

INFLUÊNCIA DO DÉFICIT HÍDRICO NA CONCENTRAÇÃO DE PROLINA
LIVRE E NO CRESCIMENTO DE ALGODÃO (GOSSYPIUM HIRSUTUM L.)

por

JOSÉ GOMES DE SOUZA

*Dissertação apresentada como parte dos requisitos necessá
rios à obtenção do grau de
MESTRE EM FITOTECNIA*

DEPARTAMENTO DE FITOTECNIA
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ

FORTALEZA - CEARÁ

1 9 7 7

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

A transcrição do material contido nesta dissertação é permitida desde que se faça a citação apropriada.

JOSE GOMES DE SOUZA

APROVADA EM 01 DE ABRIL DE 1977 POR:

LUIZ GONZAGA REBOUÇAS FERREIRA, Ph.D.
Orientador

JOSE TARQUINIO PRISCO, Ph.D.
Conselheiro

JOSE JACKSON LIMA ALBUQUERQUE, M.S.
Conselheiro

JOSE DE ALENCAR NUNES MOREIRA, M.S.
Convidado

*A minha esposa e ao meu filho,
ao meu pai e em memória de minha
mãe, dedico este trabalho.*

AGRADECIMENTOS

Agradecemos à Associação Nordestina de Crédito e Assistência Rural do Rio Grande do Norte, atualmente, EMATER-RN, pela oportunidade de realizar este curso.

Desejamos agradecer ao Professor Dr. Luiz Gonzaga Rebouças Ferreira, pela orientação desta dissertação e ao professor Dr. José Tarquínio Prisco, pelas valiosas sugestões e esclarecimentos.

Somos gratos ao professor José Jackson Lima Albuquerque, do Departamento de Estatística e Matemática Aplicada, pela orientação na parte estatística e ao professor José de Alencar Nunes Moreira pelas preciosas sugestões apresentadas.

O autor agradece aos colegas Eneas Gomes Filho e Marílio Ricardo de Oliveira Cardoso pela cooperação e incentivo durante a execução deste trabalho.

Desejamos estender os nossos agradecimentos ao Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (C.N.Pq.) e ao Banco do Nordeste do Brasil (BNB), pelo suporte financeiro oferecido.

Finalmente, o autor agradece à sua esposa e filho, pelo estímulo, compreensão e espírito de renúncia, os quais foram indispensáveis à realização deste trabalho.

ÍNDICE

	Página
LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE ILUSTRAÇÕES.....	x
DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS.....	xiii
RESUMO.....	xiv
INTRODUÇÃO.....	1
Efeitos da desidratação no metabolismo <u>ve</u> getal.....	1
Déficit hídrico e acúmulo de prolina.....	3
Objetivo do presente trabalho.....	6
MATERIAL E MÉTODOS.....	8
Condições de cultivo.....	8
Determinação do teor relativo de água (TRA)	10
Determinação de prolina.....	12
Determinação da produtividade biológica...	14
Delineamento experimental e análise estatís tica.....	17
RESULTADOS.....	18

Determinação do tempo de saturação dos discos.....	18
Variações no teor relativo de água das plantas durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.....	18
Variações no teor de prolina livre nas folhas durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.....	21
Variações no teor de prolina livre nas raízes durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.....	34
Variações na relação parte aérea/raiz durante o período irrigado e o não irrigado	35
Variações na taxa de assimilação líquida nos tratamentos irrigado e não irrigado.	45
Variações na taxa de crescimento relativo nos tratamentos irrigado e não irrigado.	45
Variações do ponto de compensação em função do teor relativo de água das folhas...	50
DISCUSSÃO E CONCLUSÕES.....	52
LITERATURA CITADA.....	61

LISTA DE TABELAS

Tabela		Página
I.	Variações no teor relativo de água nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12,2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega....	22
II.	Análise da variância do teor relativo de água das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 no tratamento controle.....	24
III.	Análise da variância do teor relativo de água das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.....	25
IV.	Variações no teor relativo de água nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado	26
V.	Variações no teor relativo de água e no teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado e o de reinício da rega....	29

