

RELAÇÕES HÍDRICAS E PRODUTIVIDADE BIOLÓGICA EM CULTIVARES  
DE CAUPI [Vigna unguiculata (L.) Walp] SOB CONDIÇÕES DE ES-  
TRESSE HÍDRICO


FRANCISCO DE ASSIS CABRAL BOUTY

---


DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO  
CURSO DE PÓS-GRADUAÇÃO EM AGRONOMIA  
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO EM FITOTECNIA COMO  
REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO GRAU DE  
**MESTRE**  
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do Grau de Mestre em Agronomia, área de concentração em Fitotecnia, outorgado pela Universidade Federal do Ceará, e encontra-se a disposição dos interessados na Biblioteca Central da referida Universidade.

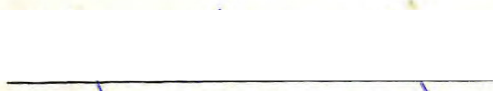
A citação de qualquer trecho desta Dissertação é permitida desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

  
Francisco de Assis Cabral Bouty


DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 31 / 10 / 85

  
Prof. Luiz Gonzaga Rebouças  
Ferreira, PhD.


Orientador da Dissertação

  
Prof. Marcos Vinicius Assunção, PhD.

Conselheiro

  
Prof. José Braga Paiva  
Engº Agrº

Conselheiro

  
Prof. Fanuel Pereira da  
Silva, PhD.

Coordenador do Curso



À minha esposa *Míres*  
pelo amor, dedicação, sacrifício e  
incentivo nas horas de incerteza

Aos meus filhos *Alessandra e Lúcio Flávio*  
pelo carinho e compreensão  
às minhas omissões

Aos meus pais *Victor e Maria José*  
pela minha formação moral

Aos meus sogros *Amadeu e Lucy*  
pelo apoio e dedicação

Aos meus irmãos e cunhados

D E D I C O

## AGRADECIMENTOS

Agradecemos à EMPRESA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA DO CEARÁ - EPACE, pela oportunidade de realizar este curso.

Somos gratos à EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA, pelo apoio e recursos concedidos para este treinamento profissional.

Ao Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará, que propiciou elementos para a execução do experimento, cedendo gentilmente casa de vegetação, sementes, equipamentos e laboratórios.

Desejamos agradecer ao Professor Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, pela orientação precisa e oportuna que dispensou.

Ao Professor Marcos Vinicius Assunção, pelo exemplo de caráter humano, orientação, apoio e amizade.

Ao Professor José Braga Paiva, pelas preciosas sugestões apresentadas no decorrer deste trabalho.

Agradecemos aos colegas Ivan Martins Albuquerque e Fernando Monteiro de Paula, pela cooperação e esforço empreendidos na condução e execução deste trabalho.

Agradecemos a Sra. Maria das Graças Cruz Pereira, pelo esmero e dedicação nas análises procedidas em laboratório.

Aos Professores do Curso de Pós-Graduação em Fitotecnia, pelos valiosos ensinamentos administrados.

Aos colegas, pela forma integrativa e harmoniosa durante o convívio de estudo, base sólida de uma relação amigável.

Um agradecimento especial aos colegas Alexandre Reinaldo da Costa Lima e Francisco Ivaldo Oliveira Melo, ingentes colaboradores da EPACE que não mediram esforços nas orientações e consecução das análises estatísticas dos dados, sem as quais não seria possível a conclusão do aludido trabalho.



Finalmente, o autor agradece a todos que contribuíram direta ou indiretamente para a execução deste trabalho.

## SUMÁRIO

	<b>Página</b>
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	x
ABREVIATURAS .....	xii
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
<b>1 - INTRODUÇÃO</b>	
1.1. Importância da Cultura do Caupi .....	1
<b>2 - REVISÃO DE LITERATURA</b>	
2.1. Necessidades Hídricas das Culturas ...	②
2.2. Resistência das Plantas à Seca .....	③
2.3. Alterações Fisiológicas Induzidas pelo Estresse Hídrico .....	6
2.4. Objetivos do Presente Trabalho .....	11
<b>3 - MATERIAL E MÉTODOS</b>	
3.1. Condições de Cultivo .....	12
3.2. Determinação do Potencial Hídrico ....	13
3.3. Determinação do Potencial Osmótico ...	13
3.4. Determinação do Teor Relativo de Água.	14
3.5. Determinação do Teor de Clorofila ....	15
3.6. Determinação do Teor de Lipídios To- tais .....	16
3.7. Determinação da Relação Raíz/Parte Aê- rea .....	17
3.8. Determinação da Área Foliar .....	17
3.9. Determinação do Peso Específico das Fo- lhas .....	17
3.10. Determinação da Produtividade Biológi- ca .....	17
3.11. Delineamento Estatístico .....	18
<b>4 - RESULTADOS</b>	
4.1. Potencial Hídrico .....	19



	<b>Página</b>
4.2. Potencial Osmótico .....	23
4.3. Teor Relativo de Água .....	27
4.4. Teor de Clorofila .....	31
4.5. Teor de Lipídios Totais .....	35
4.6. Relação entre o Potencial Hídrico e o Te or de Clorofila .....	38
4.7. Relação entre o Potencial Hídrico e o Te or de Lipídios Totais .....	38
4.8. Relação Raiz/Parte Aérea .....	41
4.9. Peso Específico das Folhas .....	45
4.10. Variações da Taxa de Assimilação Líquida nos Tratamentos Controle e Estressado ..	49
4.11. Variações da Taxa de Crescimento Relati- vo nos Tratamentos Controle e Estressa- do .....	49
5. DISCUSSÃO .....	55
6. CONCLUSÕES .....	65
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	67

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

### Figura

### Página

Variação do potencial hídrico nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	22
Variação do potencial osmótico nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental...	26
Variação do teor relativo de água nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental ..	30
Variação do teor de clorofila nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental ..	34
Variação do teor de lipídios totais nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	37
Variação do percentual do teor de clorofila e do potencial hídrico em relação ao controle nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	39
Variação percentual do teor de lipídios totais e do potencial hídrico em relação ao controle nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (trata	



# Figura

# Página

mentos controle e estressado) durante o período experimental .....	40
Variação da relação raiz/parte aérea nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	44
Variação do peso específico das folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental ..	48
Variação da taxa de assimilação líquida nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	51
Variação da taxa de crescimento relativo nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	53

## LISTA DE TABELAS

Tabela	Página
Análise de variância do potencial hídrico das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental.	20
Variações do potencial hídrico nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental...	21
Análise de variância do potencial osmótico das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental.	24
Variações do potencial osmótico nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental...	25
Análise de variância do teor relativo de água das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental.....	28
Variações do teor relativo de água nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental.....	29
Análise de variância do teor de clorofila das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental...	32
Variações do teor de clorofila nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental...	33
Variações do teor de lipídios totais nas folhas das cultivares Pitiúba e	



## Tabela

## Página

Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	36
Análise de variância da relação raiz/parte aérea das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental .....	42
Variações da relação raiz/parte aérea nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .	43
Análise de variância do peso específico das folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental .....	46
Variações do peso específico das folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	47
Variações da taxa de assimilação líquida nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	50
Variações da taxa de crescimento relativo nas folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (tratamentos controle e estressado) durante o período experimental .....	52

## ABREVIATURAS

$\text{CaCO}_3$	- Carbonato de cálcio
D.O. <sub>645</sub>	- Densidade ótica determinada a 645nm
D.O. <sub>663</sub>	- Densidade ótica determinada a 663nm
KCl	- Cloreto de potássio
KOH	- Hidróxido de potássio
Lux	- Unidade de intensidade luminosa correspondente a um lúmen por metro quadrado (1 lux = 0,093 velas - pés)
MPa	- Megapascal (1 MPa = 10 bar = 9,87 atm)
P.F.	- Peso fresco
P.S.	- Peso seco
P.T.	- Peso túrgido
TAL	- Taxa de assimilação líquida
TCR	- Taxa de crescimento relativo



## RESUMO

Um experimento foi conduzido em casa de vegetação com a cultura do caupi Vigna unguiculata (L.) Walp, cultivares Pitiúba e Jaguaribe. Após a germinação as plantas foram irrigadas com 500 ml de água destilada, em dias alternados e a cada dez dias procedeu-se a uma irrigação complementar com 500 ml de solução de Hoagland 1/2 força. Aos vinte e cinco dias após a germinação iniciou-se o período experimental quando foi suspensa a irrigação de um grupo de plantas (tratamento estressado), enquanto o outro grupo continuou sendo irrigado (tratamento controle) somente com água destilada até o final do experimento. Dez dias após a suspensão da rega as plantas foram novamente irrigadas. As coletas foram realizadas nos dias 0, 5, 10 e 11 do período experimental, quando foram efetuadas as determinações de potencial hídrico, potencial osmótico, teor relativo de água, teor de clorofila, teor de lipídios totais, área foliar, relação raiz/parte aérea, peso específico das folhas e produtividade biológica. Os níveis de estresse hídrico impostos às duas cultivares não foram capazes de causar danos irreversíveis nos processos de absorção e transporte de água pelas plantas. Todavia, somente no potencial osmótico ocorreu diferença estatisticamente significativa entre as cultivares. Vinte e quatro horas após o reinício da rega houve recuperação do potencial osmótico e teor de lipídios totais para valores superiores ao controle do mesmo dia em ambas as cultivares. Os valores da relação raiz/parte aérea das plantas estressadas foram superiores ao tratamento controle durante o período experimental indicando uma maior susceptibilidade da parte aérea de ambas as cultivares. Os valores de peso específico das folhas das plantas estressadas só foram superiores em relação ao controle na cultivar Jaguaribe. Durante o período experimental os valores da taxa de assimilação



líquida e taxa de crescimento relativo das plantas controle de ambas as cultivares foram sempre superiores aos das plantas estressadas.

## ABSTRACT

A greenhouse study was conducted on cowpea [Vigna unguiculata (L.) Walp] Pitiúba and Jaguaribe cultivars. Seeds were planted in 10 l plastic bags and seedlings thinned to 2 per bag twenty days after emergence. After germination plants were irrigated every other day using 500 ml of distilled water. An irrigation using 500 ml of Hoagland solution 1/2 strength was supplied each 10 days. Twenty five days after germination, irrigation was withheld for one group of plants (stressed treatment) while the other group was irrigated with distilled water (control treatment). Ten days after withholding the irrigation, plants were rewatered. Sampling was done on zero, 5<sup>th</sup>, 10<sup>th</sup> and 11<sup>th</sup> days experimental period. Water potencial, osmotic potential, relative water content, chlorophyll content, total lipids, leaf area, root/shoot ratio, leaf specific weight, and biological productivity were determined. Water stress was not enough to cause irreversible damage on water absorption and transport processes on plants. Significant statistical difference between control and stressed plants was observed only for osmotic potential. However, recovery of osmotic potential in relation to control was observed twenty four hours after rewatering. Root/shoot ratio of stressed plants was higher than control during experimental period indicating greater susceptibility of shoot to water stress on both cultivars. Specific weight of leaves of stressed plants was higher only on Jaguaribe cultivar. During the experimental period the net assimilation rate and relative growth rate values of irrigated plants for both cultivars were always higher than those for stressed plants.

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1. Importância da Cultura do Caupi

O caupi pelo alto teor proteico dos seus grãos constitui-se em uma das principais fontes de alimentação do povo brasileiro. Na região nordestina, o caupi participa da alimentação básica, apresentando-se como uma das opções de cultivo da população rural.

A safra agrícola de 1984 possibilitou ao Brasil a posição de um dos maiores produtores, com uma produção de 2,9 milhões de toneladas. O Ceará, neste período, participou com uma produção de 167 mil toneladas, colocando-se em 5º lugar em termos nacionais (FIBGE, 1984).

Apesar de sua importância social e econômica, a participação do caupi na renda líquida do rural nordestino é mínima, em decorrência do baixo rendimento médio desta cultura devido principalmente a escassez e má distribuição de chuvas, o que condiciona o emprego de técnicas adequadas para superar estas limitações. Por outro lado, no Ceará, onde a quantidade de chuva nos sertões não ultrapassa, em média, 700 milímetros anuais, a deficiência hídrica causa maiores riscos e menores rendimentos à cultura do caupi. A ocorrência de boas condições pluviométricas, contudo, tem proporcionado um aumento considerável na produtividade desta cultura, o que evidencia a água como fator limitante.



## 2 - REVISÃO DE LITERATURA

### 2.1. Necessidades Hídricas das Culturas

( As plantas necessitam durante o seu ciclo de vida de um adequado suprimento de água sem o qual não é possível expressar suas potencialidades biológicas satisfatoriamente. A disponibilidade de água em níveis inferiores ao requerido pela planta possibilita a sua sobrevivência, sem contudo proporcionar-lhe alto rendimento biológico. Elevadas produções são obtidas quando o suprimento adequado de água está disponível nos períodos críticos do desenvolvimento vegetal, o que implica dizer que, tanto a carência como o excesso de água são prejudiciais às culturas.)

A cultura do caupi é considerada muito sensível a falta de água, o que influencia fortemente a sua produção biológica, podendo este efeito se pronunciar nos vários estádios de desenvolvimento desta cultura. A utilização de quatro níveis de umidade do solo: 20, 40, 60 e 80% de água disponível na cultura do caupi mostrou em condições de campo que o maior número de vagens por planta, grãos maiores e mais pesados foram obtidos com os dois tratamentos mais úmidos (GARRIDO et al., 1978). Os efeitos de três níveis de umidade do solo na produção de Phaseolus vulgaris (L.) foram também estudados, mas em condições de casa de vegetação. A irrigação de um grupo de plantas era suspenso, com o reinício da rega sendo efetuado quando a tensão do solo atingia 0,5, 0,65 e 0,75 atmosfera, respectivamente. A maior produção foi obtida no tratamento correspondente a 0,5 atmosfera de tensão de água no solo, sendo que este tratamento mais úmido induziu uma maior precocidade (BERNARDO et al., 1970). Em outro experimento conduzido em casa de vegetação, o caupi mostrou-se bastante sensível à falta de água durante o estágio de florescimento. Déficits de -2,8 MPa no



potencial hídrico das folhas causaram redução substancial de peso das plantas, da área foliar e do total de matéria seca em todos os estádios de crescimento (HILER et al., 1972). O estresse hídrico imposto em condições de campo, na cultura do caupi, envolvendo diversos níveis de irrigação nas fases de crescimento vegetativo, de florescimento e de frutificação, causaram uma redução substancial na produção de grãos quando a maior escassez de água ocorreu nos estádios de florescimento e frutificação. Todavia, ocorria uma recuperação da produção quando a irrigação era reativada, proporcionando a formação de novos ramos de flores e produção de vagens (TURK et al., 1980). DUBERTZ & MAHALLE (1976), citados por HALTERLEIN (1983), verificaram que o estresse hídrico imposto no período de florescimento resultou em subsequente inibição da formação de flores na cultura do caupi. Estes autores obtiveram reduções de 35, 53 e 71% quando esta cultura foi submetida ao estresse hídrico de  $-0,8$  MPa nos estádios de pré-florescimento, florescimento e pós-florescimento, respectivamente. ROBINS & DOMINGO (1956), citados por HALTERLEIN (1983), trabalhando com a cultura do caupi verificaram que o estresse hídrico imposto durante o florescimento reduziu tanto o número de vagens como o número de sementes por vagens, e que a falta de água ocorrida em período anterior a colheita reduziu o peso das sementes. STOKER (1974) citado por HALTERLEIN (1983), entretanto, conduzindo experimento com a cultura do caupi submetida ao estresse hídrico em cinco diferentes estádios de desenvolvimento, não observou redução da produção quando a falta de água ocorria no período de pós-florescimento.

## 2.2. Resistência das Plantas à Seca

(Inúmeros pesquisadores tem procurado entender, ao longo dos anos, as causas que tornam as plantas tolerantes à seca. Segundo RUSSEL (1959), as plantas apresentam tole-



rância à seca por causa de diversos fatores que afetam a absorção e perda de água ou porque estão aptas a resistirem a severa dessecação de seus tecidos e as altas temperaturas. Por outro lado, a resistência e a sobrevivência das plantas à seca podem resultar de: a) manutenção de alto teor interno de água nos tecidos devido ao aprofundamento do sistema radicular ou pela redução da taxa de transpiração; e b) pela habilidade da planta de sobreviver com baixo teor de água nos tecidos, podendo retomar o processo de crescimento tão logo o solo atinja níveis adequados de água e permita a reidratação da planta (MAY & MILTHORPE, 1962).

Segundo ILJIN (1957), apesar da existência de diversos métodos para determinar a resistência à seca, eles não medem este parâmetro mas sim resistência à dessecação, porque se limitam a extrair a água das plantas em laborat<sup>o</sup>rios ou investigar a perda de água até um ponto crítico, no qual a planta ainda é capaz de recuperar sua turgescência. BURTON (1959) afirmou que a capacidade de resistência à seca varia de acordo com o estágio de desenvolvimento da cultura, o que dificulta a utilização de um método padronizado para medir a resistência à seca em todas as plantas. Entretanto, o referido autor ressaltou que o teste de murcha bem como outras técnicas utilizadas para avaliação de resistência à seca artificial e ao calor são válidas para estudos de melhoramento.

Segundo HSIAO (1972), a resistência à seca pode ser dividida em dois componentes: a) as plantas que escapam à seca e mantêm o "status" de água mesmo em condições ambientais adversas; b) plantas cujas funções são mantidas constantes, mesmo durante o estresse hídrico. Por outro lado, HENKEL (1961) considerou plantas resistentes à seca aquelas capazes durante o processo de ontogênese de se adaptarem à seca e alcançarem crescimento, desenvolvimento e reprodução normais, mesmo em condições ambientais adversas. Este autor ressaltou que a habilidade da planta em suportar altas temperaturas está relacionada às características químico-coloidais do protoplasma e da natureza do metabolismo da planta.



