

ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS EM CULTIVARES DE AL-  
GODÃO (*Gossypium hirsutum* L.) QUANDO SUBMETIDAS AO ESTRESSE  
HÍDRICO.

Fernando Monteiro de Paula

---

DISSERTAÇÃO SUBMETIDA À COORDENAÇÃO DO CURSO DE PÓS-GRADUA-  
ÇÃO EM BIOQUÍMICA, COMO REQUISITO PARCIAL PARA OBTENÇÃO DO  
GRAU DE MESTRE - Universidade Federal do Ceará.

FORTALEZA - 1985

Esta Dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários a obtenção do Grau de Mestre em Bioquímica, 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.

Fernando Monteiro de Paula

DISSERTAÇÃO APROVADA EM: 16/04/85

Lúiz Gonzaga Rebouças Ferreira  
Orientador da Dissertação

Renato de Azevedo Moreira

Aderson de Menezes Aquino

A minha mãe,  
à memória de  
meu pai e  
aos meus irmãos.

Este trabalho foi realizado graças a auxílio das seguintes instituições:

Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico - CNPq e Coordenadoria de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior - CAPES/PICD, através de concessão de bolsa ao autor.

Programa de Desenvolvimento Científico e Tecnológico para o Nordeste - PDCT/CE-08, através de suporte financeiro necessário a execução deste trabalho.

Departamento de Física do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, pelo fornecimento de nitrogênio líquido utilizado neste trabalho.

Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, do Centro de Ciências da Universidade Federal do Ceará, em cujos laboratórios foi efetuada esta pesquisa.

## AGRADECIMENTOS

Ao professor Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, de modo especial, pela orientação durante o desenvolvimento desta dissertação.

Agradeço ao professor Olivier Rouault pela colaboração e orientação prestadas durante a execução deste trabalho.

Meus agradecimentos aos professores Renato de Azevedo Moreira e Aderson de Menezes Aquino pelas valiosas sugestões e esclarecimentos.

Agradeço aos demais docentes, colegas e funcionários do Departamento de Bioquímica e Biologia Molecular, pela cooperação necessária ao bom andamento deste trabalho.

Finalmente agradeço, de modo especial, à minha mãe, irmãos, cunhados, sobrinhos e amigos que contribuíram ativamente para a execução deste trabalho.

## S U M Á R I O

	PÁGINA
LISTA DE ILUSTRAÇÕES .....	viii
LISTA DE TABELAS .....	x
ABREVIATURAS .....	xii
RESUMO .....	xiii
ABSTRACT .....	xv
1 - INTRODUÇÃO .....	1
1.1 - Estresse Hídrico .....	1
1.2 - Alterações Metabólicas Induzidas pelo Estresse Hídrico .....	1
1.3 - Modificações das Características Funcionais das Membranas Induzidas pelo Estresse Hídrico .....	6
1.4 - Peroxidação dos Lipídios das Membranas ....	8
1.5 - Objetivos do Presente Trabalho .....	11
2 - MATERIAL E MÉTODOS .....	13
2.1 - Condições de Cultivo .....	13
2.2 - Determinação do Potencial Hídrico .....	14
2.3 - Determinação do Potencial Osmótico .....	14
2.4 - Determinação do Teor de Proteína .....	15
2.5 - Determinação do Teor de Clorofila .....	16
2.6 - Extração de Lipídios .....	17
2.7 - Determinação da Peroxidação dos Lipídios ..	17
2.8 - Reagentes .....	18
3 - RESULTADOS .....	19
3.1 - Determinação do Potencial Hídrico .....	19
3.2 - Determinação do Potencial Osmótico .....	22
3.3 - Determinação do Teor de Proteína nos Extratos de Folha .....	25
3.4 - Determinação do Teor de Clorofila nos Extratos de Folha .....	29
3.5 - Teor de Lipídios Totais nos Extratos de Folha.	34

	PÁGINA
3.6 - Determinação da Peroxidação dos Lipídios nos Extratos de Folha .....	38
4 - DISCUSSÃO .....	44
5 - CONCLUSÕES .....	53
6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	56
7 - COMUNICAÇÃO A CONGRESSO .....	62

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

FIGURA		PÁGINA
1	Variação do potencial hídrico nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	21
2	Variação do potencial osmótico nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e mocó-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental ...	24
3	Variação do teor de proteínas nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	27
4	Variação percentual do teor de proteínas e do potencial hídrico em relação ao controle em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 (tratamento não irrigado) durante o período experimental .....	28
5	Variação do teor de clorofila nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	31
6	Variação percentual do teor de clorofila e do potencial hídrico em relação ao controle em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 (tratamento não irrigado) durante o período experimental.....	33

**FIGURA**

**PÁGINA**

7	- Variação do teor de lipídios totais nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	36
8	- Variação percentual do teor de lipídios totais e do potencial hídrico em relação ao controle em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado) durante o período experimental ....	37
9	- Níveis de peroxidação dos lipídios medidos pela formação de equivalentes de hidroperóxidos de cumeno/g de lipídios, nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental ..	41
10	- Variação percentual dos níveis de peroxidação dos lipídios medidos pela formação de equivalentes de hidroperóxido de cumeno/g de lipídio e do potencial hídrico, em relação ao controle, em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado) durante o período experimental .....	42

## LISTA DE TABELAS

TABELA		PÁGINA
1	Variação do potencial hídrico nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	20
2	Variação do potencial osmótico nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	23
3	Variação do teor de proteína nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	26
4	Variação do teor de clorofila nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	30
5	Variação do teor de lipídios totais nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	35

6	Varição do teor de lipídios peroxidados (hidroperóxido de cumeno/g de lipídio-equivalente) nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocõ-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental .....	40
---	---	----

## ABREVIATURAS

- D.O.<sub>353</sub> - Densidade Óptica determinada a 353nm  
D.O.<sub>645</sub> - Densidade Óptica determinada a 645nm  
D.O.<sub>663</sub> - Densidade Óptica determinada a 663nm  
HPC - Hidroperóxido de cumeno  
MPa - Megapascal (1 MPa = 10 bar = 9,87 atm)  
P.F. - Peso fresco  
P.S. - Peso seco  
r.p.m. - Rotações por minuto  
R.R. - Reinício da rega  
TCA - Ácido tricloro acético  
TLT - Teor de lipídios totais  
TLP - Teor de Lipídios peroxidados

## RESUMO

Sementes de duas cultivares de algodão (Deltapine smooth leaf e Mocô-9193) de diferentes graus de tolerância à seca, foram germinadas em bandejas de polietileno contendo vermiculite. Posteriormente, as plântulas foram transplantadas para vasos contendo uma mistura de areia e solo e colocadas em casa de vegetação. Após 43 dias de transplante as plantas foram divididas em um grupo controle, que foi irrigado diariamente e um grupo estressado, no qual foi suspensa a irrigação. Foram coletadas amostras de ambos os grupos após 4, 5 e 6 dias. Quando as plantas estressadas apresentaram os primeiros sinais de murcha (6 dias de estresse) elas voltaram a ser irrigadas e novamente amostras de ambas as cultivares foram analisadas. As plantas das duas cultivares apresentaram reduções progressivas no potencial hídrico e potencial osmótico, quando submetidas ao estresse hídrico e, 24 horas após o reinício da rega ambos os potenciais alcançaram valores próximos aos do tratamento controle. Quando as plantas foram estressadas, ambas as cultivares apresentaram um decréscimo na concentração de proteínas, mas esta redução não acompanhou em magnitude o decréscimo observado nos valores de potencial hídrico. A cultivar Deltapine smooth leaf, menos tolerante à seca, apresentou uma pequena recuperação na concentração de proteína após o reinício da rega, enquanto que na cultivar Mocô-9193 não houve recuperação. Quando ambas as cultivares foram estressadas, apresentaram uma redução progressiva na concentração de clorofila das folhas e, como observado na concentração de proteínas, esta redução não acompanhou em magnitude o decréscimo nos valores de potencial hídrico. Foi também observado que alterações na concentração de clorofila parecem ser menos sensíveis ao estresse hídrico que as mudanças na concentração de proteínas. A concentração de lipídios totais das folhas decresceu marcadamente na cultivar Deltapine smooth leaf, com

a redução do potencial hídrico. Após o reinício da rega a concentração de lipídios totais na cultivar Deltapine smooth leaf não foi recuperada, alcançando 48% de redução em relação aos valores observados no início do período experimental. A cultivar Mocó-9193 apresentou uma pequena redução na concentração de lipídios totais em relação a observada na cultivar Deltapine smooth leaf. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, a cultivar Mocó-9193 recuperou a concentração de lipídios totais quase alcançando os níveis do controle. A cultivar Deltapine smooth leaf, ao contrário da cultivar Mocó-9193, apresentou um grande aumento no nível de peroxidação dos lipídios, especialmente quando o potencial hídrico alcançou valores inferiores a  $-3,4$  MPa. O reinício da rega não induziu modificações na tendência linear de ocorrência de peroxidação dos lipídios. A peroxidação dos lipídios das membranas parece estar ligada a uma característica genética que é responsável pela resistência à seca. Estudos adicionais são necessários para se verificar esta hipótese.

## ABSTRACT

Seeds of two cotton cultivars (Deltapine smooth leaf and Mocó-9193) differing in drought resistance under dryland farming conditions were sown in polyethylene trays containing vermiculite. Later, seedlings were transplanted to pots containing sand - soil mixture and placed on a greenhouse bench. After 43 days from transplantation the plants were divided into a control group which was watered daily and a stressed group from which water was withheld. Plants in both groups were sampled after 4, 5 and 6 days. When the stressed plants showed the first signs of wilting (6 days of stress) they were rewatered and plants in both group were sampled again. Plants of both cultivars exhibited progressive reductions in water potential and osmotic potential when they were subjected to water stress, and 24 hours after rewatering both potentials reached values close to the control treatment. When plants were stressed both cultivars exhibited progressive decrease on leaf protein concentrations but this reduction did not follow in magnitude the decrease in the observed values of water potential. Cultivar Deltapine smooth leaf less resistant to drought exhibited a small recovering on protein concentration after rewatering while cultivar Mocó-9193 did not recover. When both cultivars were stressed they exhibited progressive reduction on leaf chlorophyll concentration and as observed concerning protein concentration this reduction did not follow in magnitude the decrease in the values of water potential. It was also observed that the changes on chlorophyll concentration seem to be less sensitive to water stress than changes on protein concentration. Leaf total lipid concentration decreased markedly on cultivar Deltapine smooth leaf with reduction on water potential. After rewatering total lipid concentration on cultivar Deltapine smooth leaf did not recover reaching a 48% reduction in relation to values observed at the beginning of the experimental

period. Cultivar Mocó-9193 exhibited a small reduction on total lipid concentration in relation to that observed on cultivar Deltapine smooth leaf. Twenty-four hours after rewatering, cultivar Mocó-9193 recovered total lipid concentration reaching almost the control level. Cultivar Deltapine smooth leaf, on contrary of cultivar Mocó-9193, exhibited a great increase on level of lipid peroxidation specially when potential reached values lower than -3,4 MPa. Rewatering did not induce change on the linear tendency for occurrence of lipid peroxidation. Membrane lipid peroxidation seems to be linked to a genetic characteristic that is responsible for drought resistance. More extensive studies are necessary to verify this hypothesis.

## 1 - INTRODUÇÃO

### 1.1 - Estresse Hídrico

O estresse hídrico das plantas terrestres pode se originar tanto pela insuficiência como pelo excesso de água no ambiente no qual vive a planta, sendo que quando ocorre como resultado de um déficit hídrico ou seca, é chamado de estresse por déficit hídrico, estresse seco ou simplesmente estresse hídrico (LEVITT, 1980).

Seca, por sua vez, é um termo meteorológico, sendo comumente definido como um período sem chuvas significativas (TURNER, 1979). Para um período de seca afetar uma comunidade vegetal, em especial o crescimento das plantas, a carência de chuvas precisa levar a um déficit de água tanto no solo como nos seus tecidos (SWINDALE & BIDINGER, 1981). Além do mais, a interrelação entre disponibilidade de água no solo e o crescimento das plantas é afetada por fatores atmosféricos que influenciam a taxa de transpiração, como por exemplo, a ocorrência de altas temperaturas acompanhadas de intensa radiação solar. DENMEAD & SHAW (1962) encontraram que um maior conteúdo de água no solo era requerido para prevenir o estresse hídrico em plantas de milho em dias ensolarados do que em dias nublados, porque nestes últimos, a taxa de transpiração era menor. Isto pode ocorrer porque quando o solo seca, o potencial hídrico e a condutividade diminuem, reduzindo também o movimento de água para as raízes (LOOMIS, 1934).

### 1.2 - Alterações Metabólicas Induzidas pelo Estresse Hídrico

A água tem importância tanto qualitativa como quantitativa no metabolismo vegetal, constituindo cerca de 80 a 90% do peso fresco da maioria das plantas herbáceas e cerca de 50% do peso fresco das plantas lenhosas. A água é um importante constituinte do protoplasma. Uma redução no seu conteúdo além de um determinado valor crítico é acompanhada por mudanças estruturais, podendo culminar com a morte da planta (KRAMER, 1983).

A redução do crescimento celular é considerada como uma das respostas mais sensíveis das plantas ao estresse hídrico, uma vez que está quantitativamente relacionada com a turgescência celular, que decresce com a diminuição do potencial hídrico da célula. Em decorrência disto, o crescimento foliar é o primeiro a ser inibido pela desidratação (BOYER, 1970; WESSELIUS & BROYER, 1972).

O crescimento celular não pode ocorrer sem a síntese concomitante de membranas, organelas, proteínas e material de parede celular, e é sempre acompanhado por diferenciação a nível subcelular. É conhecido o fato de que é necessário um potencial de turgescência mínimo para o crescimento celular. Após a divisão celular e quando a célula está metabolicamente preparada para crescer, a manifestação de um potencial de turgescência acima de um valor crítico é necessário para que os processos finais de expansão se verifiquem, sendo o crescimento celular extremamente sensível a pequenos déficits hídricos (HSIAO, 1973). Embora o crescimento celular e por extensão o foliar, dependam claramente da existência de um potencial de turgescência mínimo, a relação é complexa, dependendo também da idade do tecido e das influências ambientais anteriormente experimentadas (KRAMER, 1983). ✓

Mudanças nas taxas de crescimento foliar foram encontradas em pinho e trigo associadas com variações no potencial hídrico de ambas as espécies estudadas (SANDS & CORREL, 1976). Em algumas plantas, como o algodão, a inibição

do crescimento foliar pode ocorrer mesmo em potenciais hídricos elevados como de  $-0,1$  a  $-0,3$  MPa (TAYLOR & KLEPPER, 1974). Em outras espécies, segundo HSIAO (1973), o crescimento pode continuar mesmo em valores de potenciais tão baixos como de  $-5,0$  MPa, dependendo do potencial osmótico das células foliares ou do potencial mátrico no caso das sementes.

É freqüente a observação de que a divisão celular é menos sensível ao estresse hídrico do que o alongamento (HSIAO, 1973). Foi constatado que o alongamento de folhas de fumo e o início do brotamento eram interrompidos quando o potencial hídrico era reduzido a  $-0,7$  MPa, enquanto que a divisão celular se mantinha inalterada (CLOUGH & MILTHORPE, 1975).

Embora pequena desidratação não afete diretamente certos processos metabólicos, efeitos indiretos tanto na fotossíntese como na respiração devem ser esperados, uma vez que ambos os processos dependem de um fluxo livre e desimpedido de  $O_2$  e  $CO_2$ . Como as trocas gasosas dependem da abertura dos estômatos e esta é controlada pela turgescência das células guardas e células epidérmicas adjacentes, estes dois processos metabólicos podem ser afetados pela desidratação dos tecidos foliares. O fechamento completo dos estômatos, entretanto, requer um potencial hídrico de valor muito mais baixo do que aquele necessário para induzir uma inibição do crescimento celular (SMART & BINGHMA, 1974)

Uma outra alteração metabólica induzida pelo déficit hídrico foi observada por MOTHES (1928). Ele fez com que plantas de girassol perdessem água até que as folhas inferiores (mas não as superiores) murchassem. Se a perda de água fosse repostada estas folhas inferiores recuperavam sua turgescência, mas ao final do experimento elas morriam antes das folhas do tratamento controle. Ele observou também, que algumas substâncias muito solúveis em água se moviam destas folhas inferiores para as superiores durante o processo de murchamento. Proteínas eram degradadas e asparagina

e glutamina eram translocadas para as folhas jovens, e lá reutilizadas para a síntese de novas proteínas. As lesões nas folhas mais velhas foram devidas não somente à remoção de água, mas também, à perda de proteínas. O murchamento pode apressar o envelhecimento das folhas pelo decréscimo da capacidade de sintetizar proteínas.