VI. Análise da variância do teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.	31
VII. Variações no teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.....	32
VIII. Variações no teor relativo de água nas folhas e no teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado e o de reinício da rega....	36
IX. Análise da variância do teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.....	38
X. Variações no teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.....	39
XI. Variações na relação parte aérea/raiz nas	

cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.....	41
XII. Análise da variância da relação parte aérea/raiz nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 no tratamento irrigado.....	42
XIII. Análise da variância da relação parte aérea/raiz nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 no tratamento não irrigado.....	43
XIV. Variações nas taxas de assimilação líquida nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.....	46
XV. Variações nas taxas de crescimento relativo nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.....	48

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura	Página
1. Médias diárias de radiação solar, de umidade relativa e de temperatura, registradas na casa de vegetação durante o período experimental (28/9 a 13/10 de 1976).....	11
2. Efeito do tempo de absorção no teor relativo de água e na saturação das amostras de discos de folhas, nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2.....	19
3. Variações no teor relativo de água nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.....	23
4. Equações de regressão linear ajustadas aos valores do teor relativo de água e dias do período não irrigado nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2...	27
5. Variações no teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de	

Figura

Página

reinício da rega.....	30
6. Equações de regressão linear ajustadas aos valores do teor relativo de água e prolina livre das folhas nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2.....	33
7. Variações no teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.....	37
8. Equações de regressão linear ajustadas aos valores do teor relativo de água e prolina livre das raízes, nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2.....	40
9. Variações na relação parte aérea/raiz nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.....	44
10. Taxa de assimilação líquida das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.....	47

Figura

Página

11. Taxa de crescimento relativo nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.....	49
12. Ponto de compensação em função do teor relativo de água das folhas nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2	51

DEFINIÇÕES E ABREVIATURAS

- KCl - Cloreto de potássio
- L - Logarítmo neperiano
- Lux - Unidade de intensidade luminosa, correspondente a um lúmen por metro quadrado (1 lux = 0,093 velas pês)
- MCA - Meio da extração composto por metanol, clorofórmio e água (12:5:1 v/v)
- NaHCO₃ - Bicarbonato de sódio
- Ponto de compensação - É o ponto em que a quantidade de CO₂ absorvida na fotossíntese é igual a liberada na respiração
- TAL - Taxa de assimilação líquida, correspondente ao incremento diário de matéria seca por unidade de área foliar, em mg.dm⁻².dia⁻¹
- TCR - Taxa de crescimento relativo, correspondente ao aumento diário de matéria seca por unidade de matéria seca existente, em mg.g⁻¹.dia⁻¹
- TRA - Expressa em percentagem o teor de água presente no tecido em relação ao que teria quando totalmente saturado
- v/v - Volume por volume.

RESUMO

No presente trabalho foi estudada a influência do déficit hídrico na concentração de prolina livre e no crescimento de duas cultivares de algodão (Gossypium hirsutum L.) Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 visando a identificação de parâmetros fisiológicos para a seleção de plantas resistentes à seca.

Vinte e sete dias após o plantio suspendeu-se a irrigação de um grupo de plantas, permanecendo o outro constantemente irrigado até o final do experimento (tratamento controle). Com a suspensão da rega, ocorreu um decréscimo gradativo do teor relativo de água nos tecidos, enquanto que nas plantas irrigadas este permaneceu mais ou menos constante. Tanto nas plantas em que a irrigação foi suspensa como nas irrigadas, a cultivar Cruzeta Seridó-9193 apresentou valores de teor relativo de água superiores aos da cultivar IAC-12.2. Os resultados sugerem um comportamento distinto entre os genótipos no que se refere a capacidade de absorção e/ou retenção de água.

Os resultados obtidos mostraram alta correlação negativa entre os teores relativos de água das folhas e o acúmulo de prolina livre. A cultivar IAC-12.2 acumulou mais prolina livre nos seus tecidos do que a Cruzeta Seridó-9193, em virtude de sofrer uma maior desidrata

ção nos seus tecidos. No 14º dia de déficit hídrico, quando o teor relativo de água foi de 46% para a Cruzeta Seridó-9193 e 41% para a IAC-12.2, houve um grande aumento no nível de prolina livre em relação ao controle, sendo de 107 e 111 vezes, respectivamente.

As plantas da cultivar Cruzeta Seridó-9193, tanto irrigadas como não irrigadas, apresentaram uma menor relação parte aérea/raiz quando comparadas com as da cultivar IAC-12.2. Este resultado indica um maior desenvolvimento relativo do sistema radicular das plantas da Cruzeta Seridó-9193, responsável, em parte, pela manutenção de um melhor "status" de água nos seus tecidos.