Diversas pesquisas tem sido conduzidas para o estudo do efeito do estresse hídrico no mecanismo de adaptação das plantas à seca. Segundo BEGG & TURNER (1976), as respostas do caupi à seca, em condições ambientais controladas, podem ser substancialmente diferentes daquelas observadas em condições de campo. TURK et al., (1980) observaram que as plantas de caupi submetidas ao estresse hídrico, em condições de campo perderam peso seco no período de estresse hídrico, todavia, exibiram as folhas em uma orientação vertical ou sofreram uma intensa abscisão.

Em solos com adequada umidade, a velocidade de transpiração das plantas depende das condições ambientais circundantes. Ocorrendo uma maior velocidade de perda de água por transpiração do que absorção de água pela planta haverá tendência para o fechamento dos estômatos e consequente redução da fotossíntese (PENMAN, 1963). Estudos conduzidos por RAWSON et al., (1977) e TURNER (1979) estabeleceram que a diferença de umidade entre a folha e o ar exerceu pronunciados efeitos no mecanismo estomático de diversas plantas herbáceas e outros tipos de plantas. A evidência de que nos vegetais a manutenção da turgescência ocorre como mecanismo de adaptação à seca, especialmente como meio de manter o processo de abertura dos estômatos e da atividade fotossintética foi observada por LUDLOW (1980). O estudo dos efeitos do estresse hídrico em Phaseolus vulgaris (L.), demonstrou que os estômatos da superfície adaxial das folhas foram mais sensíveis às variações de "status" de água do que os da superfície abaxial, ocorrendo o seu fechamento com valores de potencial hídrico relativamente mais elevados. Foi observado ainda a necessidade de ocorrência de um potencial hídrico crítico de -1,1 MPa para que se processasse o fechamento dos estômatos da superfície adaxial das folhas (KANEMASU et al., 1969), citados por CANCIAN (1977).



### 2.3. Alterações Fisiológicas Induzidas pelo Estresse Hídrico

A presença de água no globo terrestre é de fundamental importância para os seres vivos. Constituinte cerca de 70 a 95% dos tecidos vegetais em termos de peso fresco e sendo o principal constituinte do protoplasma, reduções no conteúdo de água ocasionam modificações dos processos metabólicos das plantas. Segundo LEVITT (1980), a insuficiência ou excesso de água ocasiona o estresse hídrico nas plantas terrestres. Entretanto, quando ocorre a falta de água, esta insuficiência é denominada de estresse por déficit hídrico ou simplesmente de estresse hídrico.

As plantas quando submetidas ao estresse hídrico experimentam modificações morfológicas, fenológicas e fisiológicas em diferentes graus de intensidade, dependendo do nível de desidratação dos tecidos e do estágio de desenvolvimento da cultura. Uma das respostas mais sensíveis das plantas ao estresse hídrico e portanto, primeiramente observada é a redução do crescimento celular em virtude de estar relacionada com a turgescência, a qual decresce com a diminuição do potencial hídrico (HSIAO et al., 1976). Consequentemente, uma das primeiras alterações fisiológicas induzidas pelo estresse hídrico é a diminuição do crescimento foliar.

( A desidratação dos tecidos foliares pode causar alterações na taxa de fotossíntese, uma vez que as trocas gasosas dependem da abertura dos estômatos e esta é controlada pela turgescência das células guardas e células epidérmicas adjacentes. Entretanto, o fechamento dos estômatos requer um valor de potencial hídrico muito mais baixo do que aquele necessário para inibição do crescimento celular (SMART & BINGHMA, 1974). Segundo SLATYER (1967), o estresse hídrico reduz a taxa de fotossíntese indiretamente pelo fechamento dos estômatos que aumenta a resistência do fluxo de  $\text{CO}_2$  para os cloroplastos e diretamente pelas modificações causadas nos processos bioquímicos.) Por outro lado, o



mecanismo de abertura e fechamento dos estômatos parece estar relacionado com o nível de ácido abscísico. Quando foi imposto um potencial hídrico de  $-0,3$  MPa na cultura do caupi, ocorreu um acréscimo do nível de ácido abscísico e conseqüentemente o fechamento dos estômatos (WALTON et al., 1977), citados por HALTERLEIN (1983). Os estômatos quando se fecham induzem uma redução da taxa de fotossíntese pela diminuição do fluxo de  $\text{CO}_2$ , decréscimo da translocação dos carboidratos e dos reguladores de crescimento, bem como afeta o metabolismo do nitrogênio (KRAMER, 1974). Estudando o efeito do estresse hídrico na cultura do caupi, O'TOOLE et al., (1977), citados por HALTERLEIN (1983), verificaram que a taxa de fotossíntese e a taxa de transpiração decresceram, enquanto a resistência estomática aumentou, quando o potencial hídrico da folha variou de  $-0,3$  a  $-0,5$  MPa. Os decréscimos paralelos das taxas de fotossíntese e transpiração indicaram que o fechamento dos estômatos foi o principal fator de redução da fotossíntese. Estes autores ressaltaram que esta redução foi devido também ao decréscimo da atividade da ribulose 1,5 difosfato bem como pelo aumento da resistência do mesófilo, quando o potencial hídrico foi mais baixo.

Estudando o efeito do estresse hídrico em três estádios de desenvolvimento da cultura do caupi, TURK & HALL (1980) observaram que a redução da área foliar no estágio vegetativo ocorreu concomitantemente ao incremento do peso específico da folha e que a correlação negativa entre este parâmetro e a pressão interna do xilema poderia ser um bom indicativo da manutenção do "status" de água na planta.

Estudos conduzidos em condições de campo com as culturas de feijão mungo, amendoim, caupi e soja, demonstraram que o incremento do estresse hídrico causou o aumento da temperatura da copa e o decréscimo do potencial hídrico nas folhas, e que o estresse foi correlacionado negativamente com a produção, podendo ser usado como parâmetro para seleção de culturas resistentes à seca (PANDEY et al., 1980). Segundo estes autores, dentre as quatro culturas, o amen-



doim manteve o mais alto potencial de água nas folhas e baixa temperatura na copa, possivelmente devido ao maior aprofundamento do seu sistema radicular ou pela maior capacidade de fechamento dos estômatos bem como ajustamento osmótico. Trabalho conduzido em casa de vegetação testando o efeito do estresse hídrico em duas cultivares de algodão, demonstrou que a cultivar Seridô - 9193 apresentou maior relação raiz/parte aérea, indicando um maior desenvolvimento das raízes desta cultivar, em relação a cultivar IAC - 12.2 (FERREIRA et al., 1979). Estes autores observaram que a relação raiz/parte aérea foi sempre menor nos tratamentos irrigados em relação aos estressados de ambas as cultivares, o que demonstrou uma maior susceptibilidade da parte aérea ao déficit hídrico, quando comparado com as raízes, podendo ser um indicativo das razões da manutenção do "status" de água mais favorável na cultivar Seridô - 9193.

( Segundo ALBERT et al., (1975), citados por DE PAULA (1985), o aparecimento de clorofila em feijão (Phaseolus vulgaris (L.) pode ser retardado quando esta cultura é submetida a potenciais hídricos inferiores a -0,5 MPa devido possivelmente a redução da taxa de formação do complexo proteína-clorofila a/clorofila b, bem como pela diminuição do acúmulo de clorofila b. Resultados semelhantes foram observados por BHARDWAJ & SHINGAL (1981) que observaram que o estresse hídrico em cevada acelerava a destruição da clorofila. A aplicação de solução de polietileno glicol com um potencial hídrico de -0,1 MPa em discos foliares de algodão promoveu um acúmulo de fosfatase e lipase alcalina nos cloroplastos, causando a desorganização de sua estrutura subcelular e consequentemente a diminuição do teor de clorofila (VIEIRA da SILVA et al., 1974). Estudando a senescência em folhas de fumo, DHINDSA et al., (1981) verificaram que o conteúdo de clorofila decrescia com a idade da folha. Estes autores relataram que o declínio do conteúdo de clorofila, durante a senescência da folha, pode ter sido em parte devido a peroxidação das membranas dos cloroplastos.

Segundo WINTERMANS et al., (1969) e De GRIER et



al., (1982), os lipídios são considerados importantes para a manutenção da estrutura e função das membranas dos cloroplastos. O estresse hídrico pode causar a senescência precoce que é responsável por alterações na permeabilidade das membranas, sendo que estas mudanças podem estar relacionadas com a diminuição simultânea no teor de lipídios. FERGUSON & SIMON (1973) e STEWART & BEWLEY (1982), relataram que o conteúdo de fosfolipídios depende da espécie vegetal, bem como da duração e intensidade da seca. Quando o estresse hídrico foi imposto na cultura do algodão ocorreu uma redução nos níveis de lipídios totais das membranas devido possivelmente a alterações na composição dos ácidos graxos desses lipídios, o que pode ter comprometido a compartimentalização física das células (FERRARI - ILIOU et al., 1984). Estes mesmos autores usando a técnica de induzir o estresse hídrico em plantas de algodão, observaram que ocorreu o decréscimo da polaridade dos lipídios bem como no teor de ácido galactolipídico. Eles sugeriram que o incremento do estresse hídrico provocou a diminuição da quantidade de lipídios, afetando as membranas dos cloroplastos, ocasionando a perda da compartimentalização das células, comprometendo o processo de abertura dos estômatos, e consequentemente a fotossíntese.

A desidratação afeta também os valores de teor relativo de água dos tecidos e com o aumento de intensidade do estresse hídrico, estes tendem a decrescer, podendo, contudo, alcançarem valores idênticos aos iniciais quando as plantas são reidratadas. (ROUTLEY, 1966; BLUM & EBERCON, 1976).

O estresse hídrico provoca também alterações na produtividade biológica das culturas. Segundo WATSON (1947) a taxa de assimilação líquida pode ser afetada pelas condições climáticas e aparentemente diminui com a idade da planta. WILLIAMS & JOSEPH (1970) relataram que a influência da seca sobre a taxa de crescimento relativo (TCR) ocorre devido a uma redução da área foliar e da taxa de assimilação líquida (TAL). FERREIRA et al., (1979) trabalhando com duas



cultivares de algodão submetidas a estresse hídrico, em condições de casa de vegetação, observaram que a taxa de assimilação líquida tanto nas plantas irrigadas, como nas não irrigadas, foram sempre maiores no primeiro período (0 a 7 dias após a suspensão da rega) do que no segundo período (7 a 14 dias após a suspensão da rega). Estes autores quando compararam as plantas irrigadas verificaram que a cultivar IAC - 12.2 apresentou valores de TAL maiores que os da Cruzeta Seridó - 9193 em 8% no primeiro período e de 25% no segundo período, respectivamente. Entretanto, no tratamento não irrigado os valores de TAL foram maiores na cultivar Cruzeta Seridó - 9193 do que na IAC - 12.2 nos dois períodos estudados (0 a 7, e 7 a 14 dias após a suspensão da rega). Eles concluíram que um maior valor de TAL observado nas plantas irrigadas da cultivar IAC - 12.2 foi devido, possivelmente, a uma maior eficiência fotossintética desta cultivar em relação a Cruzeta Seridó - 9193. Neste mesmo estudo, FERREIRA et al., (1979) verificaram que a taxa de crescimento relativo (TCR) nas plantas não irrigadas foi menor que nas plantas irrigadas em ambas as cultivares, nos dois períodos estudados (0 a 7, e 7 a 14 dias após a suspensão da rega), sendo que este efeito foi mais acentuado no segundo período (7 a 14 dias após a suspensão da rega). Estes autores evidenciaram também que as taxas de crescimento relativo das plantas irrigadas da cultivar Cruzeta Seridó - 9193 foram superiores às da cultivar IAC - 12.2 nos períodos estudados, sendo estes aumentos de 19% no primeiro período e de 6% no segundo período. Mesmo nas plantas não irrigadas as taxas de crescimento relativo foram maiores na cultivar Cruzeta Seridó - 9193 em relação a IAC - 12.2, sendo esta superioridade de 35% no primeiro período e de 76% no segundo período. Os autores concluíram que os maiores valores de TCR nas plantas irrigadas da cultivar Cruzeta Seridó - 9193 em relação a IAC - 12.2 podem ter resultado da emergência dos botões florais nesta última cultivar.



#### 2.4. Objetivos do Presente Trabalho

No presente trabalho foram estudados os efeitos do estresse hídrico no potencial hídrico, potencial osmótico, teor relativo de água, relação raiz/parte aérea, peso específico das folhas, teor de clorofila, teor de lipídios totais, área foliar e produtividade biológica do caupi Vigna unguiculata (L.) Walp, cultivares Pitiúba e Jaguaribe, objetivando identificar parâmetros fisiológicos que estejam associados com características adaptativas de resistência à seca.

### 3 - MATERIAL E MÉTODOS

#### 3.1. Condições de Cultivo

O presente trabalho foi conduzido em casa de vegetação pertencente ao Departamento de Engenharia Agrícola do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará (Campus do Pici) localizada no município de Fortaleza, Ceará.

Foram estudadas duas cultivares de caupi, Vigna unguiculata (L.) Walp., Pitiúba e Jaguaribe, provenientes do Banco de Germoplasma do Departamento de Fitotecnia do Centro de Ciências Agrárias da Universidade Federal do Ceará. As sementes das duas cultivares foram plantadas em sacos plásticos com capacidade para 10 litros, utilizando-se como substrato uma mistura de solo na proporção de 75% de areia grossa, 20% de areia fina e 5% de argila. O plantio foi efetuado diretamente nos sacos plásticos, utilizando-se cinco sementes de cada cultivar. Transcorridos vinte dias após a semeadura procedeu-se ao desbaste, deixando-se duas plantas por recipiente plástico. Após a germinação, as plantas de cada saco foram irrigadas com 500 ml de água destilada, em dias alternados. A cada dez dias procedeu-se a uma irrigação com 500 ml de solução nutritiva de Hoagland 1/2 força, por cada saco, modificada por O'Leary (Comunicação pessoal). Aos vinte e cinco dias após a semeadura, iniciou-se o período experimental quando foi suspensa a irrigação de um grupo de plantas (tratamento estressado), enquanto outro grupo continuou sendo irrigado (tratamento controle) somente com água destilada até serem procedidas as coletas, sendo que na primeira coleta utilizou-se somente plantas controle. Dez dias após a suspensão da rega, as plantas do tratamento controle e estressado, foram novamente irrigadas e procedida nova coleta 24 horas depois. Por conseguinte, as coletas fo



ram realizadas nos dias 0, 5, 10 e 11 do período experimental, quando foram efetuadas as diversas determinações utilizando-se oito plantas do tratamento controle e oito plantas do tratamento estressado, visando detectar parâmetros fisiológicos que estivessem associados com a tolerância das duas cultivares ao estresse hídrico.

### 3.2. Determinação do Potencial Hídrico

Para determinação do potencial hídrico selecionou-se uma das duas plantas existentes em cada saco plástico, dela utilizando-se a segunda folha a partir do ápice. As coletas foram efetuadas em torno das 6,0 horas da manhã objetivando uma maior uniformização das leituras. O potencial hídrico foi determinado através de uma câmara de pressão (PMS - Instrument Company, Corvallis - Oregon, EE.UU) idealizada por DIXON (1914) e realizada por SCHOLANDER *et al.*, (1964, 1965). Para o procedimento da leitura do potencial hídrico introduzia-se a folha na câmara de pressão de modo que uma parte do pecíolo permanecesse fora da mesma a fim de se observar, com o auxílio de uma lente de aumento, a aparição no xilema da primeira gota de líquido. Com a câmara hermeticamente fechada a pressão era então aumentada através da abertura de uma válvula ligada a um tubo de nitrogênio. A seguir, com o aparecimento da primeira gota que saia do xilema a válvula era então fechada, procedendo-se a leitura do manômetro que correspondia ao potencial hídrico.

### 3.3. Determinação do Potencial Osmótico

Para determinação do potencial osmótico retirou-se com auxílio de um furador de rolha (WEATHERLEY, 1950), da segunda folha a partir do ápice da planta restante de cada



saco plástico, uma amostra de cinco discos foliares de 0,5 cm de diâmetro cada. Os discos foram imediatamente colocados em placas de Petri contendo água destilada, com a face adaxial voltada para cima, permanecendo durante quatro horas expostos sob duas lâmpadas fluorescentes com uma intensidade luminosa de aproximadamente 690 lux. Os discos foliares foram postos para saturar a fim de se determinar o potencial osmótico dos tecidos em condições de turgescência total. Após o período de imersão em água destilada, os discos foram retirados e acondicionados em papel laminado e colocados em garrafas térmicas, contendo nitrogênio líquido a fim de serem congelados. Antes da leitura do potencial osmótico, os discos foram descongelados durante cinco minutos à temperatura ambiente e depois enxugados. A finalidade do processo de congelamento/descongelamento foi destruir as membranas celulares, tornando-se possível a determinação do potencial osmótico em um sistema aberto. O potencial osmótico foi determinado no psicrômetro de termopar (WESCOR, Logan - Utah, EE.UU.), através do método do ponto de orvalho. Os valores obtidos foram convertidos em MPa através de uma curva de calibração.

#### 3.4. Determinação do Teor Relativo de Água

Para determinação do valor relativo de água foi retirada da segunda folha a partir do ápice da planta restante de cada saco uma amostra de cinco discos foliares de 1,0 cm de diâmetro cada, com auxílio de um furador de rolha (WEATHERLEY, 1950). As coletas foram procedidas em torno das 6,0 horas da manhã objetivando uma maior uniformização das leituras. Após a extração, os discos foram imediatamente pesados (peso fresco) e colocados em placas de Petri contendo água destilada, permanecendo por quatro horas sob intensidade luminosa de aproximadamente 690 lux, obtida de maneira idêntica a utilizada na determinação do potencial osmótico. Findo este período foram novamente pesados, obtendo

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

onde:

C = concentração de clorofila

D.O.<sub>645</sub> e D.O.<sub>663</sub> = a densidade ótica em 645 e 663 nanômetros, respectivamente.