A síntese de proteínas é considerada como um dos processos mais sensíveis ao estresse hídrico em plantas (SHAH & LOOMIS, 1965). Isto foi confirmado pelo estudo da incorporação de aminoácidos marcados às proteínas em formação nos tecidos previamente estressados (BEN-ZIONI et al., 1967). Pode-se explicar a diminuição do teor de proteínas nos tecidos foliares estressados devido a um processo de hidrólise e uma redução na síntese de proteínas graças a um decréscimo considerável de energia livre disponível, resultante da redução das atividades respiratória e fotossintética. A diminuição do teor de ATP, induzida pelo decréscimo destes dois processos metabólicos, leva a uma redução na síntese de proteínas. /BARLOW et al. (1976b), estudando folhas de milho observaram, após três horas de desidratação, uma redução de 40% na concentração de ATP e após seis horas um aumento de 20% nos aminoácidos livres. O efeito da desidratação na síntese e destruição das proteínas também é rápido. Os aminoácidos livres aumentaram 20% dentro das primeiras seis horas de exposição ao estresse hídrico, e mais de 250% após uma exposição por quarenta e oito horas, quando o potencial hídrico das folhas atingiu -1,8 MPa (BARLOW et al., 1976a). /Estudando alfarrobeira (Ceratonia siliqua) BRANDLE et al. (1977), encontraram que a síntese de proteínas nas folhas decrescia 48% durante a desidratação induzida, mas sua recuperação foi de 73% do valor original após quarenta e oito horas de reidratação. MORCHILADZE (1969), trabalhando com serina marcada com  $^{14}\text{C}$ , mostrou que o déficit de água reduzia a sua incorporação nas proteínas de folhas de videira, mas aumentava sua conversão em aminoácidos.

Diversos trabalhos têm sugerido que a destruição das proteínas prejudica a planta, não somente devido ao seu decréscimo, mas ao aumento de concentração de um produto tóxico derivado da quebra das proteínas, provavelmente amônia, que explicaria as lesões provocadas pelo estresse hídrico (SACHS et al., 1975). Em concordância com o conceito de toxicidade LAHIRI & SING (1968), observaram que em Pennisetum typhoides o nitrogênio amoniacal só é detectado em plantas murchas. Durante a reidratação eles observaram um decréscimo acentuado de nitrogênio amoniacal, com um aumento associado no nível de nitrogênio amida. QUEBEDEAUX e OZBUN (1973), por sua vez encontraram que a amônia pode ser lesiva não somente devido a indução de variação de pH da célula e distúrbios no balanço metabólico, mas também à inibição da absorção de água.

Potenciais hídricos menores do que -0,5 MPa podem retardar o aparecimento de clorofila em feijão (Phaseolus vulgaris) pela redução da taxa de formação do complexo proteína-clorofila a/b e diminuir o acúmulo de clorofila b (ALBERTE et al., 1975). BHARDWAJ & SINGHAL (1981), observaram efeitos semelhantes em cevada, onde a destruição da clorofila foi acentuada pelo estresse hídrico. Em milho, uma planta C<sub>4</sub>, a maior redução no teor de clorofila ocorre nas células do mesófilo, mais especificamente, nos cloroplastos da bainha (ALBERTE et al., 1977). VIEIRA DA SILVA et al., (1974), encontraram que quando discos de folhas de algodão eram colocados em solução de polietileno - glicol com potencial hídrico de -1,0 MPa, ocorria um grande aumento de fosfatase ácida e lipase alcalina nos cloroplastos e seria desorganização de sua estrutura subcelular, reduzindo dessa forma o teor de cloroplastos intactos e conseqüentemente o teor de clorofila. O teor de clorofila também foi reduzido por ação do estresse hídrico (cerca de -3,0 MPa), em plantas de algodão, devido a modificações no teor e composição de lipídios das membranas dos cloroplastos (FERRARI-ILIOU et al., 1984).

### 1.3 - Modificações das características funcionais das membranas induzidas pelo estresse hídrico

As plantas mesofílicas apresentam uma grande plasticidade fenotípica que muito contribui para suas adaptações ao estresse hídrico. Para que esta plasticidade fenotípica se manifeste é preciso que todos os componentes metabólicos responsáveis pelo comportamento da planta como um todo, atuem de forma integrada e harmônica.

A ocorrência de diversas reações metabólicas concomitantemente em várias partes da planta, cada uma respondendo diretamente ao estresse, definem o comportamento global da planta. A translocação de metabólitos entre órgãos e tecidos talvez não seja a causa principal das alterações fisiológicas e bioquímicas, desde que uma compartimentalização física seja mantida a nível celular. Provavelmente, o comprometimento da integridade funcional das membranas provocado pelo estresse hídrico, desencadeariam alterações metabólicas.

O interesse pelo estudo das membranas biológicas tem aumentado muito nos últimos dez anos, graças à aplicação de técnicas mais sofisticadas. Segundo RAISON (1980) as membranas celulares desempenham um importante papel na manutenção da integridade do metabolismo celular, possuindo três funções consideradas como de grande importância: a) fornecem uma barreira de permeabilidade seletiva entre dois compartimentos predominantemente aquosos; b) formam um meio estável e fluido para as reações que envolvam reagentes lipofílicos e fornecem uma matriz para proteínas ativas que catalisam uma variedade de reações, incluindo as reações envolvidas na transmissão de energia; c) fornecem um limite flexível entre a célula ou organela e o meio circundante, a qual, em combinação com as proteínas a elas associadas, fornece a integridade e a estabilidade da membrana.

ciadas tem a capacidade de transmitir informações do meio externo para o interior da célula ou organela. Cada uma dessas funções requer que a membrana seja estável para funcionar como uma barreira com permeabilidade e ao mesmo tempo suficientemente fluida para suportar mudanças no volume aparente de uma célula ou organela. O modelo mosaico-fluido, proposto por SINGER & NICHOLSON (1972), descreve a membrana como uma dupla camada de anfipáticos contendo lipídios complexos associados com proteínas. A dupla camada de lipídios fornece a impermeabilidade para as moléculas polares e grandes moléculas não polares, enquanto que as proteínas catalisam os processos de transporte e transmissão das reações (RAISON, 1980).

Os lipídios formam a maior parte da área de superfície das membranas. Estudos das camadas duplas de lipídios e das proteínas das membranas, mostraram que o estado físico dos lipídios exercia forte influência sobre a estrutura e função das proteínas (RAISON, 1980). Embora tais estudos forneçam uma base para o entendimento do mecanismo de interação entre lipídios e proteínas, eles precisam ser suplementados com maiores informações sobre as relações entre a estrutura dos lipídios e a função das membranas para fornecer um melhor entendimento do significado fisiológico dessas interações.

Existem poucos estudos comparativos onde as mudanças nas propriedades funcionais de uma membrana sejam correlacionadas com um parâmetro estrutural da mesma membrana.

Os lipídios não estão igualmente distribuídos no interior da célula, e provavelmente as membranas apresentam diferenças na distribuição dos mesmos, diferindo também em sua composição em ácidos graxos. A composição em ácidos graxos pode também variar nas diferentes estruturas vegetais. Enquanto as sementes possuem uma grande variedade de ácidos graxos, os encontrados em folhas são praticamente constantes de planta para planta. O complexo acil-lipídio também

mostra uma composição consistente com esta afirmação.

Alterações na composição dos lipídios das membranas levam a modificações na permeabilidade das mesmas, o que também pode alterar o nível dos metabólitos celulares. Em plantas submetidas ao estresse hídrico, a destruição da clorofila pode ser devida à peroxidação dos lipídios, pois é conhecida a ocorrência nestas plantas de hidroperóxidos de ácidos graxos. Desta forma, o declínio do conteúdo de clorofila pode ser em parte, devido à peroxidação dos lipídios das membranas dos cloroplastos (PEISER & YANG, 1978).

O déficit hídrico é também capaz de induzir alterações metabólicas profundas, como a ocorrência de senescência precoce. A senescência é responsável por mudanças na permeabilidade das membranas. Assim sendo, um aumento no espaço livre aparente e uma perda na capacidade de reter solutos foi demonstrada durante a maturação de frutos (SACHER, 1973) e envelhecimento acelerado de sementes (PARRISH & LEOPOLD, 1978). Estas mudanças de permeabilidade têm sido correlacionadas com uma diminuição simultânea no teor de lipídios das membranas (FERGUSON & SIMON, 1973).

Um aumento na taxa de liberação de solutos é geralmente considerado como uma indicação dos danos ou deterioração das membranas. PACKER et al. (1967), indicaram que a peroxidação dos lipídios induzida por radicais livres é considerada como a causa principal de deterioração das membranas de tecidos animais em processo de envelhecimento. Resultado semelhante foi encontrado por DHINDSA et al. (1981), estudando folhas de fumo.

#### 1.4 - Peroxidação dos lipídios das membranas

A peroxidação dos lipídios é um processo complexo que ocorre em animais e vegetais. Ela envolve a formação e

propagação de radicais lipídicos, a liberação de oxigênio, um rearranjo de duplas ligações em lipídios insaturados e a eventual destruição dos lipídios das membranas, produzindo uma grande variedade de resíduos, incluindo álcoois, cetonas, aldeídos e ésteres. A peroxidação do ácido linoléico, por exemplo, resulta na formação de até vinte produtos de degradação, (GARDNER, et al., 1974).

A peroxidação dos lipídios induzida por radicais livres é considerada como um dos mais importantes mecanismos de deterioração das membranas durante o envelhecimento de tecidos animais (MEAD, 1976; PACKER et al., 1967). DHINDSA et al. (1981) encontraram resultados semelhantes estudando as relações entre as mudanças de permeabilidade das membranas e a peroxidação dos lipídios em tecidos vegetais. Os resultados por eles encontrados mostraram um aumento cumulativo na taxa de liberação de solutos durante a senescência de folhas de fumo. Este estudo também demonstrou uma estreita correlação entre os aumentos da taxa de liberação de solutos e do nível de peroxidação dos lipídios. O aumento da liberação de solutos pode ser considerado como um índice da lesão ou deterioração sofridas pelas membranas biológicas. Portanto, parece muito provável que o aumento da liberação de solutos durante a senescência de folhas, observado por DHINDSA et al. (1981), seja uma consequência do aumento da peroxidação dos lipídios. Este fato pode ser confirmado pela observação de que durante a reversão da senescência ocorria um decréscimo do nível de peroxidação dos lipídios em tecidos foliares. Este processo de deterioração das membranas poderia também explicar o decréscimo do teor de lipídios durante a senescência de tecidos vegetais (BEUTELMANN & KENDE, 1977). LEES & THOMPSON (1980) encontraram uma relação entre o aumento da permeabilidade das membranas e uma mudança no comportamento da fase lipídica das mesmas. A destruição das membranas devido à peroxidação dos lipídios pode desempenhar um importante papel no aumento das atividades proteolíticas durante a senescência em tecidos foliares (TETLEY & THIMANN, 1974).

Embora esses estudos sugiram a quebra da organização estrutural das membranas, a natureza fisiológica e/ou bioquímica dos processos permanece pouco esclarecida até o presente. As membranas biológicas são ricas em ácidos graxos insaturados e banhadas em um fluido rico em oxigênio. Dessa forma, não é surpresa que os lipídios destas membranas sejam susceptíveis ao ataque peroxidativo (GARDNER, 1974).

A formação de peróxidos ( $ROO\cdot$ ,  $RO\cdot$  e  $OH\cdot$ ) é uma reação característica dos lipídios expostos ao oxigênio molecular. Este fenômeno é de grande importância prática, pois pode levar a deterioração dos tecidos "in vivo" e consequentemente a dos alimentos.

A vitamina A é particularmente susceptível à destruição pela peroxidação. Compostos antioxidantes como o tocoferol, que reagem facilmente com radicais livres, são usados para retardar os danos da peroxidação. Um exemplo de antioxidante biológico é a vitamina E, sendo que os animais deficientes nesta vitamina são particularmente susceptíveis aos danos causados pela peroxidação.

A peroxidação usualmente começa com a remoção de um átomo de hidrogênio de um ácido graxo insaturado, resultando na formação de um radical lipídico. O rearranjo de duplas ligações resulta na formação de dienos conjugados. O ataque pelo oxigênio molecular produz um radical peróxido, que pode absorver um átomo de hidrogênio de um lipídio adjacente para formar um hidroperóxido ou um endoperóxido de lipídio. A formação de endoperóxidos a partir de ácidos graxos insaturados contendo o mínimo de três metilenos interrompidos por duplas ligações, pode levar à formação de malondialdeído como produto final da degradação.

Segundo FRIDOVICH (1975), a peroxidação dos lipídios requer a ativa absorção de oxigênio e envolve a produção do superóxido ( $O_2^-$ ). O superóxido é convertido pela superóxido dismutase (SOD) a peróxido de hidrogênio, o qual pode ser removido pela catalase (McCORD & FRIDOVICH, 1969 e

FRIDOVICH, 1975). Duas outras espécies químicas altamente reativas, o radical livre de oxigênio "singlet" ( $*O_2$ ) e radical livre hidroxila ( $OH\cdot$ ) podem ser produzidos por uma interação entre  $O_2^-$  e  $H_2O_2$  (FRIDOVICH, 1978). A capacidade de  $O_2^-$ ,  $OH\cdot$  e  $*O_2$  para iniciar a peroxidação dos lipídios já foi demonstrada (FONG, et al., 1973 e PEDERSON & AUST, 1973), assim como o envolvimento do  $H_2O_2$  na senescência de tecidos vegetais (BRENNAN & FRENKEL, 1977).

Pode-se concluir que a superóxido dismutase e a catalase determinam a abundância dos radicais livres  $O_2^-$ ,  $H_2O_2$ ,  $OH\cdot$  e  $*O_2$  nos tecidos, bem como o nível de peroxidação dos lipídios. Uma vez que o oxigênio é usado como substrato na produção de radicais livres, as mudanças na absorção de  $O_2$  também poderia determinar os níveis dos mesmos nos tecidos. Um aumento na absorção de  $O_2$  durante a senescência de tecidos vegetais foi estudada por TETLEY & THIMANN (1974) e PARRISH & LEOPOLD (1978). Assim sendo, um aumento na absorção de  $O_2$  e decréscimo na atividade das enzimas superóxido dismutase e catalase poderiam resultar num elevado nível dos radicais livres  $O_2^-$ ,  $H_2O_2$ ,  $OH\cdot$  e  $*O_2$ . Este fato poderia levar a um aumento do nível de peroxidação dos lipídios e um decréscimo na capacidade de retenção de solutos (DHINDSA et al., 1981).

### 1.5 - Objetivos do presente trabalho

De acordo com o que foi exposto, o estresse hídrico é capaz de induzir modificações bioquímicas e fisiológicas nas plantas. No presente trabalho, foram estudados os efeitos do estresse hídrico sobre o potencial hídrico, potencial osmótico, peroxidação dos lipídios das membranas, teores de proteínas, clorofilas e de lipídios totais. Foram estudadas duas cultivares de algodão, Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 visando a identificação de parâmetros bioquimi-

cos e fisiológicos que possam ser utilizados na seleção de plantas resistentes à seca.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Condições de Cultivo

No presente trabalho foram utilizadas sementes de algodão (Gossypium hirsutum var. Marie Galante Hutch cv. MOCÓ-9193 e Gossypium hirsutum var. Latifolium Hutch cv. Deltapine smooth leaf), procedentes do Centro Nacional de Pesquisas do Algodão (CNPA), Campina Grande, PB.

As sementes utilizadas foram selecionadas e tratadas com ácido sulfúrico concentrado, por cinco minutos (PONTE, 1960), lavadas com água destilada a fim de se remover o excesso de ácido e semeadas em bandejas contendo vermiculite umedecida. Após dez dias de plantio, as plântulas selecionadas foram transplantadas para vasos de polietileno contendo solo com aproximadamente a seguinte composição granulométrica: 75% de areia grossa; 10% de areia fina e 15% de matéria orgânica. Para cada vaso foi transplantada apenas uma plântula.

Em dias alternados, todos os vasos receberam a mesma quantidade de água destilada (500ml), de modo que o solo fosse mantido em um nível próximo ao da capacidade de campo. Até o início do tratamento (suspensão da rega), duas vezes por semana, cada vaso foi irrigado com 500ml de solução nutritiva de Hoagland, modificada por JOHNSON et al, (1975), citada por EPSTEIN (1971).

No combate aos insetos empregamos, duas vezes o inseticida "Diazinon" (40% p/p 0,0 - dietil-O-2 isopropil 6 metil-4-pirimidil-fosforotioato), produzido por SHELL sendo a primeira quinze dias e a segunda vinte e seis dias após o transplântio.

Aos quarenta e três dias após o transplante, foi suspensa a irrigação de um grupo de plantas (tratamento não irrigado) permanecendo o outro grupo constantemente irrigado com água destilada até o final do experimento (tratamento controle). Depois de seis dias sem receberem água, durante os quais foram feitas todas as determinações, as plantas foram novamente irrigadas e as determinações repetidas vinte e quatro horas após o reinício da rega.

Todos os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação.

## 2.2 - Determinação do Potencial Hídrico

Para determinação do potencial hídrico foi utilizada a quinta folha a partir do ápice. Todas as coletas foram efetuadas às 08:00 horas, 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 construída por SCHOLANDER (1964, 1965). A folha foi cortada e introduzida na câmara de pressão de modo que uma parte do pecíolo permanecesse no exterior para se observar com o auxílio de uma lente, a aparição da primeira gota de líquido. A câmara foi hermeticamente fechada, a pressão aumentada e com a aparição da primeira gota do líquido que saía do xilema, foi lida a pressão no manômetro que correspondia ao potencial hídrico da folha.

