

RELAÇÃO ENTRE LÂMINAS DE ÁGUA E FASES DO CICLO VITAL SOBRE A  
PRODUÇÃO DE SORGO GRANÍFERO (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)

JOSÉ EDÍSIO BEZERRA

---

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 - 1990

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre em Agronomia com Área de Concentração 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.

---

José Edísio Bezerra

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 27/12/90.

---

Prof. Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira

Ph.D. - Orientador

---

Prof. Moisés Custódio Saraiva Leão  
Ph.D., Conselheiro

---

Prof. José Osório Costa  
M.Sc., Conselheiro

À memória de meus pais,  
JOSÉ BEZERRA FILHO e  
ELISA BEZERRA DA ROCHA.

À minha esposa,  
ELDISA.

À minha filha, SIMONE.

Aos meus irmãos,  
IVAN e ELITA.

DEDICO

## AGRADECIMENTO

Ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas DNOCS, pela oportunidade de realização deste Curso.

Ao Professor Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, pela dedicação e valiosa orientação deste trabalho.

Aos Professores Moisés Custódio Saraiva Leão e José Osório Costa, pelas informações e sugestões.

Ao Professor Luis Carlos Uchôa Saunders, pelo apoio e orientações precisas durante o Curso.

A todos os professores do Curso de Mestrado do Departamento de Engenharia Agrícola, pelos conhecimentos transmitidos.

Ao Engenheiro Agrônomo Ivan Martins de Albuquerque, pela valiosa ajuda nos trabalhos de campo, e análise estatística.

Ao Convênio PRONI/CNPq, pelo suporte financeiro oferecido.

À Laboratorista Maria das Graças Cruz Pereira, pela ajuda na realização das análises de laboratório dos materiais coletados.



A todos os colegas do Curso de Mestrado, pelo apoio, amizade e compreensão nas horas de dificuldade.

A todos aqueles que direta ou indiretamente contribuíram para que o trabalho desta Dissertação fosse realizado.

## SUMÁRIO

	páginas
LISTA DE TABELAS .....	viii
LISTA DE FIGURAS .....	xi
ABREVIATURAS .....	xii
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1 - INTRODUÇÃO .....	1
2 - REVISÃO DE LITERATURA .....	3
2.1 - Modificações Fisiológicas das Plantas Causadas pelo Estresse Hídrico .....	3
2.2 - Resposta da Cultura do Sorgo ao Estresse Hídrico .....	6
3 - MATERIAL E METODOS .....	9
3.1 - Local do Experimento .....	9
3.2 - Determinações Físico-Químicas do Solo .....	11
3.3 - Delineamento Experimental .....	12
3.4 - Condições de Cultivo .....	16
3.5 - Níveis de Umidade do Solo .....	17
3.6 - Determinação do Potencial Hídrico .....	20
3.7 - Determinação dos Teores de Clorofila a, b e clorofila Total .....	21
3.8 - Extração dos Lipídios .....	22

3.9 - Determinação dos Parâmetros da Produção e	
Parte Aérea da Cultura .....	23
4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO .....	24
4.1 - Potencial Hídrico Foliar .....	24
4.2 - Clorofilas a, b e Total .....	27
4.3 - Lipídios Totais .....	33
4.4 - Valores Médios da Altura das Plantas .....	35
4.5 - Valores Médios dos Comprimentos das Panículas.	36
4.6 - Valores Médios do Peso de 100 Grãos .....	38
4.7 - Valores Médios do Peso Seco da Parte Aérea na	
Fase Final .....	41
4.8 - Produção de Grãos .....	44
5 - CONCLUSÕES E RECOMENDAÇÕES .....	47
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	50

## LISTA DE TABELAS

TABELA	Página
1 Condições agrometeorológicas semanais registradas durante o período 20/09/88 a 26/01/89, em Paraipaba-CE. ....	10
2 Características físicas do solo da área experimental .....	13
3 Características químicas do solo da área experimental .....	14
4 Lâmina de água aplicada durante o ciclo da cultura do sorgo .....	19
5 Valores médios do potencial hídrico foliar nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa medidos aos 64 dias após o plantio - Potencial Hídrico Foliar em MPA ...	26
6 Valores médios dos teores de clorofila a (mg/g PS) de cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura .....	30

## TABELA

## Página

7	Valores médios dos teores de clorofila b (mg/g PS) em cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura .....	31
8	Valores médios dos teores de clorofila total (mg/g PS) em cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura .....	32
9	Variação do teor de lipídios totais (mg/g PS) nas folhas das cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura .....	34
10	Valores médios da altura das plantas (cm) cultivares de sorgo, coleta realizada na fase de colheita .....	37
11	Valores médios do comprimento de panículas (cm) cultivares de sorgo, coleta realizada na fase de colheita .....	39
12	Valores médios do peso de 100 grãos (g) cultivares de sorgo, coleta realizada na fase de colheita .....	40

## TABELA

## Página

13	Valores médios do peso seco da parte aérea final (a) cultivares de sorgo .....	43
14	Valores médios de produção total de grãos (kg/ha) das cultivares de sorgo .....	46

## LISTA DE FIGURAS

Figura		Página
1	Curva característica da água do solo .....	15
2	Esquema do experimento de campo .....	18

## ABREVIATURAS

meq	- Miliequivalente
ppm	- partes por milhão
M.O.	- Matéria Orgânica
pH	- Potencial hidrogeniônico
g	- Grama
cc	- Centímetro cúbico
Ym	- Potencial mátrico
MPa	- Megapascal
ha	- Hectare
nm	- Nanômetro
D.O. <sub>645</sub>	- Densidade óptica determinada a 645 nm
D.O. <sub>663</sub>	- Densidade óptica determinada a 663 nm
v/v	- Volume por volume
TCA	- Ácido tricloro acético
xg	- Vezes a gravidade
P.S.	- Peso seco



## RESUMO

O presente trabalho foi realizado em condições de campo na Estação Experimental do D.N.O.C.S., localizada no Perímetro Irrigado Curu-Paraipaba, em Paraipaba, Ceará, Brasil, com o objetivo de verificar o efeito da deficiência hídrica em diferentes fases do ciclo vital sobre as variações fisiológicas e de produção de quatro cultivares de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Foram estudadas as cultivares IPA-1011, IPA-2502, EA-955 e EA-007 que apresentaram ciclo vegetativo médio de aproximadamente cento e quatro dias. O cultivo foi realizado utilizando o sistema de irrigação por aspersão. O delineamento experimental foi o "split plot", com quatro tratamentos, sendo:  $T_1$  = controle;  $T_2$  - estressados na fase vegetativa;  $T_3$  estressados na fase de floração e  $T_4$  - estressados 25 dias após plantio (DAS). Não houve variação significativa nos valores de potencial hídrico das plantas entre as cultivares estudadas. A cultivar EA-007, quando submetida ao estresse hídrico, apresentou a menor taxa de crescimento da aérea foliar, enquanto a maior foi observada na cultivar IPA-1011. Os teores de clorofilas a, b e total decresceram em todas as cultivares, quando em regime de estresse hídrico. As variações para os lipídios não foram significativas para as cultivares. No entanto, modificações do

peso de 100 grãos e peso seco da parte aérea apresentaram diferenças significativas entre cultivares. Na produção, os tratamentos diferiram significativamente. A menor produção ocorreu junto ao tratamento  $T_4$ , que recebeu o maior déficit hídrico, com a máxima produção ocorrendo no tratamento  $T_1$  (controle), onde as plantas receberam regime hídrico adequado às suas necessidades. Não houve diferença significativa em termos de produção de grãos/ha, entre os tratamentos  $T_2$  e  $T_3$ .

Palavras chave: irrigação, **Sorghum bicolor**, estresse hídrico, produção.

## ABSTRACT

Field study was conducted aiming to study several physiological and yield responses to water stress imposed at different stages of growth in four sorghum (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) cultivars. Cultivars IPA-2502, IPA-1011, EA-955 and EA-007 all completing their life cycle in approximately 145 days were selected and differently irrigated by a sprinkler irrigation system. The experimental design was a split-plot with four treatments:  $T_1$  = control (soil kept at field capacity);  $T_2$  = water stressed during vegetative phase;  $T_3$  water stressed during flowering and  $T_4$  = water stressed started 25 days after sowing (DAS). No significant variations were observed in leaf water potential among cultivars studied. When subjected to  $T_4$ , EA-007 showed the lowest while leaf growth rate IPA-1011 showed the greatest. Amounts of chlorophylls a, b and total determined 64 DAS were reduced during vegetative stage when plants were subjected to water stress in  $T_2$  and  $T_4$ . The amount of lipids (64 DAS) did not change among cultivars for all treatments, but genotypic variations were observed concerning the weight of 100 dry seeds and shoot dry weight. Concerning yield, no significant difference was observed among cultivars. However, treatments

induced significant differences concerning yield, with the lowest yield being observed in  $T_4$  and the highest in  $T_1$ . There was no significant difference in yield between  $T_2$  and  $T_3$ .

Key Words: irrigation, *Sorghum bicolor*, water stress, yield.

## 1 - INTRODUÇÃO

O sorgo é uma cultura pertencente à família das gramíneas que oferece amplas possibilidades de utilização dentro de suas características agro-industriais. Estudos revelam que teria sido originário da África Oriental, provavelmente na Etiópia ou Sudão.

