar PI 165-317, apesar da inexistência de diferenças significativas para as combinações entre os fatores estudados, mostrou tendência de manutenção da eficiência reprodutiva em níveis mais elevados do que as demais, quando as plantas foram submetidas ao estresse hídrico mais acentuado (L₄).

A disponibilidade hídrica no solo mostrou-se importante para a efetivação do processo reprodutivo das plantas do amendoim principalmente pelas suas características particulares de ocorrência. Os dados encontrados para o tratamento controle concordam com os obtidos por **GILLIER & SILVESTRE (1970)** que observaram serem necessárias cinco a dez flores para produção de uma vagem normal em condições de cultivo no campo, o que representa um coeficiente de utilização das flores da ordem de 20 a 10 %.

As relações entre o peso seco das sementes e o peso seco total das vagens referentes às combinações entre cultivares e regimes hídricos não variaram de forma significativa (TABELA 18).

Em termos de tendência pode-se dizer que a cultivar PI 165-317 foi a menos prejudicada no processo de enchimento dos grãos, quando a umidade do solo foi reduzida com a aplicação de apenas 134,10 mm de água (L₄). A cultivar Tatu, também em termos de tendência, foi a menos eficiente no processo de enchimento dos grãos, quando se aumentou o nível de estresse hídrico. Para este parâmetro houve

TABELA 18 - Relação entre o peso seco das sementes e peso seco total das vagens (%) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos. Paráipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos				Médias
	Controle (L ₁)	L ₂	L ₃	L ₄	
PI 165-317	72,0	71,0	67,0	49,0	64,7B
55.437	72,0	66,0	63,0	37,0	59,5AB
Tatu	60,6	59,0	58,0	31,0	52,1A
Médias	68,2a	65,3a	62,7a	39,0b	58,8

Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, na coluna, ou pela mesma letra minúscula, na linha, não diferem estatisticamente, pelo teste de Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade. A ausência de letras indica que não houve diferença significativa ao nível de 5 %.

diferença da cultivar PI 165-317 em relação a Tatu, cujo resultado foi semelhante à 55.437. Com base apenas nas médias dos regimes hídricos, portanto sem considerar os efeitos das cultivares, verificou-se redução significativa da percentagem de sementes por fruto, quando se reduziu em 39,5 % a aplicação de água (L_4), em comparação aos demais tratamentos, para os quais os resultados foram estatisticamente semelhantes.

A redução do peso seco das sementes em decorrência do estresse hídrico indica os danos que o baixo "status" da água na planta ocasionou ao enchimento dos grãos, através da ação negativa na síntese e translocação de fotoassimilados para os frutos em formação.

SCHENK (1961), citado por **GILLIER & SILVESTRE (1970)**, demonstrou que, para as cultivares do grupo Spanish, duas semanas após a penetração do ginóforo no solo o pericarpo das vagens atinge seu peso fresco máximo e somente depois da sexta semana os grãos terão acumulado toda sua matéria seca. Como o enchimento dos grãos é um processo mais lento ficou consequentemente mais tempo exposto às condições adversas sendo mais prejudicado pelo déficit hídrico. O efeito pode ter sido manifestado em decorrência da redução do gradiente de potencial hídrico entre os vasos do xilema e os tubos crivados do floema. O estresse hídrico reduziu a energia livre da água nos vasos do xilema o que diminuiu o fluxo de água para os tubos crivados e como consequência a translocação dos carbohidratos através do fluxo em massa ficou alterada, prejudicando o enchimento dos grãos.