As plantas da cultivar Cruzeta Seridó-9193, quando não irrigadas apresentaram valores de taxa de assimilação líquida e de crescimento relativo maiores do que as da cultivar IAC-12.2, sendo a diferença mais evidente quando a deficiência de água foi mais severa. A atividade fotossintética das plantas da cultivar IAC-12.2 submetidas ao tratamento não irrigado foi afetada mais rapidamente em relação a das plantas da cultivar Cruzeta Seridó-9193. O comportamento da taxa de assimilação líquida, da taxa de crescimento relativo e da atividade fotossintética sugere que a cultivar Cruzeta Seridó-9193, apresenta uma maior tolerância ao déficit hídrico do que a cultivar IAC-12.2. Para as cultivares estudadas, o acúmulo de prolina livre não

está relacionado com uma maior resistência à seca e sim com o nível de água dos tecidos. Possivelmente, a prolina livre concorre para uma maior tolerância dos tecidos ao déficit hídrico, permitindo uma pronta recuperação no período de reidratação.

INTRODUÇÃO

Efeitos da desidratação no metabolismo vegetal

A água desempenha importante função na distribuição vegetal na superfície da terra. Em regiões onde a precipitação pluviométrica é abundante e bem distribuída, ocorre uma vegetação exuberante. Todavia, a escassez de chuvas pode formar regiões com vegetação de porte reduzido, chegando mesmo, a verdadeiros desertos. Esta importância ecológica da água, resulta de sua participação nos processos fisiológicos das plantas. A maior parte dos tecidos vegetais contém 70-95% de água, quando estão em estado metabolicamente ativo. Alguns tecidos vegetais submetidos praticamente a total desidratação podem sobreviver, entretanto tornam-se fisiologicamente inativos.

Quando as plantas são submetidas à desidratação, surgem várias modificações morfológicas e os processos fisiológicos podem ser alterados (Gates, 1968). Contudo, eles não são afetados igualmente. Quando as plantas são desidratadas, o processo fisiológico mais sensível é o alongamento celular (Hsiao & Acevedo, 1974; Hsiao et al., 1976). Foi observado extrema sensibilidade no alongamento da parte aérea do algodão e milho (Balls, 1908; Loomis, 1934, citados por Slatyer, 1967) à desidratação, ocorrendo

completa inibição durante os períodos de transpiração ativa. Este mesmo fenômeno, também foi observado em folhas de algodão, com o aumento da deficiência de água no solo, havendo uma paralização no alongamento celular quando a presença de turgescência se aproximava de zero (Wadleigh & Gauch, 1948, citado por Slatyer, 1967). Além das mudanças ocorridas nos processos fisiológicos quando o algodão foi desidratado por deficiência de água no solo, também ocorre nesta planta, decréscimo na altura, tamanho e número de folhas e aumento na abscisão foliar, quando a mesma foi submetida ao déficit hídrico por polietileno glicol (Silva, 1973). Um outro processo que parece ser afetado pela deficiência de água, embora que em menor proporção, é a divisão celular (Slatyer, 1967). Todavia, quando a desidratação é prolongada, a divisão celular, em alguns casos, pode ser tão sensível à deficiência de água como é o alongamento celular (Hsiao, 1973).

Foi também evidenciado que, durante a desidratação das plantas, ocorre a síntese de aminoácidos livres totais e a diminuição do nível de proteínas (Barnett & Naylor, 1966). Esta diminuição do nível de proteínas pode ocorrer em função do aumento na degradação das proteínas e da diminuição da síntese protéica (Hsiao, 1973).

A fotossíntese também é afetada quando as plantas são submetidas à desidratação, embora sendo me

nos sensível do que o alongamento celular (Vaadia et al., 1961; Boyer, 1976) e em muitos casos onde não há disponibilidade de umidade suficiente para as plantas, o crescimento é interrompido (Ilgin, 1957). A desidratação pode afetar a fotossíntese, indiretamente, pelo fechamento dos estomatos, influenciando na absorção do CO₂, e diretamente, através dos seus efeitos nos processos bioquímicos (Slatyer, 1967). Quando plantas de tomate foram submetidas à desidratação, observou-se um declínio, muito semelhante, tanto na fotossíntese como na transpiração (Brix, 1962, citado por Slatyer, 1967). Também verificou-se que em plantas de algodão sob déficit hídrico, induzido por polietileno glicol, a fotossíntese foi afetada devido ao fechamento estomatal, inibição da reação de Hill e da fotofosforilação cíclica (Silva, 1973).