A cultura apresenta grande adaptabilidade, podendo se desenvolver onde as precipitações oscilam entre 300 e 700 mm, já que suas folhas são impregnadas de cutina, fator que reduz a transpiração, possuindo ainda capacidade de controle da atividade vegetativa ao entrar em período latente, voltando às funções normais com o desaparecimento das condições climáticas adversas.

Está incluído entre os cereais de grande importância no mundo, sendo suplantado apenas por poucas culturas como o trigo, arroz e milho.

A expansão de suas fronteiras agrícolas deve-se à boa aceitação no mercado internacional oferecendo importantes opções para a alimentação humana e animal, podendo ainda contribuir, de maneira satisfatória, para a solução energética, como fonte de matéria-prima do álcool carburante.

A área potencial de sorgo cultivada no Brasil encontra-se nos Estados do Rio Grande do Sul, São Paulo, Goiás e Minas Gerais, abrangendo um total próximo a 600 mil hectare, com predominância do sorgo granífero (MENEZES et al., 1977).

O cultivo na região Nordeste vem se desenvolvendo, principalmente, para produção de alimentação animal, cuja área plantada cresce a cada ano agrícola.

Embora a cultura seja apropriada para regiões semi-áridas, existe grande quantidade de genótipos que apresentam boa produtividade, quando associados as práticas de adubação e irrigação. Em plantios comerciais irrigados foram obtidos, em uma única colheita, 11,2 t/ha. de grãos (ONKEN, 1971).

O presente trabalho objetiva analisar os mecanismos de tolerância à seca de quatro cultivares tradicionalmente cultivadas no Nordeste do Brasil. Visa, também, identificar aquelas que sejam mais adaptadas às condições do Nordeste, especialmente para o Ceará, tendo em vista a produção de grãos e fornecimento de matéria-prima para ração animal e complementação da alimentação humana.



## 2 - REVISÃO DA LITERATURA

### 2.1 - Modificações Fisiológicas das Plantas Causadas pelo Estresse Hídrico

O estudo da resposta das culturas submetidas ao déficit hídrico pode ser útil para a definição de parâmetros fisiomorfológicos das plantas podendo ser usados o melhoramento genético das espécies visando tolerância à seca (COYNE et al., 1982).

Segundo BEGG & TURNER (1976), os efeitos da falta de água no desenvolvimento e produção das plantas podem ser classificados em três categorias distintas: efeitos morfológicos, fisiológicos e ontogênicos. Dentre os efeitos morfológicos, a divisão celular e o crescimento das células são os mais importantes. Contudo, o processo de divisão das células é menos sensível à falta da água do que o do crescimento celular SLATYER (1967) e HSIAO (1973).

De acordo com trabalhos realizados por SMART & BINGH (1974), citados por ALMIR (1986), estresse leve não afeta diretamente certos processos metabólicos. Porém, efeitos indiretos, tanto na fotossíntese como na respiração, deveriam ser esperados, uma vez que ambos os processos dependiam de um

fluxo livre e desimpedido do  $O_2$  e  $CO_2$ . Segundo os autores, como as trocas gasosas dependem da abertura dos estômatos e esta é controlada pelas células-guardas e células epidérmicas adjacentes, a respiração e a fotossíntese podem ser afetados pela desidratação dos tecidos foliares. Além disto, os autores consideram que o fechamento completo dos estômatos requer um potencial hídrico de valor muito mais baixo do que aquele necessário para induzir uma inibição do crescimento celular.

Segundo KRAMER (1983), o crescimento celular e a extensão foliar dependem da ocorrência de um potencial de turgescência mínimo. O autor entende que a relação é complexa, sendo resultado também da idade do tecido e das influências ambientais anteriormente experimentadas. A maior proporção de raízes, a redução no tamanho das folhas e presença de cutícula mais espessa constituem adaptações de plantas submetidas à deficiência hídrica. Conferem a estas maior resistência à seca, caso sejam submetidas a novos períodos de deficiência hídrica. Segundo mesmo autor, aquelas características proporcionam, provavelmente, um melhor abastecimento de água ao tecido foliar e uma transpiração cuticular mais baixa, quando os estômatos estão fechados por causa da deficiência hídrica.

Embora seja estimado que menos de 1% da água que passa pela planta é aproveitada na fotossíntese, as deficiências de água na planta exercem um acentuado efeito sobre o nível de atividade fotossintética, pois o protoplasma



desidratado diminui sua capacidade fotossintética (MOTA, 1986). De um modo geral, a fotossíntese diminui muito depois de uma redução de aproximadamente 30% da água contida nas folhas e usualmente cessa quando essa perda atinge 60%.

Segundo FISCHER & TURNER (1978), a tendência natural da cultura é manter a transpiração com o risco de completa exaustão da água disponível do solo, e ocorrência de baixos valores de potencial hídrico, com sérios danos estruturais e fisiológicos nos tecidos.

Estudando o caupi, TURK & HALL (1980) verificaram que o aumento do estresse hídrico resultou em progressiva redução do índice de área foliar, matéria seca dos brotos, número de folhas jovens. Em condições de seca moderada, a planta produzia vagens precocemente, as quais podiam amadurecer antes que a água do solo se exaurisse. Foi também observado que o déficit hídrico em cultivares de caupi reduziu significativamente o número de vagens por planta, comprimento de vagens, peso de 100 grãos e número de grãos por vagens.

TURNER (1979) discutiu amplamente os mecanismos de tolerância à seca e sua influência nos processos de produção.

ROBINS et al. (1956), encontraram respostas da cultura do feijão que após ser submetida ao déficit hídrico apresentou aumento da produção com incremento de novas lâminas de água. Esta resposta também se manifestou nos componentes de produção, ou seja, aumento da área foliar e peso das vagens. Também ficou evidenciado que a resposta variou segundo o grau

de intensidade do estresse hídrico e o momento de ocorrência dentro do ciclo da planta.

## 2.2 - Resposta da Cultura do Sorgo ao Estresse Hídrico

Com relação aos estudos da influência das condições hídricas sobre a cultura do sorgo, AVELAR & OLIVEIRA (1979), na região do cerrado, fizeram observações fenológicas em diversas fases da cultura (emergência, floração e maturação), e observaram que o estresse de umidade no solo causou prejuízo à germinação e desenvolvimento das plantas de sorgo em plantios iniciais da estação chuvosa. Os rendimentos finais foram bastante reduzidos pela ocorrência de déficit hídrico, principalmente, durante a floração do sorgo ou próximo desta fase. A umidade excessiva, ainda que apenas em uma época de plantio, influiu negativamente no desenvolvimento das plantas.

FARIAS et al., (1977), avaliaram a produtividade de várias linhas de sorgo, tendo o milho como testemunha. Eles verificaram que a estabilidade de produção do sorgo foi bastante superior à do milho, que teve variações de até 78% devido, principalmente, à distribuição irregular das chuvas. O sorgo é bem mais resistente à seca do que o milho, podendo produzir satisfatoriamente com baixos índices de precipitação (até 175 mm), conforme LIRA et al., (1983 b). Pode também, suportar períodos de encharcamento do solo, de até quinze

dias, na fase vegetativa, comuns no semi-árido, pois as chuvas, em geral são espaçadas, mas de elevada intensidade (FRANÇA & MACIEL, 1980).

AVELAR & SANS (1986) estudaram o efeito do veranico na produção de matéria seca de milho e sorgo nas fases de crescimento e reprodução das plantas. O ensaio foi conduzido em um latossolo vermelho - Escuro, distrófico, fase cerrado. As cultivares de milho utilizadas foram BR 126 e CMSXS201X e as do sorgo BR-505 e BR-601. Em cada ano agrícola esses híbridos foram plantados em quatro diferentes épocas (8,15 e 25 de outubro e 5 de novembro), com e sem irrigação suplementar. Quantificou-se a matéria seca correspondente à parte aérea das plantas colhidas, quando os grãos se encontravam na fase de grão macio. Embora os resultados tenham mostrado, tanto para o milho como para o sorgo, que as produções entre anos não diferiram significativamente, houve um aumento médio da produção das culturas irrigadas sobre as não irrigadas de 12 a 27% para o milho e cerca de 36% para o sorgo. Estas diferenças podem ser atribuídas à ocorrência de veranico durante o ciclo das culturas. A produção do milho foi superior a de sorgo, principalmente, quando foi utilizada irrigação suplementar. Embora a ocorrência de veranico na fase inicial de crescimento tenha influenciado na produção de ambas as culturas, o sorgo demonstrou-se muito mais sensível ao déficit de água até 10 a 25 dias após plantio. Os dados indicaram também que, para a região, as melhores épocas de

plantio estão entre 8 a 15 de outubro.

É relativamente vasta a literatura mostrando a relação sigmoidal entre fases de crescimento e consumo de água pelo milho e sorgo (DENMEAD & SHAW, 1959), e o efeito do déficit de água, em diferentes estádios de desenvolvimento e no decréscimo da produção de grãos (DENMEAD & SHAW, 1960 e LEWIS et al., 1974). Entretanto, existem poucas informações acerca do efeito de estresse hídrico, em diferentes estádios de desenvolvimento destas culturas, na produção de matéria seca.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1 - Local do Experimento

O presente estudo foi conduzido em áreas irrigadas na Estação Experimental Curu-Paraipaba, pertencente ao Departamento Nacional de Obras Contra as Secas - DNOCS, no município de Paraipaba, com as coordenadas geográficas entre os paralelos  $3^{\circ}30'$  de latitude Sul e os meridianos  $39^{\circ}15'$  e  $39^{\circ}30'$  a Oeste de Greenwich, apresentando boas condições topográficas e uma altitude de 25 m acima do nível do mar.