Posteriormente, a concentração de clorofila foi expressa em termos de mg/gPS.

### 3.6. Determinação do Teor de Lipídios Totais

A extração dos lipídios totais foi obtida segundo o método descrito por ALLEN & GOOD (1971). Das plantas de cada tratamento retirou-se uma amostra de 7,5g da terceira folha a partir do ápice, excluindo-se as nervuras. As folhas foram cortadas em pedaços e fixadas em 20,0 ml de água destilada fervente, durante dois minutos. Estes tecidos foram transferidos para um almofariz e congelados com nitrogênio líquido a fim de facilitar o processo de trituração, sendo este efetuado em 20,0 ml de metanol/clorofórmio (2:1 v/v). Em seguida, através de um funil de placa porosa, procedeu-se a filtragem do material obtido, sendo o resíduo lavado com 30,0 ml de corofórmio puro. Com a água anteriormente utilizada para fixação da amostra das folhas efetuou-se uma lavagem, acrescentando, antes 10,0 ml de KCl (0,1 M) possibilitando uma melhor separação entre o solvente e a parte aquosa. O filtrado foi então centrifugado a 200g a fim de facilitar a separação da fase lipídica. Procedeu-se então a mais duas lavagens da fase superior com 5,0 ml de clorofórmio, cada uma. O solvente contendo a fase inferior foi evaporado com ventilação forçada através de um balão de oxigênio a fim de eliminar algum resíduo de água, sendo os balões de vidro colocados em um dessecador contendo sílica e KOH, durante doze horas. O teor de lipídios totais foi obtido pela diferença dos pesos dos balões com e sem os lipí-



dios.

### 3.7. Determinação da Relação Raiz/Parte Aérea

Os valores da relação raiz/parte aérea de cada planta foram obtidos pela divisão do peso seco da raiz pelo somatório do peso seco do caule e da folha. Foram coletadas quatro plantas de cada cultivar, para cada tratamento.

### 3.8. Determinação da Área Foliar

Da mesma planta utilizada para medir o potencial hídrico retirou-se todas as folhas restantes e procedeu-se a leitura da área foliar através de um aparelho com sensor de fotocélulas (PORTABLE METER - Modelo LI-3000, Lincoln - Nebraska, EE.UU.).

### 3.9. Determinação do Peso Específico das Folhas

Os valores do peso específico das folhas foram obtidos pela divisão dos pesos secos das folhas pela área foliar de cada planta (só uma face). Para cada determinação foram feitas quatro repetições.

### 3.10. Determinação da Produtividade Biológica

A produtividade biológica foi medida através das determinações da taxa de assimilação líquida (TAL) e da taxa de crescimento relativo (TCR), de acordo com RADFORD(1967).

Para o cálculo da produtividade biológica utilizamos os valores obtidos para cada área foliar e peso seco de toda a planta no intervalo de tempo entre a primeira coleta (dia 0) e a terceira coleta (10º dia do período experimental).

A taxa de assimilação líquida (TAL) foi calculada pela fórmula:

$$TAL = \frac{(LA_2 - LA_1) (P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1) (A_2 - A_1)}$$

onde:

L = logarítimo neperiano

$P_1$  e  $P_2$  = representam o peso seco da planta nos períodos  $t_1$  e  $t_2$ , sendo  $A_1$  e  $A_2$  a área foliar nos mesmos períodos de tempo, isto é, no início do período experimental (dia 0) e no 10º dia, respectivamente.

A taxa de crescimento relativo foi calculada pela fórmula:

$$TCR = \frac{LP_2 - LP_1}{t_2 - t_1}$$

onde:

L = logarítimo neperiano

$P_1$  e  $P_2$  = representam o peso seco da planta nos períodos de tempo  $t_1$  e  $t_2$ , respectivamente.

### 3.11. Delineamento Estatístico

O delineamento estatístico utilizado foi o de blocos inteiramente casualizados, obedecendo a um fatorial de 2 x 2, com quatro repetições. Na comparação das médias foi utilizado o teste de Tukey, com 5% de probabilidade.



## 4 - RESULTADOS

### 4.1. Potencial Hídrico

Os valores de potencial hídrico das folhas da cultivar Pitiúba, durante o tratamento controle, sofreram pequenas alterações variando de -0,20 a -0,41 MPa, sendo o valor mais baixo obtido no 10º dia com uma redução de apenas 8% em relação ao início do tratamento. As plantas submetidas ao estresse hídrico sofreram um pequeno aumento de potencial hídrico até o 5º dia sendo de 42% em relação ao início do tratamento quando a partir de então ocorreu um acentuado decréscimo atingindo o valor mais baixo no 10º dia de tratamento, (-1,48 MPa) com uma redução de 261% em relação ao controle do mesmo dia (TABELA 2; FIGURA 1).

As plantas do tratamento controle da cultivar Jaguaribe apresentaram uma variação de potencial hídrico entre -0,16 e -0,51 MPa, sendo o valor mais baixo também obtido no 10º dia de tratamento. Nas plantas estressadas desta cultivar ocorreu um aumento de potencial hídrico de 39% no 5º dia em relação ao início do período experimental. Da mesma forma que a cultivar Pitiúba, as plantas estressadas da cultivar Jaguaribe apresentaram no 10º dia o valor mais baixo, com uma redução de 194% em relação ao controle do mesmo dia (TABELA 2; FIGURA 1).

Ambas as cultivares durante o tratamento estressado tiveram o mesmo comportamento apresentando a partir do 5º dia a mesma tendência de redução do potencial hídrico. Todavia as cultivares não diferiram estatisticamente entre si, mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega. As variações do potencial hídrico, determinaram a ocorrência de diferença significativa entre tratamentos somente no 10º dia, com o controle das duas cultivares sendo estatisticamente su

TABELA 1 - Análise de variância do potencial hídrico das cultivares Pitiúba e Jaguaribe, durante o período experimental.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Cultivar	1	0,0077	0,0077	0,62 ns
Tratamento	1	1,1289	1,1289	90,88 *
Dias	3	5,5983	1,8661	150,23 *
Cultivar x Tratamento	1	0,0039	0,0039	0,31 ns
Cultivar x Dias	3	0,0083	0,0028	0,22 ns
Tratamento x Dias	3	3,1333	1,0444	84,08 *
Cultivar x Tratamento x Dias	3	0,0270	0,0090	0,73 ns
Resíduo	48	0,5962	0,0124	
TOTAL	63	10,5036		

C.V. = 23,23%

(ns) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%

(\*) Estatisticamente significativo ao nível de 5%



TABELA 2 - Variações do potencial hídrico (em MPa) das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

DIAS DE TRATAMENTO	PITIÚBA		V <sup>(2)</sup>	JAGUARIBE		V <sup>(2)</sup>	INTERAÇÃO		PERÍODO <sup>(3)</sup>
	CONTROLE	ESTRESSADO		CONTROLE	ESTRESSADO		TRATAMENTO X DIAS		
							CONTROLE <sup>(3)</sup>	ESTRESSADO <sup>(3)</sup>	
0	-0,38 ± 0,03AA*a	-0,38 ± 0,03 AA*a		-0,41 ± 0,01 AA*a	-0,41 ± 0,01 AA*a		-0,40 Ab	-0,40 Ab	-0,40 b
5	-0,20 ± 0,01 AA*a	-0,22 ± 0,03 AA*a		-0,16 ± 0,03 AA*a	-0,25 ± 0,03 AA*a	-56	-0,19 Aa	-0,23 Aa	-0,20 a
10	-0,41 ± 0,05 AA*a	-1,48 ± 0,12 AB*b	-261	-0,51 ± 0,08 AA*b	-1,50 ± 0,10 AB*b	-194	-0,46 Ab	-1,49 Bc	-0,97 c
11	-0,36 ± 0,05 AA*a	-0,28 ± 0,01 AA*a	22	-0,31 ± 0,04 AA*ab	-0,36 ± 0,06 AA*a	-16	-0,33 Ab	-0,33 Aab	-0,33 b
TRATAMENTO (x̄)							-0,33 A	-0,60 B	
CULTIVAR (x̄)							-0,46 A	-0,49 A	

(1) Valores médios e erro padrão de quatro repetições

(2) Variação com relação ao controle  $\left(\frac{E - C}{C} \times 100\right)$

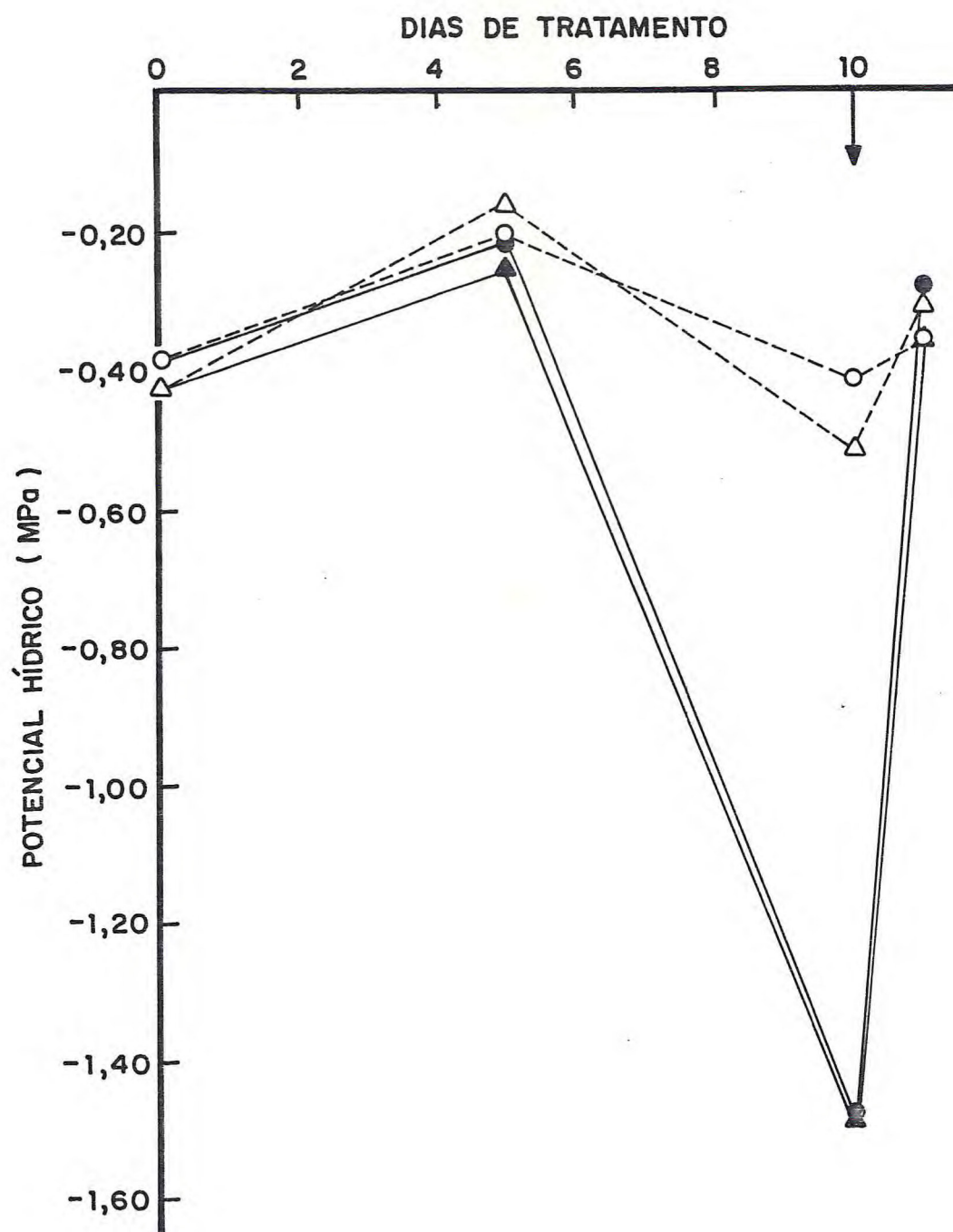
(3) - Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre as duas cultivares e mesmo tratamento e para interação tratamento e dias.

- Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula com asterisco não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações na mesma cultivar e tratamentos diferentes.

- Em cada coluna, valores seguidos por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre dias, independentemente de cultivar e tratamento.

FIGURA 1 - Variação do potencial hídrico nas folhas das cul-  
tivares Pitiúba ( O---O - tratamento controle e  
●—● - tratamento estressado) e Jaguaribe  
△---△ - tratamento controle e ▲—▲ - trata-  
mento estressado) durante o período experimental.  
A seta indica o reinício da rega.





perior ao estressado (TABELAS 1 e 2).

#### 4.2. Potencial Osmótico

Os valores de potencial osmótico das folhas de ambas as cultivares nos dois tratamentos foram determinados em condições de turgescência total dos tecidos. As plantas do tratamento controle da cultivar Pitiúba tiveram seus valores de potencial osmótico variando de -0,34 a -0,58 MPa; sendo o valor mais baixo observado no 5º dia de tratamento com uma redução de 29% em relação ao início do tratamento. Nas plantas estressadas o valor mais baixo de potencial osmótico também foi observado no 5º dia, com uma redução de 33% em relação ao início do período experimental. No 10º dia de tratamento estressado ocorreu aumento de 11% em relação ao controle do mesmo dia (TABELA 4; FIGURA 2).

Os valores de potencial osmótico das plantas do tratamento controle da cultivar Jaguaribe variaram de -0,50 a -0,68 MPa, sendo o valor mais baixo obtido no início do período experimental. Houve um acentuado aumento no 5º dia, alcançando estabilidade até o final do período experimental. Nas plantas estressadas os valores aumentaram progressivamente após a suspensão da rega, sendo o valor mais baixo observado no dia 0 (-0,68 MPa), seguindo-se uma recuperação gradativa dos valores de potencial osmótico, alcançando no 10º dia um aumento de 18% em relação ao início do tratamento. Entretanto, quando comparado com o controle do mesmo dia de tratamento, estas plantas apresentaram uma redução de 12% (TABELA 4; FIGURA 2).

Apesar das variações nos valores de potencial osmótico durante o período experimental houve diferença estatisticamente significativa entre o tratamento controle e o estressado na cultivar Jaguaribe somente no 11º dia de tratamento. Entretanto no início do período experimental (dia 0) e vinte e quatro horas após o reinício da rega (11º dia) as



TABELA 3 - Análise de variância do potencial osmótico das cultivares Pitiúba e Jaguaribe, durante o período experimental.

FORTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Cultivar	1	0,1056	0,1056	16,24 *
Tratamento	1	0,0132	0,0132	2,03 ns
Dias	3	0,4094	0,1365	20,98 *
Cultivar x Tratamento	1	0,0000	0,0000	0,00 ns
Cultivar x Dias	3	0,1712	0,0571	8,78 *
Tratamento x Dias	3	0,0353	0,0118	1,81 ns
Cultivar x Tratamento x Dias	3	0,0311	0,0104	1,59 ns
Resíduo	48	0,3121	0,0065	
TOTAL	63	1,0780		

C.V. = 15,81%

(ns) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%

(\*) Estatisticamente significativo ao nível de 5%

TABELA 4 - Variações do potencial osmótico (em MPa) das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

DIAS DE TRATAMENTO	PITIÚBA		V <sup>(2)</sup>	JAGUARIBE		V <sup>(2)</sup>	INTERAÇÃO CULTIVAR X DIAS		PERÍODO <sup>(3)</sup>
	CONTROLE	ESTRESSADO		CONTROLE	ESTRESSADO		PITIÚBA <sup>(3)</sup>	JAGUARIBE <sup>(3)</sup>	
0	-0,45 ± 0,02 AA*b	-0,45 ± 0,02 AA*b		-0,68 ± 0,03 BA*b	-0,68 ± 0,03 BA*b		-0,45 Ab	-0,68 Bc	-0,56 b
5	-0,58 ± 0,02 AA*b	-0,60 ± 0,07 AA*b		-0,56 ± 0,03 AA*ab	-0,55 ± 0,03 AA*b	5	-0,58 Ac	-0,56 Ab	-0,56 b
10	-0,56 ± 0,01 AA*b	-0,50 ± 0,03 AA*b	11	-0,50 ± 0,05 AA*abc	-0,56 ± 0,06 AA*b	12	-0,53 Abc	-0,53 Aab	-0,53 b
11	-0,34 ± 0,03 AA*a	-0,29 ± 0,04 AA*a	15	-0,51 ± 0,02 BB*abc	-0,34 ± 0,03 AA*a	13	-0,31 Aa	-0,42 Ba	-0,37 a
TRATAMENTO (x̄)	-0,52 A (controle)			-0,49 A (estressado)					
CULTIVAR (x̄)							-0,47 A	-0,53 B	