A taxa de assimilação líquida pode ser afetada pelas condições climáticas e aparentemente diminuir, com o aumento na idade da planta (Watson, 1947). Também foi observado, em tomate, que o incremento de peso seco paralizava mais cedo do que o alongamento do caule, quando esta planta foi submetida à deficiência de água (Slatyer, 1957).

Déficit hídrico e acúmulo de prolina

Em plantas de azevém (Lolium perenne) submetidas à desidratação, verificou-se pela primeira vez,

que prolina foi o único iminoácido a ser sintetizado de novo, pois o aumento no teor deste iminoácido foi muito superior ao que existia nas proteínas (Kemble & MacPherson, 1954). Este fenômeno foi também observado em grama bermuda (Barnett & Naylor, 1966), em Solanum laciniatum (Pálfi, 1968), e em feijão (Stewart, 1973). Este acúmulo de prolina também foi evidenciado em várias espécies de plantas, quando suas folhas foram submetidas ao murchamento, como no trevo ladino (Routley, 1966), nabo (Morris et al., 1969), feijão (Masciotti, 1974), sorgo, soja (Waldren et al., 1974) e arroz (Madruga, 1976).

Além deste acúmulo verificado na parte aérea das plantas, observou-se fenômeno semelhante em raízes de citrus (Chen et al., 1964) e de cevada (Singh, Paleg & Aspinall, 1973) quando a planta inteira foi submetida ao déficit hídrico. Todavia, este aumento foi maior na parte aérea do que no sistema radicular. Entretanto, com exceção das folhas, órgãos isolados quando submetidos ao déficit hídrico não acumulam prolina livre (Stewart et al., 1966; Singh, Aspinall, Paleg & Boggess, 1973). Este fato levou alguns pesquisadores a concluírem que o acúmulo de prolina estava ligado a tecidos verdes (Stewart et al., 1966; Pálfi & Bitó, 1970). Porém, algumas evidências mostraram que nem a presença de clorofila nem de cloroplastos funcionais são essenciais para o acúmulo deste iminoácido (Singh, Aspinall,

Paleg & Boggess, 1973). Este acúmulo de prolina livre não se observou somente em plantas submetidas ao déficit hídrico. Prolina também se acumulou quando plantas superiores foram submetidas a outras condições adversas de ambiente, tais como: deficiência mineral (Thompson et al., 1960), ataque de certos microorganismos (Seitz & Hochster, 1964) e salinidade (Stewart & Lee, 1974).

O papel fisiológico do acúmulo de prolina, ainda é desconhecido e com a elucidação do seu processo de síntese e degradação, poderá ser feita uma avaliação de sua verdadeira importância no metabolismo das plantas. Entretanto, existem algumas evidências, que parecem indicar que a prolina desempenha papel importante no ajustamento osmótico. Em plantas halófilas, sob condições salinas, houve grande acúmulo de prolina na parte aérea, sugerindo sua importância no ajustamento osmótico (Stewart & Lee, 1974). Possivelmente, prolina apresenta esta função, pois além de sua alta solubilidade (162 g/100 ml a 25°C), é um composto que mesmo em altas concentrações tem efeito insignificante sobre a atividade enzimática (Stewart & Lee, 1974). Em grãos de pólen também foram encontrados altos níveis de prolina (Bathurst, 1954; Bellartz, 1956), indicando uma outra situação na qual ela apresenta uma importância osmótica (Stewart & Lee, 1974).

Foi sugerido por alguns pesquisadores

que o acúmulo de prolina em plantas submetidas ao déficit hídrico, está correlacionado com o caráter genético que confere resistência à desidratação (Protsenko et al., 1968; Saunier et al., 1968; Pálfi & Juhász, 1971; Singh et al., 1972). Este acúmulo de prolina, possivelmente, aumenta a hidratação do protoplasma e/ou neutraliza a amônia que foi acumulada como resultado da degradação das proteínas (Protsenko et al., 1968). Uma outra função sugerida por vários pesquisadores, seria a de um composto armazenador de carbono e nitrogênio, reduzidos em condições adversas de desidratação e necessários à continuação do crescimento (Barnett & Naylor, 1966; Routley, 1966; Stewart et al., 1966). Esta sugestão está de acordo com as evidências de que o acúmulo de prolina em folhas iluminadas, rapidamente desaparece quando as mesmas são submetidas à condição de escuro (Stewart et al., 1966). Além disso, quando há deficiência de carboidratos, prolina funciona como uma fonte de energia (Stewart, 1973; Rena & Splittstoesser, 1974).