## 2.3 - Determinação do Potencial Osmótico

O potencial osmótico foi determinado em discos extraídos da quinta folha a partir do ápice. Os discos foram

cortados e congelados em nitrogênio líquido. Antes de ser procedida a determinação do potencial osmótico, os discos foram descongelados e enxugados. O congelamento/descongelamento dos discos teve a finalidade de destruir as membranas celulares e desta forma tornar possível a determinação do potencial osmótico em um sistema aberto (potencial de turgescência igual a zero). Os discos foram colocados na câmara de medição, ali permanecendo trinta minutos para que atingissem o equilíbrio térmico. O potencial osmótico foi medido 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.

#### 2.4 - Determinação do Teor de Proteína

Para determinação do teor de proteína, utilizou-se o método de LOWRY et al. (1951), empregando o reativo de Folin-Ciocalteu. Na determinação do teor de proteínas foram utilizados os seguintes reagentes: Solução A) 2% de  $\text{NaCO}_3$  em  $\text{NaOH}$  0,1N; Solução B) 0,5g de  $\text{CuSO}_4 \cdot 5 \text{H}_2\text{O}$  em citrato de sódio 0,1% em 100 ml de água (no trabalho original foi utilizado tartarato de sódio, com a substituição se devendo ao fato da solução ser mais estável quando se utiliza citrato de sódio na preparação): Solução C) 1 ml de B é misturada com 50 ml de A; Solução D) Reativo de Folin-Ciocalteu diluído com água destilada para se obter uma concentração final de 1 N.

Para cada determinação foi utilizada uma amostra de 0,25g retirada da quinta folha a partir do ápice, triturada em um almofariz com 10 ml de tampão TRIS-CH1 e uma pitada de areia. O material obtido foi centrifugado por cinco minutos a 200g adicionando-se ao sobrenadante 3,3ml de TCA

20% a fim de que as proteínas fossem precipitadas, e colocada em um banho de gelo por dez minutos. A seguir foi procedida mais uma centrifugação por dez minutos a 1700g. O precipitado formado foi lavado com 2 ml de TCA a 1%, agitando-se por alguns segundos. Nova centrifugação foi efetuada por dez minutos a 1700g e ao precipitado juntou-se 5 ml de NaOH 1N para dissolver as proteínas precipitadas pelo TCA, obtendo-se assim o extrato pronto para ser dosado.

Para dosagem das proteínas, retirou-se 0,2 ml da solução obtida anteriormente, adicionando-se 4,0 ml da solução C e após dez minutos acrescentou-se 0,4 ml da solução D. Transcorridos trinta minutos a densidade ótica foi obtida em 500, 650 e 750 nm (SPEKOL - JENA, República Democrática da Alemanha).

## 2.5 - Determinação do Teor de Clorofila

Para determinação do teor de clorofila, retiramos uma amostra de 0,25g da quinta folha a partir do ápice, de cada planta. Esta amostra foi triturada em um almofariz com aproximadamente 0,3g de  $\text{CaCO}_3$ , areia e 1,8 ml de acetona pura. O homogenato foi filtrado em um funil de Buchner e o resíduo lavado com 5 ml de acetona: água (80% v/v). O almofariz e o pistilo foram lavados com mais 2,0 ml da mesma solução de acetona e o volume ajustado para 10 ml. Desta solução foi retirada uma alíquota de 0,1 ml e diluída em 4,9 ml de acetona: água (80% v/v) para determinação da densidade óptica a 645 e 663nm (SPEKOL-JENA, República Democrática da Alemanha). Como branco foi utilizado acetona: água (80% v/v).

Para dosagem de clorofila utilizamos o método descrito por ARNON (1949). A fórmula de MCKINNEY (1941), foi empregada para se determinar a concentração de clorofila em um extrato à base de acetona:  $C = 20,2 \text{ D.O.}_{645} + 8,02 \text{ D.O.}_{663}$  mg/l ou  $\mu\text{g/ml}$ .

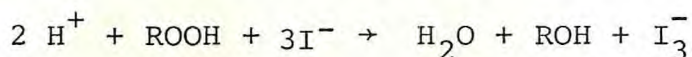
## 2.6 - Extração dos Lipídios

A extração dos lipídios foi procedida de acordo com o método descrito por ALLEN & GOOD (1971). De cada planta foi retirada uma amostra de 10g das 4.<sup>a</sup> e 5.<sup>a</sup> folhas contadas a partir do ápice. As lâminas foliares, sem as nervuras, foram cortadas em pequenos pedaços e fixadas em 20 ml de água destilada fervente, onde permaneceram por dois minutos. Os tecidos foliares já fixados, foram transferidos para um almofariz e congelados com nitrogênio líquido, a fim de facilitar a trituração. A água onde as folhas foram fixadas foi reservada para posterior utilização. A trituração foi efetuada com 20 ml de metanol: clorofórmio (2:1 v/v). O material obtido foi filtrado, por sucção, em um funil de placa porosa e o resíduo lavado com cerca de 30 ml de metanol: clorofórmio (2:1 v/v). O resíduo foi novamente lavado com 10 ml de clorofórmio puro. Uma última lavagem foi então efetuada com a água onde as folhas foram fixadas, acrescentando-se antes, 10 ml de KCl 0,1M a fim de se promover uma melhor separação entre o solvente e a fase aquosa. O filtrado foi centrifugado para se separar as fases. A fase inferior ou lipídica foi retirada com uma pipeta Pasteur. Foram realizadas mais duas lavagens da fase superior, com 5,0 ml de clorofórmio cada uma. O solvente foi evaporado e para eliminar a água possivelmente presente, o balão de vidro foi colocado por doze horas em um dessecador com sílica e KOH. Após ter sido determinado o peso dos balões, os lipídios foram dissolvidos em 5,0 ml de clorofórmio.

## 2.7 - Determinação da Peroxidação dos Lipídios

A peroxidação dos lipídios foi determinada de

acordo com o ensaio iodométrico, segundo BUEGE & AUST (1978). A redução de iodetos por peróxidos é um método conveniente para a determinação de hidroperóxidos de lipídios em amostras de membranas. O procedimento é baseado na capacidade do  $I^-$  reduzir hidroperóxidos pela seguinte reação:



Sob estas condições, somente hidroperóxidos de lipídios reagem com o iodeto, excluindo então os endoperóxidos que formam malondialdeído a partir do ensaio. Neste ensaio, utilizamos 50  $\mu$ l do extrato de lipídios, em um tubo de ensaio, e o clorofórmio usado como solvente evaporado com nitrogênio. A seguir, colocamos sobre o extrato livre de solvente, 1,0 ml de ácido acético: clorofórmio (3:2 v/v), seguido da adição de 0,05 ml de iodeto de potássio (1,2 mg/ml de água). O tubo de ensaio foi colocado no escuro em temperatura ambiente por cinco minutos, seguido da adição de 3,0 ml de acetato de cádmio (5 mg/ml de água). A solução foi misturada e centrifugada a 200g por dez minutos. A absorbância da fase superior foi determinada a 353 nm (Beckman DU-Beckman Instruments Inc. EE.UU) utilizando um branco contendo a mistura completa do ensaio menos o extrato de lipídios. A padronização da solução pode ser feita utilizando-se o hidroperóxido de cumeno como o padrão de peróxido, sendo o coeficiente de extinção molar do mesmo  $E_{1cm}^{1M} = 1,73 \times 10^4$  (BUEGE & AUST, 1978).

## 2.8 - Reagentes

Reativo de Folin-Ciocalteu - E. Merck, Darmstadt-Alemanha.

Acetato de Cádmio - E. Merck, Darmstadt-Alemanha.

Inseticida "Diazinon" - Shell Química S/A - São Paulo. Brasil.

Todos os demais reagentes foram de grau analítico.

### 3 - RESULTADOS

#### 3.1 - Potencial Hídrico

Os valores do potencial hídrico das folhas permaneceram praticamente constantes nas plantas das cultivares Deltapine Smooth Leaf e Mocô-9193 durante o tratamento controle, variando de -0,7 a -1,1 MPa (TABELA 1).

Após a suspensão da rega, as plantas de ambas as cultivares sofreram uma progressiva redução nos valores do potencial hídrico. No 4º dia de tratamento, a cultivar Deltapine Smooth Leaf apresentou uma redução de 231% em relação ao tratamento controle. O valor mais baixo de potencial hídrico para a cultivar Deltapine Smooth Leaf, foi obtido no 6º dia após a suspensão da rega (-4,0 MPa), com uma redução de 300% em relação ao controle (TABELA 1 e FIGURA 1).

A cultivar Mocô-9193 apresentou uma redução de 300% em relação ao controle, no 4º dia de tratamento. Também para a cultivar Mocô-9193, o valor mais baixo de potencial hídrico foi obtido no 6º dia após a suspensão da rega, representando uma redução de 309% em relação ao controle (TABELA 1 e FIGURA 1).

Logo após a determinação do potencial hídrico no 6º dia, as plantas foram reirrigadas, e vinte e quatro horas depois, observou-se uma rápida recuperação com ambas as cultivares atingindo valores próximos ao controle (FIGURA 1).

TABELA 1 - Variação do potencial hídrico nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental.

POTENCIAL HÍDRICO em MPa <sup>(1)</sup>										
	Deltapine smooth leaf					Mocô-9193				
	Dias de tratamento					Dias de tratamento				
	0	4	5	6	7	0	4	5	6	7
C	- 0,8 ± 0,04	- 0,8 ± 0,06	- 0,8 ± 0,05	- 1,0 ± 0,06	- 0,9 ± 0,03	- 0,7 ± 0,02	- 0,8 ± 0,04	- 0,8 ± 0,03	- 1,1 ± 0,07	- 0,9 ± 0,03
S	- 0,8 ± 0,04	- 2,65 ± 0,07	- 3,4 ± 0,22	- 4,0 ± 0,36	- 0,9 ± 0,02	- 0,7 ± 0,02	- 3,2 ± 0,03	- 3,2 ± 0,35	- 4,5 ± 0,87	- 1,3 ± 0,14
V	0	-231,2	-325	-300	0	0	-300	-300	-309	-44

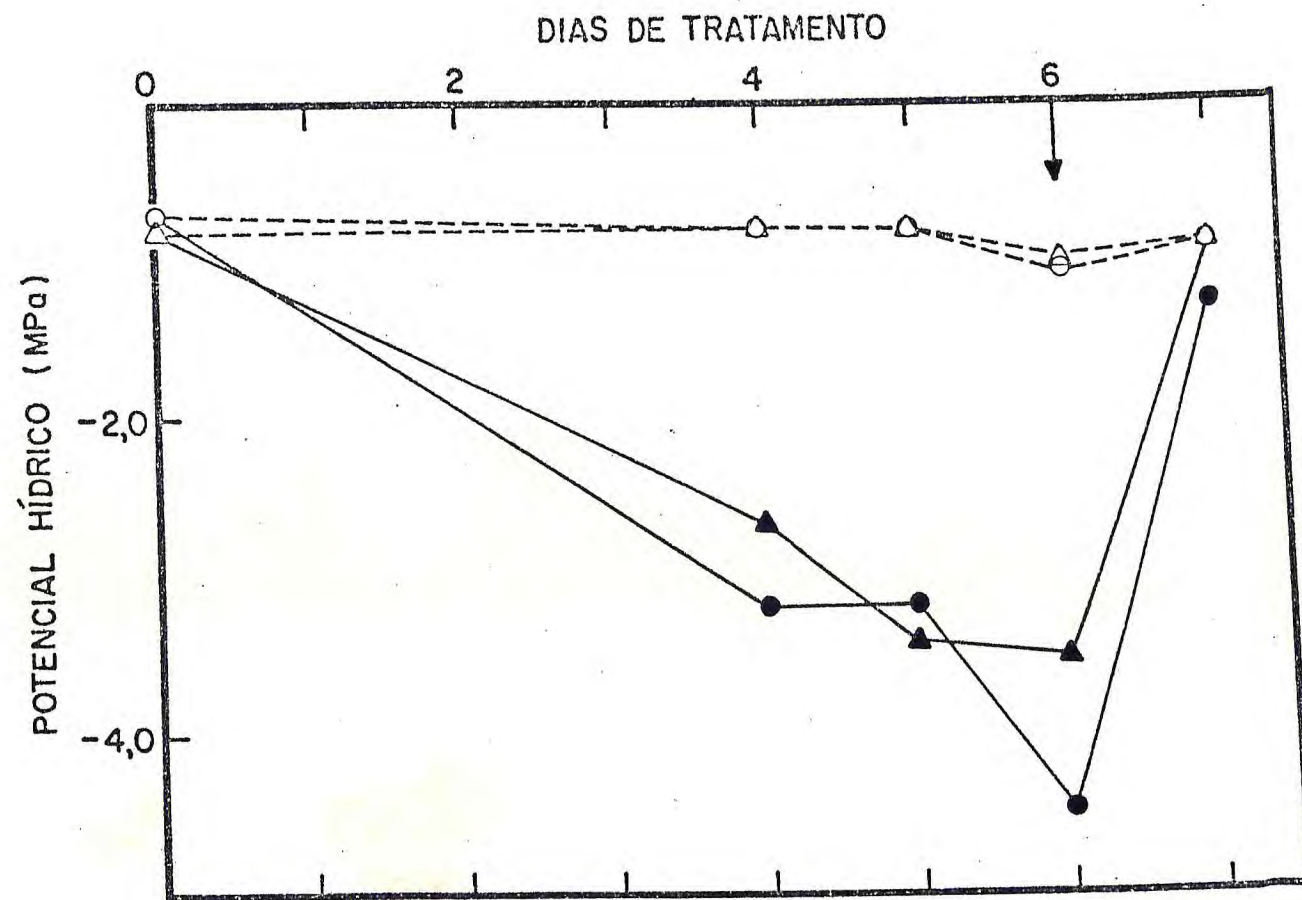
(1) Valores médios e erro padrão de três repetições para cada cultivar

C - Tratamento controle

S - Tratamento não irrigado

V - Variação percentual com relação ao controle ( $V = \frac{C - S}{C} \times 100$ ).

**FIGURA 1** - Variação de potencial hídrico nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf ( $\blacktriangle$ - $\blacktriangle$  - tratamento não irrigado e  $\triangle$ - $\triangle$  - tratamento irrigado) e Mocó-9193 ( $\bullet$ - $\bullet$  - tratamento não irrigado e  $\circ$ - $\circ$  - tratamento irrigado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.



### 3.2 - Potencial Osmótico

Os valores do potencial osmótico das cultivares Deltapine Smooth Leaf e Mocô-9193, no tratamento controle, variaram de -0,7 a -1,8 MPa, sendo que a cultivar Mocô-9193 apresentou maiores variações no decorrer do período experimental (TABELA 2). O potencial osmótico das folhas de ambas as cultivares decresceu progressivamente após a suspensão da rega.

As plantas da cultivar Deltapine Smooth Leaf submetidas ao estresse hídrico apresentaram, no 4º dia de tratamento, uma redução de 243% em seu potencial osmótico em relação ao tratamento controle. No 6º dia após a suspensão da rega, foi encontrado o valor mais baixo (-3,6 MPa), o que representa uma redução de 100% em relação ao controle (TABELA 2 e FIGURA 2).

A cultivar Mocô-9193 submetida ao estresse hídrico apresentou, no 4º dia de tratamento, uma redução de 120% em seu potencial osmótico em relação ao controle. O valor mais baixo observado durante o período de tratamento foi obtido no 6º dia (-5,5 MPa) representando uma redução de 218% em relação ao tratamento controle (TABELA 2 e FIGURA 2).

Durante o período experimental, a cultivar Mocô-9193 apresentou valores médios mais baixos do que aqueles observados na cultivar Deltapine Smooth Leaf. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, ocorreu um aumento no potencial osmótico e ambas as cultivares alcançaram valores próximos aos observados no tratamento controle (FIGURA 2).

**TABELA 2** - Variação do potencial osmótico nas folhas das cultivares Deltapine Smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental.