(1) Valores médios e erro padrão de quatro repetições

(2) Variação com relação ao controle  $(\frac{E - C}{C} \times 100)$

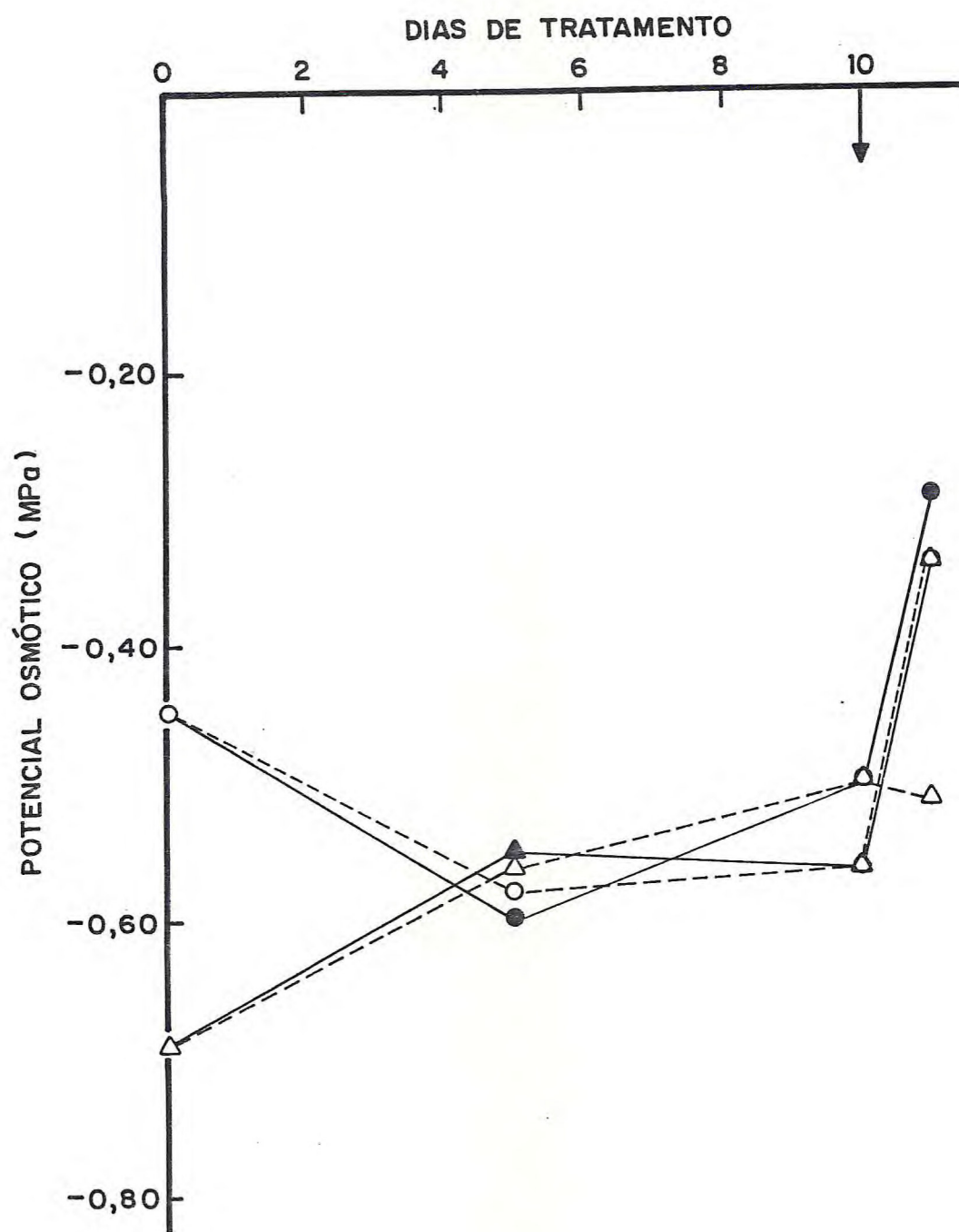
(3) - Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre as duas cultivares e mesmo tratamento e para interação cultivar e dias.

- Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula com asterisco não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações na mesma cultivar e tratamentos diferentes.

- Em cada coluna, valores seguidos por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações entre dias, independentemente de cultivar e tratamento.



FIGURA 2 - Variação do potencial osmótico nas folhas das cultivares Pitiúba ( O---O - tratamento controle e ●—● - tratamento estressado) e Jaguaribe ( Δ---Δ - tratamento controle e ▲—▲ - tratamento estressado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.





cultivares diferiram entre si, somente entre os tratamentos controles com os valores de potencial osmótico da cultivar Pitiúba sendo estatisticamente superiores aos da cultivar Jaguaribe (TABELAS 3 e 4).

#### 4.3. Teor Relativo de Água

Os valores de teor relativo de água das folhas da cultivar Pitiúba permaneceram mais ou menos constantes durante o tratamento controle, ocorrendo uma variação entre 93,38 e 94,20%. Nesta cultivar, as plantas estressadas apresentaram um decréscimo gradativo de teor relativo de água a partir da suspensão da rega, sendo observado o valor mais baixo no 10º dia com uma redução de 33% em relação ao controle do mesmo dia de tratamento (TABELA 6; FIGURA 3).

No tratamento controle da cultivar Jaguaribe, os valores de teor relativo de água sofreram pequenas alterações variando de 91,60 a 93,37%. As plantas submetidas ao estresse hídrico também apresentaram decréscimo gradativo do teor relativo de água a partir da suspensão da rega, atingindo o valor mais baixo no 10º dia com uma redução de 27% em relação ao início do período experimental e 26% em relação ao controle do mesmo dia de tratamento (TABELA 6; FIGURA 3).

As plantas de ambas as cultivares submetidas ao estresse hídrico apresentaram, a partir da suspensão da rega, a mesma tendência de redução do teor relativo de água até o 10º dia. As cultivares não diferiram estatisticamente entre si. Entretanto, houve interação significativa para o efeito tratamento e dias quando foi observado uma resposta estatisticamente superior para o tratamento controle da cultivar Pitiúba no 5º e 10º dias, respectivamente, enquanto na Jaguaribe esta diferença ocorreu somente no 10º dia de tratamento (TABELAS 5 e 6).

TABELA 5 - Análise de variância do teor relativo de água das cultivares Pitiúba e Jaguaribe, durante o período experimental.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Cultivar	1	0,1958	0,1958	0,01 ns
Tratamento	1	1193,1844	1193,1844	51,43 *
Dias	3	2260,8329	753,6110	32,48 *
Cultivar x Tratamento	1	32,7184	32,7184	1,41 ns
Cultivar x Dias	3	47,4195	15,8065	0,68 ns
Tratamento x Dias	3	2092,0432	697,3477	30,06 *
Cultivar x Tratamento x Dias	3	41,0632	13,6874	0,59 ns
Resíduo	48	1113,6868	23,2018	
TOTAL	63	6781,1433		

C.V. = 5,43%

(ns) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%

(\*) Estatisticamente significativo ao nível de 5%



TABELA 6 - Variações do teor relativo de água (em percentagem) das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

DIAS DE TRATAMENTO	PITIÚBA		V <sup>(2)</sup>	JAGUARIBE		V <sup>(2)</sup>	INTERAÇÃO		PERÍODO <sup>(3)</sup>
	CONTROLE	ESTRESSADO		CONTROLE	ESTRESSADO		TRATAMENTO X DIAS		
							CONTROLE <sup>(3)</sup>	ESTRESSADO <sup>(3)</sup>	
0	93,95 ± 0,52 AA*a	93,93 ± 0,52 AA*a		93,37 ± 0,84 AA*a	93,37 ± 0,84 AA*a		93,16 Aa	93,16 Aa	93,16 ab
5	93,38 ± 1,85 AA*a	82,71 ± 1,29 AB*b	-11	92,71 ± 2,06 AA*a	87,50 ± 3,02 AA*a	-6	93,00 Aa	85,11 Bb	89,08 b
10	93,82 ± 1,98 AA*a	63,00 ± 4,40 AC*c	-33	91,60 ± 0,44 AA*a	67,38 ± 5,28 AB*b	-26	92,71 Aa	65,19 Bc	78,95 c
11	94,20 ± 0,27 AA*a	95,43 ± 0,40 AA*a	1	93,38 ± 3,85 AA*a	93,12 ± 2,00 AA*a	1	93,35 Aa	94,17 Aa	93,81 a
TRATAMENTO (x̄)							93,07 A	84,43 B	
CULTIVAR (x̄)		88,81 A		88,80 A					

(1) Valores médios e erro padrão de quatro repetições

(2) Variação com relação ao controle  $(\frac{E - C}{C} \times 100)$

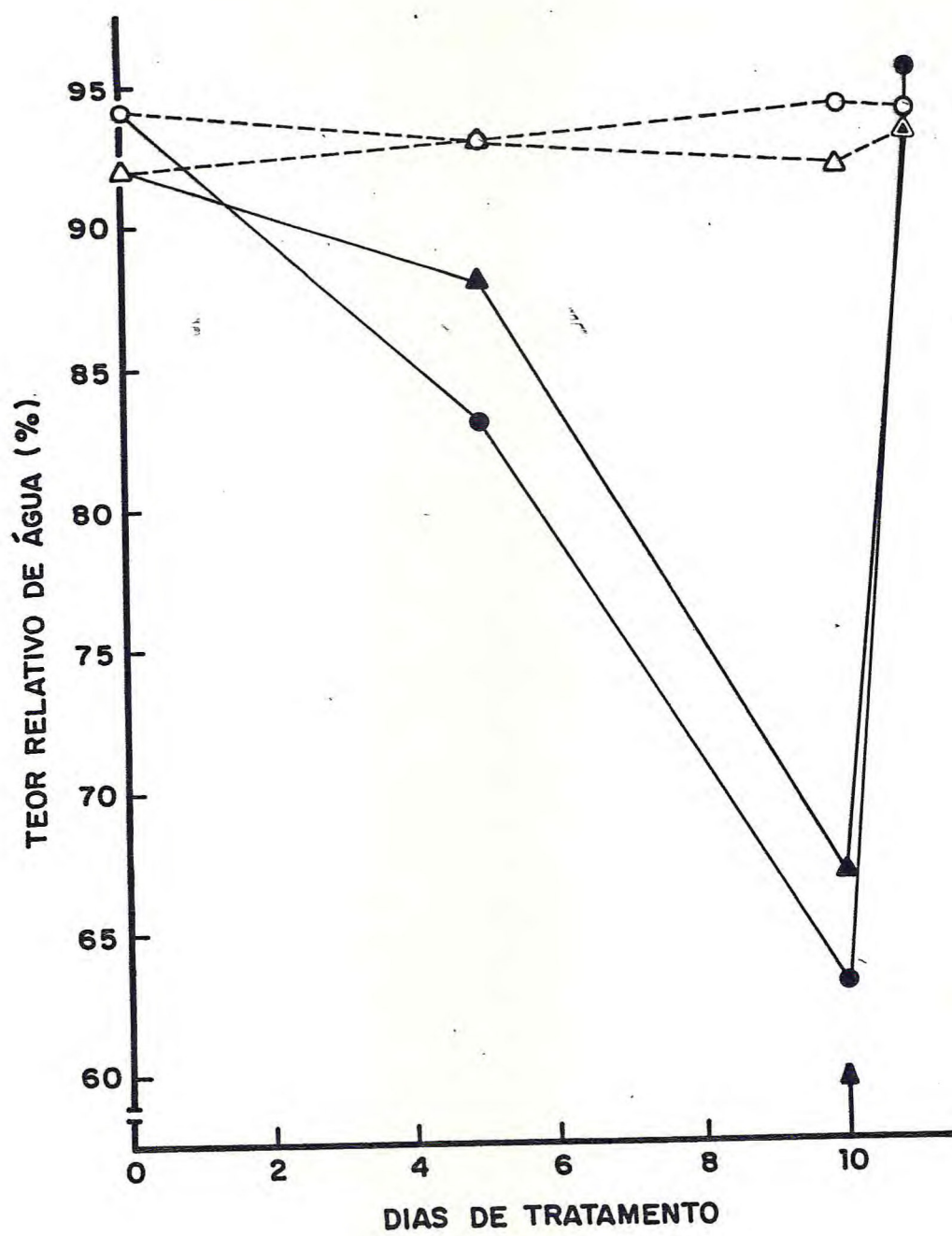
(3) - Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula, não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre as duas cultivares e mesmo tratamento e para interação tratamento e dias.

- Em cada linha valores seguidos por uma mesma letra maiúscula com asterisco não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações na mesma cultivar e tratamentos diferentes.

- Em cada coluna, valores seguidos por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações entre dias, independentemente de cultivar e tratamento.

FIGURA 3 - Variação do teor relativo de água nas folhas das cultivares Pitiúba ( ○---○ - tratamento controle e ●—● - tratamento estressado) e Jaguaripe ( △---△ - tratamento controle e ▲—▲ - tratamento estressado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.





#### 4.4. Teor de Clorofila

As plantas do tratamento controle da cultivar Pitiúba sofreram uma redução brusca dos teores de clorofila no 5º dia quando ocorreu o valor mais baixo, com um decréscimo acentuado de 48% em relação ao início do período experimental. As plantas desta cultivar submetidas ao estresse hídrico tiveram também um maior decréscimo no 5º dia (12% em relação ao início do tratamento) sendo este valor, contudo, superior em 70% quando comparado ao controle. No 10º dia ocorreu um pequeno decréscimo de 8% em relação ao controle deste dia. Todavia, vinte e quatro horas após o reinício da rega, isto é, no 11º dia, ocorreu uma redução de 125% em relação ao 10º dia, sendo contudo, superior 43% em relação ao controle do mesmo dia (TABELA 8; FIGURA 4).

No tratamento controle as plantas da cultivar Jaguaribe apresentaram decréscimos gradativos até o 10º dia, quando então ocorreu o valor mais baixo com uma redução de 6% em relação ao 5º dia. No 11º dia foi observado um decréscimo de 17% em relação ao início do tratamento. Nas plantas estressadas desta cultivar ocorreu o maior decréscimo no 5º dia 39% em relação ao início do tratamento, mas este valor foi inferior em apenas 6% quando comparado ao controle do mesmo dia. Vinte e quatro horas após o reinício da rega as plantas estressadas desta cultivar não recuperaram seus teores de clorofila (TABELA 8; FIGURA 4).

Vinte e quatro horas após o reinício da rega as plantas estressadas da cultivar Pitiúba recuperaram os teores de clorofila para níveis superiores ao do tratamento controle, não ocorrendo o mesmo com a cultivar Jaguaribe. As variações do teor de clorofila durante o período experimental foram diferenciadas, resultando em uma interação significativa para o efeito cultivar e dias, com os teores de clorofila do tratamento estressado da cultivar Pitiúba sendo estatisticamente superiores aos do tratamento controle da Jaguaribe, somente no 10º dia de tratamento (TABELAS 7 e 8).



TABELA 7 - Análise de variância do teor de clorofila das cultivares Pitiúba e Jaguaribe, durante o período experimental:

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Cultivar	1	0,1243	0,1243	0,01 ns
Tratamento	1	8,2513	8,2513	0,78 ns
Dias	3	160,3546	53,4515	5,08 *
Cultivar x Tratamento	1	11,7821	11,7821	1,12 ns
Cultivar x Dias	3	106,4292	35,4764	3,37 *
Tratamento x Dias	3	7,5542	2,5181	0,24 ns
Cultivar x Tratamento x Dias	3	43,4514	14,4838	1,38 ns
Resíduo	48	504,6967	10,5145	
TOTAL	63	842,6436		

C.V. = 30,56%

(ns) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%

(\*) Estatisticamente significativo ao nível de 5%

TABELA 8 - Variações do teor de clorofila (mg/gPS) das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

DIAS DE TRATAMENTO	PITIÚBA		v <sup>(2)</sup>	JAGUARIBE		v <sup>(2)</sup>	INTERAÇÃO		PERÍODO <sup>(3)</sup>
	CONTROLE	ESTRESSADO		CONTROLE	ESTRESSADO		CULTIVAR X DIAS		
							PITIÚBA <sup>(3)</sup>	JAGUARIBE <sup>(3)</sup>	
0	11,24 ± 3,53 AA*a	11,24 ± 3,55 AA*a		13,88 ± 1,47 AA*a	13,88 ± 1,47 AA*a		11,24 Aab	13,88 Aa	12,56 a
5	5,81 ± 1,22 AA*c	9,88 ± 1,07 AA*a	70	8,97 ± 1,59 AA*a	8,46 ± 1,47 AA*a	-6	7,85 Ab	8,71 Ab	8,28 b
10	14,10 ± 1,64 AA*a	12,93 ± 1,22 AA*a	-8	8,46 ± 1,33 BA*a	10,13 ± 1,25 AA*a	20	13,51 Aa	9,29 Eb	11,40 a
11	7,96 ± 0,83AA*abc	11,36 ± 1,10 AA*a	43	11,58 ± 1,53 AA*a	9,86 ± 1,33 AA*a	+15	9,66 Aab	10,72 Aab	10,19 ab
TRATAMENTO (x̄)	10,25 A (controle)			10,96 A (estressado)					
CULTIVAR (x̄)							10,57 A	10,65 A	