Objetivo do presente trabalho

No presente trabalho, foram estudados os efeitos do déficit hídrico sobre a concentração de prolina livre em folhas e raízes, teor relativo de água e produtividade biológica das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 (Gossypium hirsutum var. marie galante Hutch.) e

IAC-12.2 (Gossypium hirsutum var. latifolium Hutch.) visan
do à identificação de parâmetros fisiológicos que possam
ser utilizados na seleção de plantas resistentes à seca.

MATERIAL E MÉTODOS

Condições de cultivo

Foram utilizadas no presente trabalho sementes de algodão: Cruzeta Seridó-9193 (Gossypium hirsutum var. marie-galante Hutch.) da safra de 1974, procedentes da Algodoeira São Miguel S/A, Angicos, Rio Grande do Norte, Brasil e herbáceo IAC-12.2 (Gossypium hirsutum var. latifolium Hutch.) da safra de 1975, do Instituto de Pesquisas Agropecuárias do Leste (IPEAL), Cruz das Almas, Bahia, Brasil.

As sementes selecionadas para germinação foram tratadas com ácido sulfúrico concentrado (Ponte, 1960), lavadas com água destilada para remoção do excesso de ácido e semeadas em vasos de polietileno contendo aproximadamente 10 Kg de solo com a seguinte composição granulométrica: areia grossa 78,0%, areia fina 16,1%, silte 1,1% e argila 4,8%. Em cada vaso foram semeadas seis sementes. Todos os vasos foram pintados com tinta branca, objetivando reduzir o aquecimento causado pela radiação solar. Foram realizados dois desbastes, oito e quinze dias após o plantio, ficando finalmente, uma planta por vaso. Em dias alternados, todos os vasos receberam a mesma quantidade de água (500 ml), de modo que o solo se mantivesse em um nível

próximo da capacidade de campo, até o início dos tratamentos. Semanalmente, cada vaso foi irrigado com 250 ml de solução nutritiva de Hoagland, modificada por Johnson et al. (1957), citado por Epstein (1971).

Aos 27 dias após o plantio, foi suspensa a irrigação de um grupo de plantas (tratamento não irrigado), permanecendo o outro constantemente irrigado, até o final do experimento (tratamento controle). O esquema de irrigação do tratamento controle foi o descrito no parágrafo anterior. Depois de passarem 14 dias sem receber água, as plantas foram novamente irrigadas e todas as determinações repetidas 24 e 48 horas, após a irrigação.

Todos os experimentos foram conduzidos em casa de vegetação.

A intensidade de radiação solar, a temperatura e umidade relativa da casa de vegetação, foram registradas através de um actinógrafo (Belfort Instrument Company, Maryland, EE. UU.), e de um termohigrógrafo (Modelo 594, The Bendix Corporation, Maryland, EE. UU.), respectivamente. A casa de vegetação apresentou as seguintes condições, durante a condução dos experimentos: intensidade de radiação solar máxima de $288 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e mínima de $132 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ com valor médio de $219 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$; temperatura máxima de $28,5^{\circ}\text{C}$ e mínima de $26,9^{\circ}\text{C}$ com um valor

médio de 27,7°C; e umidade relativa máxima de 96% e mínima de 85% com o valor médio de 88% (Figura 1).

Determinação do teor relativo de água (TRA)

De cada planta, foi retirada da quinta folha, a partir do ápice, uma amostra de cinco discos de 1 cm de diâmetro cada, com auxílio de um furador de rolha (Weatherley, 1950). Todas as amostras para a determinação do TRA foram coletadas às 6:00 horas, objetivando uma maior uniformização, sendo o peso fresco inicial dos discos imediatamente determinado e, em seguida, colocados a flutuar com a face adaxial voltada para cima, em placas de Petri de 4 cm de diâmetro contendo 10 ml de água destilada. As placas foram postas no laboratório e submetidas às condições de 25 ± 1°C de temperatura e 690 lux de intensidade luminosa.

Após quatro horas de absorção de água, as amostras de discos foram enxugadas delicadamente com um papel de filtro para retirar o excesso de água superficial, e pesadas novamente (peso túrgido). O peso seco foi determinado após secagem em estufa a 80°C, por 48 horas.