4.5.6 - Produção de vagens

A produção de vagens (TABELA 19 e FIGURA 9) foi negativa e significativamente influenciada pela deficiência hídrica. A redução da aplicação de água fez com que a cultivar PI 165-317 se diferenciasse do controle nos três níveis de estresse (L_2 , L_3 e L_4) que não foram diferentes en-

TABELA 19 - Produção de vagens (**kg/ha**) de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos.
Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

Cultivares	Regimes Hídricos			
	Controle (L ₁)	L ₂	L ₃	L ₄
PI 165-317	2561,7Aa	1214,9Ab	1152,3Ab	627,7Ab
55.437	1172,6Ba	1171,8Aa	1271,3Aa	369,8Ab
Tatu	805,2Bab	1303,2Aa	1114,3Aa	353,6Ab

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

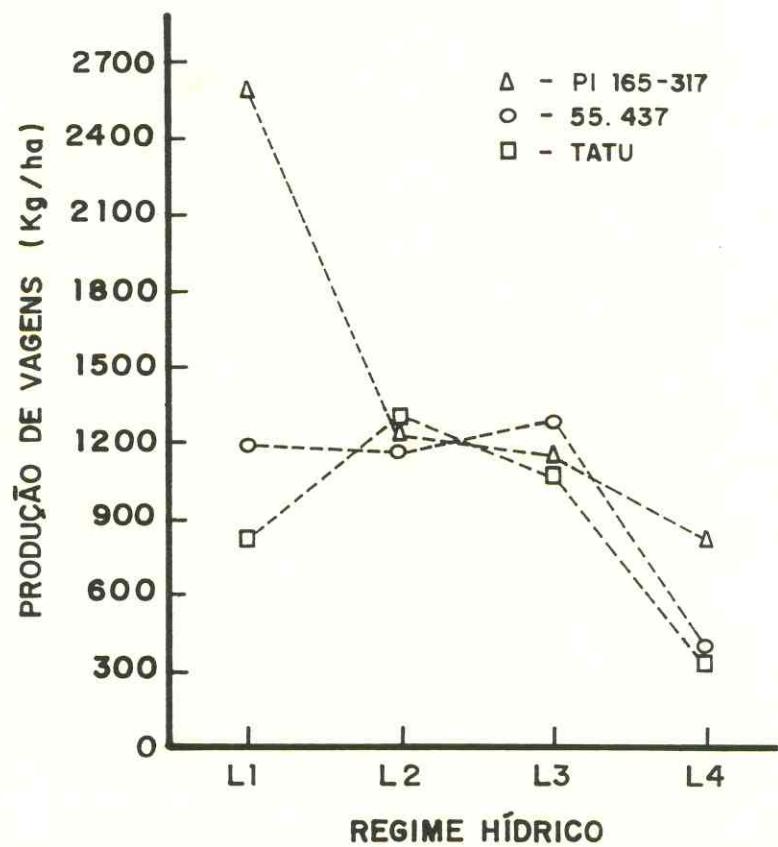


FIGURA 9 - Produção de vagens por hectare de cultivares de amendoim, submetidas a quatro regimes hídricos ($L_1 = 100\%$; $L_2 = 88,5\%$; $L_3 = 73\%$ e $L_4 = 60,5\%$ da lâmina de água de irrigação requerida à $-0,05\text{ MPa}$, respectivamente). Paraipaba, Ceará, Brasil, 1989.

tre si, embora, neste último nível, alcançasse somente cerca de 50 % da produção dos dois primeiros. No caso da cultivar 55.437 o nível mais intenso de déficit hídrico diferenciou-se dos três primeiros tratamentos (L_1 , L_2 e L_3) que se comportaram de forma semelhante em termos estatísticos. A cultivar Tatu apresentou as maiores produções de vagens nos tratamentos L_2 e L_3 , onde mostrou rendimentos aproximadamente iguais. A produção desta cultivar no regime hídrico L_4 , embora representasse somente cerca de 44 % daquela do regime hídrico L_1 , não diferiu significativamente. No caso da cultivar Tatu sob o tratamento controle (L_1), além da menor produção de flores, a velocidade de desenvolvimento das estruturas reprodutivas parece ter sido reduzida, o que prejudicou a produção final. A eficiência reprodutiva foi, neste caso, muito baixa conforme discutido anteriormente no item 4.5.5. Embora com baixa produtividade a cultivar Tatu mostrou sob o regime hídrico usado como controle (L_1) elevado número de folhas e área foliar bastante expressiva. A transpiração não apresentou grandes variações em relação às outras cultivares, sob as mesmas condições hídricas do solo, mas o teor de clorofila mostrou-se relativamente inferior. Observando o gráfico da floração (FIGURA 7B) nota-se uma redução abrupta da produção de flores da cultivar Tatu sob o regime hídrico L_1 a partir da quinta semana de florescimento, atingindo, em apenas duas semanas, produção insignificante de flores. Este fato parece estar relacionado com o ataque localizado de pragas em duas unidades experimentais situadas, conforme distribuição aleatória do experimento, na extremidade da área útil plantada. A ocorrência das pragas, tripse e ácaro, mesmo tendo sido controlada, parece ter provocado alterações na fisiologia das plantas o que ocasionou a redução da produtividade.