(1) Valores médios e erro padrão de quatro repetições

(2) Variação com relação ao controle  $(\frac{E-C}{C} \times 100)$

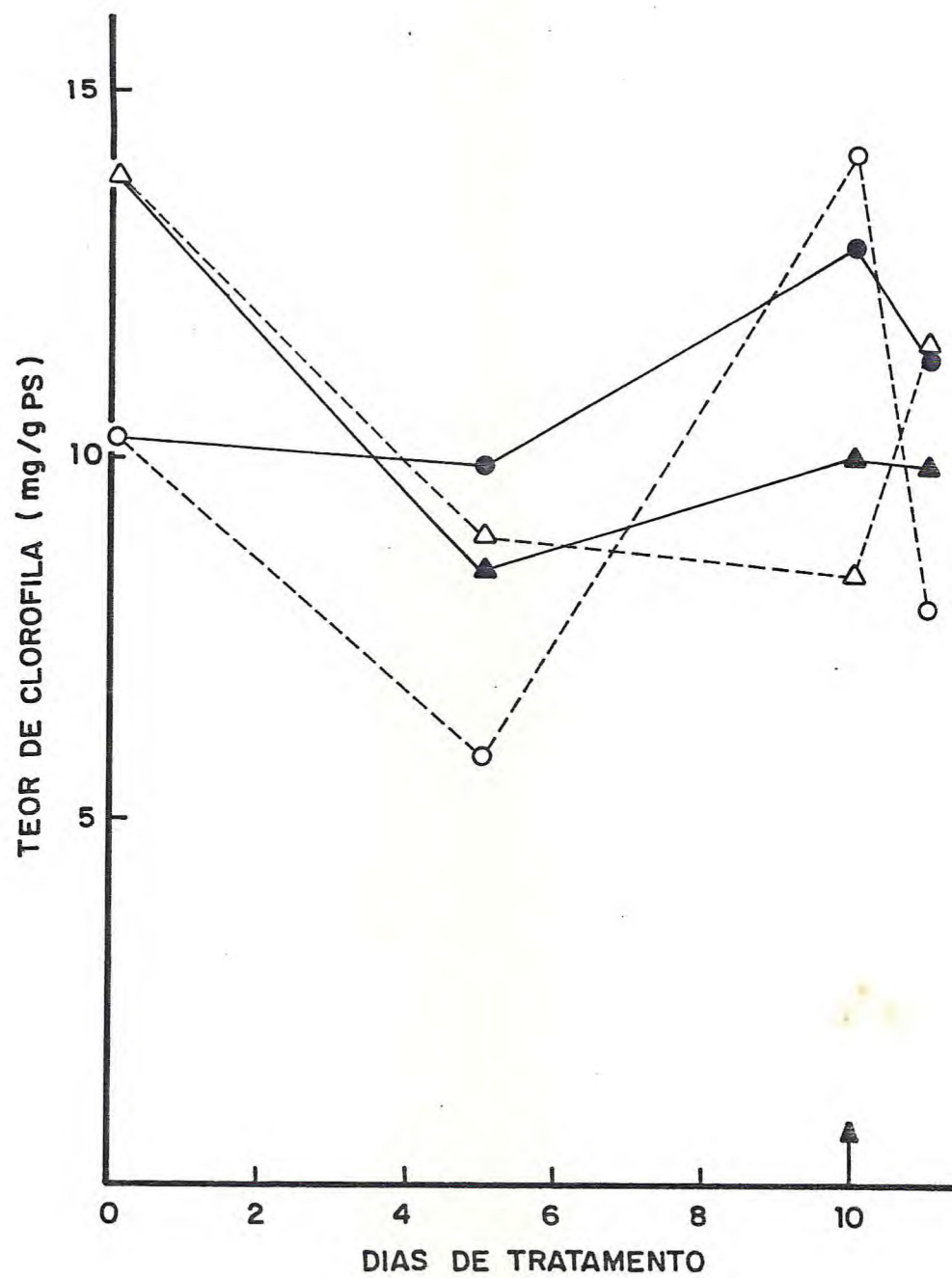
(3) - Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre as duas cultivares e mesmo tratamento e para interação cultivar e dias.

- Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula com asterisco não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações na mesma cultivar e tratamentos diferentes.

- Em cada coluna, valores seguidos por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre dias, independentemente de cultivar e tratamento.



FIGURA 4 - Variação do teor de clorofila nas folhas das cul-  
tivares Pitiúba ( ○---○ - tratamento controle e  
●——● - tratamento estressado) e Jaguaribe  
△---△ - tratamento controle e ▲——▲ - trata-  
mento estressado) durante o período experimen-  
tal. A seta indica o reinício da rega.





#### 4.5. Teor de Lipídios Totais

Os valores de teor de lipídios totais da cultivar Pitiúba, no tratamento controle, aumentaram gradativamente até o 10º dia, com uma variação de 0,067 a 0,169 mg/gPS, quando ocorreu o maior valor com aumento de 152% em relação ao início do tratamento. As plantas estressadas desta cultivar sofreram aumentos gradativos ao longo do período experimental, embora estes valores tenham sido sempre inferiores em relação ao controle. O valor mais baixo de teor de lipídios totais nas plantas estressadas foi observado no dia 0. Embora o valor mais alto tenha sido observado no 11º dia, com um acréscimo de 67% em relação ao início do tratamento ele foi 7% inferior em relação ao controle do mesmo dia (TABELA 9; FIGURA 5).

De modo idêntico ao que aconteceu com a cultivar Pitiúba, as plantas do tratamento controle da cultivar Jaguaribe sofreram acréscimos gradativos no teor de lipídios totais até o 10º dia, com os seus valores variando de 0,066 a 0,117 mg/gPS, durante este período. No 10º dia ocorreu o valor mais alto com um aumento de 77% em relação ao início do tratamento, seguindo-se um decréscimo, no 11º dia, de 18% em relação a coleta anterior. As plantas estressadas sofreram acréscimos gradativos do teor de lipídios totais com exceção do 5º dia quando foi observado o valor mais baixo com 24% em relação ao controle deste dia. O valor mais elevado ocorreu no 11º dia com um acréscimo de 102% em relação ao início do período experimental mas somente de 10% em relação ao controle do mesmo dia (TABELA 9; FIGURA 5).

Vinte e quatro horas após o reinício da rega, as plantas estressadas das duas cultivares, embora tenham recuperado os valores de teor de lipídios totais em relação ao início do tratamento, estes foram inferiores aos do controle do mesmo dia na cultivar Pitiúba e superiores na cultivar Jaguaribe (TABELA 9; FIGURA 5).

TABELA 9 - Variações dos teores de lipídios totais (mg/gPS), das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

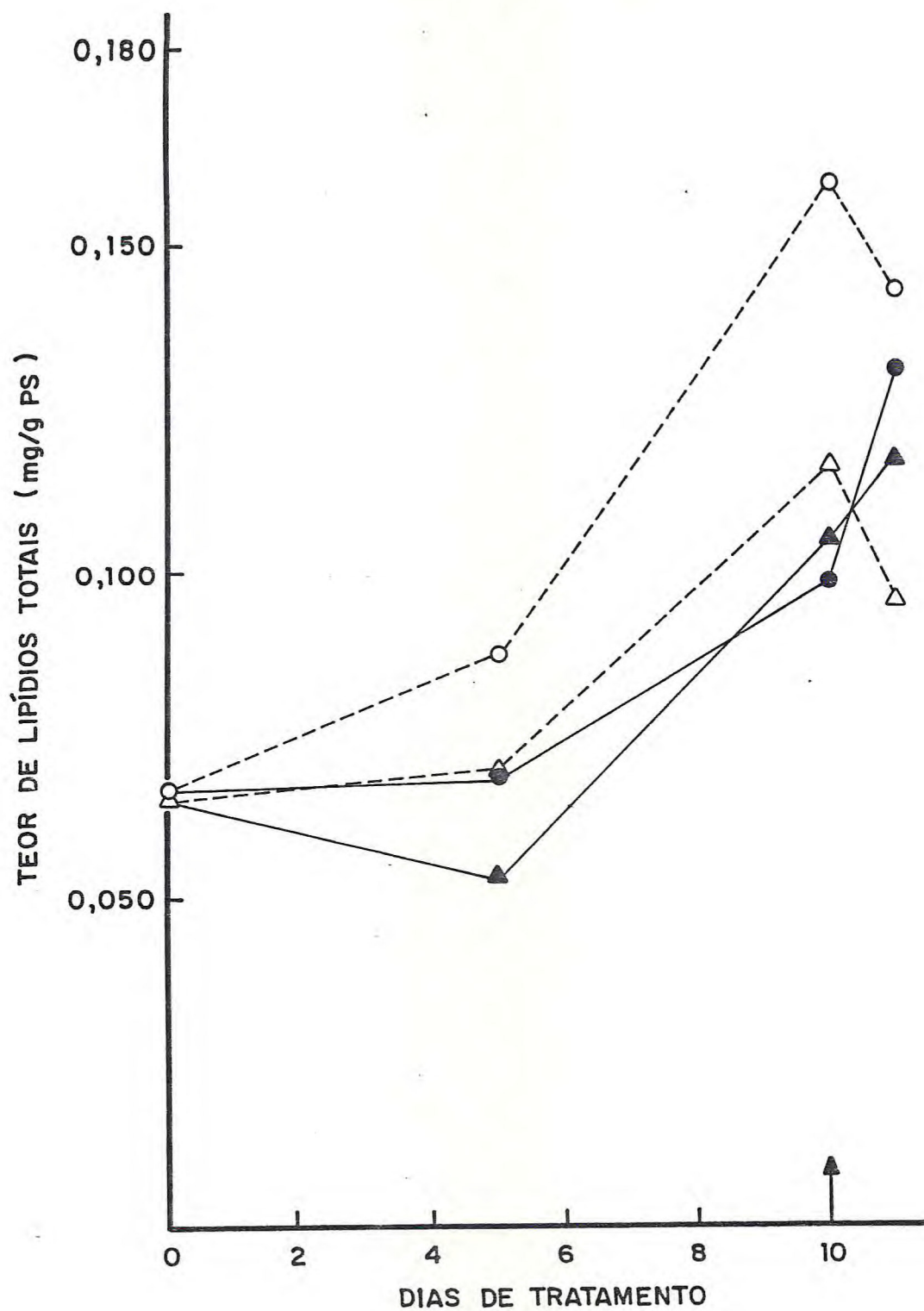
DIAS DE TRATAMENTO	PITIÚBA		V <sup>(2)</sup>	JAGUARIBE		V <sup>(2)</sup>
	CONTROLE	ESTRESSADO		CONTROLE	ESTRESSADO	
0	0,067	0,067		0,066	0,066	
5	0,087	0,069	-21	0,071	0,054	-24
10	0,169	0,099	-41	0,117	0,105	-10
11	0,143	0,131	-8	0,096	0,118	23

(1) Valores resultantes da amostra de uma só repetição

(2) Variação com relação ao controle  $(\frac{E - C}{C} \times 100)$



FIGURA 5 - Variação do teor de lipídios totais nas folhas das cultivares Pitiúba ( ○---○ - tratamento controle e ●—● - tratamento estressado) e Jaguaripe ( △---△ - tratamento controle e ▲—▲ - tratamento estressado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.





#### 4.6. Relação entre o Potencial Hídrico e o Teor de Clorofila

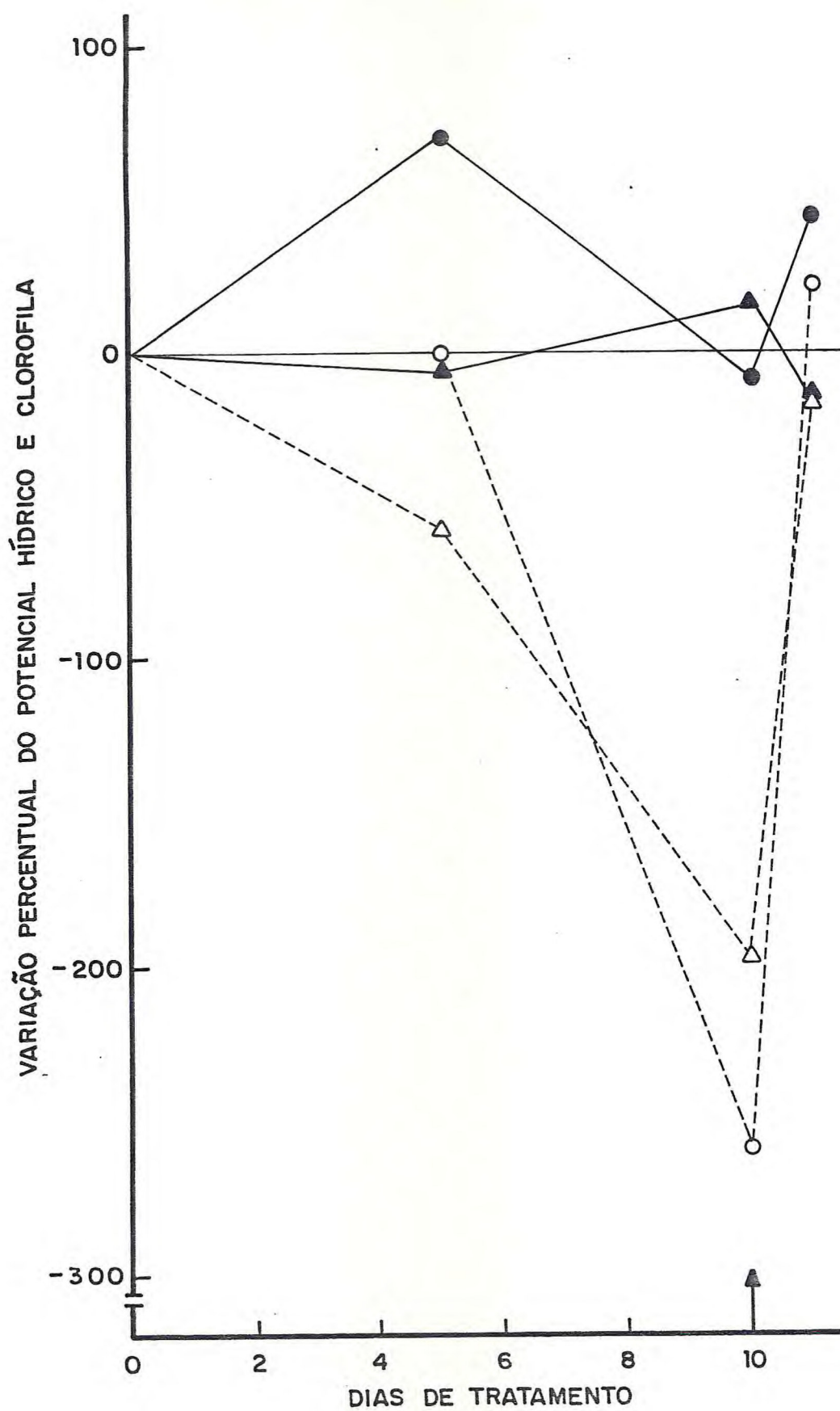
O teor de clorofila das folhas da cultivar Pitiúba submetidas ao estresse hídrico permaneceu com seus valores superiores ao controle durante o período experimental com exceção do 10º dia, não acompanhando a redução observada no potencial hídrico. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, embora tenha ocorrido um decréscimo do teor de clorofila em relação ao 10º dia, estes valores foram superiores ao do controle (FIGURA 6).

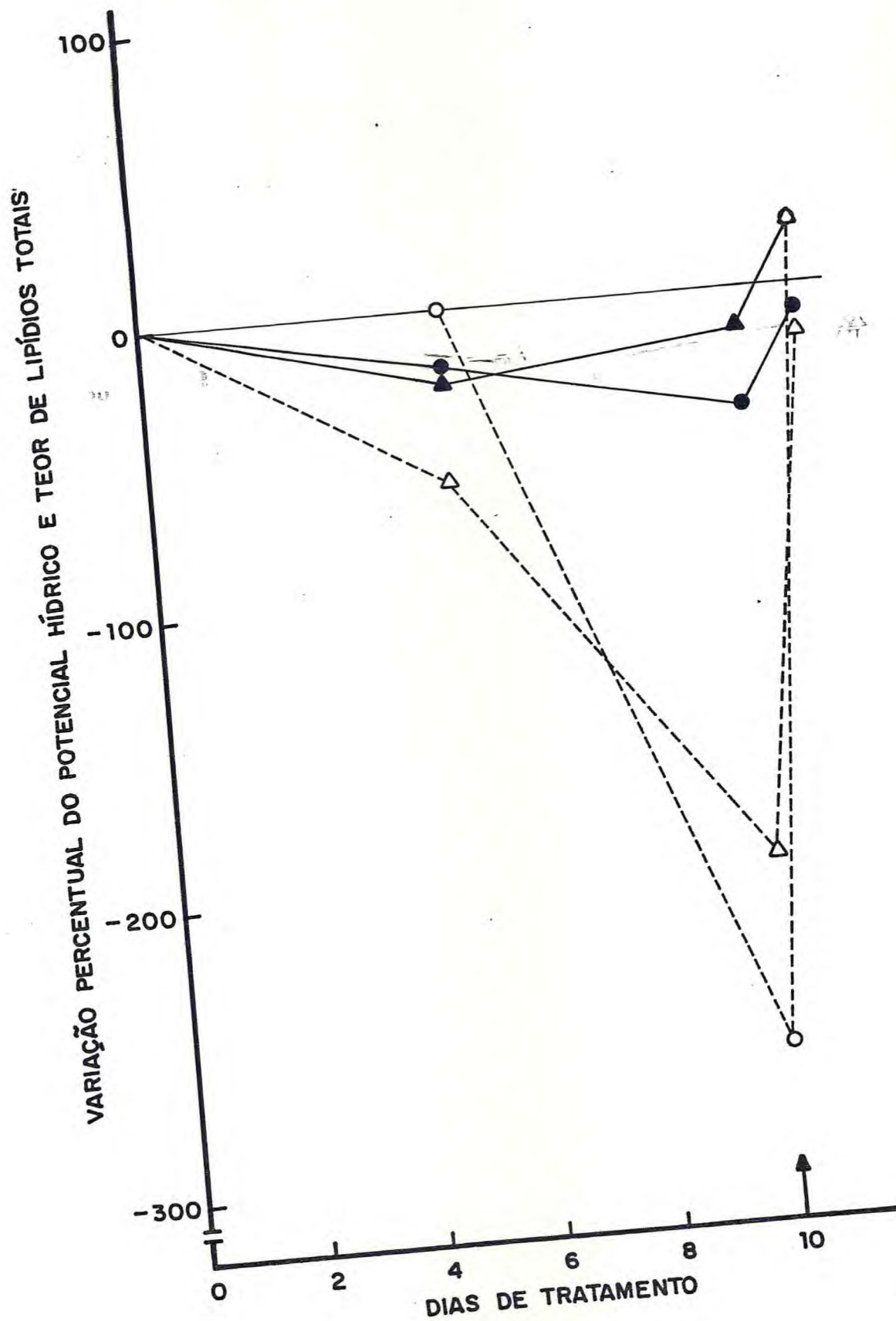
O teor de clorofila das folhas da cultivar Jaguaribe submetidas ao estresse hídrico acompanhou a redução do potencial hídrico, sendo os seus valores sempre inferiores ao tratamento controle com exceção do 10º dia. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, mesmo tendo ocorrido a recuperação do potencial hídrico o teor de clorofila decresceu, atingindo valores inferiores aos do tratamento controle acompanhando a redução do potencial hídrico (FIGURA 6).