POTENCIAL OSMÓTICO em MPa <sup>(1)</sup>										
	Deltapine smooth leaf					Mocô-9193				
	Dias de tratamento					Dias de tratamento				
	0	4	5	6	7	0	4	5	6	7
C	- 1,4 ± 0,1	- 0,7 ± 0,07	- 1,1 ± 0,3	- 1,8 ± 0,1	- 1,2 ± 0,15	- 1,2 ± 0,1	- 1,5 ± 0,1	- 0,8 ± 0,07	- 1,7 ± 0,06	- 1,8 ± 0,2
S	- 1,4 ± 0,1	- 2,4 ± 0,1	- 2,4 ± 0,1	- 3,6 ± 0,3	- 1,7 ± 0,1	- 1,2 ± 0,1	- 3,3 ± 0,3	- 3,1 ± 0,5	- 5,4 ± 1,8	- 1,6 ± 0,1
V	0	- 242,8	- 118,2	- 100	- 41,66	0	- 120	- 287,5	- 217,6	11,1

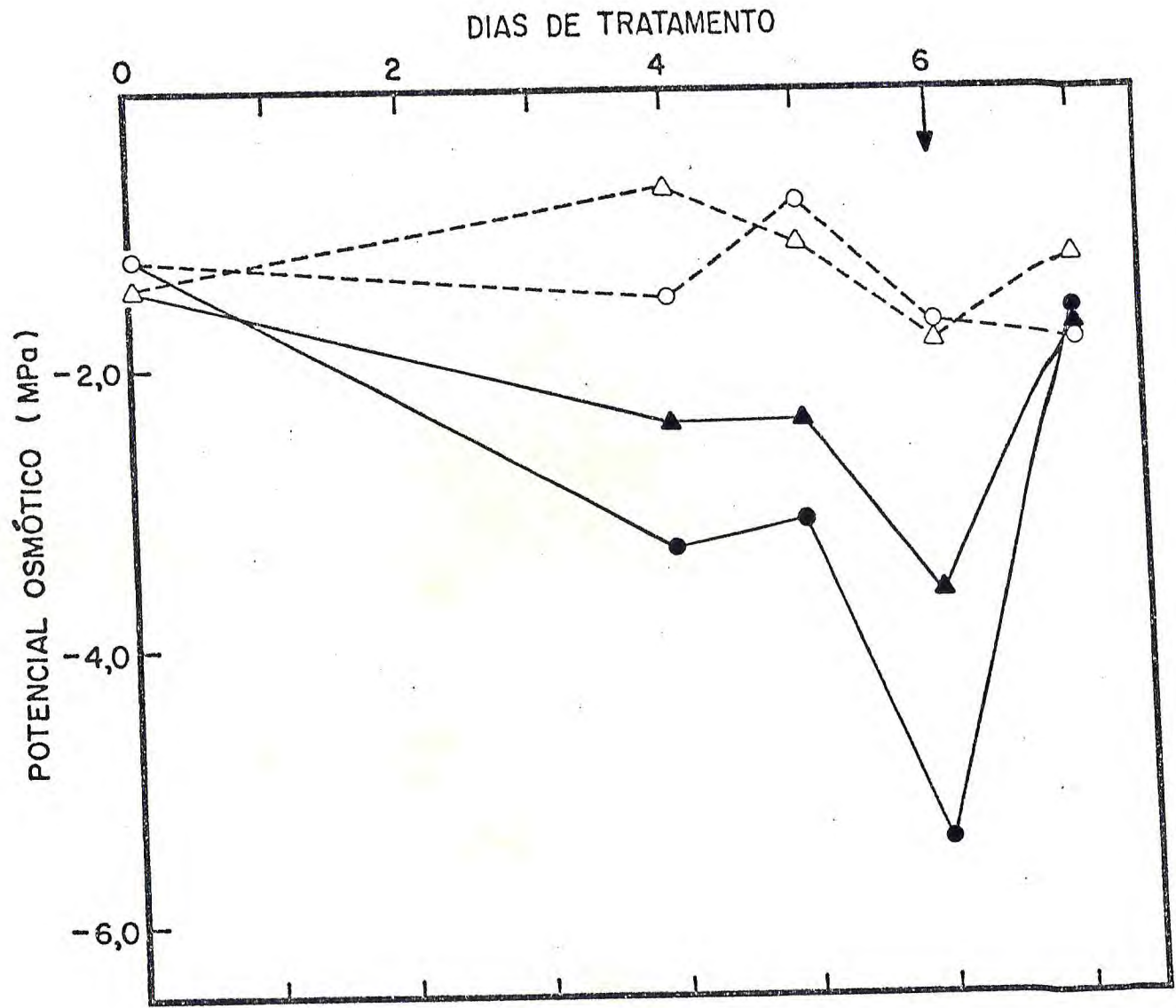
(1) Valores médios e erro padrão de três repetições para cada cultivar.

C - Tratamento controle

S - Tratamento não irrigado

V - Variação percentual com relação ao controle ( $V = \frac{C - S}{C} \times 100$ ).

FIGURA 2 - Variação de potencial osmótico nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf ( $\blacktriangle$ - $\blacktriangle$  - tratamento não irrigado e  $\triangle$ - $\triangle$  - tratamento irrigado) e Mocó-9193 ( $\bullet$ - $\bullet$  - tratamento não irrigado e  $\circ$ - $\circ$  - tratamento irrigado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.



### 3.3 - Determinação do Teor de Proteína nos Extratos de Folha

Na cultivar Deltapine smooth leaf, durante o tratamento controle, o teor de proteína decresceu progressivamente, em especial a partir do 4º dia do período experimental. No 7º dia, isto é, 24 horas após o reinício da rega, o decréscimo do teor de proteínas foi de 79% em relação àquele observado no início do tratamento (TABELA 3). Nas plantas submetidas ao déficit hídrico ocorreu uma redução acentuada no teor de proteína até o 4º dia, sendo de cerca de 65% em relação àquele observado no início do tratamento, seguido de uma recuperação no 5º dia do período experimental, atingindo o nível do controle. Os valores mais baixos do período de carência hídrica foram observados no 6º dia de tratamento, sendo de 87% em relação àqueles determinados no início do período experimental. O reinício da rega provocou uma leve recuperação, alcançando um valor próximo ao do controle (TABELA 3 e FIGURA 3).

O teor de proteína da cultivar Deltapine smooth leaf, embora decrescendo com o estresse hídrico, não acompanhou em magnitude a redução observada no potencial hídrico. Além disto, vinte e quatro horas após o reinício da rega não houve recuperação significativa do teor de proteína, ao contrário do que ocorreu com o potencial hídrico (FIGURA 4).

Na cultivar Mocô-9193, o teor de proteína das plantas do tratamento controle, permaneceu aproximadamente constante até o 4º dia de tratamento, verificando-se no 5º dia um aumento de 74% em relação ao dia anterior, seguido de um decréscimo de 29% vinte e quatro horas depois. No 7º dia do período experimental, isto é, vinte e quatro horas após o reinício da rega, o teor de proteína voltou a ser aproxi-

TABELA 3 - Variação do teor de proteína nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental.

	PROTEÍNAS mg/g PS <sup>(1)</sup>									
	Deltapine smooth leaf					Mocô-9193				
	Dias de tratamento					Dias de tratamento				
	0	4	5	6	7	0	4	5	6	7
C	5,06 ± 0,18	3,99 ± 0,32	3,12 ± 0,23	1,76 ± 0,44	1,09 ± 0,10	3,29 ± 1,22	3,54 ± 0,52	6,17 ± 0,47	4,37 ± 1,56	6,25 ± 2,77
S	5,06 ± 0,18	1,77 ± 0,23	3,30 ± 0,40	0,63 ± 0,25	0,84 ± 0,18	3,29 ± 1,22	4,08 ± 0,77	3,56 ± 0,14	2,16 ± 0,96	1,31 ± 0,43
V	0	-55,64	5,77	-64,20	-22,93	0	15,25	-42,30	-50,57	-79,04

(1) Valores médios e erro padrão de três repetições para cada cultivar.

C - Tratamento controle

S - Tratamento não irrigado

V - Variação percentual com relação ao controle ( $V = \frac{S - C}{C} \times 100$ ).

**FIGURA 3** - Variação do teor de proteína nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf ( $\blacktriangle$ - $\blacktriangle$  - tratamento não irrigado e  $\triangle$ - $\triangle$  - tratamento irrigado) e Mocó-9193 ( $\bullet$ - $\bullet$  - tratamento não irrigado e  $\circ$ - $\circ$  - tratamento irrigado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.

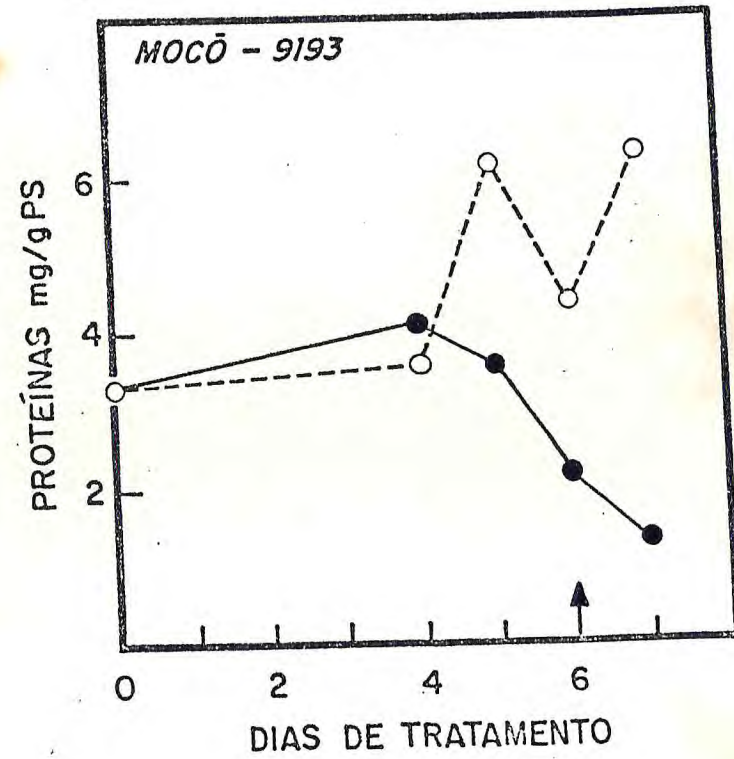
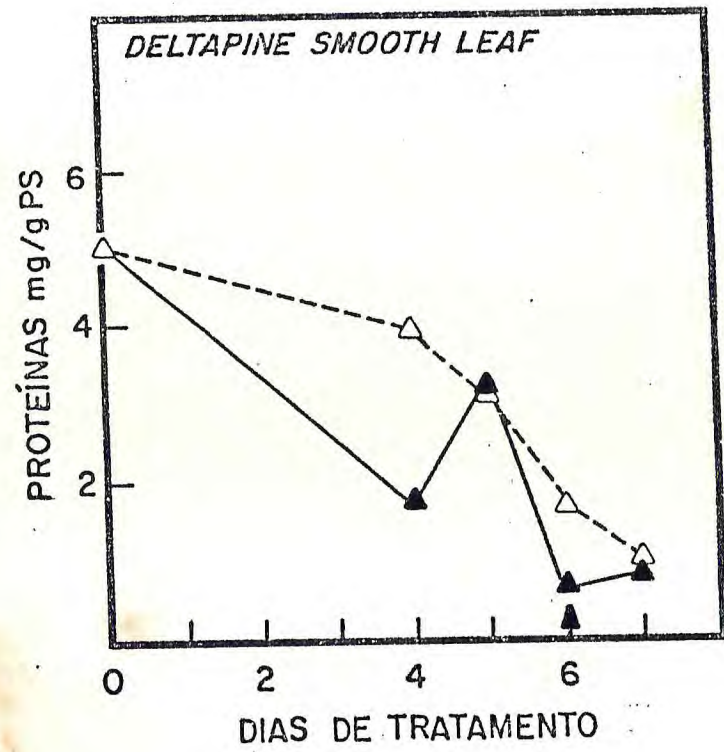
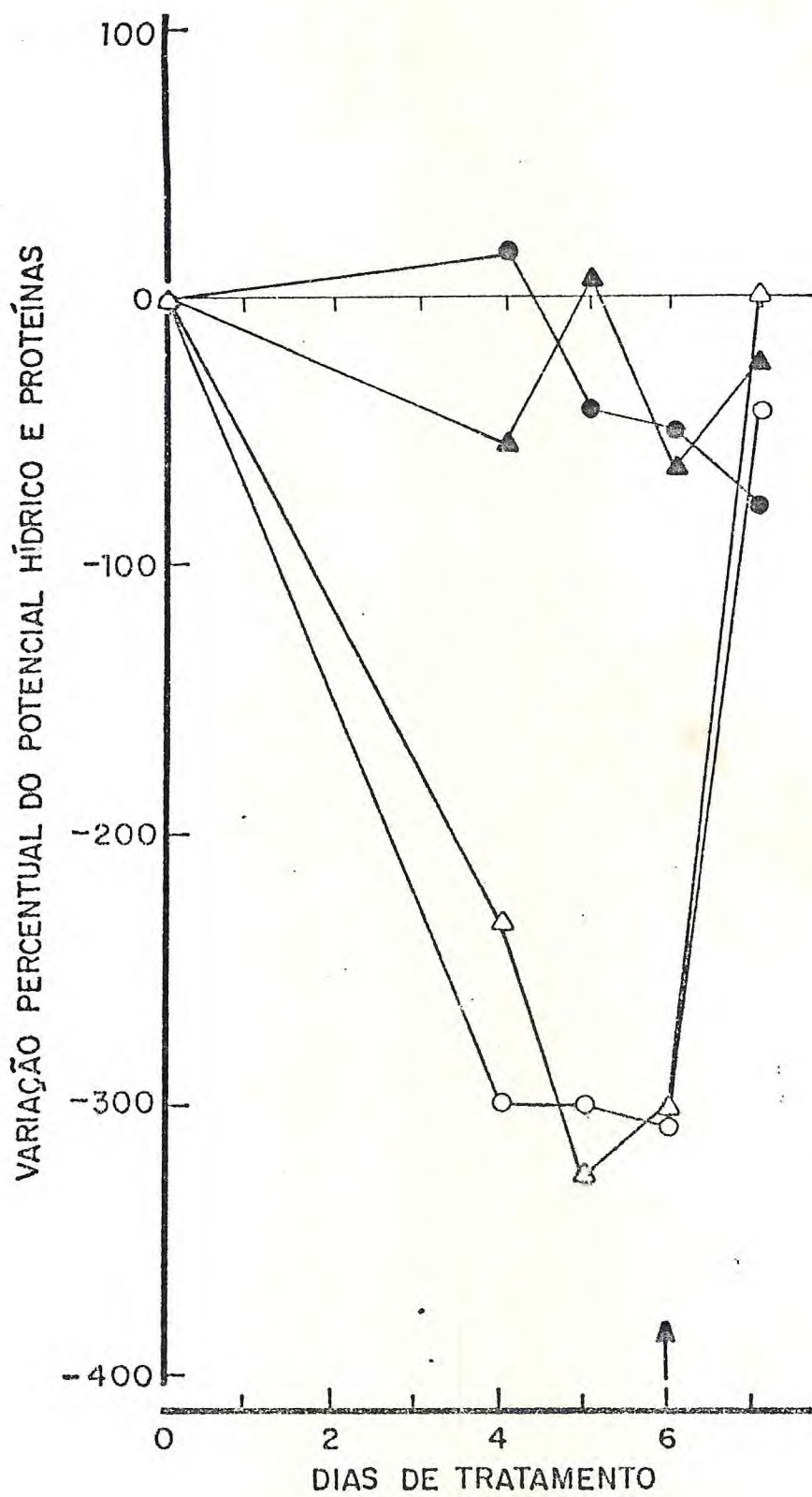


FIGURA 4 - Variação percentual do teor de proteínas e do potencial hídrico, em relação ao controle, em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf (▲—▲, △—△) e Mocô-9193 (●—●, ○—○), respectivamente, durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.



madamente igual àquele observado no 5º dia de tratamento (TABELA 3 e FIGURA 3).

Nas plantas da cultivar Mocô-9193 submetidas ao estresse hídrico, o teor de proteína aumentou levemente até o 4º dia seguido de um decréscimo progressivo até o final do período experimental, mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega. No 7º dia, o decréscimo no teor de proteína para as plantas não irrigadas foi de 60% em relação àquele observado no início do tratamento (TABELA 3 e FIGURA 3).

No tratamento não irrigado das plantas da cultivar Mocô-9193 ocorreu um comportamento semelhante ao observado nas plantas da cultivar Deltapine smooth leaf, isto é, o teor de proteína caiu durante o tratamento, embora não acompanhando em magnitude a redução observada no potencial hídrico. Apesar de para valores muito baixos de potencial hídrico (-4,0 MPa), o teor de proteína na cultivar Mocô-9193 ter sido superior ao observado nas plantas da cultivar Deltapine smooth leaf, após o reinício da rega o teor de proteína não foi recuperado (FIGURA 4).

#### 3.4 - Determinação do Teor de Clorofila nos Extratos de Folha

Os teores de clorofila das folhas de plantas da cultivar Deltapine smooth leaf decresceram moderadamente durante o período experimental, tanto para as plantas submetidas ao déficit hídrico como as plantas do tratamento controle (TABELA 4 e FIGURA 5). Os teores de clorofila para as plantas do tratamento controle variaram de 7,34 a 3,81 mg/g de peso seco. O 7º dia de tratamento apresentou o valor mais baixo, 3,81 mg/g de peso seco, ou seja, uma redução de 48% em relação ao início do tratamento. As plantas da cultivar Deltapine smooth leaf submetidas ao estresse hídrico tiveram seus teores de clorofila variando entre 6,22 e 3,23 mg/g de peso seco. O valor mais baixo foi obtido no 6º dia,

TABELA 4 - Variação do teor de clorofila nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocõ-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental.