A cultivar PI 165-317 mostrou elevado potencial produtivo quando no regime hídrico L_1 , mas reduziu significativamente sua produtividade quando a intensidade de aplicação de água foi decrescida de 11,5 % (L_2). As produções de vagens desta cultivar sob os regimes hídricos L_2 e L_3 foram bastante semelhantes e para o tratamento L_4 sua

produtividade, embora não tenha ocorrido diferença em termos estatísticos, superou em torno de 41 e 44 % as cultivares 55.437 e Tatu, respectivamente. Este fato indica sua melhor adaptação no que concerne a tolerância à seca. As cultivares Tatu e 55.437 foram menos sensíveis a pequenas reduções na aplicação de água (L_2 e L_3), mas reduziram mais acentuadamente suas produções sob o estresse hídrico mais elevado (L_4).

O estresse hídrico aplicado às plantas não foi suficiente para induzir diferenças estatisticamente significativas na maioria dos parâmetros fisiológicos estudados. Entretanto, observou-se certa tendência de inibição da transpiração total quando, em relação a L_1 , se reduziu em 39,5% a aplicação de água, através do regime hídrico L_4 . Esta tendência refletiu-se negativamente na produção de matéria seca da parte aérea, área foliar, número de folhas por planta, floração e processo reprodutivo inibindo de forma acentuada a produtividade da cultura. A cultivar PI 165-317 parece possuir, em relação às demais estudadas, características mais eficientes de tolerância à seca mas a sua melhor adaptação ao déficit hídrico não impediu a significativa redução da produção de vagens a partir do regime hídrico L_2 e principalmente no L_4 , em relação ao controle (L_1). A ocorrência de mecanismos de tolerância à seca, possivelmente o maior desenvolvimento relativo do sistema radicular, pode ter redirecionado os fotoassimilados em prejuízo da produção de vagens. Neste sentido PRISCO (1986) comentou que os mecanismos de tolerância à seca não sustentam a produtividade das culturas uma vez que podem reduzir o desenvolvimento da parte aérea, onde, em geral, se localizam os órgãos ligados a produção vegetal. Verificou-se, comparando o regime hídrico L_4 com a média dos demais, grande relação entre a inibição do processo produtivo das plantas e a tendência de redução da transpiração total. Pela mesma análise verificou-se também, que a queda da produção de vagens, no tratamento L_4 , esteve muito relacionada com as reduções do número de folhas por planta, área foliar e peso seco da parte aérea. Nestas condições as inibições aproximadas de 34,

37, 44 e 48 % no número de folhas, transpiração total, peso seco da parte aérea e área foliar, respectivamente, implicaram na redução da produção de vagens em cerca de 65 % no regime hídrico L₄, em relação à média dos demais.

A redução da produção de vagens, encontrada neste trabalho, em decorrência do déficit hídrico está de acordo com os resultados encontrados por TÁVORA et al. (1985) e RAO et al. (1985 e 1988) ao submeterem cultivares de amenando a diferentes suprimentos de água.