O clima da região onde foi instalado o experimento é do tipo AW', segundo a classificação de Wilhelm Koeppen, sendo quente e úmido, com uma média anual de precipitação de 850 mm.

Durante a realização do trabalho, observou-se temperaturas máximas de  $32,8^{\circ}\text{C}$  e mínima de  $22,4^{\circ}\text{C}$ , com os demais dados agrometeorológicos sendo expressos na Tabela 1.

O solo da área experimental pertence ao Grupo latossolo vermelho, de condições planas, profundo, apresentando textura leve, baixa fertilidade e boa drenagem, facilitada pela alta taxa de permeabilidade encontrada no solo, de acordo com os dados dos estudos realizados pelo Consórcio - TAHAL - Sondotécnica.



Tabela 1 - Condições agrometeorológicas semanais registradas durante o período 20/09/88(1) a 26/01/89, em Paraipaba - CE.

SEMANAS	Temperatura do Ar					Umidade Relativa %	Velocidade do Vento m/s	Insolação Horas	Precipitação mm
	Média	Média Máxima	Média Mínima	Máxima Absoluta	Mínima Absoluta				
	°C	°C	°C	°C	°C				
18/9 -24/9	26,0	33,9	21,8	36,0	20,0	69,6	2,2	72,0	0,0
25/9 - 1/10	25,6	33,6	23,0	36,2	22,0	80,6	2,6	61,2	0,0
2/10- 8/10	25,7	33,0	22,8	34,0	21,4	82,4	2,2	73,0	0,0
9/10-15/10	25,7	33,5	23,1	34,8	19,8	84,3	2,2	65,8	0,0
16/10-22/10	24,8	32,8	22,4	33,4	21,0	86,9	2,3	69,0	0,0
23/10-29/10	25,2	33,4	23,1	33,8	22,2	84,8	2,5	74,4	0,0
30/10- 5/11	25,7	31,6	23,1	34,2	21,8	84,4	2,4	70,7	0,0
6/11-12/11	25,5	33,1	20,3	34,4	23,0	89,9	2,3	72,0	9,9
13/11-19/11	24,7	33,2	22,4	34,0	21,2	89,0	2,3	71,1	2,2
20/11-26/11	25,1	32,0	22,9	33,6	22,0	88,1	2,5	64,4	0,0
27/11- 3/12	24,1	33,4	22,1	34,4	21,2	91,4	1,8	71,6	0,0
4/12-10/12	23,6	33,1	21,2	33,4	19,6	93,1	1,6	71,3	0,0
11/12-17/12	23,7	32,8	22,2	33,8	20,0	93,3	1,9	54,1	0,4
18/12-24/12	23,6	30,9	22,6	33,4	21,8	94,6	1,6	27,0	16,1
25/12-31/12	25,2	33,3	22,9	33,8	22,2	90,4	1,7	69,2	0,0
1/1 - 7/1	24,0	33,5	22,5	33,8	21,6	91,6	1,8	57,7	0,7
8/1 -14/1	23,8	32,6	22,1	33,8	21,0	95,9	1,5	47,5	20,5
15/1 -21/1	24,1	32,5	22,8	32,8	22,0	97,0	1,3	68,1	4,6
22/1 -28/1	23,8	31,4	22,8	34,8	21,3	96,7	1,2	25,3	6,9
SOMA								1.185,4	61,3
MÉDIA	25,0	32,8	22,5			88,7	2,0		

(1) Dados obtidos da estação agrometeorológica da Estação Experimental do DNOCS - (Paraipaba - CE).

### 3.2 - Determinação Físico-Químicas do Solo

Através de análises procedidas pelo Laboratório de Solos da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária - EMBRAPA, identificou-se as principais características físicas e químicas do solo, no local onde foi realizado o experimento ( Tabelas 2 e 3).

Os resultados encontrados para condutividade elétrica e pH mostram que não existe problemas de salinidade ou acidez para o solo.

A densidade aparente foi determinada nas camadas de 0 a 10 cm e de 10 a 30 cm pelo método do anel volumétrico, descrito por ULAND (1940).

A capacidade de campo foi determinada, diretamente no campo nas profundidades de 0 a 10 cm e de 10 a 30 cm através de metodologia de THOMAS & HARRIS (1926), descrito pela Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (1969) no Manual de Métodos de Análise de Solos do Serviço de Levantamento e Conservação de Solos (SNLC - EMBRAPA).

Para determinação da curva característica de umidade do solo utilizou-se amostras deformadas, nas profundidades de 0 a 30 cm, fazendo-se as determinações de 0 a 0,7 atm pelo sistema de tensiômetros e -0,7 a -15 atm através do extrator de RICHARDS.

### 3.3 - Delineamento Experimental

O delineamento experimental utilizado neste trabalho foi o "split plot", com quatro tratamentos, sendo  $T_1$  - controle;  $T_2$  - estressado na fase vegetativa;  $T_3$  estressado na fase de floração; e  $T_4$  - estressado após a estabilização do "stand", 25 dias após a semeadura (DAS). Cada "plot" foi dividido em 20 subparcelas: onde foram distribuídas ao acaso quatro cultivares: IPA-1011, IPA-2502, EA-955 e EA-007, cabendo para cada cultivar cinco repetições. As subparcelas tinham 3,20 x 2,40 m compostos de quatro filas espaçadas de 0,80 m entre filas e 0,10 m entre plantas. A área útil de cada subparcela foi reduzida para 3,20 m<sup>2</sup>, ou seja 1,60 x 2,00 m, devido ter sido retirado para bordadura as duas fileiras externas de cada lado, assim como 0,20 m no início e no final das duas fileiras centrais.



Tabela 2 - Características físicas do solo da área experimental.

Profun- didade (cm)	Composição Granulométrica %				Classifi- cação Textural	Massa Específica		Porosidade (%)	
	Areia Grossa (2-0,2mm)	Areia Fina (0,2-0,5mm)	Silte (0,05-0,002mm)	Argila (0,002mm)		do Solo g.cm <sup>-3</sup> (0-10)	das Partículas g.cm <sup>-3</sup> (10-30)		
0 - 30	71	26	6	3	Areia	1,58	1,51	2,55	40

FONTE: EMBRAPA.

Tabela 3 - Características químicas do solo da área experimental.

Análise Química						
pH em $H_2O$	Fósforo Assimilável (ppm)	Complexo Sortivo (meq/100 g)				C.E. do Extrato mmhos/cm (25 °C)
		( $Ca^{++} + Mg^{++}$ )	( $K^+$ )	( $Al^{3+} + H^+$ )	(%)	
6,6	25	2,6	0,09	0,36	0,25	0,11

FONTE: EMBRAPA.

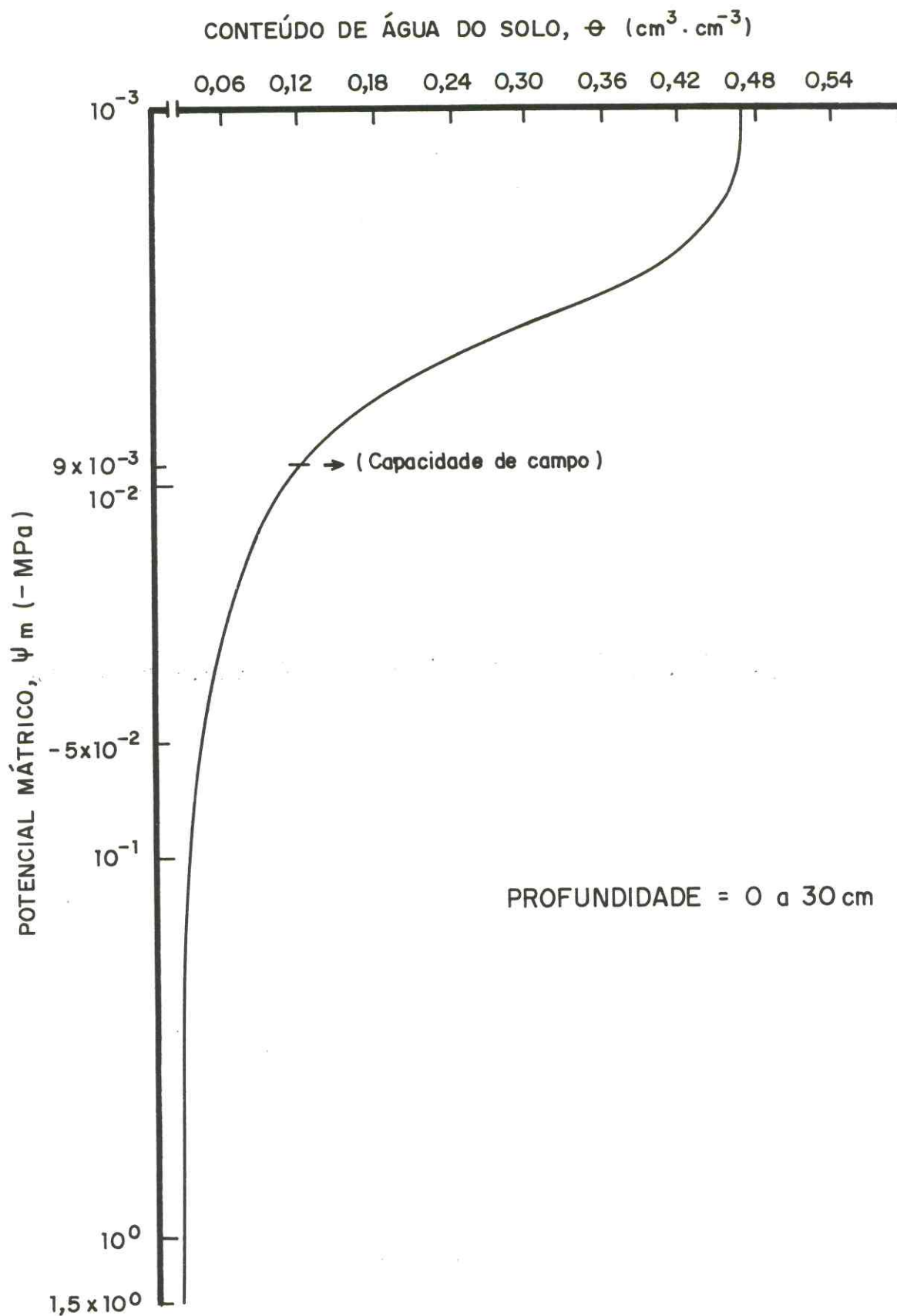


Figura 1 - Curva característica da água do solo.