	CLOROFILA mg/g PS <sup>(1)</sup>									
	Deltapine smooth leaf					Mocõ-9193				
	Dias de tratamento					Dias de tratamento				
	0	4	5	6	7	0	4	5	6	7
C	7,34 ± 0,02	5,48 ± 0,22	5,51 ± 0,13	4,97 ± 0,27	3,81 ± 0,08	7,54 ± 0,05	5,59 ± 0,02	5,51 ± 0,14	4,36 ± 0,02	5,26 ± 0,12
S	7,34 ± 0,02	5,33 ± 0,14	6,22 ± 0,21	3,23 ± 0,27	3,65 ± 0,12	7,54 ± 0,05	8,13 ± 0,09	4,87 ± 0,18	3,76 ± 0,25	6,08 ± 0,09
V	0	-2,74	12,8	-35,1	- 4,0	0	45,4	-11,6	-13,8	15,6

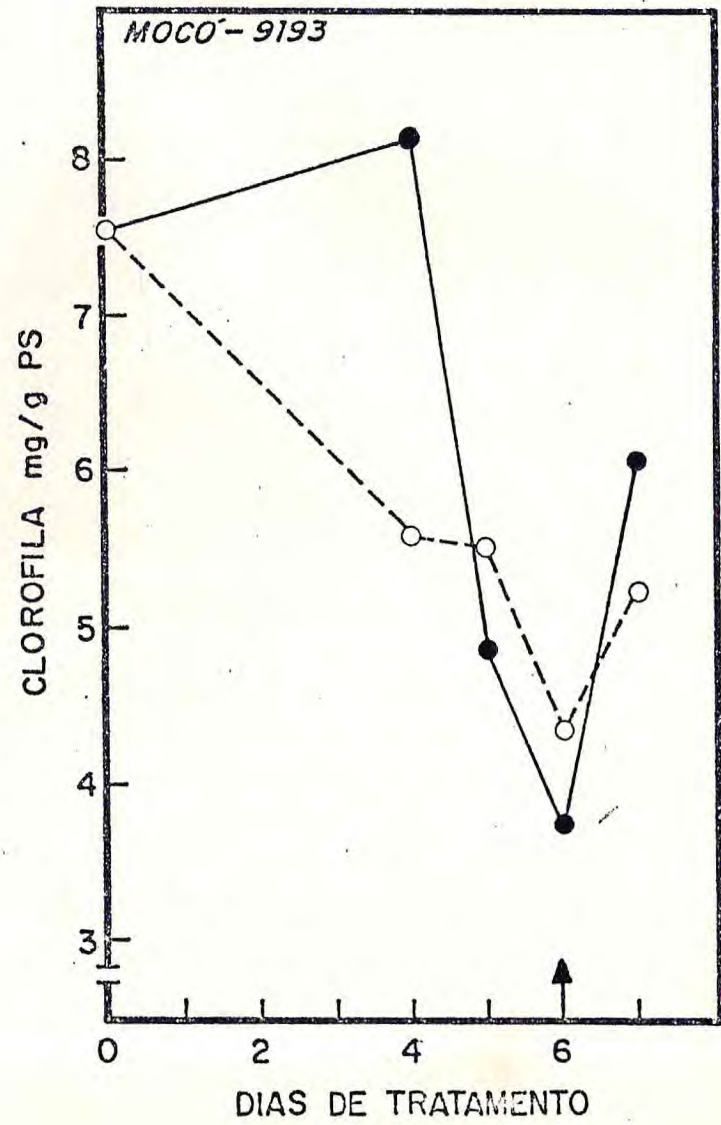
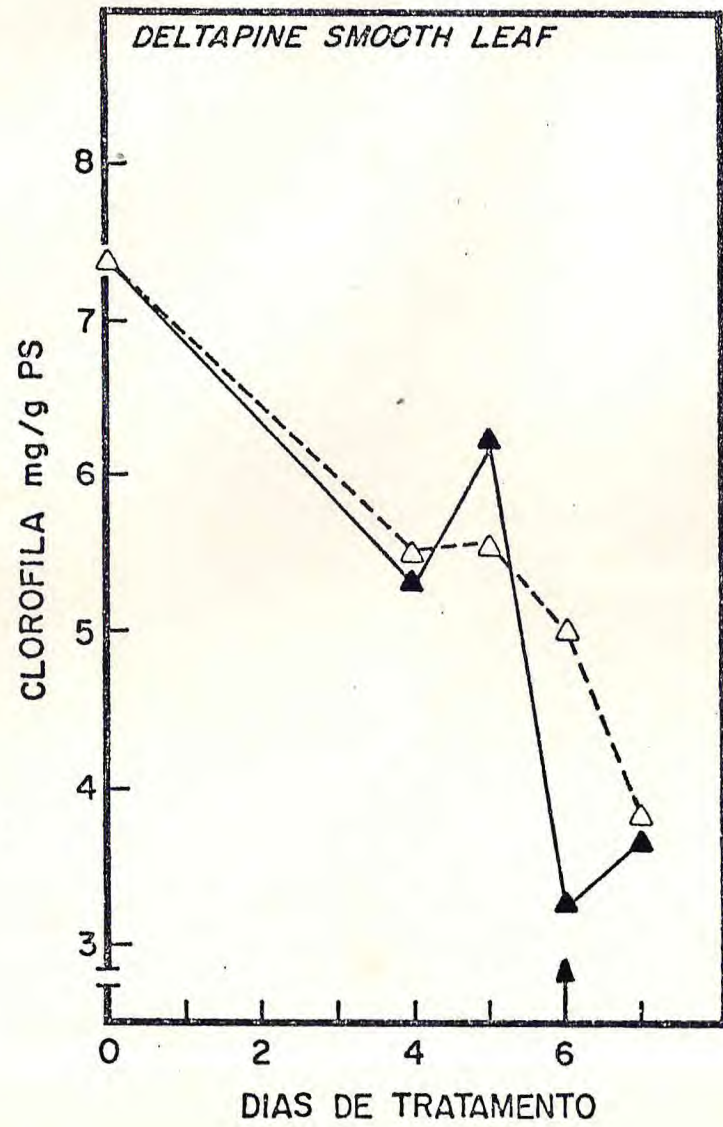
(1) Valores médios e erro padrão de três repetições para cada cultivar.

C - Tratamento controle

S - Tratamento não irrigado

V - Variação percentual com relação ao controle ( $V = \frac{S - C}{C} \times 100$ ).

FIGURA 5 - Variação do teor de clorofila nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf (▲—▲ - tratamento não irrigado e △—△ - tratamento irrigado) e Mocó-9193 (⊖—⊖ - tratamento não irrigado e ●—● - tratamento irrigado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.



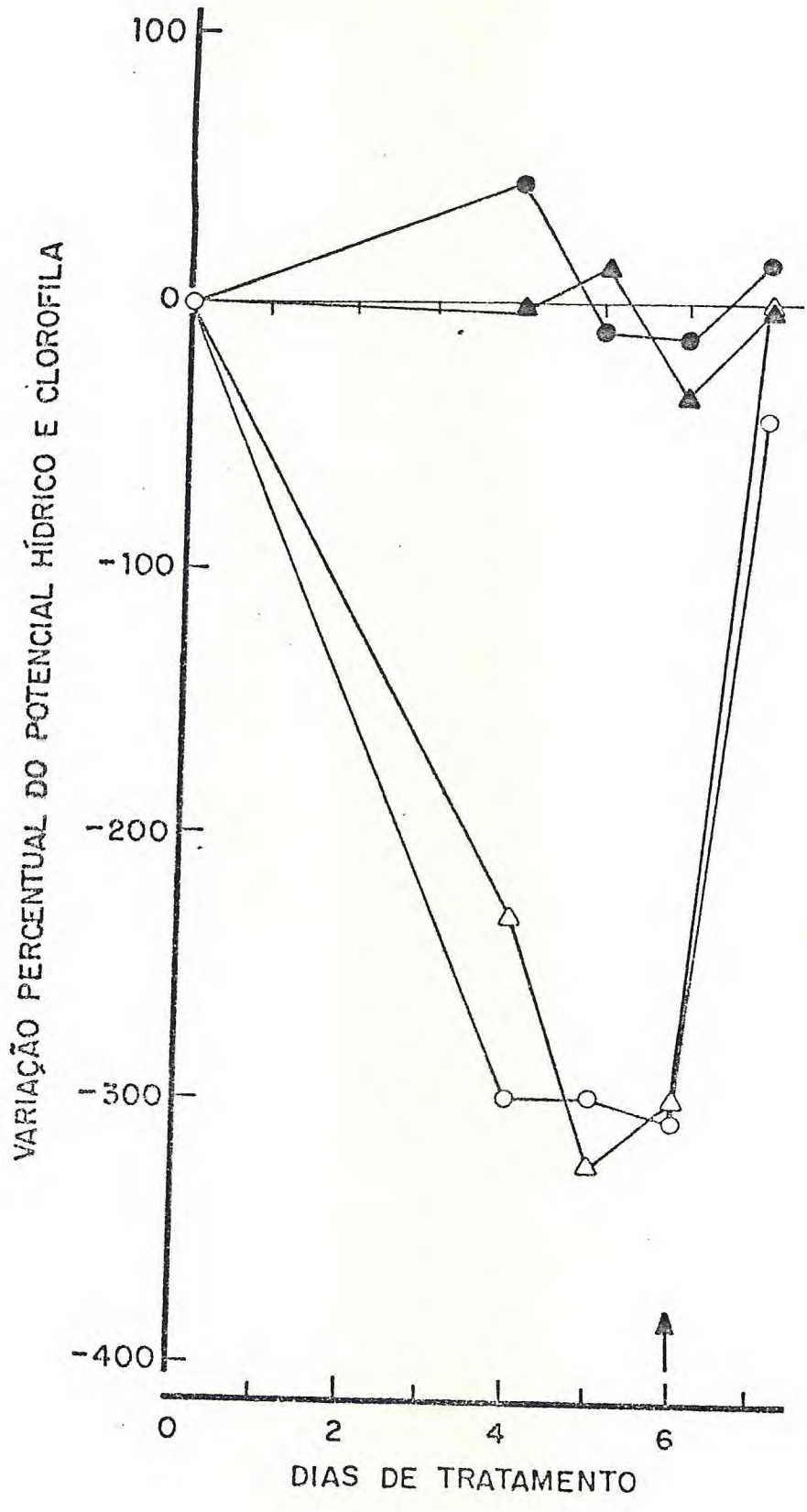
3,23 mg/g de peso seco, correspondendo a uma redução de 56% em relação ao valor observado no início do tratamento. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, as plantas da cultivar Deltapine smooth leaf submetidas ao estresse hídrico recuperaram seu teor de clorofila ao nível do controle (TABELA 4 e FIGURA 5).

A redução do teor de clorofila em folhas de plantas da cultivar Deltapine smooth leaf submetidas ao estresse hídrico, não acompanhou a redução observada no potencial hídrico sendo o teor inferior ao controle somente no 6º dia (FIGURA 6).

Na cultivar Mocó-9193, os teores de clorofila para as plantas do tratamento controle, decresceram até o 6º dia, com uma recuperação se verificando no sétimo dia de tratamento. As variações ficaram entre 7,54 e 4,36 mg/g de peso seco de clorofila (TABELA 4). O 6º dia de tratamento apresentou o valor mais baixo do período experimental, sendo de 4,36 mg/g de peso seco, com uma redução de 42% em relação aos níveis iniciais. Nas plantas submetidas ao estresse hídrico, o teor de clorofila permaneceu constante até o 4º dia, quando se verificou uma queda brusca, com as plantas apresentando no 6º dia o valor mais baixo do período de tratamento, ou seja, 3,76 mg/g de peso seco de clorofila, com uma redução de 50% em relação ao início do tratamento (TABELA 4 e FIGURA 5). Vinte e quatro horas após o reinício da rega, estas plantas apresentaram uma pequena recuperação em seus teores de clorofila, mostrando um decréscimo de 19% em relação aos valores determinados no início do período experimental (TABELA 4 e FIGURA 5).

A redução do teor de clorofila em folhas de plantas estressadas da cultivar Mocó-9193, não acompanhou a redução observada no potencial hídrico, sendo o teor inferior ao controle somente após 5 dias de suspensão da rega. Após o reinício da rega houve uma recuperação tanto do potencial hídrico como dos teores de clorofila (FIGURA 6).

FIGURA 6 - Variação percentual do teor de clorofila e do potencial hídrico, em relação ao controle, em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf (▲—▲, △—△) e Mocó-9193 (●—●, ○—○), respectivamente, durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.



### 3.5 - Teor de Lipídios Totais

No tratamento controle da cultivar Deltapine smooth leaf, o teor de lipídios totais (TLT), apresentou poucas variações até o 6º dia de tratamento. No 7º dia, houve uma queda acentuada no teor de lipídios totais, sendo observado um decréscimo de 20% em relação aos valores obtidos no início do período experimental (TABELA 5). As plantas da cultivar Deltapine smooth leaf quando submetidas ao estresse hídrico, tiveram seus teores de lipídios totais praticamente constantes até o 4º dia do período experimental. A partir do 4º dia, houve então um decréscimo progressivo no teor de lipídios totais. Os valores mais baixos do período de carência hídrica foram observados no 6º dia, com um decréscimo de 46% em relação aos valores observados no início do período experimental. Mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega, o teor de lipídios totais continuou a decair, sendo que no 7º dia do período experimental, a redução atingiu 48% em relação àqueles valores observados no início do tratamento (TABELA 5 e FIGURA 7).

As plantas da cultivar Deltapine smooth leaf submetidas ao estresse hídrico tiveram os teores de lipídios totais praticamente constantes até o potencial hídrico alcançar valores em torno de -2,6 MPa, quando então se verificou uma acentuada redução à medida que aumentava a carência hídrica dos tecidos foliares. Após o reinício da rega os teores de lipídios totais permaneceram baixos, mesmo havendo uma recuperação do potencial hídrico (FIGURA 8).

Os teores de lipídios totais nas plantas do tratamento controle da cultivar Mocô-9193, permaneceram aproximadamente constantes até o final do experimento. No 7º dia do período experimental houve um acréscimo no teor de lipídios

**TABELA 5** - Variação do teor de lipídios totais nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental.

	LIPÍDIOS TOTAIS mg/dm <sup>2</sup>									
	Deltapine smooth leaf					Mocô-9193				
	Dias de tratamento					Dias de tratamento				
	0	4	5	6	7	0	4	5	6	7
C	8,11	7,59	8,03	7,74	6,52	7,14	7,11	7,37	6,87	7,76
S	8,11	8,33	5,18	4,36	4,24	7,14	6,48	4,97	5,81	7,23
%	100	109,7	64,5	56,3	65,0	100	91,1	67,4	84,6	93,2
V	0	9,7	-35,5	-43,7	-35,1	0	-8,9	-32,6	-15,4	-6,8

C - Tratamento controle

S - Tratamento não irrigado

% - Percentagem de cada dia de tratamento em relação ao controle

V - Variação percentual com relação ao controle ( $V = \frac{S - C}{C} \times 100$ ).

FIGURA 7 - Variação do teor de lipídios totais nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf ( $\blacktriangle$ - $\blacktriangle$  - tratamento não irrigado e  $\triangle$ - $\triangle$  - tratamento irrigado) e Mocô-9193 ( $\bullet$ - $\bullet$  - tratamento não irrigado e  $\circ$ - $\circ$  - tratamento irrigado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.