Todos os valores do teor relativo de água (TRA) foram calculados usando-se a equação de Barrs & Weatherley (1962):

$$\text{TRA} = \frac{\text{PF} - \text{PS}}{\text{PT} - \text{PS}} \times 100,$$

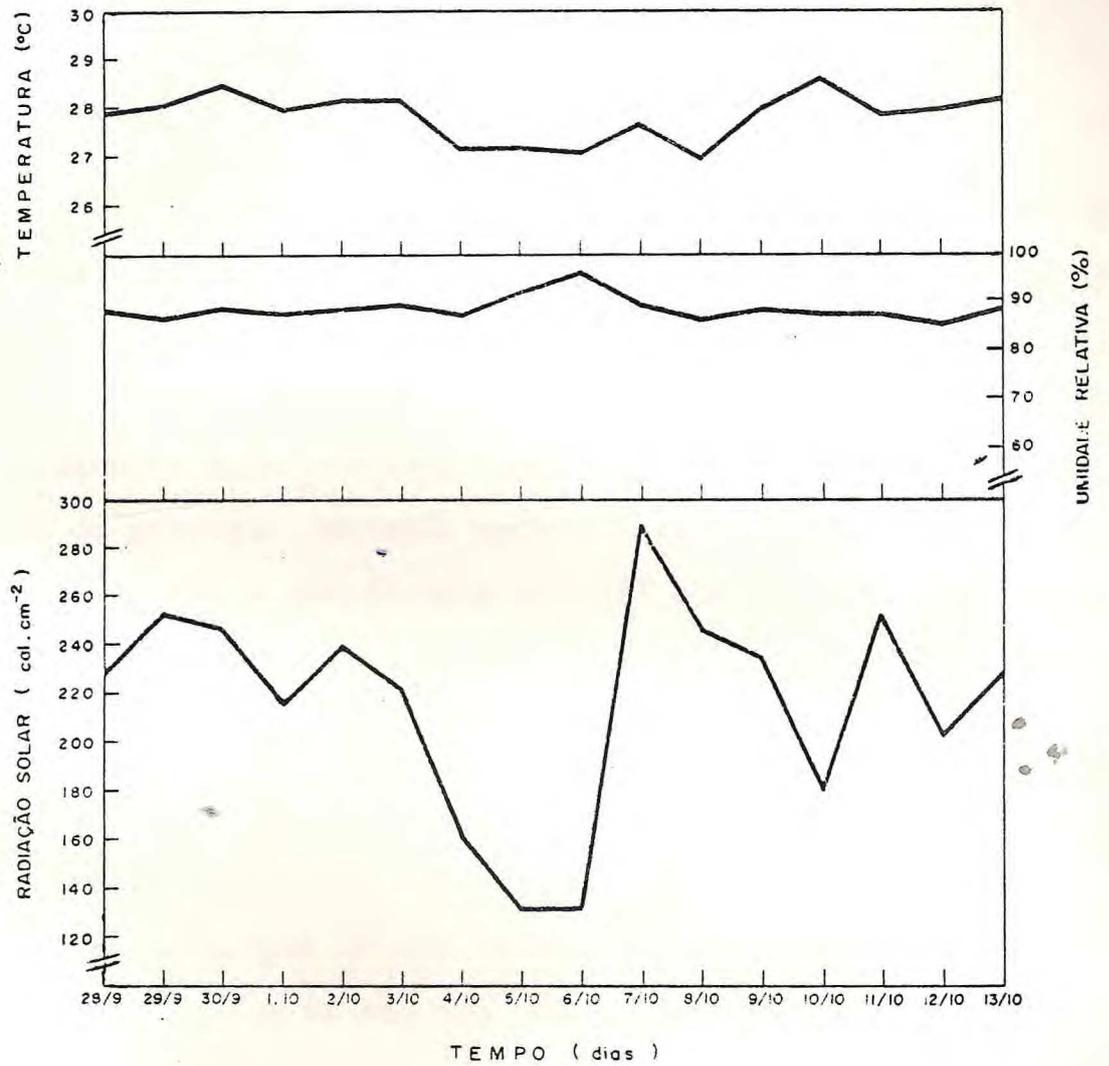


Figura 01 - Médias diárias de radiação solar, de umidade relativa e de temperatura, registradas na casa de vegetação durante o período experimental (28/9 a 13/10 de 1976).

onde, PF é o peso fresco inicial, PT é o peso fresco túrgido, PS é o peso seco e TRA é o teor relativo de água.