### 3.4 Condições de Cultivo

As sementes IPA-1011 e IPA-2502 foram provenientes do Instituto de Pesquisas Agronômicas (Pernambuco) e as EA-955 e EA-007 foram fornecidas pelo Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. A área do experimento ficou representada pelos tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$  distribuídos entre as cultivares selecionadas.

A preparação do solo foi realizada com as operações normais de aração e gradagem. Com base na análise do solo foi procedida adubação química de NPK, sendo usada a fórmula 90-60-40, sendo aplicado 200 kg/ha de uréia; 300 kg/ha de superfosfato simples e 80 kg/ha de cloreto de potássio.

O plantio foi realizado após uma irrigação de pré-plantio em covas com o espaçamento de 0,10 x 0,80 m, totalizando uma densidade de 125.000 plantas por hectare.

Os tratos culturais constaram de capinas e pulverizações com inseticidas para controle de pragas, que foram conduzidas em épocas adequadas.

As irrigações foram executadas por um sistema de aspersão formado por duas linhas laterais de alumínio com diâmetro de 2", funcionando com aspersores ZED-30, com uma pressão de serviço em torno de 2 atm e uma vazão de aproximadamente 2,3 m<sup>3</sup>/h. Foi utilizado o espaçamento de 6 m entre os aspersores e 12 m entre linhas (Figura 2).

As lâminas de água aplicadas e as precipitações

pluviométricas ocorridas durante o ciclo da cultura estão relacionadas na Tabela 4.

Amostras de cinco plantas foram tomadas para realizar as determinações de: potencial hídrico, teores de clorofila a, b e totais, lipídios totais, altura média de plantas, comprimento de panículas, peso de 100 grãos, peso seco total da parte aérea.

### 3.5 - Níveis de Umidade do Solo

Inicialmente realizou-se uma irrigação de pré-plantio, deixando o solo próximo à capacidade de campo, para obtenção de um "stand" uniforme. Em seguida, foram aplicadas irrigações leves e frequentes em toda área experimental, até que as plantas atingissem uma altura média de 20 cm o que ocorreu aos vinte e cinco dias após a semeadura. A partir deste momento todas as irrigações passaram a ser controladas de acordo com o esquema experimental previsto e tendo como base o tratamento controle ( $T_1$ ). O reinício das irrigações no tratamento controle ( $T_1$ ) era realizado toda vez que o potencial matricial de água do solo atingia a  $-0,5$  atm a profundidade de 10 cm. Este reinício também era válido para os tratamentos quer deveriam ser irrigados na mesma época.

FIGURA 2 - Esquema do experimento de campo.

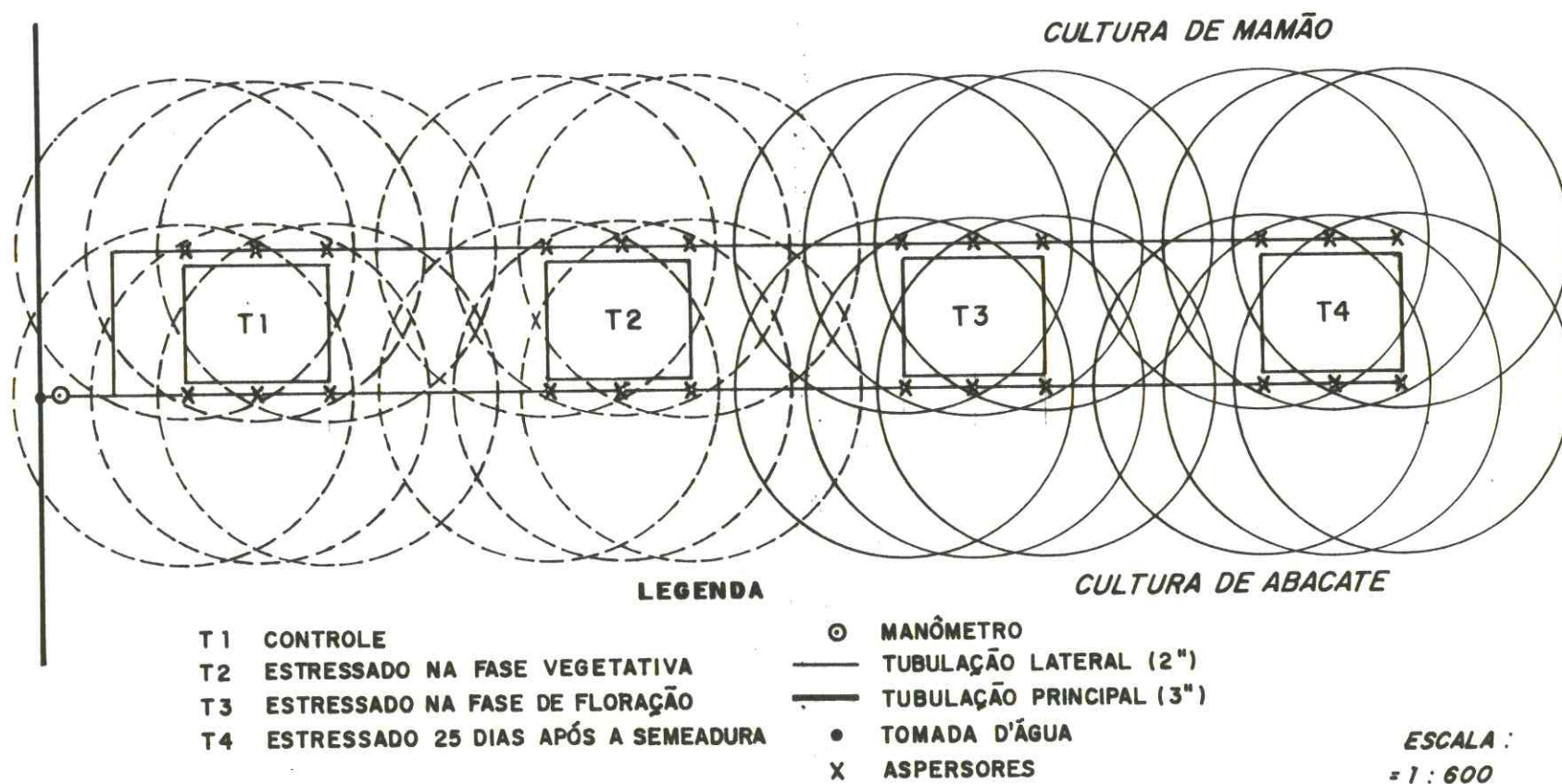


Tabela 4 - Lâminas de água aplicadas durante o ciclo da cultura do sorgo.

Tratamentos	Precipitação (mm)	Lâmina Inicial (mm)	Lâmina Aplicada (mm)	Lâmina Total (mm)	Variação Percentual (%)
T <sub>1</sub>	61,3	83,8	184,6	329,7	100
T <sub>2</sub>	61,3	83,8	150,8	195,9	90
T <sub>3</sub>	61,3	83,8	23,3	168,4	51
T <sub>4</sub>	61,3	83,8	16,3	161,4	49



Os cálculos de lâminas de água a serem aplicados foram realizados com utilização da curva característica do solo a uma profundidade de 30 cm (Figura 1).

Para medir a quantidade de água aplicada durante as irrigações, foram instalados vinte coletores de água distribuídos nas subparcelas.

### 3.6 - Determinação do Potencial Hídrico

O potencial hídrico das cultivares foi determinado na terceira folha da planta a partir do ápice. O potencial hídrico foi mensurado através de uma câmara de pressão (PMS) - Instrument Company, Corvallis - Oregon, EE.UU., idealizado por DIXON (1914) e realizada por SCHOLANDER et al., (1946, 1965). A folha foi cortada e introduzida na câmara de pressão, de modo que uma parte do pecíolo permanecesse no exterior para se observar, com o auxílio de uma lente, a aparição da primeira gota de líquido. A câmara foi hermeticamente fechada, a pressão aumentada e com a aparição da primeira gota do líquido que saía do xilema, foi lida a pressão no manômetro que correspondia ao potencial hídrico da folha, medida em bar. As medições em número de quatro para cada cultivar em cada tratamento, foram realizadas entre 8 horas e 10 horas.