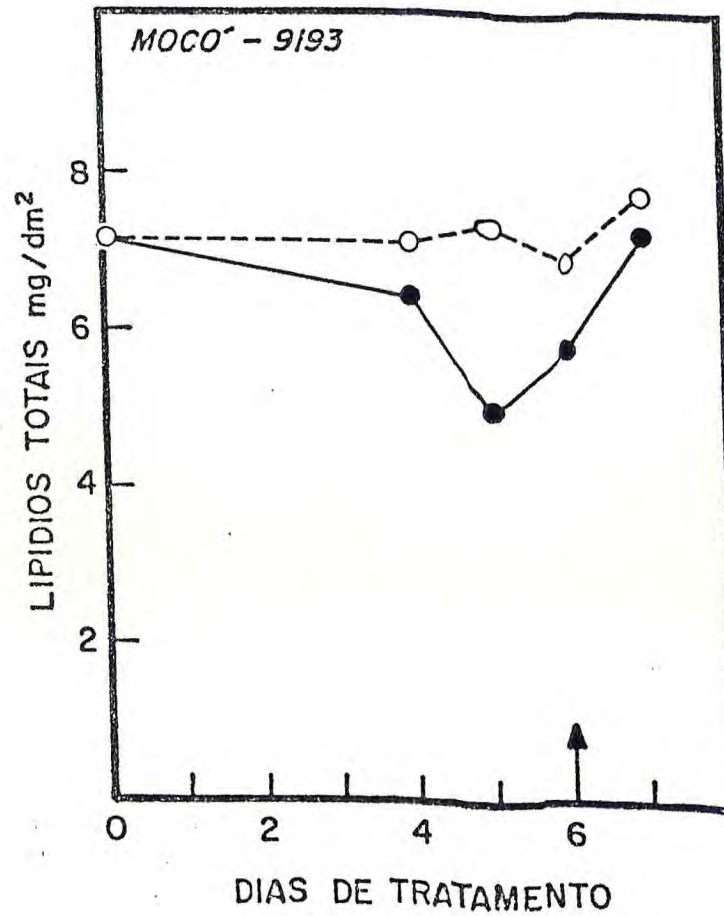
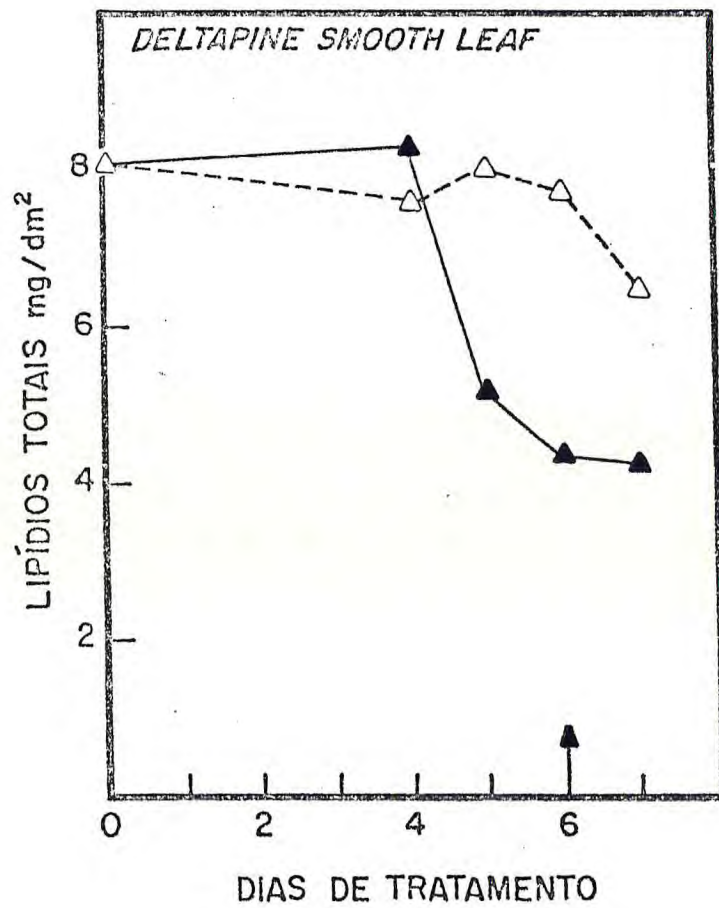
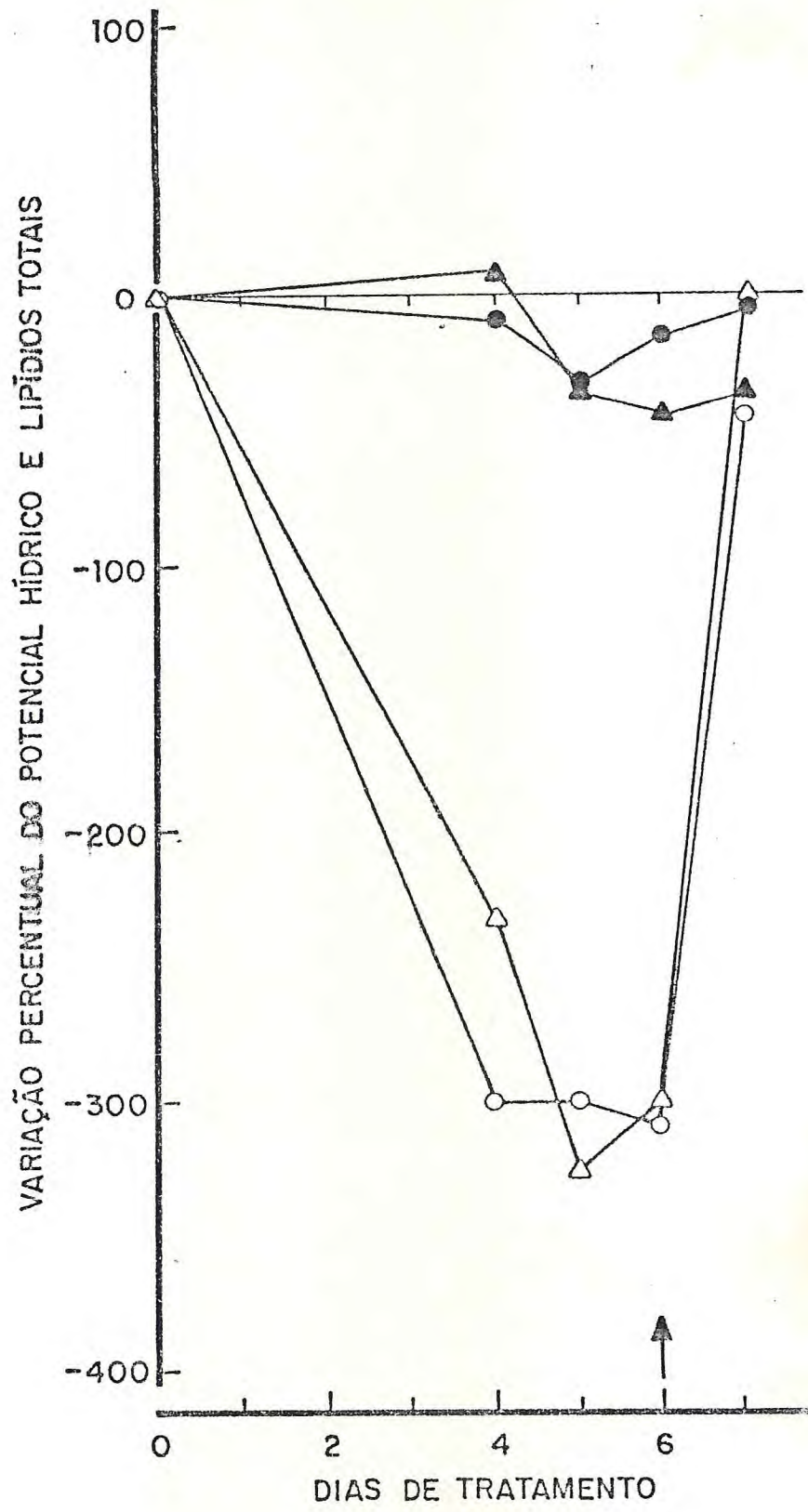


FIGURA 8 - Variação percentual do teor de lipídios totais e do potencial hídrico, em relação ao controle, em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf (▲—▲, △—△) e Mocó-9193 (●—●, ○—○), respectivamente, durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.



totais, sendo observado um aumento de 9,0% em relação ao valor obtido no início do tratamento (TABELA 5 e FIGURA 7).

As plantas da cultivar Mocô-9193 submetidas ao estresse hídrico, apresentaram uma ligeira queda no seu teor de lipídios totais até o 4º dia de tratamento. No 5º dia, ocorreu uma queda acentuada do teor de lipídios totais (cerca de 30% em relação ao 1º dia de tratamento), com um aumento subsequente no 6º dia. Uma recuperação acentuada foi observada no 7º dia, com um aumento de 1,5% em relação aos valores obtidos no período inicial do experimento e 45% em relação ao 5º dia do período experimental (FIGURA 7).

As plantas estressadas da cultivar Mocô-9193 tiveram um decréscimo no teor de lipídios das folhas até alcançar valores de potencial hídrico de -3,0 MPa. Mesmo com a diminuição do potencial hídrico houve um aumento dos teores de lipídios totais, alcançando valores próximos àqueles observados nas plantas reidratadas. Com a reidratação e consequente aumento nos valores do potencial hídrico, o teor de lipídios totais voltou a apresentar valor próximo ao do início do tratamento. Em relação a cultivar Deltapine smooth leaf notou-se que a cultivar Mocô-9193, apresentou uma capacidade mais efetiva de recuperação dos níveis de lipídios com a reidratação (FIGURA 8).

### 3.6 - Determinação da Peroxidação dos Lipídios

A peroxidação dos lipídios foi determinada através da medição do teor formado de hidroperóxido de cumeno (HPC), conforme descrito em Material e Métodos.

Os níveis de peroxidação dos lipídios (teor de HPC formado) das folhas de plantas da cultivar Deltapine smooth leaf decresceram nos primeiros dias do período experimental, tanto no tratamento controle como nas plantas submeti-

das ao estresse hídrico. Entretanto a partir do 5º dia de tratamento, os teores de HPC aumentaram, sendo este acréscimo mais acentuado nas plantas submetidas ao déficit hídrico. O teor máximo de HPC alcançado no 7º dia do período experimental, pelas plantas anteriormente sujeitas à carência hídrica, correspondeu a um aumento de 243% em relação ao valor mínimo observado no 4º dia de tratamento (TABELA 6 e FIGURA 9). Vinte e quatro horas após o reinício da rega não houve qualquer alteração na tendência linear de formação de HPC nas plantas submetidas ao estresse hídrico. Neste mesmo período de tempo ocorreu uma estabilização no nível de peroxidação dos lipídios das plantas do tratamento controle (FIGURA 9).

Nas plantas estressadas da cultivar Deltapine smooth leaf, a redução do potencial hídrico foi acompanhada também de uma diminuição do nível de peroxidação dos lipídios. Esta redução foi também observada nas plantas do tratamento controle até o 5º dia do período experimental, quando as plantas estressadas atingiram valores de potencial hídrico de -3,4 MPa (FIGURA 9 e 10). O aumento no nível de lipídios peroxidados a partir de -3,4 MPa, que se verificou no 5º dia do período experimental coincide com o acréscimo nos teores de HPC nas plantas do tratamento controle (FIGURA 10).

Nas plantas da cultivar Mocô-9193 submetidas ao déficit hídrico, houve um pequeno acréscimo até o 4º dia, quando então se verificou um aumento quase linear na formação de HPC, que continuou mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega. O teor de HPC alcançado no 7º dia pelas plantas do tratamento não irrigado, corresponde a um aumento de 69% em relação ao valor mínimo observado no 4º dia do período experimental (TABELA 6 e FIGURA 9). As plantas do tratamento controle, tiveram o nível de HPC ligeiramente aumentado (17%) no 4º dia, sendo que no 5º dia o nível de HPC foi reduzido ao valor do 1º dia. No final do período experimental, isto é, no 7º dia, o nível de HPC das plantas controle

**TABELA 6** - Variação do teor de lipídios peroxidados (hidroperóxido de cumeno/g de lipídio - equivalente) nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 (tratamento não irrigado e tratamento irrigado) durante o período experimental.

μMOLES DE EQUIVALENTES DE HIDROPERÓXIDO DE CUMENO/g DE LIPÍDIO (1)										
	Deltapine smooth leaf					Mocó-9193				
	Dias de Tratamento					Dias de tratamento				
	0	4	5	6	7	0	4	5	6	7
C	1,308 ±0,012	1,104 ±0,005	0,910 ±0,022	1,488 ±0,032	1,519 ±0,040	0,983 ±0,015	1,153 ±0,007	1,012 ±0,002	1,238 ±0,002	1,150 ±0,01
S	1,308 ±0,012	0,717 ±0,002	0,804 ±0,015	1,756 ±0,002	2,455 ±0,027	0,983 ±0,015	0,777 ±0,005	1,056 ±0,012	1,111 ±0,04	1,317 ±0,047
V	0	-35,05	-11,65	18,01	61,62	0	-32,61	4,35	-10,26	14,52

(1) Valores médios de duas repetições e erro padrão para cada cultivar.

C - Tratamento controle

S - Tratamento não irrigado

V - Variação percentual com relação ao controle ( $V = \frac{S - C}{C} \times 100$ ).

**FIGURA 9** - Níveis de peroxidação de lipídios, medidos pela formação de equivalentes de hidroperóxido de cumeno/g de lipídio, nas folhas das cultivares Deltapine smooth leaf (▲—▲ - tratamento não irrigado e △—△ - tratamento irrigado) e Mocó-9193 (●—● - tratamento não irrigado e ○—○ - tratamento irrigado) durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.

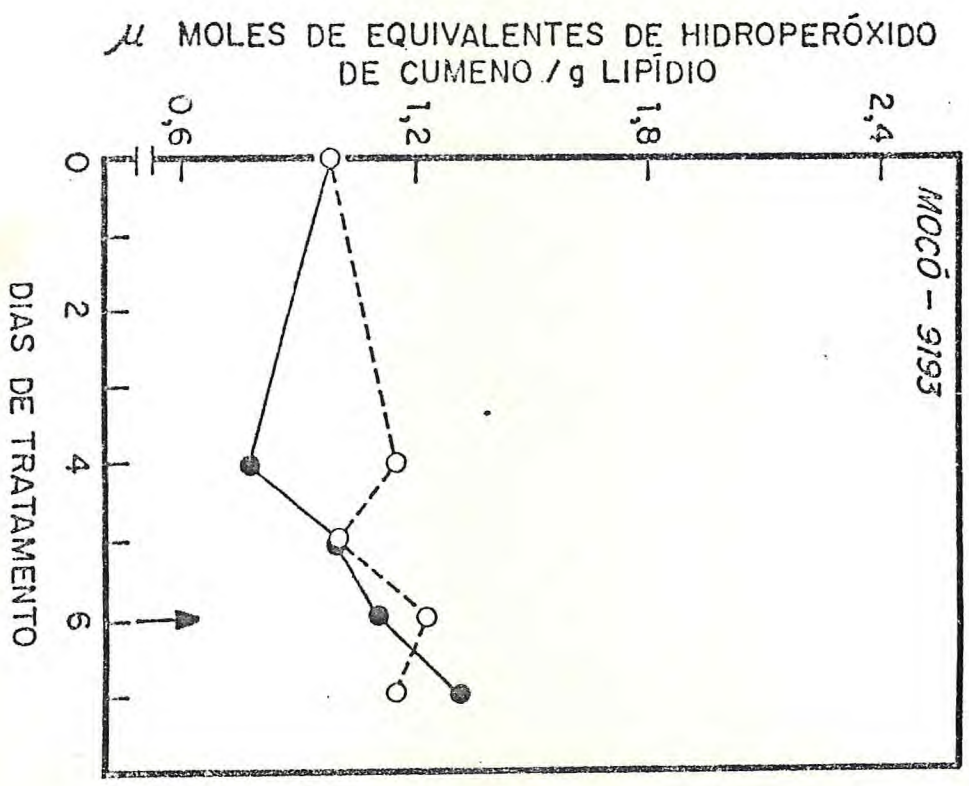
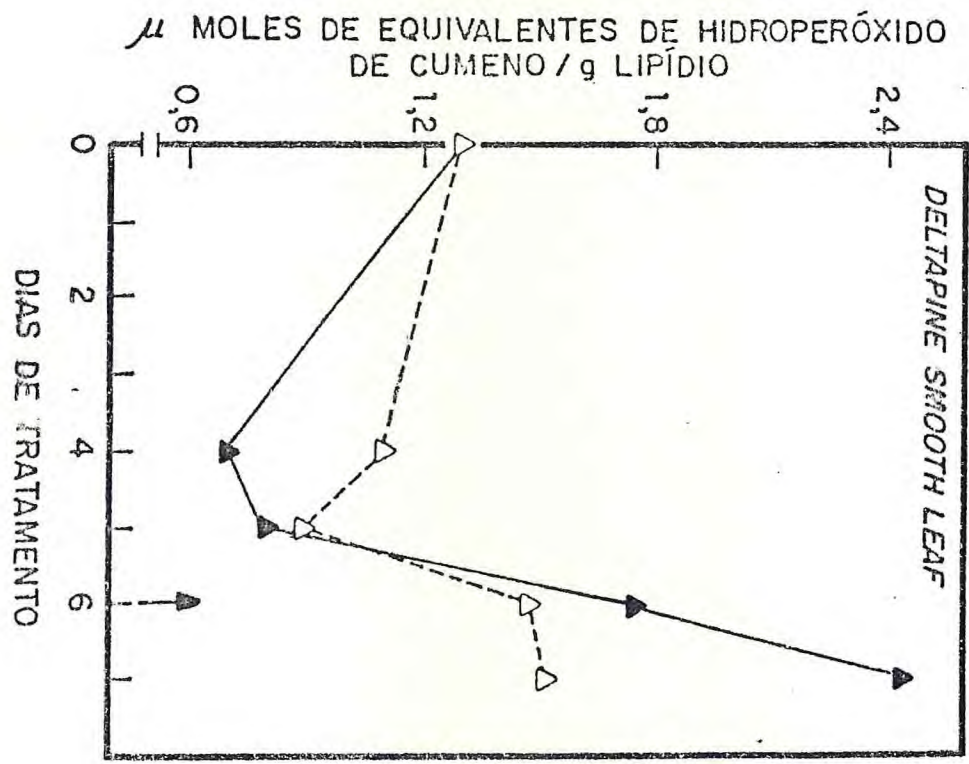
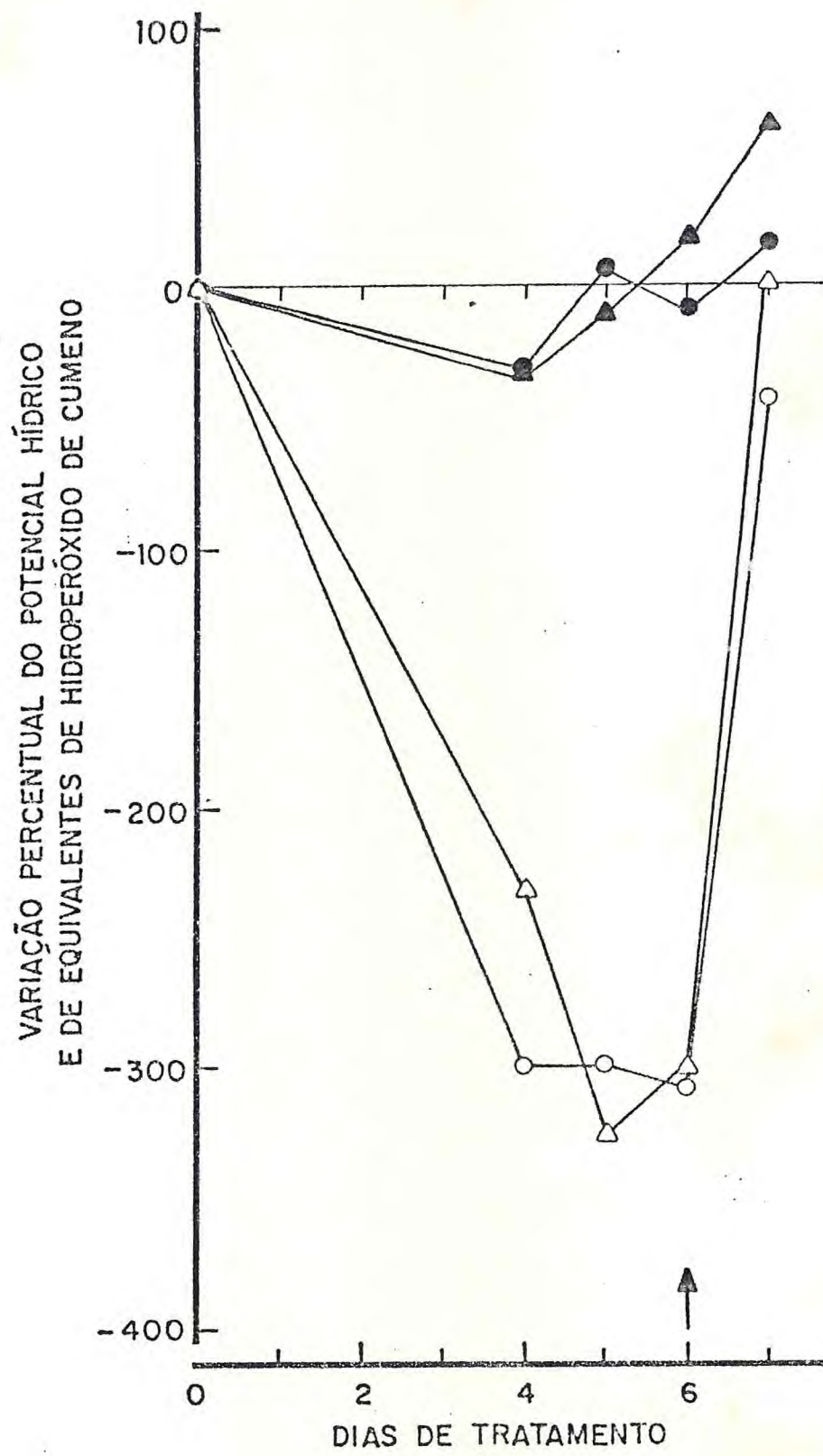


FIGURA 10 - Variação percentual dos níveis de peroxidação dos lipídios medidos pela formação de equivalentes de hidroperóxidos de cumeno/g de lipídio e do potencial hídrico, em relação ao controle, em folhas das cultivares Deltapine smooth leaf (▲—▲, △—△) e Mocó-9193 (●—●, ○—○), respectivamente, durante o período experimental. A seta indica o reinício da rega.



tiveram um aumento de 17% em relação ao início do tratamento.