5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES

- a) Observou-se tendência de redução da transpiração total das folhas do amendoim com a supressão da água disponível às plantas.
- b) Os teores de clorofila a, b e total permaneceram relativamente estáveis diante do estresse hídrico. Os teores de clorofila a foram superiores aos de clorofila b para todos os tratamentos.
- c) O teor de lipídios totais das folhas do amendoim não foi reduzido com a deficiência hídrica no solo.
- d) A área foliar e o número de folhas por planta sofreram significativas reduções como resposta ao baixo nível de disponibilidade hídrica no solo (L_4). Ficou caracterizada a maior susceptibilidade do processo de alongamento celular à redução da água disponível às plantas em comparação com o processo de diferenciação e divisão celular. A redução da área foliar e número de folhas mostrou grande relação com o decréscimo da produção de vagens.
- e) O estresse hídrico reduziu consideravelmente a produção de matéria seca da parte aérea através de ação negativa no crescimento de folhas e caules. A emissão de ramos laterais do tipo n + 1 também foi alterada negativamente.
- f) A baixa umidade do solo inibiu o florescimento das plantas e antecipou o pico de floração para todas as culturais.
- g) A eficiência reprodutiva decresceu com o estresse hídrico que provocou alterações no processo de desenvolvimento e maturação das vagens, prejudicando o enchimento dos grãos. A relação entre peso seco das sementes e peso seco total das vagens foi consideravelmente reduzida.

- h) A redução da lâmina de água de irrigação aplicada ao solo refletiu-se, independentemente do fator cultivar, de maneira negativa nas produtividades biológica e agrícola das cultivares de amendoim estudadas. Ficou caracterizada redução significativa da produção de vagens ao se submeter as três cultivares ao estresse hídrico.
- i) Considerando as nossas condições de estudo, a cultivar PI 165-317 deve ser a preferida para cultivos em condições de irrigação e de agricultura de sequeiro. Quando irrigada adequadamente (L_1) esta cultivar foi bastante produtiva e sob condições de severo estresse hídrico manteve a produtividade em nível mais elevado do que as demais. A cultivar Tatu, em termos relativos, mostrou menores relações entre peso seco das sementes e peso seco total dos frutos sendo menos rentável do ponto de vista econômico, sob os quatro regimes hídricos. No entanto, outras cultivares devem ter o comportamento analisado sob condições de inadequado suprimento de água.
- j) Estudos econômicos devem ser realizados para averiguar até que ponto é viável a redução da aplicação da água, ao se trabalhar com as cultivares pouco sensíveis a variações da disponibilidade hídrica no solo.

6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ACKERSON, R.C.; 1983. Comparative physiology and water relations of two corn hybrids during water stress. Crop Science. 23: 278-82.
- ALLEN, C.F. & GOOD, P.; 1971. Acyl lipid in photosynthetic systems. Methods in Enzymology. 23: 523-47.
- ARNON, D.I.; 1949. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyfenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24: 1-15.
- BENNET, J.M.; BOOTE, K.L. & HAMMOND, L.C.; 1981. Alternations in the components of peanut leaf water potential during desiccation. Journal of Experimental Botany. 32 (130):1035-43.
- BERNARDO, S.; 1984. Manual de Irrigação. Imprensa Universitária. Viçosa, M.G. 463p.
- BOYER, J.S.; 1970. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiol. 46: 233-35.
- BRIX, H.; 1962. The effect of water stress on the rates of photosynthesis and respiration in tomato plants and loblolly pine seedlings. Physiologia Plantarum. 15: 10-20.
- CANÉCHIO FILHO, V.; 1973. Principais culturas. Instituto Campineiro de Ensino Agrícola. Campinas, São Paulo.
- CARTER, P.R. & SHEAFFER, C.C.; 1983. Alfalfa response to soil water deficits. I. Growth, forage quality, yield, water use, and water use efficiency. Crop Science. 23: 669-74.
- CARVALHO, T.H.T. de; 1983. Influência do estresse hídrico, da densidade de população e de cultivares na cultura do feijão-de-corda, Vigna Sinensis, (L.) Savi. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza, (Tese de Mestrado).