### 3.7 Determinação dos Teores de Clorofilas a, b e Total

Para a determinação dos teores de clorofila a, b e total foi retirada amostra de 0,25 g da quarta folha a partir do ápice da planta. A trituração da amostra foi feita em almofariz com 0,3 g de  $\text{CaCO}_3$ , um pouco de areia lavada e 1,8 ml de acetona pura. O homogenato foi filtrado em um funil de Buchner e o almofariz e o pistilo foram lavados com 2,0 ml de acetona 80%, sendo o volume ajustado para 10 ml. Foi retirada uma amostra de 0,1 ml da solução resultante e diluiu-se em 4,9 ml de acetona 80%, procedendo-se as determinações da densidade ótica nas faixas de 645 e 663 nm, utilizando-se acetona a 80%, como branco. Na dosagem de clorofila utilizou-se o método descrito por ARNON (1949). As concentrações de clorofila a, b e total foram determinadas pelas fórmulas de MCKINNEY (1941):

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

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

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

onde:

$C_t$  = concentração clorofila total expressa em peso fresco;

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

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

$\text{D.O.}_{645}$  e  $\text{D.O.}_{663}$  = densidade ótica em 645 e 663 nm, respectivamente.

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

### 3.8 - Extração dos Lipídios

O processo da extração dos lipídios foi feito de acordo com o método descrito por ALLEN & GOOD (1971). Foi retirada uma amostra de 10g da terceira folha de cada planta a partir do ápice. As folhas, sem as nervuras, foram cortadas em pequenos pedaços e colocadas em 20 ml de água destilada fervendo durante dois minutos. Os tecidos foliares fixados foram transferidos para um almofariz e congelados com nitrogênio líquido, a fim de facilitar a trituração. A água onde as folhas foram fixadas foi reservada para posterior utilização. Trituração foi realizada com 20 ml de metanol/clorofórmio (2:1 v/v).

O material obtido foi filtrado, por sucção, em um funil de placa porosa e o resíduo lavado com cerca de 30 ml de metanol/clorofórmio (2:1 v/v). O resíduo foi novamente lavado com 10 ml de clorofórmio puro. Processou-se a última lavagem com água onde as folhas foram fixadas, acrescentou-se antes 10 ml de KCl 0,1 M, a fim de promover uma melhor separação entre o solvente e a fase aquosa. O filtrado foi centrifugado para separar as fases. A fase inferior ou lipídica foi retirada com uma pipeta. Foram realizadas mais duas lavagens da fase superior, usando-se 5 ml de clorofórmio de cada lavagem. O solvente foi evaporado e para eliminar a água que ainda estivesse presente, foi colocado o balão de vidro contendo a fase inferior, durante um período de doze

horas, em um dessecador com sílica e KOH. Após determinar o peso dos balões, com e sem lipídios, os lipídios foram dissolvidos em 5 ml de clorofórmio e os dados foram ajustados para serem expressos em mg/g P.S.

### 3.9 - Determinação dos Parâmetros da Produção e Parte Aérea da Cultura

No término do ciclo da cultura foi colhido ao acaso plantas da área útil de cada parcela para determinações da altura média de plantas, comprimento de panículas, peso de 100 grãos, peso seco da parte aérea final e produção de grãos. Realizou-se medições diretas para determinar o comprimento de panículas e altura de todas as plantas.

Para determinação do peso seco da parte aérea das plantas, no final do ciclo, as folhas e caules foram colocadas na estufa durante 48 horas a 80 °C, em seguida feita a pesagem do material.

Após secagem das panículas procedeu-se o peso médio de 100 grãos e peso de grãos por hectare.

## 4 - RESULTADOS E DISCUSSÃO

### 4.1 - Potencial Hídrico Foliar

As medições do potencial hídrico nas folhas de sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench) realizadas aos sessenta e quatro dias após a semeadura (DAS) indicaram diferenças significativas do tratamento estressados na fase vegetativa em relação ao controle, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% (Tabela 5). No entanto, as reduzidas variações entre os valores de potencial hídrico para as cultivares, tanto no tratamento controle (de -1,27 a -1,40 MPa) e estressados na fase vegetativa (de -2,40 a -2,55 MPa), indicaram pequenas mudanças genotípicas do material estudado, em termos de hidratação dos tecidos.

A significativa redução dos valores de potencial hídrico ocorrida nas plantas submetidas ao estresse hídrico na fase vegetativa em relação ao tratamento controle, pode ser explicada pelo tipo de solo (Tabela 2) que apresenta baixa capacidade de retenção de água aliado a alta demanda evaporativa no local na época de execução do experimento. Todavia, para melhor obtenção dos resultados, as medições dos potenciais hídricos das plantas estressadas foram feitas

sete dias após a suspensão e observado o horário entre 8 horas e 10 horas.

As cultivares, quando submetidas ao estresse hídrico, apresentaram redução de potencial hídrico na ordem de 187% em relação ao tratamento controle. Resultados semelhantes foram observados, por KRAMER et al., (1971), com as culturas de milho (*Zea mays* L.) e sorgo (*Sorghum vulgare*, Pers.) que apresentaram reduções de potenciais hídricos de -4,5 a -12,8 bar para a cultura do milho e -6,4 a -15,7 bar para a cultura do sorgo, do tratamento controle em relação ao tratamento estressados na fase vegetativa, respectivamente. SOBRINHO (1988), estudando o estresse hídrico em cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.) em casa de vegetação constatou para o tratamento estressado alterações marcantes, variando o potencial hídrico de -3,36 a -0,20 MPa. Foram também observadas reduções significativas nos parâmetros: de número de flores/planta, matéria seca da parte aérea e do sistema radicular, número de ramos laterais, número de folhas, área foliar e comprimento e volume do sistema radicular da cultura.

Tabela 5 - Valores médios do potencial hídrico foliar (MPa) nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa medidos aos 64 dias após a semeadura.

Cultivares	TRATAMENTOS		Média
	Controle	Estressados na fase vegetativa	
IPA - 1011	-1,27	-2,52	1,90
IPA - 2502	-1,40	-2,40	1,90
EA - 955	-1,40	-2,55	1,97
EA - 007	-1,30	-2,55	1,92
Média	1,34 a	2,50 b	

- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna ou minúscula em cada linha, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



#### 4.2 - Clorofilas a, b e Total

Os resultados encontrados para os teores de clorofila a, b e total das folhas das cultivares de sorgo, não revelaram diferenças significativas entre tratamentos e cultivares, para coleta realizada aos 64 DAS (Tabelas 6, 7 e 8).

Valores médios representativos dos teores de clorofila a são bastante inferiores aos encontrados para clorofila b (Tabelas 6 e 7).

Apesar do estresse hídrico não ter causado resposta significativa quanto aos teores de clorofilas a, b e total, os valores percentuais em relação ao tratamento controle ( $T_1$ ) foram 83%, 89% e 85% respectivamente. Em geral os teores de clorofila decresceram quando as plantas de sorgo foram submetidas ao déficit hídrico quando comparados com o tratamento controle ( $T_1$ ).

Os teores de clorofila a para as plantas do tratamento controle variaram de 20,81 a 15,87 mg/g de peso seco. Para as plantas submetidas ao estresse hídrico os teores de clorofila a variaram de 19,04 a 12,62 mg/g de peso seco. A cultivar EA-955 apresentou o menor valor tanto para as plantas submetidas ao déficit hídrico como para as plantas do tratamento controle (12,62 e 15,87 mg/g de peso seco, respectivamente).

Os teores de clorofila b para as plantas do



tratamento controle apresentaram a variação de 7,03 a 5,14 mg/g de peso seco. Para as plantas submetidas ao estresse hídrico os teores de clorofila b variaram de 6,57 a 4,78 mg/g de peso seco. A cultivar EA-955 apresentou para o tratamento controle o menor valor de clorofila b 5,14 mg/g de peso seco. A cultivar IPA-1011 apresentou para as plantas do tratamento estressados na fase vegetativa o menor valor da clorofila b 4,78 mg/g de peso seco. Para as plantas do tratamento controle os teores de clorofila total variaram de 27,87 a 20,99 mg/g de peso seco. Com referência as plantas que foram submetidas ao estresse hídrico os teores de clorofila total variaram de 25,59 a 17,47 mg/g de peso seco. A cultivar EA-955 apresentou o menor valor de clorofila total 10,99 e 17,47 mg/g de peso seco para os tratamentos controle e estressados na fase vegetativa respectivamente. No entanto, essas variações não foram estatisticamente significativas.

Segundo DE PAULA (1985), estudando estresse hídrico na cultura do algodão (*Gossypium hirsutum* L.), verificou que os teores de clorofila para a cultivar Detalpine smooth Leaf decresceram moderadamente tanto para o tratamento controle como para as plantas submetidas ao estresse hídrico. Segundo o autor, após vinte e quatro horas do reinício da rega, as plantas submetidas ao estresse hídrico recuperaram seu teor de clorofila ao nível de controle.

Resultados coincidem com estudos realizados com a cultura de cevada por BHARDWAJ & SINGHAL (1981), citado por

PORTO FILHO (1986), verificando que o estresse hídrico retarda o acúmulo de clorofila a e b durante o processo de crescimento das panículas.

Tabela 6 - Valores médios dos teores de clorofila a (mg/g PS) de cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura.