#### 4.7. Relação entre o Potencial Hídrico e o Teor de Lipídios Totais

Os teores de lipídios totais das plantas estressadas da cultivar Pitiúba, embora sendo inferiores ao controle aumentaram durante o período experimental, não acompanhando em magnitude a redução do potencial hídrico. O valor mais baixo do teor de lipídios totais foi observado no início do tratamento. O valor mais alto do teor de lipídios totais ocorreu vinte e quatro horas após o reinício da rega, sendo que estes valores permaneceram inferiores ao controle, mesmo tendo ocorrido a recuperação do potencial hídrico (FIGURA 7).

As plantas da cultivar Jaguaribe submetidas ao es-







tesse hídrico, não acompanharam a redução do potencial hídrico, tendo seus valores decrescidos no 5º dia. Nas plantas estressadas da cultivar Jaguaribe o valor mais baixo de lipídios totais foi observado no 5º dia. Também, nesta cultivar os teores de lipídios totais das plantas estressadas foram inferiores ao controle, mas aumentaram gradativamente durante o período experimental, embora não tenham acompanhado em magnitude e redução do potencial hídrico (FIGURA 7).

#### 4.8. Relação Raiz/Parte Aérea

Os valores da relação raiz/parte aérea, no tratamento controle da cultivar Pitiúba variaram de 0,60 a 0,68. Estes valores sofreram uma ligeira redução no 5º dia 12% em relação ao início do tratamento, ocorrendo um posterior acréscimo no 10º dia 8% em relação a coleta anterior. As plantas estressadas desta cultivar apresentaram aumento da relação raiz/parte aérea no 5º dia de 45% em relação ao controle, e 28% em relação ao início do tratamento. No 10º dia foi observado um decréscimo de 6% em relação ao 5º dia de tratamento, e um aumento de 26% em relação ao controle daquele dia (TABELA 11; FIGURA 8).

Na cultivar Jaguaribe, no tratamento controle, a variação dos valores da relação raiz/parte aérea foi de 0,54 a 0,86, sendo que no 5º dia ocorreu uma redução destes valores 19% em relação ao início do período experimental, seguido de um aumento de 59% no 10º dia em relação a coleta anterior. Nesta cultivar as plantas estressadas apresentaram no 5º dia o valor mais baixo com uma redução de 13% em relação ao início e tratamento, sendo entretanto superior a 7% em relação ao controle do mesmo dia. O seu valor mais alto foi observado no 10º dia (24% em relação ao início do período experimental) sendo, entretanto, inferior apenas 3% em relação ao controle (TABELA 11; FIGURA 8).

TABELA 10 - Análise de variância da relação raiz/parte aérea das cultivares Pitiúba e Jaguaribe, durante o período experimental.

FONTES DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Cultivar	1	0,0068	0,0068	0,17 ns
Tratamento	1	0,0638	0,0638	1,57 ns
Dias	2	0,1835	0,0918	2,26 ns
Cultivar x Tratamento	1	0,0638	0,0638	1,57 ns
Cultivar x Dias	2	0,1655	0,0827	2,04 ns
Tratamento x Dias	2	0,0451	0,0226	0,56 ns
Cultivar x Tratamento x Dias	2	0,0320	0,0160	0,39 ns
Resíduo	36	1,4612	0,0406	
TOTAL	47	2,0216		

C.V. = 28,50%

(ns) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%

(\*) Estatisticamente significativo ao nível de 5%

TABELA 11 - Variações da relação raiz/parte aérea das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

DIAS DE TRATAMENTO	PITIÚBA		V <sup>(2)</sup>	JAGUARIBE		V <sup>(2)</sup>	PERÍODO <sup>(3)</sup>
	CONTROLE	ESTRESSADO		CONTROLE	ESTRESSADO		
0	0,68 ± 0,01 AA*a	0,68 ± 0,01 AA*a		0,67 ± 0,06 AA*a	0,67 ± 0,06 AA*a		0,67 a
5	0,60 ± 0,05 AA*a	0,87 ± 0,09 AA*a	45	0,54 ± 0,06 AA*a	0,58 ± 0,02 AA*a	7	0,64 a
10	0,65 ± 0,08 AA*a	0,82 ± 0,18 AA*a	26	0,86 ± 0,18 AA*a	0,83 ± 0,13 AA*a	-3	0,79 a
TRATAMENTO (x̄)	0,66 A (controle)			0,74 A (estressado)			
CULTIVAR (x̄)	0,72 A			0,60 A			

(1) Valores médios e erro padrão de quatro repetições

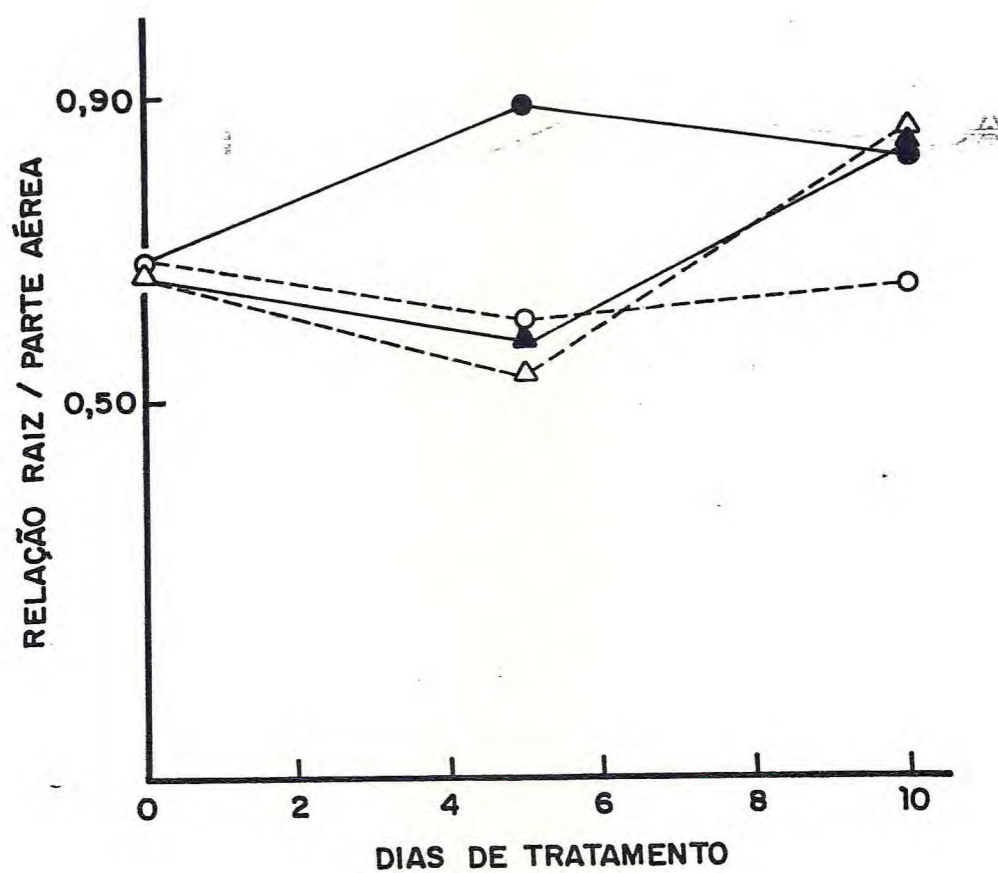
(2) Variação com relação ao controle ( $\frac{E - C}{C} \times 100$ )

(3) - Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre as cultivares e mesmo tratamento.

- Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula com asterisco não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações na mesma cultivar e tratamentos diferentes.

- Em cada coluna, valores seguidos por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações entre dias, independentemente de cultivar e tratamento.





Após a suspensão da rega as plantas estressadas das duas cultivares tiveram comportamento diferenciado nos valores da relação raiz/parte aérea. Na cultivar Pitiúba estes valores foram sempre superiores aos do tratamento controle, enquanto que na cultivar Jaguaribe esta superioridade só foi observada no 5º dia. Todavia, não houve diferença significativa entre as duas cultivares (TABELAS 10 e 11).

#### 4.9. Peso Específico das Folhas

Os valores de peso específico das folhas da cultivar Pitiúba, no tratamento controle sofreram um ligeiro acréscimo no 5º dia de tratamento, ocorrendo um decréscimo acentuado no final do período experimental (10º dia). As plantas estressadas desta cultivar, sofreram reduções gradativas nos valores de peso específico das folhas, sendo observado o valor mais baixo no 10º dia com uma redução de 22% em relação ao início do tratamento mas só de 2% em relação ao controle do mesmo dia (TABELA 13; FIGURA 9).

Na cultivar Jaguaribe os pesos específicos das folhas, no tratamento controle, sofreram um pequeno decréscimo no 5º dia, 32% em relação ao início do período experimental, com um posterior acréscimo no 10º dia, 16% em relação a coleta anterior. Nesta cultivar os valores de peso específico das folhas das plantas estressadas permaneceram constantes até o 5º dia, ocorrendo um posterior acréscimo no 10º dia, 6% em relação ao início do período experimental (TABELA 13; FIGURA 9).

Na cultivar Pitiúba observou-se uma tendência para decréscimo gradativo do peso específico das folhas das plantas estressadas, desde o início até o término do período experimental, não ocorrendo o mesmo em relação as plantas estressadas da cultivar Jaguaribe. A análise estatística não revelou diferença significativa entre cultivares, no entanto, demonstrou que a variação do peso específico das fo-

TABELA 12 - Análise de variância do peso específico das folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe, durante o período experimental.

FONTE DE VARIAÇÃO	GL	SQ	QM	F
Cultivar	1	3,6135	3,6135	0,13 ns
Tratamento	1	34,5272	34,5272	1,20 ns
Dias	2	88,7018	44,3509	1,54 ns
Cultivar x Tratamento	1	85,8942	85,8942	2,99 ns
Cultivar x Dias	2	329,8213	164,9106	5,73 *
Tratamento x Dias	2	58,8280	29,4140	1,02 ns
Cultivar x Tratamento x Dias	2	149,7097	74,8548	2,60 ns
Resíduo	36	1035,4035	28,7612	
TOTAL	47	1786,4992		

C.V. = 16,46%

(ns) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%

(\*) Estatisticamente significativo ao nível de 5%



TABELA 13 - Variações do peso específico das folhas (g/dm<sup>2</sup>) das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental <sup>(1)</sup>.

DIAS DE TRATAMENTO	PITIÚBA		V <sup>(2)</sup>	JAGUARIBE		V <sup>(2)</sup>	INTERAÇÃO		PERÍODO <sup>(3)</sup>
	CONTROLE	ESTRESSADO		CONTROLE	ESTRESSADO		CULTIVAR X DIAS		
							PITIÚBA <sup>(3)</sup>	JAGUARIBE <sup>(3)</sup>	
0	34,55 ± 1,80 AA*a	34,55 ± 1,80 AA*a		32,19 ± 2,91 AA*a	32,19 ± 2,91 AA*a		34,55 Aa	32,19 Aa	33,37 a
5	35,37 ± 3,45 AA*a	30,38 ± 3,25 AA*a	-14	29,33 ± 1,89 AA*a	32,18 ± 2,91 AA*a		36,63 Aa	30,75 Ba	31,82 a
10	27,68 ± 0,78 AA*a	27,06 ± 2,08 AA*a	-2	33,90 ± 0,89 AA*a	34,00 ± 2,80 AA*a		27,37 Bb	33,95 Aa	30,66 a
TRATAMENTO (x̄)	32,17 A (controle)			31,73 A (estressado)					
CULTIVAR (x̄)							31,60 A	32,30 A	

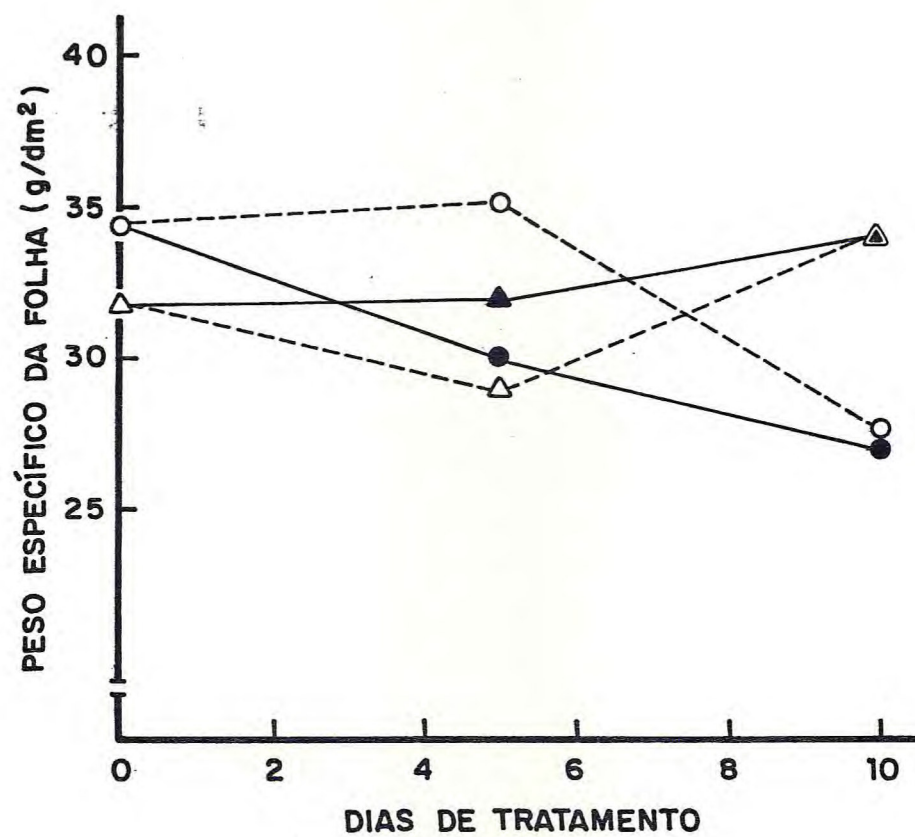
(1) Valores médios e erro padrão de quatro repetições

(2) Variação com relação ao controle  $(\frac{E - C}{C} \times 100)$

(3) - Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre as duas cultivares e mesmo tratamento e para interação cultivar e dias.

- Em cada linha, valores seguidos por uma mesma letra maiúscula com asterisco não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey para comparações na mesma cultivar e tratamentos diferentes.

- Em cada coluna, valores seguidos por uma mesma letra minúscula não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo Teste de Tukey, para comparações entre dias, independentemente de cultivar e tratamento.



lhas não ocorreu de forma similar nas duas cultivares testadas, durante o período experimental, o que resultou em uma interação significativa para o efeito cultivar e dias. Observa-se que no 5º dia os valores de peso específico das folhas da cultivar Pitiúba foram estatisticamente superiores aos da Jaguaribe, ocorrendo o inverso no 10º dia de tratamento (TABELAS 12 e 13).

#### 4.10. Variações da Taxa de Assimilação Líquida nos Tratamentos Controle e Estressado

A taxa de assimilação líquida das plantas irrigadas, em ambas as cultivares, foi sempre maior do que nas plantas estressadas, no período estudado (0 a 10 dias após a suspensão da rega). Tanto as plantas controle como as estressadas da cultivar Jaguaribe apresentaram valores de taxa de assimilação líquida superiores aos da cultivar Pitiúba no período estudado. A taxa de assimilação líquida das plantas controle da cultivar Jaguaribe foi de 36% maior que aquela da cultivar Pitiúba. Quando comparadas as plantas estressadas das duas cultivares observou-se que a cultivar Jaguaribe apresentou uma taxa de assimilação líquida (TAL) 59% superior. Entretanto as plantas estressadas da cultivar Pitiúba mostraram um valor de taxa de assimilação líquida inferior 55% em relação ao controle, enquanto na cultivar Jaguaribe este valor foi 48% inferior (TABELA 14; FIGURA 10).