- CLARK, R.N. & HILER, E.A.; 1973. Plant measurements as indicators of crop water deficit. Crop Science. 13: 466-69.
- CONSÓRCIO TAHAL - SONDOTÉCNICA, 1970. Levantamento detalhado de solos da área de Paraipaba (Vale do Curu-CE). Ministério do Interior, Departamento Nacional de Obras Contra as Secas. Segunda Diretoria Regional.
- CUNHA, J.B. da & MILLO, J.L.; 1984. Dados climatológicos básicos do Nordeste. 1-54. Superintendência do Desenvolvimento do Nordeste. Recife, PE.
- DE PAULA, F.M.; 1985. Alterações bioquímicas e fisiológicas em cultivares de algodão (Gossypium hirsutum L.) quando submetidas ao estresse hídrico. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. (Tese de Mestrado).
- DOSS, B.D.; PEARSON, R.W. & ROGERS, H.T.; 1974. Effect of soil water stress at various growth stages on soybean yield. Agronomy Journal. 66: 297-99.
- ESPINOZA, W.; 1982a. Resposta de doze cultivares de soja ao déficit hídrico num latossolo vermelho escuro de cerrados do Distrito Federal. II. Evapotranspiração e extração de água. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 17 (5): 791-801. Brasília, DF.
- _____; 1982b. Resposta de doze cultivares de soja ao déficit hídrico num latossolo vermelho escuro de Cerrados do Distrito Federal. I. Rendimentos, área foliar e desenvolvimento radicular. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 17(3): 447-58. Brasília, DF.
- FOURRIER, P. & PREVOT, P.; 1958. Influence sur l'arachide de la pluviosité, de la fumure minérale et du trempage graines. Oléagineux. 13: 805-9.
- GAUTREAU, J.; 1977. Niveaux de potentiels foliaires intervariétaux et adaptation de l'arachide à la sécheresse au Sénégal. Oléagineux. 32(7): 323-32.
- GILLIER, P. & SILVESTRE, P.; 1970. El cacahuate, o mani. Barcelona, Ed. Blume.

- GODOY, O.P.; OLITTA, A.F. & GODOY, R.; 1978. Irrigação do amendoim por sulcos de infiltração. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 13(2): 83-91. Brasília, DF.
- HAMMONS, R.O.; 1973. Early history and origin of the peanut. Peanuts cultures and uses. Agronomy Department Oklahoma, State University.
- HANG, A.N. & MILLER, D.E.; 1986. Yield and physiological responses of potatoes to deficit, high frequency sprinkler irrigation. Agronomy Journal. 78: 436-40.
- HILER, E.A.; VAN BABEL, C.H.M.; HOSSAIN, M.M. & JORDAN, W.R.; 1972. Sensitivity of southern peas to plant water deficit at three growth stages. Agronomy Journal. 64: 60-4.
- HILLEL, D.; 1970. Solo e Água - Fenômenos e Princípios Físicos (Soil and water physical principles and processes). Departamento de Solos da U.F.R.G.S. 231p. Porto Alegre, RS.
- HSIAO, T.C.; 1973. Plant responses to water stress. Annu. Rev. of Plant Physiology. 24: 519-570.
- KLEPPER, B.; 1973. Water relations of peanuts plants. Peanuts culture and uses. Agronomy Department Oklahoma, State University.
- KRAMER, P.J.; 1983. Water Relations of Plants. Department of Botany, Duke University, Durham, North Carolina. 489 pag.
- McGREGOR, K.J. & RICHARDSON, S.G.; 1987. Stomatal closure vs. osmotic adjustment a comparison of stress responses. Crop Science. 27: 539-43.
- MCKINNEY, G.; 1941. Absortion of light chlorophyll solution. J. Biol. Chem. 140: 315-22.
- MOTA, F.S. da; 1986. Meteorologia Agrícola. Universidade Federal de Pelotas, Rio Grande do Sul. Ed. Nobel.
- NICOLODI, C.; MASSACCI, A. & DI MARCO, G.; 1988. Water status effects on net photosynthesis in field-grown alfalfa. Crop Science. 28: 944-8.