Cultivares	TRATAMENTOS		Média
	Controle	Estressados na fase vegetativa	
IPA - 1011	20,81	47,92	17,86
IPA - 2502	16,33	15,20	15,77
EA - 955	15,87	12,62	14,25
EA - 007	21,17	19,04	20,11
Média	18,55	15,45	

- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 7 - Valores médios dos teores de clorofila b (mg/g PS) em cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura.

Cultivares	TRATAMENTOS		Média
	Controle	Estressados na fase vegetativa	
IPA - 1011	7,03	4,78	5,91
IPA - 2502	5,40	5,47	5,44
EA - 955	5,14	4,87	4,99
EA - 007	6,71	6,57	6,64
Média	6,07	5,42	

- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 8 - Valores médios dos teores de clorofila total (mg/g PS) em cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura.

Cultivares	TRATAMENTOS		Média
	Controle	Estressados na fase vegetativa	
IPA - 1011	27,83	19,69	23,76
IPA - 2502	21,73	20,67	21,20
EA - 955	20,99	17,47	19,23
EA - 007	27,87	25,59	26,73
Média	24,60	20,86	

- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

#### 4.3 - Lipídios Totais

A variação dos teores de lipídios (TLT) apresentou diferenças significativas entre os tratamentos estudados ao nível de 5% de probabilidade pelo teste de Tukey (Tabela 9), quando foram considerado todas as cultivares.

As cultivares, no controle, não apresentaram diferenças significativas em relação aos teores totais de lipídios. A cultivar EA-955 apresentou-se com maior teor de lipídio entre as demais, quando foi submetida ao tratamento controle ( $T_1$ ). Referida cultivar sofreu uma redução de 58% do total de lipídios, quando foi submetida ao estresse hídrico.

Para o Parâmetro lipídios totais, no controle a cultivar EA-955, diferiu significativamente das cultivares IPA-2502 e EA-007.

Os resultados apresentados (Tabela 9), indicam que as reduções do potencial hídrico produziram decréscimos significativos nos teores de lipídios totais ocorridos nas folhas das cultivares IPA-1011 e EA-955.

Aplicando estresse hídrico em duas cultivares de algodão, DE PAULA (1985) constatou redução nos teores totais de lipídios para as duas cultivares em estudo.



Tabela 9 - Variação do teor de lipídios totais (mg/g PS) nas folhas das cultivares de sorgo, nos tratamentos controle e estressados na fase vegetativa, coleta realizada 64 dias após a semeadura.

Cultivares	TRATAMENTOS		Média
	Controle	Estressados na fase vegetativa	
IPA - 1011	146,89 ABa	77,38 Ab	112,13
IPA - 2502	96,10 Ba	136,40 Aa	116,26
EA - 955	187,02 Aa	109,19 Ab	148,09
EA - 007	89,94 Ba	90,05 Aa	89,99
Média	129,99 a	103,25 b	

- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

#### 4.4 - Valores Médios da Altura das Plantas

Altura média das plantas (AMP), considerando todas as cultivares apresentou diferenças significativas entre os tratamentos através do teste de Tukey ao nível de 5%. Todavia, para as cultivares não houve diferenças significativas (Tabela 10).

Os tratamentos estressados na fase de floração ( $T_3$ ), foram estatisticamente iguais ao tratamento controle ( $T_1$ ). O tratamento estressado desde os 25 DAS ( $T_4$ ) apresentou a menor altura de plantas em relação aos demais tratamentos ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ).

O tratamento estressado na fase vegetativa ( $T_2$ ) apresentou diferença significativa em relação ao tratamento estressado na fase de floração ( $T_3$ ). Essa observação indica que, na fase vegetativa, mesmo com a ocorrência do estresse hídrico houve deslocamento de fotoassimilados para o crescimento da planta; na floração os fotoassimilados foram direcionados para os processos produção da planta.

Os resultados de altura média de plantas deste trabalho coincidem com os dados encontrados por ROGÉRIO et al., (1987), quando submeteram a cultura do trigo a diferentes suprimentos de água. Observou-se que o ciclo de desenvolvimento para a cultura do trigo variou de 105 a 113 dias, sendo mais curto à medida que menores lâminas de água foram aplicadas. A análise de variância dos dados de altura

de plantas foi significativa, podendo-se afirmar que a disponibilidade de água no solo foi capaz de afetar os processos de crescimento celular.

#### 4.5 - Valores médios dos Comprimentos de Panículas

Para os valores médios de comprimento de panículas não houve diferenças significativas entre as cultivares. Os resultados para os tratamentos  $T_1$ ,  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$  evidenciaram significância ao nível de 5% pelo teste de Tukey (Tabela 11), quando foram consideradas todas as cultivares.

O tratamento estressado na fase vegetativa ( $T_2$ ) não diferiu do tratamento controle ( $T_1$ ). Os tratamentos estressados na fase de floração ( $T_3$ ) e estressados durante todo o ciclo ( $T_4$ ) apresentaram diferenças significativas em relação ao tratamento controle e ( $T_2$ ).

Os tratamentos  $T_3$  e  $T_4$  foram estatisticamente iguais entre si e apresentaram o percentual de 83% a 74% respectivamente em relação ao tratamento controle ( $T_1$ ).

COSTA et al., (1988) estudando o comportamento da cultura do milho submetido a diferentes níveis de estresse hídrico verificaram que o comprimento médio da espiga ficou reduzido significativamente para o tratamento que foi aplicado o maior déficit hídrico. Estas observações também foram confirmadas com a cultura do sorgo que apresentou o

Tabela 10 - Valores médios da altura das plantas (cm)  
cultivares de sorgo, coleta realizada na fase de  
colheita.

Cultivares	TRATAMENTOS				Média
	T <sub>1</sub> Controle	T <sub>2</sub> Estressados na fase vegetativa	T <sub>3</sub> Estressados na fase de floração	T <sub>4</sub> Estressados desde os 25 DAS	
IPA-1011	111	117	103	88	105
IPA-2502	140	144	103	80	117
EA-955	118	129	104	94	111
EA-007	122	134	119	86	115
Média	123 ab	131 a	107 b	87 c	

- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna ou minúscula em cada linha, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

menor comprimento de panícula para o tratamento que sofreu maior déficit hídrico.

#### 4.6 - Valores Médios do Peso de 100 Grãos

Para o parâmetro peso de 100 grãos de sorgo, a análise de variância revelou resultados significativos para as médias das cultivares e dos tratamentos ao nível de 5% pelo teste de Tukey (Tabela 12).

Com os tratamentos controle ( $T_1$ ), estressados na fase vegetativa ( $T_2$ ) e estressados na fase de floração ( $T_3$ ) não houve diferenças significativas entre os mesmos. Todavia observou-se que o tratamento estressados a partir dos 25 DAS ( $T_4$ ) foi significativo diferindo em relação aos demais. O menor peso de 100 grãos ocorreu junto ao tratamento  $T_4$  em decorrência do maior estresse hídrico aplicado às plantas de sorgo incluindo as fases críticas de floração e frutificação. Possivelmente para este tratamento ocorreram várias alterações na fisiologia das plantas, através de fechamento de estômatos diminuído a atividade fotossintética, taxa de crescimento das raízes, trazendo consequentemente uma menor absorção de água e elementos nutritivos para a planta, hipóteses que podem justificar o menor peso de 100 grãos encontrados para o tratamento  $T_4$ .

Tabela 11 - Valores médios comprimento de panículas (cm)  
das cultivares de sorgo.

Cultivares	TRATAMENTOS				Médias
	T <sub>1</sub> Controle	T <sub>2</sub> Estressados na fase vegetativa	T <sub>3</sub> Estressados na fase de floração	T <sub>4</sub> Estressados 25 dias após a semeadura	
IPA-1011	21,76	21,52	17,72	18,28	19,82
IPA-2502	21,48	21,32	17,12	16,02	18,99
EA-955	20,44	18,52	17,70	13,97	17,66
EA-007	20,80	21,72	18,00	14,76	18,82
Média	21,12 a	20,77 a	17,63 b	15,76 b	

- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna ou minúscula em cada linha, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



Tabela 12 - Valores médios do peso de 100 grãos (g) para as cultivares de sorgo, coleta realizada na fase de colheita.

Cultivares	TRATAMENTOS				Média
	T <sub>1</sub> Controle	T <sub>2</sub> Estressados na fase vegetativa	T <sub>3</sub> Estressados na fase de floração	T <sub>4</sub> Estressados 25 dias após a semeadura	
IPA-1011	2,58	2,37	2,56	2,06	2,39 B
IPA-2502	2,96	2,78	2,65	2,27	2,67AB
EA-955	3,07	2,89	2,82	2,39	2,79 A
EA-007	3,11	2,68	2,85	2,38	2,76 A
Média	2,93 a	2,68 a	2,72 a	2,28 b	

- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna ou minúscula em cada linha, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

A cultivar IPA-1011 apresentou o menor peso médio de 100 grãos e foi estatisticamente igual a cultivar IPA-2502. As cultivares EA-007, EA-955 e IPA 2502 através do teste de Tukey ao nível de 5% não diferiram entre si (Tabela 12).

Resultados semelhantes para variação média do peso de sementes foi encontrado por JORGE et al., (1988), com a cultura do feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) quando submetido a diferentes níveis de aplicação de água.