#### 4.11. Variações da Taxa de Crescimento Relativo nos Tratamentos Controle e Estressado

A taxa de crescimento relativo em ambas as cultivares foi sempre maior nas plantas controle do que nas plan-



TABELA 14 - Variações da taxa de assimilação líquida das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

PERÍODO EXPERIMENTAL (DIAS)	PITIÚBA		JAGUARIBE	
	CONTROLE	ESTRESSADO	CONTROLE	ESTRESSADO
0 a 10	49,10	22,00	67,00	35,00

(1) Valores médios de quatro repetições

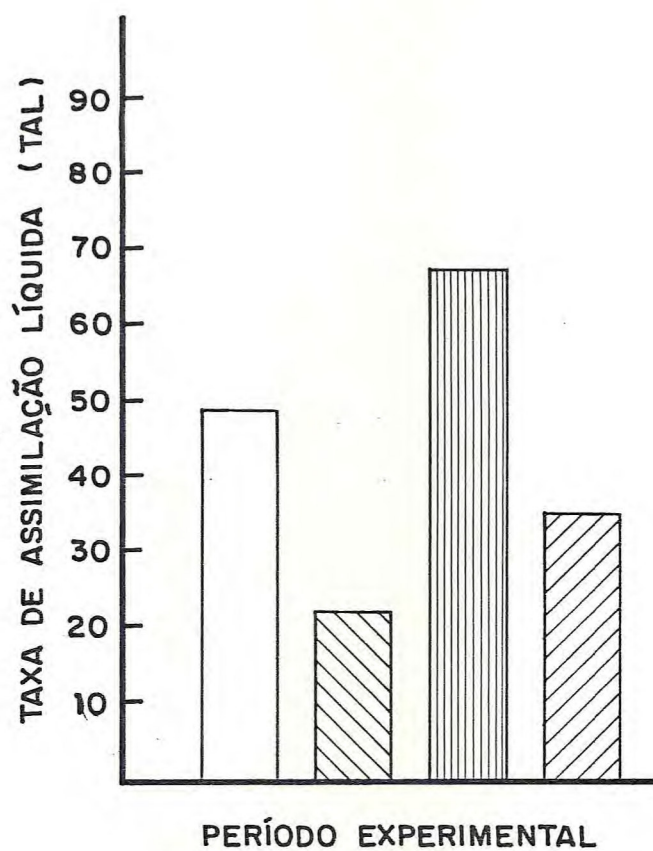
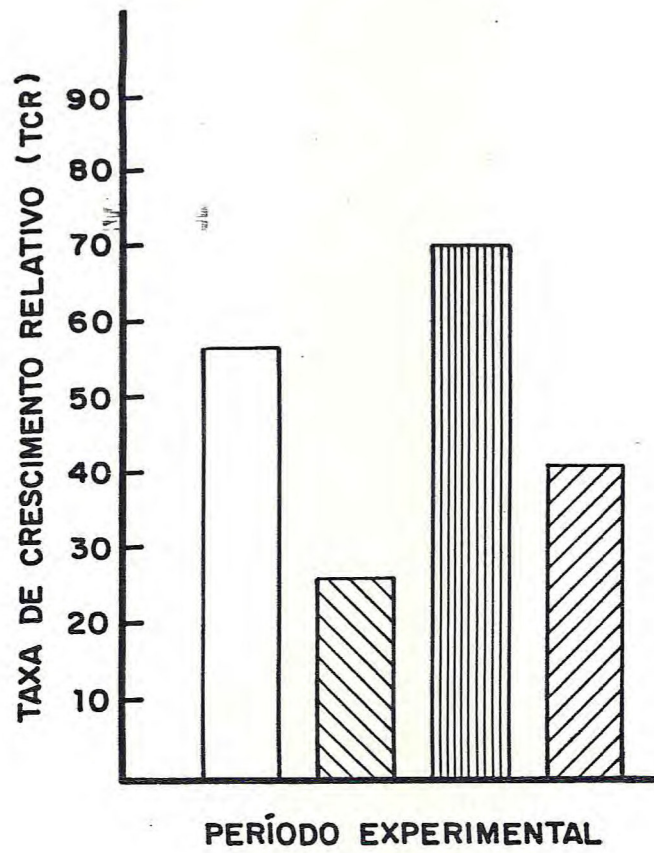


TABELA 15 - Variações da taxa de crescimento relativo das cultivares Pitiúba e Jaguaribe durante o período experimental<sup>(1)</sup>.

PERÍODO EXPERIMENTAL (DIAS)	PITIÚBA		JAGUARIBE	
	CONTROLE	ESTRESSADO	CONTROLE	ESTRESSADO
0 a 10	57,00	26,00	70,00	41,00

(1) Valores médios de quatro repetições





tas estressadas, no período estudado (0 a 10 dias após a suspensão da rega). Tanto as plantas controle como as estressadas da cultivar Jaguaribe apresentaram valores de taxa de crescimento relativo superiores aos da cultivar Pitiúba para os mesmos tratamentos, no período estudado. A taxa de crescimento relativo das plantas controle da cultivar Jaguaribe foi de 17% maior que a cultivar Pitiúba. Entretanto, comparando-se as plantas estressadas das duas cultivares a cultivar Jaguaribe apresentou uma taxa de crescimento relativo (TCR) 58% mais elevada. Na cultivar Pitiúba a taxa de crescimento relativo das plantas estressadas foi inferior 54% em relação as do controle. Contudo, o decréscimo do valor da taxa de crescimento relativo das plantas estressadas da cultivar Jaguaribe foi 41% inferior em relação ao controle (TABELA 15; FIGURA 11).

## 5 - DISCUSSÃO

Plantas de caupi Vigna unguiculata (L.) Walp., cultivares Pitiúba e Jaguaribe, quando foram submetidas ao estresse hídrico, apresentaram expressivas reduções, nos valores de potencial hídrico, em relação ao tratamento controle, a partir do 5º dia. Em relação ao controle na cultivar Pitiúba observou-se um pequeno decréscimo de potencial hídrico no 5º dia de tratamento, enquanto na cultivar Jaguaribe ocorreu uma redução substancial de 56% no mesmo período experimental. Em ambas as cultivares, os menores valores de potencial hídrico das plantas estressadas foram alcançados no 10º dia, sendo que na cultivar Pitiúba, esta redução foi de 261% em relação ao controle do mesmo dia e de 289% em relação ao início do tratamento. Na cultivar Jaguaribe a redução foi de 294% em relação ao controle do mesmo dia e 266% em relação ao início do período experimental. A ocorrência desta redução do potencial hídrico está associada a alta taxa de transpiração e reduzido fluxo de água do solo para as raízes, devido possivelmente a um acentuado decréscimo do potencial hídrico do solo (TABELA 2; FIGURA 1).

Apesar de terem alcançado valores de potencial hídrico muito baixo durante os dez primeiros dias de tratamento, o reinício da rega possibilitou que vinte e quatro horas depois as plantas de ambas as cultivares anteriormente submetidas ao estresse hídrico experimentassem uma recuperação dos níveis de hidratação das folhas, atingindo valores próximos ao controle. Estes resultados demonstram que os níveis de estresse hídrico impostos às duas cultivares, embora tenham sido severos não foram, contudo, capazes de causarem danos irreversíveis nos processos de absorção e transporte de água pelas plantas.

Considerando que o potencial hídrico foi medido ao alvorecer e que valores muito mais baixos são normalmente alcançados em torno do meio dia, podemos concluir que ambas



as cultivares demonstraram grande tolerância a baixos valores de "status" de água nos tecidos. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, embora as plantas estressadas das duas cultivares tenham recuperado o potencial hídrico para valores superiores aos do controle, não houve diferença estatisticamente significativa entre as cultivares (TABELA 2; FIGURA 1).

Analisando o potencial osmótico do tratamento controle observamos que a cultivar Jaguaribe apresentou um valor muito mais baixo (-0,68 MPa) em relação a cultivar Pitiúba (-0,45 MPa) no início do período experimental (dia 0). Considerando que estas cultivares apresentaram aproximadamente os mesmos valores de potencial hídrico no início do período experimental, conclui-se que o baixo valor de potencial osmótico na cultivar Jaguaribe foi compensado por um alto valor de potencial de turgescência. O tratamento controle de ambas as cultivares não diferiu estatisticamente do estressado. No 5º e 10º dias do período experimental não houve diferença estatisticamente significativa entre as cultivares. Entretanto, no início do período experimental (dia 0) e vinte e quatro horas após o reinício da rega os valores de potencial osmótico da cultivar Pitiúba foram estatisticamente superiores aos da cultivar Jaguaribe. Analisando os valores de potencial osmótico para ambas as cultivares no tratamento estressado observa-se que não houve ajustamento osmótico. Dados de literatura relatam sobre a provável ocorrência de ajustamento osmótico em caupi, resultante possivelmente, de uma diminuição do potencial osmótico provocado pela desidratação dos tecidos. Como neste trabalho o potencial osmótico foi sempre medido em condições de turgescência total dos tecidos não foi constatado um acúmulo real de solutos que induzisse baixos valores de potencial osmótico. O aumento do potencial osmótico após a reidratação deveu-se provavelmente a uma remobilização e utilização de solutos pelos tecidos foliares.

Os valores de teor relativo de água no tratamento controle, de ambas as cultivares apresentaram pequenas va-



riações, durante o período experimental. Após a suspensão da rega, ocorreu um decréscimo gradativo dos valores de teor relativo de água nas duas cultivares em relação ao controle, sendo que a cultivar Pitiúba apresentou valores sempre inferiores à cultivar Jaguaribe. Isto demonstra uma maior capacidade de absorção e/ou controle de perda de água por parte da cultivar Jaguaribe. As plantas de ambas as cultivares submetidas ao estresse hídrico apresentaram maiores reduções no teor relativo de água no 10º dia de tratamento, sendo que na cultivar Pitiúba esta redução foi de 33%, enquanto na cultivar Jaguaribe foi de 26% em relação ao controle do mesmo dia. Estes resultados sugerem a existência de diferenças no comportamento genético entre as duas cultivares nos mecanismos de manutenção de "status" de água nas plantas submetidas ao estresse hídrico devido possivelmente a reduzida capacidade de absorção e/ou controle da perda de água (TABELA 6; FIGURA 3). A manutenção dos tecidos foliares em condições relativamente melhores de hidratação com a redução da disponibilidade de água no solo, explica em parte, a obtenção pela cultivar Jaguaribe de valores mais elevados de taxa de assimilação líquida (TAL) e taxa de crescimento relativo (TCR) em relação a cultivar Pitiúba (TABELAS 14 e 15; FIGURAS 10 e 11).

Como foi citado anteriormente, após as determinações dos diversos parâmetros no 10º dia de tratamento, as plantas de ambas as cultivares foram reidratadas. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, as plantas destas cultivares apresentaram expressivas recuperações dos teores relativos de água, atingindo valores levemente superiores aos do controle. Houve diferença estatisticamente significativa entre o tratamento controle e o tratamento estressado das cultivares. Isto demonstra a grande capacidade das duas cultivares em recuperarem o teor relativo de água de suas folhas, após sofrerem severo déficit hídrico. Quando as plantas foram reidratadas atingiram, concomitantemente com o potencial hídrico, valores próximos ao controle indicando que não houve danos irreversíveis nos tecidos foliares (TABELA



3; FIGURA 3). Resultados semelhantes foram observados em trevo ladino (ROUTLEY, 1966), sorgo (BLUM & EBERCON, 1976) e algodão (FERREIRA et al., 1979), culturas com acentuadas características de resistência à seca.

Os teores de clorofila das plantas do tratamento controle da cultivar Pitiúba, tiveram um decréscimo brusco no 5º dia, quando ocorreu uma redução de 48% em relação ao início do período experimental seguido de um acréscimo de 26% no 10º dia e um posterior decréscimo de 29% no 11º dia, respectivamente em relação ao início do tratamento. Nesta cultivar, as plantas submetidas ao estresse hídrico mostraram comportamento diferente, com valores sempre superiores ao controle com exceção do 10º dia quando ocorreu um decréscimo no teor de clorofila de 85% em relação ao controle do mesmo dia, sendo entretanto superior 15% em relação ao início do tratamento (TABELA 8; FIGURA 4).

Os teores de clorofila nas plantas controle da cultivar Jaguaribe, sofreram reduções gradativas até o 10º dia com posterior acréscimo de 37% em relação a coleta anterior. As plantas desta cultivar submetidas ao estresse hídrico tiveram decréscimo gradativos do teor de clorofila em relação ao início do tratamento com exceção do 5º dia quando ocorreu um decréscimo brusco de 39%. Todavia, no 10º dia ocorreu um pequeno incremento de 20% em relação ao controle do mesmo dia. As variações dos teores de clorofila no tratamento controle de ambas as cultivares pode ser explicado, em parte, pelo processo natural de crescimento das folhas, desde que foi escolhida a 1ª folha trifoliada totalmente expandida e que durante todo o período experimental esteve em processo de crescimento.

O estresse hídrico em ambas as cultivares não foi capaz de induzir reduções significativas nos teores de clorofila. Provavelmente a intensidade e duração da desidratação dos tecidos não provocou desorganização na estrutura subcelular dos cloroplastos ao contrário das observações feitas por VIEIRA DA SILVA et al., (1974) em algodão severamente estressado. Por esta razão, vinte e quatro horas após



o reinício da rega, os teores de clorofila foram maiores na cultivar Pitiúba e ligeiramente inferiores na cultivar Jaguaribe (TABELA 8; FIGURA 4).

A maioria dos trabalhos de pesquisa sobre os efeitos da deficiência hídrica em plantas cultivadas tem demonstrado decréscimos nos teores de clorofila em plantas estressadas. ALBERT et al., (1975), citados por DE PAULA (1985), estudando os efeitos do estresse hídrico na cultura do feijão Phaseolus vulgaris (L.), verificaram que o valor de potencial hídrico de -0,5 MPa foi suficiente para causar diminuição nos teores de clorofila das folhas de plantas estressadas. Aqueles autores concluíram que estes decréscimos podem ter sido causados pela redução da taxa de formação do complexo proteína - clorofila a/clorofila b, bem como pela diminuição do acúmulo de clorofila b. Todavia, no presente trabalho a ocorrência de um valor médio de potencial hídrico de -1,49 MPa, no 10º dia, não foi capaz de causar reduções acentuadas nos teores de clorofila nas plantas estressadas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe (TABELA 8; FIGURA 4).

Os teores de lipídios totais das plantas das duas cultivares, no tratamento controle, aumentaram gradativamente no período experimental, com exceção do 11º dia quando ocorreu um decréscimo de 15% na cultivar Pitiúba e 18% na cultivar Jaguaribe, respectivamente em relação ao dia anterior. Na cultivar Pitiúba o valor mais baixo de teor de lipídios totais das plantas estressadas foi observado no dia 0 quando a partir de então estes valores aumentaram progressivamente durante o período experimental, sendo entretanto inferiores aos do tratamento controle. Antes do reinício da rega, isto é, no 5º dia, estas plantas já demonstraram uma tendência do acréscimo dos seus teores de lipídios totais. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, as plantas estressadas desta cultivar não recuperaram o teor de lipídios totais, apresentando uma redução de 8% em relação ao controle do mesmo dia. Estes resultados demonstram que embora tenha ocorrido a recuperação do potencial hídrico, vinte e quatro horas após o reinício da rega, a cultivar Pitiúba



não apresentou capacidade para elevar os teores de lipídios totais aos níveis do controle (TABELA 9; FIGURA 5).

O teor de lipídios totais das plantas da cultivar Jaguaribe, submetidas ao estresse hídrico, sofreram uma pequena redução de 18% no 5º dia em relação ao início do tratamento, com um posterior acréscimo de 94% no 10º dia em relação a coleta anterior. O maior decréscimo do teor de lipídios totais das plantas estressadas da cultivar Jaguaribe, foi observado no 5º dia, com uma redução de 24% em relação ao controle. Também para esta cultivar, mesmo antes do reinício da rega (10º dia de tratamento), foi observado uma recuperação de 94% em relação a coleta anterior. Vinte e quatro horas após as plantas terem sido reidratadas elas apresentaram acréscimo de 23%, atingindo valores superiores ao controle daquele dia (TABELA 9; FIGURA 5).

Segundo WINTERMANS et al., (1969) e De GRIER et al., (1982), os lipídios são muito importantes para a manutenção da estrutura das membranas celulares. A falta de recuperação do teor de lipídios totais das plantas estressadas da cultivar Pitiúba, mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega, está de acordo com as observações de FERRARI-ILIOU et al., (1984). Estes autores verificaram que o estresse hídrico reduziu os níveis de lipídios totais das membranas das folhas de algodão submetido ao estresse hídrico, devido a uma possível alteração na composição dos ácidos graxos desses lipídios. Estas alterações na estrutura das membranas dos lipídios podem ter comprometido a compartimentalização física das células. As membranas com sua permeabilidade afetada por ação do estresse hídrico, pode ter levado a indução de alterações no metabolismo celular. No presente trabalho, estas alterações metabólicas podem ter ocorrido nas plantas estressadas da cultivar Pitiúba, uma vez que ela apresentou decréscimos nos teores de lipídios totais das plantas estressadas em relação ao controle que não foram recuperados, mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega (TABELA 9; FIGURA 5). Estas observações podem explicar as acentuadas reduções de TAL e TCR observadas nas



plantas estressadas desta cultivar. Contudo, isto não foi capaz de induzir decréscimo no teor de lipídios totais durante o período de estresse possivelmente pelo fato da folha escolhida para coleta de amostra se encontrar em processo de crescimento.

Os valores da relação raiz/parte aérea das plantas da cultivar Pitiúba, no tratamento controle, apresentaram pequenas variações durante o período experimental. As plantas do tratamento controle da cultivar Jaguaribe apresentaram variações mais acentuadas ocorrendo um decréscimo de 19%, no 5º dia, com posterior acréscimo de 59% no 10º dia, em relação as coletas dos respectivos dias anteriores. Os valores da relação raiz/parte aérea das plantas da cultivar Pitiúba submetidas ao estresse hídrico sofreram um aumento gradativo durante o período experimental sendo o maior valor observado no 10º dia, com um incremento de 26% em relação ao controle e 21% em relação ao início do período experimental. As plantas da cultivar Jaguaribe submetidas ao estresse hídrico sofreram no 5º dia uma pequena redução de 13% em relação ao início do tratamento, enquanto no 10º dia ocorreu o valor mais alto, sendo contudo inferior a 3% em relação ao controle do mesmo dia. Entretanto, após a suspensão da rega os valores da relação raiz/parte aérea das plantas submetidas ao estresse hídrico da cultivar Pitiúba foram superiores, em relação ao tratamento controle (TABELA 11; FIGURA 8).