As plantas da cultivar Mocô-9193 submetidas ao estresse hídrico, tiveram reduzidos seus níveis de lipídios peroxidados até valores de potencial hídrico de -3,2 MPa. A partir de então, ocorreu um aumento dos níveis de peroxidação dos lipídios para valores acima dos observados nas plantas do tratamento controle. Houve uma recuperação do potencial hídrico, mesmo antes do reinício da rega, mas foi mantida a tendência de aumento da peroxidação dos lipídios. Fazendo-se uma comparação, em mesmos valores de potencial hídrico, a cultivar Mocô-9193 apresentou sempre níveis de peroxidação dos lipídios muito mais baixos do que os observados para a cultivar Deltapine smooth leaf. Estes dados observados relativo à peroxidação dos lipídios reforçam as observações constatadas no estudo dos teores de lipídios totais para ambas as cultivares (FIGURA 10).

#### 4 - DISCUSSÃO

Quando plantas de algodão (Gossypium hirsutum L.) das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 foram submetidas ao estresse hídrico, apresentaram sensíveis reduções em seus valores de potencial hídrico, em relação as plantas do tratamento controle (FIGURA 1). A redução do potencial hídrico em ambas as cultivares foi progressiva, alcançando os menores valores no 6º dia do período experimental. Este decréscimo pode ser explicado como resultante de uma alta taxa de transpiração associada a uma redução do fluxo de água do solo para as raízes devida a um decréscimo do potencial hídrico do solo.

Apesar de ambas as cultivares terem alcançado valores de potencial hídrico muito baixos, o reinício da rega permitiu que em somente vinte e quatro horas as cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193, recuperassem o nível de hidratação existente nas plantas do tratamento controle. Isto demonstra que mesmo um elevado nível de desidratação não foi capaz de causar danos irreversíveis no sistema de absorção e transporte das plantas.

No estudo do potencial osmótico (FIGURA 2 e TABELA 2) observamos resultados concordantes com os obtidos para o potencial hídrico, ou seja, as cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 quando submetidas ao estresse hídrico tiveram uma redução progressiva em seu potencial osmótico até o 6º dia de carência hídrica. Após o reinício da rega, os valores do potencial osmótico voltaram a subir, atingindo os níveis daqueles observados nas plantas do tratamento controle. As plantas da cultivar Deltapine smooth leaf submetidas ao estresse hídrico, apresentaram durante todo o período experimental valores mais altos de potencial osmótico do que os observados para as plantas da cultivar Mocô-9193.

Nas plantas do tratamento controle da cultivar Deltapine smooth leaf, o teor de proteína decresceu gradativamente durante o período experimental (FIGURA 3). Nas plantas estressadas houve uma redução acentuada a partir do 5º dia, alcançando valores mais baixos (0,63 mg/g PS) no 6º dia, o que corresponde a uma redução de 64% em relação ao controle do mesmo dia. Após o reinício da rega houve uma recuperação do teor de proteínas para valores próximos aos observados no tratamento controle. A FIGURA 4, mostra que apesar de ter havido um decréscimo no teor de proteínas este não acompanhou em magnitude a redução do potencial hídrico nestas plantas.

As plantas do tratamento controle da cultivar Mocô-9193, com excessão do 4º dia do período experimental, apresentaram sempre teores de proteínas superiores aos observados nas plantas estressadas (FIGURA 3 e TABELA 3). Quando as plantas foram submetidas à carência hídrica houve uma redução progressiva a partir do 4º dia do período experimental. Mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega não houve reversão da tendência de decréscimo nos teores de proteínas, sendo observado por conseguinte os valores mais baixos no 7º dia do período experimental (FIGURA 3). A redução do teor de proteína nestas plantas, embora mais acentuada que na cultivar Deltapine smooth leaf, também não acompanhou em magnitude a queda observada nos valores do potencial hídrico (FIGURA 4).

SHAH & LOOMIS (1965) mostraram que a síntese de proteínas é um dos processos metabólicos mais sensíveis aos efeitos do estresse hídrico em plantas. OPARIN e KURSANOV (1956) por sua vez, encontraram que as sínteses decrescem e as hidrólises de proteínas aumentam com a diminuição do conteúdo de água nos tecidos vegetais. A redução do teor de proteína em ambas as cultivares de algodão estudadas no presente trabalho, quando submetidas ao estresse hídrico pode ser explicada por um aumento dos processos de hidrólises e uma redução da síntese protéica. O teor de proteínas pode

também ser reduzido por um aumento na concentração de aminoácidos livres (BARLOW et al., 1976a). A conversão de proteínas em aminoácidos livres, principalmente glutamina e asparagina é uma consequência normal para as plantas submetidas ao déficit hídrico (MOTHES, 1928). O teor de proteínas, além disso, pode também ser reduzido pelo decréscimo de energia livre disponível, resultante da redução das atividades respiratória e fotossintética, o que leva a uma redução nos processos de síntese protéica (BARLOW et al., 1976b). Em plantas de milho submetidas ao estresse hídrico, a redução destes dois processos levou a uma diminuição do nível de ATP de cerca de 40% (BARLOW et al., 1976b). Em algodão, observamos que o decréscimo do teor de proteínas continuou mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega, com a cultivar Mocó-9193 apresentando os valores mais baixos de todo o período experimental, cerca de 60% em relação àquele determinado no início do tratamento. A cultivar Deltapine smooth leaf apresentou uma leve recuperação vinte e quatro horas após o reinício da rega, atingindo um valor próximo ao do controle, em concordância com os resultados obtidos por BRANDLE et al. (1977) que encontraram uma recuperação de 73% quarenta e oito horas após a reidratação. As plantas do tratamento controle da cultivar Deltapine smooth leaf apresentaram uma redução progressiva no teor de proteínas durante o período experimental. Este fato pode ser explicado, em parte, pela ocorrência do início da floração ao mesmo tempo em que as determinações foram efetuadas. Dessa forma pode ter ocorrido uma translocação de proteínas das folhas para as cápsulas em formação. Por outro lado, a redução dos teores de proteínas pode ter ocorrido também como decorrência do processo de senescência natural das folhas.

O teor de clorofila das plantas do tratamento controle da cultivar Deltapine smooth leaf decresceu lentamente até o 4º dia do período experimental, permanecendo estável até o 6º dia. No 7º dia de tratamento ocorreu um decréscimo de 48% em relação ao início do tratamento (FIGURA 5).

Esta redução dos teores de clorofila pode ser em parte explicada pela senescência natural das folhas. O teor de clorofila das plantas submetidas ao estresse hídrico seguiu a mesma tendência das plantas do tratamento controle até o 5º dia. No 6º dia ocorreu um decréscimo de cerca de 35% em relação ao controle do mesmo dia de tratamento. Vinte e quatro horas após o reinício da rega foi mantido o mesmo nível do dia anterior, não havendo portanto uma recuperação nos teores de clorofila (FIGURA 5). Os teores de clorofila parecem ser ainda menos sensíveis que as proteínas à redução de potencial hídrico (FIGURA 6).

As plantas do tratamento controle da cultivar Mocó-9193 apresentaram uma pequena redução no teor de clorofila até o 5º dia do período experimental, mostrando no 6º dia uma redução de 42% em relação ao início do tratamento. No 7º dia, houve uma pequena recuperação nos teores de clorofila (FIGURA 5). As plantas submetidas ao estresse hídrico apresentaram uma redução acentuada apenas a partir do 4º dia de tratamento, 12% em relação ao controle do mesmo dia, ou 35% em relação ao início do tratamento. No 6º dia, a redução foi de 14% em relação ao controle. Somente nestes dois dias os teores de clorofila das plantas estressadas foram mais baixos em relação ao controle. Vinte e quatro horas após o reinício da rega estas plantas recuperaram seus teores de clorofila (FIGURA 5). Na FIGURA 6, podemos observar que também para a cultivar Mocó-9193 o teor de clorofila parece ser menos sensível à redução de potencial hídrico que aqueles de proteínas.

A redução nos teores de clorofila, reflete o efeito do déficit hídrico sobre a síntese de clorofila (ALBERT *et al.*, 1975). Embora as plantas do tratamento controle também tenham apresentado seus teores de clorofila decrescidos, a redução nas plantas submetidas ao período de carência hídrica foi maior, de acordo com as observações de BHARDWAJA & SINGHAL (1981), onde o estresse hídrico apresentou a destruição da clorofila em plantas de cevada. VIEIRA

DA SILVA et al., (1974) também encontraram decréscimos nos teores de clorofila em plantas de algodão quando submetidas ao estresse hídrico, prococados pela desorganização da estrutura subcelular dos cloroplastos. O decréscimo dos teores de clorofila observados nas plantas do tratamento controle para as cultivares Deltapine smooth leaf e Mocó-9193 pode ser em parte explicado pela senescência natural das folhas. A redução dos teores de clorofila observada nas plantas de ambas as cultivares submetidas ao estresse hídrico, pode também ser explicada pela peroxidação dos lipídios das membranas dos cloroplastos, à semelhança do que foi encontrado por PEISER e YANG (1978).

O teor de lipídios totais das plantas da cultivar Deltapine smooth leaf, submetidas ao estresse hídrico, decresceu acentuadamente a partir do 4º dia do período experimental. O maior decréscimo foi observado no 6º dia de tratamento atingindo 46% de redução em relação ao início do período experimental (TABELA 5 e FIGURA 5). Vinte e quatro horas após o reinício da rega não se verificou uma recuperação no teor de lipídios totais na cultivar Deltapine smooth leaf. As plantas da cultivar Mocó-9193 submetidas ao estresse hídrico sofreram um decréscimo até o 5º dia quando iniciaram uma recuperação dos níveis de lipídios totais apesar da diminuição do potencial hídrico, que continuou mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega (FIGURAS 7 e 8). A indução de uma senescência precoce pode causar um decréscimo no teor de lipídios totais das membranas (DRAPER, 1969; FERGUSON & SIMON, 1973; BEUTELMANN & KENDE, 1977 e DHINDSA et al., 1981). No presente trabalho esta senescência pode ter ocorrido em virtude da redução dos lipídios totais das membranas, que possivelmente foram reduzidos pela destruição por ação da peroxidação (PACKER et al. 1967 e DHINDSA et al. 1981). Simultaneamente, ocorreu uma queda nos teores de lipídios totais e um aumento acentuado nos teores de lipídios peroxidados, sendo este comportamento muito mais evidente nas plantas da cultivar Deltapine smooth leaf sub-

metidas ao estresse hídrico do que na cultivar Mocô-9193, mais resistente aos efeitos do déficit hídrico (FIGURAS 9 e 10).

Mudanças na permeabilidade das membranas estão correlacionadas com um declínio simultâneo dos lipídios (FERGUSON & SIMON, 1973). Uma das conseqüências da senescência seria um aumento na taxa de liberação de solutos em virtude da desorganização da estrutura funcional das membranas (PACKER *et al.*, 1967). As plantas do tratamento controle da cultivar Deltapine smooth leaf também apresentaram um decréscimo no teor de lipídios totais, que embora mais limitado, persistiu até o 7º dia do período experimental. Esta redução dos teores de lipídios totais pode também ser explicada, em parte, pela senescência natural das folhas das plantas desta cultivar. A diminuição nos teores de lipídios totais das membranas induz sérias alterações na estrutura funcional das mesmas. Segundo RAISON (1980), o estado físico dos lipídios das membranas é crítico para a manutenção da estrutura e função das proteínas. Portanto, a permeabilidade das membranas pode ser alterada pela queda dos teores de lipídios totais.

Os níveis de peroxidação dos lipídios tiveram um decréscimo até o 4º dia, seguido de um aumento progressivo nas plantas das cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 submetidas ao estresse hídrico (FIGURA 9). O aumento nos teores de lipídios peroxidados foi simultâneo à redução nos valores de potencial hídrico (FIGURA 10). Em concordância com os resultados obtidos na determinação dos teores de lipídios totais, o aumento da peroxidação dos lipídios nas plantas da cultivar Deltapine smooth leaf, foi muitas vezes superior ao verificado nas plantas da cultivar Mocô-9193. Mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega, o nível de peroxidação dos lipídios nas plantas da cultivar Deltapine smooth leaf foi 86% mais alto do que aquele observado no mesmo dia do período experimental para as plantas da cultivar Mocô-9193. Com relação à cultivar Deltapine smooth leaf,

podemos afirmar que a redução do teor de lipídios se deveu em grande parte, à peroxidação dos lipídios das membranas das folhas de plantas submetidas ao estresse hídrico. Estes resultados conferem com aqueles obtidos por GARDNER (1974), que também observou uma destruição dos lipídios das membranas através do processo de peroxidação. A redução dos teores de lipídios totais das membranas, de forma acentuada a partir do 4º dia do período experimental associada a um aumento do teor de lipídios peroxidados, nos leva a crer que ocorreram lesões a nível de membranas nas plantas da cultivar Deltapine smooth leaf submetidas ao estresse hídrico.

A peroxidação dos lipídios é considerada como uma das causas principais da deterioração das membranas (PACKER *et al.*, 1967 e DHINDSA *et al.*, 1981), fazendo com que as células percam a capacidade de manter uma compartimentalização física eficiente. Estas membranas não mais atuam na manutenção da integridade funcional do metabolismo celular, pois sua permeabilidade foi alterada em virtude da destruição dos lipídios por ação da peroxidação.

Podemos afirmar que durante o estresse hídrico a senescência precoce esteve associada à destruição dos lipídios das membranas. Pelos resultados obtidos no presente estudo com relação à determinação do teor de lipídios peroxidados (teor de hidroperóxido de cumeno), podemos afirmar que grande parte dos lipídios das membranas foi destruído por ação da peroxidação. A redução dos níveis de lipídios e o aumento dos teores de lipídios peroxidados podem também explicar o processo de deterioração das membranas em tecidos vegetais (BEULTELMANN & KENDE, 1977 e DRAPER, 1969).

A peroxidação dos lipídios das membranas foliares pode explicar também outros efeitos indiretos, como a redução dos níveis de proteína e clorofila observados no presente trabalho. Segundo TETLEY & THIMANN (1974) a peroxidação dos lipídios das membranas pode aumentar as atividades proteolíticas durante a senescência de tecidos vegetais. A clo

rofila pode ter sido destruída devido à peroxidação dos lipídios das membranas dos cloroplastos de acordo com observações obtidas por PEISER & YANG (1978), em plantas de milho submetidas ao estresse hídrico. As plantas da cultivar Deltapine smooth leaf submetidas ao estresse hídrico apresentaram uma redução acentuada em seus teores de lipídios totais e um grande aumento nos teores de lipídios peroxidados. Este fato reforça o acima exposto, pois estas plantas mesmo vinte e quatro horas após o reinício da rega, não recuperaram seus níveis de proteína e de clorofila. Portanto é possível de supor que estas membranas tiveram grande parte de seus lipídios peroxidados, o que levou a uma deterioração de sua estrutura, conduzindo a atividades proteolíticas e hidrólises em geral, alterando dessa forma a taxa de metabólitos celulares.