FARIAS & OLITTA (1987), aplicando diferentes lâminas de irrigação na cultura do trigo (*Triticum aestivum* L.) encontraram acentuado decréscimo do parâmetro peso de 1000 grãos, com o aumento do nível de água.

#### 4.7 - Valores Médios do Peso Seco da Parte Aérea na Fase Final

No estudo do peso seco da parte aérea final das plantas de sorgo houve diferenças significativas para as médias das cultivares e tratamentos, ao nível de 5% pelo teste de Tukey. (Tabela 13).

A redução da disponibilidade hídrica no solo através dos diferentes tratamentos foi capaz de induzir déficit hídrico nos tecidos afetando os processos de crescimento e produção de matéria seca (Tabela 13).

O tratamento estressado a partir dos 25 DAS ( $T_4$ ),

considerando todas as cultivares diferiu significativamente dos tratamentos estressados na fase vegetativa ( $T_2$ ) e controle ( $T_1$ ). Para o tratamento estressados na fase de floração ( $T_3$ ) houve diferenças significativas em relação ao tratamento controle. Os tratamentos  $T_1$  e  $T_2$  foram estatisticamente iguais entre si.

As cultivares IPA-1011, IPA-2502 e EA-955, considerando todos os tratamentos, não diferiram significativamente em relação a taxa média de peso seco da parte aérea. A cultivar EA-007 diferenciou-se significativamente das demais alcançando a menor média de peso seco e foi estatisticamente igual a cultivar EA-955. Observou-se, para os tratamentos onde o estresse hídrico foi mais severo, que a produção de matéria seca na parte aérea foi reduzida, coincidindo essas observações com resultados encontrados por WILSON et al., (1980). Esses autores aplicando déficit hídrico na cultura do sorgo encontraram, também, redução significativa nas taxas de matéria seca das plantas. QUEIROZ et al., (1986) aplicando diferentes lâminas de irrigação na cultura do caupi (*Vigna unguiculata* L.) encontraram para o parâmetro peso seco da parte aérea final resultados não significativos. Todavia, a análise percentual demonstrou que o suprimento de água tanto em excesso como em déficit causaram uma redução deste parâmetro.

Tabela 13 - Valores médios do peso seco da parte aérea final  
(g) das cultivares de sorgo.

Cultivares	TRATAMENTOS				Média
	T <sub>1</sub> Controle	T <sub>2</sub> Estressados na fase vegetativa	T <sub>3</sub> Estressados na fase de floração	T <sub>4</sub> Estressados 25 dias após a semeadura	
IPA-1011	92,18	89,17	76,00	71,99	82,34 A
IPA-2502	92,93	108,16	78,83	50,68	82,63 A
EA-955	93,99	71,72	61,71	57,52	71,23AB
EA-007	84,16	79,06	59,65	49,52	68,10 B
Média	90,81 a	87,02 ab	69,05 bc	57,43 c	

- Média seguidas pela mesma letra maiúscula, em cada coluna ou minúscula em cada linha, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

#### 4.8 - Produção de Grãos

A produção de grãos (kg/ha) das cultivares de sorgo apresentou diferenças significativas para os tratamentos considerando-se as médias, ao nível de 5% pelo teste de Tukey (Tabela 14).

Houve diferenças significativas para os tratamentos  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$  em relação ao tratamento controle ( $T_1$ ) que também apresentou maior produção em relação aos demais. O estresse hídrico aplicado reduziu a produção de grãos dos tratamentos  $T_2$ ,  $T_3$  e  $T_4$ , ao controle na percentagem de 30,6%, 34,5% e 57,9%, respectivamente. O tratamento  $T_4$ , submetido a um estresse hídrico severo diferiu significativamente dos demais e apresentou a menor média de produção (1.001 kg/ha).

As cultivares IPA-1011, IPA-2502, EA-955 e EA-007 submetidas a diferentes lâminas de aplicação de água durante o ciclo, não diferiram significativamente na produção de grãos. A cultivar EA-955 apresentou a maior produção de grãos (2916 kg/ha) nas condições ideais de irrigação ( $T_1$ ).

A menor produção ocorreu com a cultivar IPA-2502 com o tratamento estressados a partir dos 25 DAS ( $T_4$ ). As cultivares não apresentaram diferenças significativas, em termos de produção de grãos, sendo a menor média de produção 1416 kg/ha encontrada com a cultivar IPA-2502. Observou-se que a cultivar EA-955 apresentou os maiores valores médios de produção 1830 kg/ha. Com relação aos componentes de

produção, no que se refere ao comprimento médio de panículas houve diferenças significativas somente para os tratamentos, sendo que  $T_3$  e  $T_4$  foram estatisticamente iguais e diferiram positivamente dos tratamentos  $T_1$  e  $T_2$ . Para o peso de 100 grãos houve diferenças significativas para tratamentos e cultivares, o tratamento  $T_4$  diferiu significativamente dos demais ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ) que foram estatisticamente iguais, para esse parâmetro. A cultivar IPA-1011 diferiu significativamente das cultivares EA-955, EA-007 e foi estatisticamente igual a cultivar IPA-2502. Os valores médios de peso seco da parte aérea foram significativos para cultivares e tratamentos. A cultivar EA-007 foi estatisticamente igual a cultivar EA-955 e diferiu das cultivares IPA-1011 e IPA-2502. O tratamento  $T_4$  apresentou o menor peso seco da parte aérea em relação aos demais.

OLIVEIRA & AVELAR (1979) estudaram a influência das condições hídricas na cultura do sorgo e observaram que a produção foi bastante prejudicada com a ocorrência de déficit hídrico, principalmente na fase de floração do sorgo.



Tabela 14 - Valores médios de produção total de grãos  
(kg/ha) das cultivares de sorgo.

Cultivares	TRATAMENTOS				Média
	T <sub>1</sub> Controle	T <sub>2</sub> Estressados na fase vegetativa	T <sub>3</sub> Estressados na fase de floração	T <sub>4</sub> Estressados a partir dos 25 DAS	
IPA-1011	2248	1758	1565	1033	1651
IPA-2502	1810	1255	1642	958	1416
EA-955	2916	1719	1656	1027	1830
EA-007	2552	1870	1374	987	1696
Média	2382 a	1651 b	1559 b	1001 c	

- Médias seguidas pela mesma letra maiúscula, cada coluna ou minúscula em cada linha, não diferem ao nível de 5% pelo teste de Tukey.
- Ausência de letras indica que não houve diferença ao nível de 5% pelo teste de Tukey.



## 5 - CONCLUSÕES

1) Não houve diferenças significativas entre as cultivares de sorgo IPA-1011, IPA-2502, EA-955 e EA-007, quando as mesmas foram submetidas ao estresse hídrico, indicando a unidade genotípica do material estudado.

2) Houve redução dos potenciais hídricos nas plantas submetidas ao regime de estresse hídrico, quando comparadas com o controle ( $T_1$ ). Em termos percentuais, a redução do potencial hídrico atingiu a ordem de 187%.

3) Os teores de clorofila a, b e total das folhas das plantas de sorgo não apresentaram diferenças significativas para tratamentos e cultivares. Houve decréscimo de clorofila para todas as cultivares quando submetidas ao estresse hídrico.

4) Os teores de lipídios totais nas folhas das plantas de sorgo foram alterados através da deficiência hídrica no sorgo.

5) O estresse hídrico influenciou o parâmetro altura média de plantas, sendo observado que o menor porte ocorreu junto ao tratamento  $T_4$ .

6) Os valores médios de comprimento de panículas não foram significativos para as cultivares. Todavia, houve diferenças significativas para os tratamentos, sendo que  $T_3$  e  $T_4$  foram estatisticamente iguais e apresentaram os menores valores médios de comprimento de panículas.

7) Com relação ao peso de 100 grãos, os resultados foram significativamente diferentes para tratamentos e cultivares. O tratamento  $T_4$  diferiu significativamente dos demais ( $T_1$ ,  $T_2$  e  $T_3$ ) que foram estatisticamente iguais entre si. A cultivar IPA-1011 apresentou a menor variação de peso médio de grão.

8) A deficiência de água no solo influenciou o peso seco da parte aérea, sendo que a cultivar EA-007 foi mais sensível e apresentou o menor peso seco entre as demais.

9) O estresse hídrico influenciou a produção de grãos para tratamentos. Ficou evidenciado que a maior produção ocorreu junto ao tratamento controle ( $T_1$ ). Para  $T_2$  e  $T_3$  as produções foram idênticas. Todavia, para o tratamento  $T_4$  representado pelo maior déficit de água no solo foi obtido a menor média de produção de grãos.

10) Sugerimos continuidade do estudo de diferentes lâminas de água e fases do ciclo da cultura sobre a produção de sorgo, todavia, incluindo novas cultivares com potencialidades para irrigação, buscando encontrar soluções que influenciem no maior rendimento da cultura.

11) Em termos imediatos a cultivar EA-955 apresentou-se melhor para plantio, tendo em vista a maior produção de grãos alcançada.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ADMS, M.W. 1967. Basis of yield component compensation in crop plant with special reference to the field bean (*Phaseolus vulgaris*). Crop Science, 7:505-510.
- 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 poly - phenoloxidase in Beta vulgaris - Plant Physiol. 24:1-15.
- AVELAR, B.C. & OLIVEIRA, A.C. de. 1979. Influência das condições hídricas na cultura do sorgo. In: XII Reunião Brasileira de Milho e Sorgo, Goiânia.
- AVELAR, B.C. & SANS, L.M.A. 1986. Efeito de veranico na produção de matéria seca de milho e sorgo. In: XVI Congresso Nacional de Milho e Sorgo,.
- BEGG, J.E. and N.C. TURNER. 1976. Crop water deficits. Adv. Agron. 28:161-217.
- BHARDWAJ, R. & SINGHAL, G.S. 1981. Effect of water stress on photochemical activity of chloroplasts during greening of etiolated barley seedlings: Plants & Cell Physiol. 22(2):155-162.