- PALLAS Jr., J.E.; STANSELL, J.R. & KOSKE, T.J.; 1979. Effects of drought on florunner peanuts. Agronomy Journal. 71: 853-58.
- PANDEY, R.K.; HERRERA, W.A.T. & PENDLETON, J.W.; 1984. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: II. Plant water status and canopy temperature. Agronomy Journal. 76: 553-57.
- PORTO FILHO, F.Q.; 1986. Alterações fisiológicas e de produção do caupi (Vigna unguiculata (L.) Walp) cultivado em solo aluvial sódico e irrigado com diferentes lâminas de água. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. (Tese de Mestrado).
- PRATA, F.C.; 1969. Principais Culturas do Nordeste. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza.
- PRISCO, J.T.; 1986. Possibilidades de exploração de lavouras xerófilas no semi-árido brasileiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 21(4): 333-40. Brasília, DF.
- RADIN, J.W.; MAUNNEY, J.R. & GUINN, G.; 1985. Effects of N fertility on plant water relations and stomatal responses to water stress in irrigated cotton. Crop. Science. 25: 110-14.
- RAO, R.C.N.; SINGH, S.; SIVAKUMAR, M.V.K.; SRIVASTAVA, K.L. & WILLIAMS, J.H.; 1985. Effect of water deficit at different growth phases of peanut. I. Yield responses. Agronomy Journal. 77: 782-86.
- RAO, R.C.N.; WILLIAMS, J.H.; SIVAKUMAR, M. V. K. & WADIA, K.D.R.; 1988. Effect of water deficit at different growth phases of peanut. II. Response to drought during preflowering phase. Agronomy Journal. 80: 431-8.
- REICHARDT, K.; 1987. A Água em Sistemas Agrícolas. Editora Manole. São Paulo. 188p.
- ROSENTHAL, W.D.; ARKIN, G.F.; SHOUSE, P.J. & JORDAN, W.R.; 1987. Water deficit effects on transpiration and leaf growth. Agronomy Journal. 79: 1019-26.

- SÁ SOBRINHO, A.F. de; 1988. Efeitos da deficiência hídrica sobre a floração, crescimento vegetativo da raiz e parte aérea em cultivares de amendoim. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. (Tese de Mestrado).
- SILVA, A.D.A. da; 1986. Deficiência hídrica em cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. (Tese de Mestrado).
- SILVA, M.A. da; MILLAR, A.A.; COELHO, M.B.; OLIVEIRA, C. A. V.; BANDEIRA, R.E. & NASCIMENTO, T.; 1981. Efeito do regime de irrigação e da adubação nitrogenada na produção de grãos de milheto. Boletim de Pesquisa. 4: 58-69. Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semi-árido. EMBRAPA. Petrolina, PE.
- SOUZA, J.G.; SILVA, J.B.V. da; NETO, M.B. & GILES, J.A. ; 1983. Velocidade de crescimento da raiz como parâmetro de resistência à seca no algodoeiro. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 18(2): 169-72. Brasília, DF.
- STEWART, B.A.; MUSICK, J.T. & DUSEK, D.A.; 1983. Yield and water use efficiency of grain sorghum in a limited irrigation - dryland farming system. Agronomy Journal. 75: 629-34.
- STONE, J.F.; ERICKSON, P.I. & ABDUL-JABBAR, A. S.; 1985. Stomatal closure behavior induced by row spacing and evaporative demand in irrigated peanuts. Agronomy Journal. 77: 197-202.
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L. & REICHARDT, K.; 1984. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. I. Efeito na produtividade do arroz. Pesquisa Agropecuária Brasileira. 19(6): 695-707. Brasília, DF.
- TÁVORA, F.J.A.F.; COSTA, J.O.; ALVES, J.F. & BARBOSA FILHO, M.; 1985. Respostas do amendoim (*Arachis hypogaea* L.) a diferentes níveis de disponibilidade hídrica. Ciência Agronômica. 16(2): 95-102. Fortaleza, CE.
- TURK, K.J. & HALL, A.E.; 1980a. Drought adaptation of cowpea. III. Influence of drought on plant growth and

- relations with seed yield. Agronomy Journal. 72:428-33.
- _____; 1980b. Drought adaptation of cowpea. IV. Influence of drought on water use, and relations with growth and seed yield. Agronomy Journal. 72: 434-39.
- TURNER, N.C.; 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. IN: MUSSEL, H. & STAPLES, R.C. Stress physiology in crop plants. New York. 343-72
- UHLAND, R.E.; 1949. Physical properties of soils as modified by crops and management. Soil Sci. Soc. Amer. Proc. 14: 361-66.