De acordo com os parâmetros analisados, a cultivar herbácea Deltapine smooth leaf durante todo o período experimental se apresentou menos tolerante ao estresse hídrico do que a cultivar arbórea Mocô-9193. Estes resultados concordam com as observações de FERREIRA *et al.* (1979). Eles estudaram os efeitos do estresse hídrico na cultivar arbórea Cruzeta-seridô-9193 e na cultivar herbácea IAC-12.2, e encontraram maior vulnerabilidade aos efeitos do déficit hídrico na cultivar herbácea IAC-12.2.

Os teores de proteína e de clorofila para as cultivares Deltapine smooth leaf e Mocô-9193 não apresentaram tendência, com a mesma magnitude, de redução observada na queda do potencial hídrico. Desta forma, não ficou muito evidente a ação do déficit hídrico sobre estes dois parâmetros analisados. Disto talvez resulte parte da reconhecida tolerância do algodão ao déficit hídrico. Esta redução pode ser melhor explicada pela remobilização das reservas para as cápsulas em formação e conseqüente senescência natural da 5.<sup>a</sup> folha, uma vez que as plantas do tratamento controle também tiveram decrescidos seus teores de proteína e de clorofila. Entretanto, observamos na cultivar Deltapine smooth

leaf, menos tolerante à seca, uma redução mais acentuada no teor de lipídios totais e conseqüente aumento no teor de lipídios peroxidados em função da queda do potencial hídrico. Portanto, no caso específico da cultivar Deltapine smooth leaf, os teores de lipídios totais e de lipídios peroxidados parecem ser mais susceptíveis à ação do estresse hídrico.

## 5 - CONCLUSÕES

- a - Não houve diferenças significativas para as duas cultivares estudadas com relação às variações de potencial hídrico, durante todo o período experimental. Ambas as cultivares sofreram reduções progressivas durante a suspensão da rega mas, recuperaram seus potenciais hídricos vinte e quatro horas após a reidratação a valores próximos aos do tratamento controle.
- b - A cultivar Deltapine smooth leaf em relação a cultivar Mocó-9193, sempre apresentou valores de potencial osmótico mais altos durante todo o período de carência hídrica. Entretanto vinte e quatro horas após o reinício da rega, ambas as cultivares recuperaram seus potenciais osmóticos atingindo valores próximos àqueles observados nas plantas do tratamento controle.
- c - Na cultivar Deltapine smooth leaf os teores de proteína decresceram durante todo o período experimental, tanto para as plantas estressadas como para aquelas do tratamento controle. Esta redução progressiva pode ser explicada tanto pela remobilização de reservas para as cápsulas em formação, como pela senescência natural das folhas.
- d - A exemplo da cultivar Deltapine smooth leaf, a cultivar Mocó-9193 submetida ao estresse hídrico, também teve decrescido seus teores de proteínas à medida que decresciam os valores do potencial hídrico. Vinte e quatro horas após o reinício da rega, o potencial hídrico subiu para valores próximos ao do tratamento controle, não se tendo constatada contudo a recuperação nos teores de proteína, possivelmente devido ao curto tempo de observação.

- e - As plantas do tratamento controle da cultivar Deltapine smooth leaf, apresentaram uma pequena tendência progressiva de redução do teor de clorofila durante todo o período experimental. Quando estressadas, as plantas desta cultivar apresentaram valores menores no teor de clorofila somente no 6º dia de tratamento. O reinício da rega reestabilizou o teor de clorofila para valores próximos ao do tratamento controle.
- f - A exemplo da cultivar Deltapine smooth leaf, o teor de clorofila nas plantas estressadas da cultivar Mocô-9193, também apresentou um decréscimo com a redução do potencial hídrico, alcançando valores mais baixos do que os observados no tratamento controle no 5º e 6º dia do período experimental. Porém após o reinício da rega, o teor de clorofila foi recuperado, atingindo valores ligeiramente mais altos do que os do tratamento controle.
- g - A cultivar Deltapine smooth leaf teve seus teores de lipídios totais acentuadamente decrescidos com a diminuição do potencial hídrico. Após o reinício da rega não houve recuperação nos teores de lipídios totais, mesmo o potencial hídrico tendo subido para valores próximos aos do controle.
- h - O teor de lipídios totais para a cultivar Mocô-9193, também decresceu com a redução do potencial hídrico. Contudo, mesmo antes do reinício da rega (5º dia), os teores de lipídios totais se recuperaram para valores próximos àqueles observados no tratamento controle.
- i - A cultivar Deltapine smooth leaf apresentou um decréscimo inicial, seguido de um aumento acentuado no teor de lipídios peroxidados, em especial quando o potencial hídrico alcançou valores inferiores a -3,4 MPa. Este aumento no nível de peroxidação dos lipídios ocorreu concomitantemente com a redução acentuada nos teores de lipídios totais. Mesmo após o reinício da rega, não foi revertida a tendência de formação de peróxidos de lipídios.

- j - Embora em menor magnitude, a cultivar Mocó-9193 também apresentou um decréscimo inicial de seus teores de lipídios peroxidados, seguido de um aumento, com a diminuição do potencial hídrico, em especial a partir de  $-3,2$  MPa. Este acréscimo foi muito pequeno quando comparado com os valores observados nas plantas do tratamento controle, ao contrário do constatado nas plantas da cultivar Deltapine smooth leaf.
- l - A peroxidação dos lipídios das membranas parece estar correlacionada com diferenças genotípicas que conferem maior resistência à seca, desde que para o mesmo valor de potencial hídrico a cultivar menos tolerante à carência hídrica apresentou um nível mais elevado de peroxidação. Este estudo deve ser estendido para outras espécies e/ou cultivares para testar esta hipótese.

## 6 - REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALBERTE, R.S., FISCUS, E.L. & NAYLOR, A.W. The effects of water stress on the development of the photosynthetic apparatus in greening leaves. Plant Physiol. 55:317-321, 1975.
- ALBERTE, R.S., THORNER, J.P. & FISCUS, E.L. Water stress effects on the content and organization of chlorophyll in mesophyll and bundle sheath chloroplasts of maize. Plant Physiol. 59:351-353, 1977.
- ALLEN, C.F. & GOOD, P. Acyl lipid in photosynthetic systems. Methods in Enzymology. 23:523-547, 1971.
- ARNON, D.I. Copper enzymes in isolated chloroplasts polyphenoloxidase in Beta vulgaris. Plant Physiol. 24:1-15, 1949.
- BARLOW, E.W.R., BOERSMA, L. & YOUNG, J.L. Root temperature and soil water potentials effects growth soluble carbohydrate concentration of corn seedlings. Crop. Sci. 16-59-62, 1976a.
- ① BARLOW, E.W.R., CHING, T.M. & BOERSMA, L. Leaf growth in relation to ATP levels in water stressed corn plants. Crop Sci. 16:405-407, 1976b.
- ① BEN-ZIONI, A., ITAI, C. & VAADIA, V. Water and salt stresses, kinetin and protein synthesis in tobacco leaves. Plant Physiol. 42:361-365, 1967.
- BEULTELMANN, P. & KENDE, H. Membrane lipid in senescing flower tissues of Ipomea tricolor. Plant Physiol. 59:888-893, 1977.
- BHARDWAJ, R. & SINGHAL, G.S. Effects of water stresses on

- photochemical activity of chloroplasts during greening of etiolated barley seedlings. Plant & Cell Physiol. 22: 155-162, 1981.
- ① BOYER, J.S. Leaf enlargement and metabolic rates in corn, soybean, and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiol. 46:233-235, 1970.
- BUEGE, J.A. & AUST, S.D. Microsomal lipid peroxidation. Methods in Enzymology. 52:302-310, 1978.
- CLOUGH, B.F. & MILTHORPE, F.L. Effects of water deficits on leaf development in tobacco. Aust. J. Plant. Physiol. 2: 291-300, 1975.
- ① DENMEAD, O.T. & SHAW, R.A. Availability of soil water to plants affected by soil moisture content and meteorological conditions. Agron. J. 54:385-390, 1962
- DIXON, H.H. Transpiration and the Ascent of the Sap in Plants. McMillan, Londres, 1914.
- DHINDSA, R.S., PLUMB-DHINDSA, P. & THORPE, T.A. Leaf senescence: correlated with increased levels peroxidation, and decreased levels of SOD and Catalase. J. Exp. Bot. 32:93-101 (Nº 126), 1981. 9
- EPSTEIN, E. "Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives". John Welley and Sons, inc. New York. 412p. 1971. ✓
- FERGUSON, C.H.R. & SIMON, E.W. Membrane lipids in senescing green tissues. J. Exp. Bot. 24:307-316, nº 79, 1973.
- FERRARI-ILIOU, R., PHAM THI, A. & VIEIRA DA SILVA, J. Effects 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., Effects of water deficit on proline accumulation and growth of two cotton genotypes of different ✓

- drought resistance. Z. Pflanzenphysiol. Bd. S. 189-199, 1979.
- FONG, K.L., MCKAY, P.B. & POYER, J.L. Mechanisms of lipid peroxidation. J. Biol. Chem. 248:7792-7797, 1973.
- FRIDOVICH, I. Superoxide Dismutases. Annual Rev. Biochemistry. 44:147-159, 1975.
- FRIDOVICH, I. The biology of oxygen radical. Science. 201: 875-880, 1978.
- GARDNER, H.W., KLEIMAN, R. & WEISLEDER, D. Plant lipids: Composition and distribution. Lipids. 9:696, 1974.
- HISAO, T.C. Plant responses to water stress. Annual Rev. Plant Physiology. 24:519-570, 1973.
- ① KRAMER, P.T. Water Relations of Plants. Academic Press, New York, 489 p., 1983.
- LAHIRI, A.N. SING, S. Studies of plant water relationships. IV - Impact of water deprivation on the nitrogen metabolism of Pennisetum typhoides. Proc. Nat. Sci. India Part. B34:313-322, 1968.
- LEES, G.L. & THOMPSON, J.E. Lipid composition and molecular organization in plasma membrane - enriched fractions from senescing cotyledons. Physiol. Plant. 49:215-221, 1980.
- ② LEVITT, J. Responses of Plants to Environmental stresses. Vol. II, Water, Radiation, Salt, and other Stresses. Academic Press, New York, 1980.
- ③ LOOMIS, R.S. Daily growth of maize. Am. J. Bot. 21:01-06, 1934.
- LOWRY, O.H., ROSEBROUGH, N.T., FARRAL, A.L. & RANDALL, R.J. Protein measurements with folin reagents. J. Biol. Chem. 193:265-275, 1951.

- MACKENDER, R.O. & LUTH, R.M. The galactolipid, phospholipid, and fatty acid composition of the chloroplasts envelope membranes of Vicia faba L. Plant Physiol. 53:496-502, 1974.
- MCCORD, J.M. & FRIDOVICH, I. Superoxide Dismutase in enzymic functions for erythocuprein (Hemocuprein). J. Biol. Chem. 244:6049-6055, nº 22, 1969.
- MCKINEY, G. Absorption of light chlorophyll solution. J. Biol. Chem. 140:315-322, 1941.
- MEAD, J.F. Free radicals in biology. Ed. W. A. Pryor. Academic Press, New York, pp. 51-68, 1976.
- MORCHILADZE, Z.N. Transformation of C<sup>14</sup> in the grapevine, Soobschch. Akad. Nauk. Gruz. SSR. 54:705-708, 1969.
- Ⓜ MOTHES, K. Die Wirkung des Wassermangels auf Ei-weissumsatz in höheren. Pflanzenphysiologie Ber. Deut. Bot. Ges. (Generalversammlung). 46:59-67, 1928.
- PACKER, L. DEAMER, D.W. & HEATH, R.L. Advances in Gerontological Research, Vol. 2 (Ed. B.L. Strchler). Academic Press. New York, pp. 77-120, 1967.
- PARRISH, D.J. & LEOPOLD, A.C. On the mechanism of aging in soybean seeds. Plant Physiol. 61:365-368, 1978.
- PEDERSON, T.C. & AUST, S.D. Lipid peroxidation. Biochemistry Biophysical Commun. 52:1071-1078, 1973.
- PEISER, G.D. & YANG, S.F. Lipid peroxidation in chloroplasts membranes. Phytochemistry. 17:79-84, 1978.
- PONTE, J.J. Influência do ácido sulfúrico concentrado (densidade 1,84) sobre a germinação das sementes de algodão Mocô (Gossypium hirsutum marie galante Hutch) Bol. Soc. Cear. Agron. 1:67-72, 1960.
- QUEBEDEAUX, B. Jr. & OZBUN, J.L. Effects of ammonium nutri-

tion on water stress, water uptake, and root pressure in Lycopersicon esculentum Mill. Plant. Physiol. 52:677-679, 1973.

RAISON, J.K. Membrane Lipids: structure and functions. Biochemistry of Plants. Vol. 4 (Ed. P.K. Stumpf, University of California). Academic Press, New York, pp. 57-81, 1980.

SACHER, J.A. Senescence and postharvest physiology. Annual Rev. of Plant Physiology. 24:197-224, 1973.

→ SACHS, R.M., KRETSCHEUM, T. & MOCK, T. Minimum irrigation requirements for landscape plants. J. Am. Hort. Sci. 100: 499-502, 1975.

SANDS, R. & CORELL, R.L. Water potentials and leaf elongation in radiata pine and wheat. Physiol. Plant. 37:293-297, 1976.

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. USA. 52:119-125, 1964.

SCHOLANDER, P.F., HAMMEL, H.T., HEMMINGSEN, E.A. & BRADSTREET, E.D. Sap pressure in vascular plants. Science. 148: 339-346, 1965.

○ SHAH, C.B. & LOOMIS, R.S. Ribonucleic acid and protein metabolism in sugar beet during drought. Plant Physiol. 18:240-254, 1965.

SINGER, S.J. & NICHOLSON, G.L. The fluid mosaic model of the structure of cell membrane. Science. 175:720-731, 1972.

↳ SMART, R.E. & BINGHAM, G.E. Rapid estimates of relative water content. Plant Physiol. 53:258-260, 1974.

↳ SWINDALE, L.D. & BIDINGER, F.R. The human consequences of drought and crop research priorities for their alleviation. The Physiology and Biochemistry of Drought Resis-

tance in Plants. (Ed. L.G. Paleg & D. Aspinall). Academic Press. Sydney, Australia, 492 p., 1981.

TAYLOR, H.M. & KLEPPER, B. Water relations of cotton: I - Root growth and water use as related to top growth and soil water contents. Agron. Journal. 66:584-588, 1974.

TETLEY, R.M. & THIMANN, K.V. The metabolism of oat leaves during senescence. I - Respiration carbohydrate metabolism and the action of cytokinins. Plant. Physiol. 54: 294-303, 1974.

TURNER, N.C. Drought resistance and adaptations to water deficits in crop plants. "Stress physiology in crop plants." (Eds. H.W. Messel and R. C. Staples), Willey (Interscience) New York, 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. USA. 71:3243-3247, 1974.

WESSELIUS, J.C. & BROYER, R. Influence of water stress on photosynthesis, respiration and leaf growth of Zea mays L. Meded. Landbouwhogesh. Wageningen. 72:1-15, 1972.

*Sociedade Brasileira de Bioquímica*  
III Reunião Regional do Nordeste  
NATAL — RIO GRANDE DO NORTE

Caderno de Resumos

ALTERAÇÕES BIOQUÍMICAS E FISIOLÓGICAS EM CULTIVARES DE ALGODÃO (*Gossypium hirsutum*) QUANDO SUBMETIDAS AO "STRESS" HÍDRICO.

F. M. de Paula, L. G. R. Ferreira e O. Rouault.

Deptº de Bioquímica e Biologia Molecular. C. P.1065. 60.000 Fortaleza, Ceará.

As plantas quando submetidas ao déficit hídrico sofrem modificações morfológicas e alterações nos processos bioquímicos e fisiológicos. Uma dessas alterações se verifica na estrutura das membranas celulares, o que leva a uma completa desorganização na compartimentação física. No presente trabalho, foram estudadas modificações bioquímicas e fisiológicas em duas cultivares de algodão, com diferentes graus de tolerância à seca. Aos 43 dias após o plantio, a irrigação de um grupo de plantas foi suspensa durante 7 dias, quando então foram reidratadas. No estudo das relações hídricas, as duas cultivares reduziram progressivamente seus potenciais hídrico, osmótico e de turgescência. Os teores de proteínas e de clorofila também sofreram reduções. Os teores de lipídios totais ( TLT ) das membranas celulares tiveram uma acentuada redução na cultivar menos tolerante ( Deltapine smooth leaf ). Essa mesma cultivar teve um aumento de cerca de 350% em seus teores de lipídios peroxidados ( TLP ). A cultivar mais resistente à seca ( Mocô-9193 ) manteve constante tanto seus níveis de TLT como de TLP, não ocorrendo variações consideráveis. Mesmo 48 horas após o reinício da rega não houve alterações nos níveis de TLT e TLP para as duas cultivares. Concluímos que o nível de peroxidação dos lipídios está inversamente correlacionado com o grau de resistência à seca das cultivares de algodão estudadas.

Auxílio financeiro: CNPq e CAPES.