Com exceção do 10º dia, na cultivar Jaguaribe, os valores da relação raiz/parte aérea das plantas submetidas ao estresse hídrico, após a suspensão da rega, das duas cultivares, foram sempre maiores do que nas plantas controle, indicando uma maior susceptibilidade da parte aérea ao déficit hídrico quando comparada com as raízes (TABELA 11; FIGURA 8). Resultados semelhantes foram observados quando plantas de alfena (*Ligustrum japonicum* Thunb) foram submetidas ao estresse hídrico SLATYER (1956), citado por LEVITT (1972). Todavia, mesmo ocorrendo grandes variações nos valores da relação raiz/parte aérea durante o período experimen



tal estas diferenças não foram estatisticamente significativas entre si (TABELAS 10 e 11).

No presente trabalho, a ocorrência de uma maior relação raiz/parte aérea na cultivar Pitiúba pode ter sido devido ao maior aprofundamento de seu sistema radicular a exemplo do que foi observado na cultura do milho por SHARP & DAVIES (1979). Estes resultados podem ter sido ocasionados também pela senescência natural seguida de abscisão das folhas (PANDEY et al., 1982). A ocorrência de uma maior relação raiz/parte aérea nas plantas submetidas ao estresse hídrico, pode também ser explicado pela maior disponibilidade de água na zona das raízes, criando drenos preferenciais para a translocação de fotoassimilado para este órgão vegetal (GATES, 1968).

Os valores de peso específico das folhas da cultivar Pitiúba, no tratamento controle sofreram um pequeno acréscimo de 2% no 5º dia em relação ao início do período experimental enquanto no 10º dia foi observado o valor mais baixo, sendo de 22% em relação a coleta anterior e 20% em relação ao início do tratamento. As plantas desta cultivar submetidas ao estresse hídrico sofreram reduções gradativas de peso específico das folhas em relação ao controle durante o período experimental, sendo o valor mais baixo obtido no 10º dia de 2% em relação ao controle e de 22% em relação ao início do período experimental.

As plantas do tratamento controle da cultivar Jaguaripe sofreram um pequeno decréscimo de peso específico das folhas no 5º dia, sendo de 8% em relação ao início do período experimental, enquanto no 10º dia ocorreu o valor mais alto, 16% em relação a coleta anterior e 5% em relação ao início do período experimental. Na mesma cultivar as plantas estressadas também sofreram uma redução de peso específico das folhas no 5º dia 0,3% em relação ao início do tratamento seguido de um acréscimo de 6% no 10º dia em relação a coleta anterior.

Os valores de peso específico das folhas das plantas estressadas da cultivar Pitiúba foram sempre inferiores



aos do tratamento controle, enquanto na cultivar Jaguaribe eles foram superiores. Todavia, não houve diferença estatisticamente significativa entre as cultivares (TABELAS 12 e 13).

Estudos realizados por TURK & HALL (1980) sobre os efeitos do estresse hídrico na cultura do caupi, em condições de campo demonstraram a ocorrência de incremento dos valores de peso específico das folhas das plantas estressadas. No presente trabalho o estresse hídrico não foi capaz de causar incremento dos valores de peso específico das folhas possivelmente devido a acentuada desidratação dos tecidos ter se verificado em tempo relativamente curto. Por conseguinte, não houve diferença estatisticamente significativa entre as cultivares (TABELAS 12 e 13).

Os valores de taxa de assimilação líquida (TAL) de ambas as cultivares, no tratamento estressado, foram sempre inferiores aos do tratamento controle, no período experimental, de 0 ao 10º dia de tratamento. Estas reduções foram de 55% na cultivar Pitiúba, e de 48% na cultivar Jaguaribe, respectivamente, em relação ao controle (TABELA 14; FIGURA 10). Os valores da taxa de crescimento relativo (TCR) de ambas as cultivares, no tratamento estressado foram inferiores aos do tratamento controle, no período experimental, de 0 ao 10º dia de tratamento. Estas reduções foram de 54% na cultivar Pitiúba e de 41% na cultivar Jaguaribe, respectivamente, em relação ao controle (TABELA 14; FIGURA 11).

Na cultivar Pitiúba a taxa de assimilação líquida e a taxa de crescimento relativo mostraram valores inferiores aos da cultivar Jaguaribe, no tratamento controle e no tratamento estressado. Isto pode ser explicado possivelmente pela diferença genotípica entre as cultivares. FERREIRA et al., (1979) verificaram que os valores de taxa de assimilação líquida e taxa de crescimento relativo, em plantas de algodão submetidas ao estresse hídrico, foram sempre inferiores aos das plantas irrigadas. KANEMASU et al., (1969), citados por CANCIAN (1978), observaram que em Phaseolus vulgaris (L.) era necessário um valor de -1,1 MPa para que se proces

sasse o fechamento dos estômatos da superfície adaxial das folhas. Nas cultivares de caupi aqui estudadas, o menor potencial hídrico medido ao alvorecer foi observado no 10º dia de tratamento, com valores médios de -1,49 MPa, o que pode ter ocasionado o fechamento dos estômatos que induziu uma reduzida atividade fotossintética. As diferenças genotípicas existentes entre as cultivares associadas a uma possível redução da atividade fotossintética justificariam os diferentes valores de taxa de assimilação líquida e de taxa de crescimento relativo observados no presente trabalho (TABELAS 14 e 15; FIGURAS 10 e 11).



## 6 - CONCLUSÕES

a - As cultivares Pitiúba e Jaguaribe demonstraram que mesmo após terem sido severamente estressadas foram capazes de recuperarem os níveis normais de hidratação dos tecidos foliares. Por conseguinte, os processos de absorção e transporte de água não sofreram qualquer dano irreversível.

b - As cultivares Pitiúba e Jaguaribe não apresentaram ajustamento osmótico quando submetidas a intenso processo de desidratação dos tecidos. O aumento dos valores de potencial osmótico observado 24 horas após o reinício da rega deveu-se provavelmente a uma remobilização e utilização de solutos como fonte de energia e esqueletos de carbono no processo de recuperação do metabolismo das plantas anteriormente estressadas.

c - Embora, após a suspensão da rega, tenha ocorrido reduções gradativas de teor relativo de água até o 10º dia, vinte e quatro horas após o reinício da rega, as cultivares Pitiúba e Jaguaribe foram capazes de recuperarem o teor relativo de água, atingindo valores superiores aos do tratamento controle. Isto indica que mesmo tendo sido severamente estressadas, as cultivares aqui estudadas não sofreram danos irreversíveis na sua organização celular que impedisse o processo natural de reidratação dos tecidos foliares.

d - Apesar das cultivares Pitiúba e Jaguaribe terem sido submetidas a estresse hídrico severo, não se verificaram reduções significativas nos teores de clorofila do tratamento estressado em relação ao controle. Estes dados indicam que apesar do alto nível de desidratação dos tecidos foliares não se verificou a ocorrência de senescência precoce.

e - O acréscimo gradativo dos teores de lipídios totais no tratamento controle das duas cultivares aqui estu

dadas resultou possivelmente do aumento de organelas celulares desde que a folha selecionada para coleta (3a. folha a partir do ápice) se encontrava em franco processo de crescimento e desenvolvimento. O estresse hídrico, embora severo, não foi capaz de reverter esta tendência.

f - Os elevados níveis de desidratação dos tecidos expressos pelos baixos valores de potencial hídrico e teor relativo de água no tratamento estressado das cultivares Pitiúba e Jaguaribe, afetaram diferencialmente o desenvolvimento da raiz e/ou parte aérea.

g - Embora as duas cultivares aqui estudadas não tenham tido a mesma tendência de variação dos valores de peso específico das folhas, durante o período experimental, observa-se que a intensidade e duração do estresse hídrico não foram suficientemente capazes de provocarem qualquer alteração na fenologia das folhas das cultivares Pitiúba e Jaguaribe.

h - Os valores da taxa de assimilação líquida da cultivar Jaguaribe, tanto no tratamento controle como no estressado, foram superiores aos da Pitiúba, devido, possivelmente, a manutenção dos tecidos foliares da cultivar Jaguaribe em melhores condições de hidratação.

i - A taxa de crescimento relativo no tratamento estressado foi inferior ao do tratamento controle nas duas cultivares estudadas. A exemplo da taxa de assimilação líquida, os valores da taxa de crescimento relativo da cultivar Jaguaribe foram superiores aos da cultivar Pitiúba, tanto no tratamento controle como no estressado. Dentre os parâmetros estudados para mensurar as respostas das cultivares de caupi ao estresse hídrico estes dois últimos se apresentaram como os mais sensíveis ao déficit hídrico desenvolvido neste trabalho.



## 7 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEN, C.F. & GOOD, P. Acyl lipid in photosynthetic systems. Methods in Enzymology. 23:523-547, 1971.
- BARRS, H.D. & WEATHERLEY, P.E. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Aust. J. Biol. Sci. 15:413-428, 1962.
- BEGG, J.E. & TURNER, M.C. Crop water deficits. Advances in Agronomy. New York. 28:161-207, 1976.
- BERNARDO, S.; GALVÃO, J.D.; GUERINI, H. & CARVALHO, J.B.de. Efeito dos níveis de água no solo sobre a produção do feijoeiro. In: SEMINÁRIO NACIONAL DE IRRIGAÇÃO, 2., Porto Alegre, 1970. Anais. Porto Alegre. 283 p., 1971.
- BHARDWAJ, R. & SHINGAL, G.S. Effects of water stresses on photochemical activity of chloroplasts during greening of etiolated barley seedlings. Plant & Cell Physiol. 22:155-162, 1981.
- BLUM, A. & EBERCON, A. Genotypic responses in sorghum to drought stress: III. Free proline accumulation and drought resistance. Crop. Sci. 16:428-431, 1976.
- BURTON, G.W. Crop management for improved water-use efficiency. Advances in Agronomy. New York. 11:105-109, 1959.
- CANCIAN, A.J. Estudo dos componentes de prevenção e tolerância à seca em Vigna unguiculata (L.) Walp., c.v. Seridô e Phaseolus vulgaris (L.) c.v. Rico 23 - Viçosa, U.F.V. 35p. 1978 (Tese de Mestrado).
- DE PAULA, F.M. Alterações bioquímicas e fisiológicas em cultivares de algodão (Gossypium hirsutum L.) quando submetidas ao estresse hídrico. Fortaleza, UFC. 62p. 1985 (Tese de Mestrado).
- De GRIER, J.; Van ECHTEL, C.J.A.; Van der STEEN, A.T.M.; NOORDAM, P.C.; VERKLEIJ, A.J. & KRUIFF, B. Lipid organization and barrier functions of membranes. In: Biochemistry and Metabolism of Plant Lipids (WINTERMANS, J.F.G.M. & KRUIPER, P.J.C. eds). 315-325, 1982.



- DHINDSA, R.S.; PLUMB-DHINDSA, P. & THORPE, T.A. Leaf senescence: correlated with increased levels of peroxidation, and decreased levels of SOD and catalase. J. Exp. Bot. 32:(126):93-101, 1981.
- DIXON, H.H. Transpiration and the Ascent of the Sap in Plants. McMillan, Londres, 1914.
- FBGE - Anuário Estatístico do Brasil. 45:1-1104, 1984.
- FERRARI-ILIOU, R.; PHAM THI, A. & VIEIRA DA SILVA, J. Effect of water stress on the lipid and fatty acid composition of cotton (Gossypium hirsutum L.) chloroplasts. Physiol. Plant. 62:219-224, 1984.
- FERREIRA, L.G.R.; DE SOUSA, J.G. & PRISCO, T.J. Effects of water deficit on proline accumulation and growth of two cotton genotypes of different drought resistances. Z. Pflanzenphysiol. Bd.S. 189-199, 1979.
- FERGUSON, C.H.R. & SIMON, E.W. Membrane lipids in senescing green tissues. J. Exp. Bot. 24(79):307-316, 1973.
- GARRIDO, M.A.T.; PURCINO, J.R.C. & LIMA, C.A.S. Efeito de diferentes níveis de umidade do solo sobre o rendimento do feijoeiro comum, na região Norte de Minas Gerais. In: Empresa de Pesquisa Agropecuária de Minas Gerais, Belo Horizonte. 28-30, 1978.
- GATES, C.T. Water deficits and growth of herbaceous plants. In: KOZLOWSKI, T.T., ed. Water Deficits and Plant Growth. Academic Press. New York. v.2. 135-190, 1968.
- HALTERLEIN, A.J. Beans. In: TEARE, I.D.; PEET, M.M. (eds.) "Crop-water relations". Wiley-Interscience. New York. 158-185, 1983.
- HENKEL, P.A. Drought resistance in plants: methods of recognition and of intensification. In: UNESCO. Plant-Water Estresses. 16 p., 1961.
- HILER, E.A.; BAVEL, C.H.M.; HOSSAIN, M.M. VAN & JORDAN, W. R. Sensitivity of southern peas to plant water deficit at tree growth stages. Agron. Journ. 64:60-64, 1972.
- HSIAO, T.C. Plant response to water stress. Annual. Rev. Plant. Physiology. 24:519-570, 1972.
- HSIAO, T.C.; ACEVEDO, E.; FERERES, E. & HENDERSON, D.W. Stress metabolism: water stress, growth and osmotic ad-



- justment. Philos. Transc. R. Soc. London. B. 273:479-500, 1976.
- ILJIN, W.S. Drought resistance in plants and physiological processes. Ann. Rev. Plant. Physiol. 8:257-274, 1957.
- KRAMER, J.P. Tension hídrica y crecimiento de las plantas. In: Relaciones hídricas de los suelos y plantas: una síntesis moderna. México, Centro Nacional de Ajuda Técnica, 394-42, 1974.
- LEVITT, J. Responses of Plants to Environmental Stresses. Academic Press, New York, 69p., 1972.
- LEVITT, J. Responses of Plants to Environmental Stresses. vol. II. Water, Radiation, Salt, and other Stresses. Academic Press, New York, 1980.
- LUDLOW, M.M. Adaptive significance of stomatal responses to water stress. In: TURNER, N.C.; KRAMER, P. (eds.) Adaptation of Plants to Water and High Temperature Stress. Wiley-Interscience, New York, 123-138, 1980.
- MADRUGA, L.A.N. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo de aminoácidos livres e proteínas foliares de cinco cultivares de arroz (Oriza sativa L.). Viçosa, Universidade Federal de Viçosa. 44p., 1976 (Tese de Mestrado).
- MAY, L.H. & MILTHORPE, F.L. Drought resistance of crop plants. Yield Crop. Abst. 15(3):171-179, 1962.
- McKINEY, G. Absorption of light chlorophyll solution. Journ. Biol. Chem. 140:315-322, 1941.
- PANDEY, R.K.; HERRERA, W.A.T.; VILLEGAS, A.N. & PENDLETON, J.W. Drought response of grain legumes under irrigation gradient: III. Plant Growth. Agron. Journ. 76:557-560.
- PENMAN, H.L. Vegetation and hidrology. Tech Comun. Commonw: Bur. Soils. 53:124p., 1963.
- RADFORD, P.J. Growth analysis formulae-their use and abuse. Crop. Sci. 7:171-175, 1967.
- RAWSON, H.M.; BEGG, J.E. & WOODWARD, R.G. The effect of atmospheric humidity on photosynthesis, transpiration and water efficiency of leaves of several plant species. Planta. 134:5-510, 1977.
- ROUTLEY, D.G. Proline accumulation in wilted ladino clover leaves. Crop. Sci. 6:358-361, 1966.



- RUSSEL, M.B. Water and its relation to soil and crops. Advances in Agronomy. New York. 11:70-74, 1959.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A. & BRADSTREET, E.D. Hydrostatic pressure and osmotic potential in leaves of mangrove and some other plants. Proc. Natl. Acad. Sci. 52:119-425, 1964.
- SCHOLANDER, P.F.; HAMMEL, H.T.; HEMMINGSEN, E.A. & BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. Science. 148:339-346, 1965.
- SHARP, R.E. & DAVIES, W.J. Solute regulation and growth by roots and shoots of water stressed maize plants. Planta. 147:43-47, 1979.
- SLATYER, R.O. Plant-Water Relationships. Academic Press, New York. 336p., 1967.
- SMART, R.E. & BINGHMA, G.E. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiol. 53:258-260, 1974.
- STEWART, R.C. & BEWLEY, J.D. Stability and synthesis of phospholipids during desiccation and rehydration of a desiccation-tolerant and a desiccation-intolerant moss. Plant Physiol. 69:724-727, 1982.
- TURK, K.L.; HALL, A.E. & ASBELL, C.W. Drought adaptation of cowpea: I. Influence of drought on seed yield. Agron. Journ. 72:413-420, 1980.
- TURK, K.L. & HALL, A.E. Drought adaptation of cowpea. III. Influence of drought on plant growth and relations with seed yield. Agron. Journ. 72:428-433, 1980.
- TURNER, N.C. Drought resistance and adaptation to water deficits in crop plants. In: MUSSEL, H.W. & STAPLES, R.C. eds. Stress Physiology in Crop Plants. Wiley-Interscience. New York. 343-372, 1979.
- VIEIRA DA SILVA, J.; NAYLOR, A.W. & KRAMER, P.J. Some ultrastructural and enzymatic effects of water stress in cotton (Gossypium hirsutum L.) leaves. Proc. Natl. Sci. 71:3243-3247, 1974.
- WATSON, D.J. Comparative physiological studies on the growth of field crops: I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Ann. Bot. 11:41-76, 1947.

- WEATHERLEY, P.E. Studies in the water relations of the cotton plant: I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytol. 49:81-97, 1950.
- WILLIAMS, C.N. & JOSEPH, K.T. Climate, soil and crop production in the humid tropics. Oxford University Press Ely House. London. 92-93, 1970.
- WINTERMANS, J.F.G.M.; WELMSING, P.J.; POLMAN, B.J.J.; GISBERGEN, J.V. & COLLARD, J. Gallactolipid transformations and photochemical activities of spinach chloroplasts. Biochem. Biophys. Acta. 44:49-54, 1969.