- BONANO, A.R. and MACK, H.J. 1983a. Use of canopy - air temperature differentials as a method for scheduling irrigations in snap beans - J. Americ. Soc. Hort. Sci. 108(5):826-831.
- BONANO, A.R. and MACK, H.J. 1983b. Yield components and pod quality of snap beans grown under differential irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Science. 108(5):832-836.
- BONANO, A.R. and MACK, H.J. 1983c. Water relations and growth of snap beans as influenced by differential irrigation. J. Amer. Soc. Hort. Sci. 108(5):837-844.
- 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.
- COSTA, J.O.; FERREIRA, L.G.R. & SOUZA, F. de. 1988. Produção de milho submetido a diferentes níveis de estresse hídrico. Pesq. Agropec. Brasi. Brasília. 23(11):1255-1261.
- COYNE, P.I.; BRADFORD, J.A. and DEWALD, C.L. 1982. Leaf water relations and gas exchange in relation to forage production in four asiatic bluestems. Crops Science. 22:1036-1040.
- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. 1959. Evaporation in relation to development of corn crop. Agron. J. 51:725-726.

- DENMEAD, O.T. & SHAW, R.H. 1960. The effects of soil moisture stress at different stages of growth on the development and yield of corn. *Agron. J.* 52:272-274.
- DE PAULA, F.M. 1985. Alterações bioquímicas e fisiológicas me cultivares de algodão (*Gossypium hirsutum* L.) submetidas ao estresse hídrico. Universidade Federal do Ceará, Fortaleza. (Dissertação de Mestrado).
- DIXON, H.H. 1914. Transpiration and the ascent of the sap in plants. McMillan, Londres.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. 1979. Manual de Métodos de Análise do Solo - Parte 1. Análise Física. Rio de Janeiro, SNLCS.
- ESPINOZA, W. 1982. Resposta de doze cultivares de soja ao déficit hídrico num latossolo vermelho-escuro de cerrados do Distrito Federal. *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília. 17(3):447-458.
- FARIA, R.T. de. & OLITTA, A.F.L. 1987. Lâmina de irrigação an cultura do trigo utilizando o sistema de "aspersão em linha". *Pesq. Agropec. Bras.* Brasília. 22(9/10):999-1008.
- FARIS, M.A.; LIRA, M.A. de.; VENTURA, C.A.; DINIZ, M.S. de. & AZEVEDO, A.A. 1977. Avaliação da produtividade de cultivares de sorgo granífero e de milho nos Estados de Pernambuco e Paraíba, em 1976. *Pesq. Agropec. Pernamb.* 1:59.



- FILHO, B.G.S. dos.: MADRUGADA, L.AN. & XAVIER, F.E. 1979. Análise de crescimento de quatro híbridos de sorgo granífero, em Pelotas, RS<sup>1</sup>. In: XII Reunião Brasileira de Milho e Sorgo. Goiânia.
- FISCHER, R.A. & TURNER, N.C. 1978. Plant productivity in the arid and semiarid zones. *Annu. Rev. of Plant Physiology* 29:227-317.
- FRANÇA, G.E. de, & MACIEL, G.A. 1980. Tecnologia da produção - In: Curso de Extensão sobre a cultura do sorgo. Brasília. IPA/EMBRAPA. p.33-43.
- HSIAO, T.C. 1973. Plant responses to water stress. *Annu. Rev. of Plant Physiology*. 24:519-570.
- JORGE, J.R.; JUAN, I.F. & RICARDO, M.C. 1988. Resposta fisiomorfologica y productiva del frejol negro (*Phaseolus vulgaris* L.) frente al deficit hídrico. *Agro-ciencia* 4(1):21-26.
- KRAMER, J.P. & DIAZ, M.F.S. 1971. Behavior of corn and sorghum under water stress and during recovery. *Annu. Rev. of Plant Physiology*. 48:613-616.
- KRAMER, J.P. 1974. Tension hidrica y crecimiento de las plantas. In: Relaciones hídricas de los Suelos y plantas: una sintesis moderna. México. Centro Nacional de Ayuda Técnica. 394-442.
- KRAMER, J.P. 1983. Water Relations of Plants. Department of Botany, Duke University, Durham, North Carolina. 489p.



- LEWIS, R.B.; HILER, E.A. & JORDAN, W.R. 1974. Susceptibility of grain sorghum to water deficit at three growth stages. *Agron. J.* 66:589-591.
- LIRA, M.A. de.; MACIEL, G.A.; TABOSA, J.N.; ARAÚJO, M.R.A. de.; SANTOS, J.P. de O.; FREITAS, E.V.F. de. & ARCOVERDE, A.S. 1983b. Cultivo do sorgo (*Sorghum bicolor* (L.) Moench). Recife, IPA, 4p. (Instruções Técnicas, 15).
- LOWRY, O.H.; ROSEMBROUGH, N.T.; FARRAL, A.L. & RANDALL, R.J. 1951. Protein measurements with folin reagents. *J. Biol. Chem.* 113:265-275.
- MAMEDE, F.B.F. 1979. Efeitos da densidade populacional e espaçamentos sobre a produção em sorgo, *Sorghum bicolor* (L.) Moench. Dissertação de Mestrado. Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará.
- McKINNEY, G. 1941. Absortion of light chlorophyll solution. *J. Biol. Chem.* 140:315-22.
- MENESES, Tobias J.B. **et al.** 1977. Possibilidades de produção de álcool a partir do sorgo sacarino. In: Simpósio sobre produção de álcool no Nordeste, 1 - Fortaleza, MINTER, SPLAN, SUDENE, BNB.
- MOTA, F.S.D. Meteorologia Agrícola. São Paulo. Nobel. 1986. São Paulo, Brasil. 167p.

- ONKEN, A.B. 1970. Cultural practices for grain sorghum production. In: Grain Sorghum Research in Texas. 1970. Texas A & M. University College Station. 1971. p.46-57.
- PANDEY, R.K.; HERRERA, W.A.T. and PENDLETON, J.W. 1984a. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. I - Yield and yield components. *Agronomy Journal*. 76:549-553.
- PANDEY, R.K.; HERRERA, W.A.T. and PENDLETON, J.W. 1984b. Drought response of grain legumes under irrigation gradient. II - Plant water status and canopy temperature. *Agronomy Journal*. 76:553-557.
- PANDEY, R.K.; HERRERA, W.A.T.; VILLEGAS, A.N. and PENDLETON, J.W. 1984c. Drought responses of grain legumes under irrigation gradient. III - Plant Growth. *Agronomy Journal*. 76:557-560.
- 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. (Dissertação de Mestrado).
- PORTO FILHO, F.Q.; FERREIRA, L.G.R.F.; PAIVA, F.L. de. & SAUNDERS, L.C.U. 1986. Alterações fisiológicas e de produção do caupi (*Vigna unguiculata* (L.) Walp) cultivado em solo sódico e irrigado com diferentes lâminas. *Ciên. Agron. Fortaleza*. 17(2):57-64.

- ROBINS, J.S. and DOMINGO, C.E. 1956. Moisture deficits in relations to the growth development of dry beans. Agronomy Journal. 48:67-70.
- SOBRADO, M.A. and TURNER, N.C. 1983. Influence of water relations characteristics and productivity of wild and cultivated Sunflowers. Aust. J. Plant Physiology. 10:195-203.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A. & BRANDSTREET, E.D. 1965. Sap pressure in vascular plants. Science. 148:339-46..
- SILVA, A.D.A. Deficiência hídrica em cultivares de amendoim (*Arachis hypogaea* L.). Fortaleza, Universidade Federal do Ceará. 1986. 49p. (Dissertação de Mestrado).
- SLATYER, R.O. 1967. Plant - water relationships. New Yoprk, Academic Press. 336p.
- SOBRINHO, A.F.S. 1988. Efeito da deficiência hídrica sobre a floração, crescimento vegetativo da raiz e parte aérea em cultivares de amendoim. Fortaleza, UFC. (Dissertação de Mestrado). 61p.
- SINGH, P. and KANEMASU, E.T. 1983. Leaf and canopy temperatures of pearl millet genotypes under irrigated and nonirrigated conditons. Agronomy Journal. 75:497-501.

TURNER, N.C. 1979. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: Mussel, M. and Staples, R.C. Ed. *Stress physiology in crops plants*. New York. John Wiley and Sons. Inc. pp.343-372.

TURK, K.J. and HALL, A.E. 1980. Drought adaptation of cowpea IV influence of drought on water use, and relations with growth and seed yield. *Agron. J.* 72:434-9.

ULAND, R.E. 1949. Physical properties of soil as modified by crops and management. *Soil Sci. Soc. Amer. Proc.* 14:361-66.

WILSON, D.R.; BAVEL, C.H.H. and McCREE, K.J. 1980. Carbon Balance of water - deficient grain Sorghum Plants. *Crop. Science.* 20:159-4.