Determinação de prolina

Para determinação de prolina, foram retirados cinco discos também da quinta folha, a partir do ápice de cada planta e 0,1 grama da parte terminal das raízes. Todas as amostras foram coletadas às 6:00 horas e, imediatamente após a coleta, foram submersas em 2 ml de solução de extração contendo metanol: clorofórmio: água (MCA) (12:5:1 v/v) e armazenadas a -15°C até o momento da análise.

Para extração e determinação de prolina, a metodologia usada foi a de Messer (1961), modificada por Masciotti (1974). Os tecidos da folha e das raízes que estavam submersos no MCA foram homogeneizados em um almofariz de 100 ml e, em seguida, centrifugados por 5 minutos, sob condição de máxima rotação em uma centrífuga "clínica" (Modelo CL, International Equipment Co., Needham Hts., Mass., EE. UU.) sendo o sobrenadante transferido para um tubo de ensaio. O almofariz e o pistilo foram lavados com 2 ml de MCA, juntando-se este volume ao tubo de centrífuga onde se encontrava o precipitado sendo logo após agitado por 30 segundos em um vortex. Esta suspensão foi novamente centrifugada e o sobrenadante foi adicionado ao anteriormente

obtido na primeira centrifugação. As operações de agitação e centrifugação do precipitado foram repetidas com mais 2 ml de MCA e o sobrenadante resultante adicionado aos anteriores das duas centrifugações e foram completados para 5 ml com MCA para uma melhor separação dos pigmentos. Os sobrenadantes foram colocados em um funil separador de 60 ml e, em seguida, acrescentou-se 3,3 ml de água destilada e 2,3 ml de clorofórmio. O funil foi agitado lentamente para se obter uma boa separação dos pigmentos. Formaram-se duas fases, uma inferior contendo clorofórmio, pigmentos e compostos lipossolúveis que foi descartada, e uma fase superior contendo metanol, água, aminoácidos e compostos polares solúveis, que foi centrifugada como se descreveu anteriormente, tornando-se bem límpida. O sobrenadante foi coletado através de uma pipeta, medindo-se o volume final desta fase superior.

Diariamente, foi preparado o reagente ácido de ninidrina assim descrito: foram adicionados a 600 mg de ninidrina, 15 ml de ácido acético glacial e 10 ml de ácido ortofosfórico 6 M, sendo esta mistura logo após aquecida a 70°C até a dissolução total dos reagentes. A reação foi levada a efeito em tubos de vidro de 10 ml num meio contendo 1×10^{-2} a 1×10^{-1} μ moles de prolina, 12,6 μ moles de glicina, 2 ml de ácido acético glacial e 2 ml do reagente ácido de ninidrina, num volume de 7 ml. O branco continha to

dos os componentes, exceto prolina. Os tubos foram hermeticamente fechados e fervidos em um banho-maria por 30 minutos e, em seguida, resfriados por imersão em água com gelo. Foram adicionados a cada tubo 4 ml de tolueno, agitando-se em um vortex por 15 segundos. Deste modo, se obteve uma fase toluênica rosada da qual se retirou uma alíquota para determinação da densidade ótica (DO) a 515 nm, em espectrofotômetro Spekol modelo ZV (JENA, República Democrática Alemã). Para a curva padrão usou-se prolina (E. Merck, Darmstadt, República Federal da Alemanha) na faixa de concentração de zero a 10^{-7} M.

Determinação da produtividade biológica

A produtividade biológica foi medida através de determinações da taxa de assimilação líquida, da taxa de crescimento relativo e do ponto de compensação. As mesmas plantas utilizadas para o estudo do teor relativo de água (TRA) e para a determinação de prolina livre, foram usadas nas determinações necessárias ao cálculo da taxa de assimilação líquida e da taxa de crescimento relativo. Após a coleta do material para determinar o TRA e prolina livre, foram feitas determinações de área foliar (A) e de peso seco (P) dos sistemas: radicular, caulinar e foliar, após secagem em estufa a 80°C por 48 horas. Para o cálculo da área das folhas, utilizou-se a equação, $\log y = 0,45 + 1,910 \log x$, onde "x" representa o compri

mento da lâmina foliar em centímetros e "y" representa a área (Wendt, 1967).

A taxa de assimilação líquida (TAL), expressa em $\text{mg} \cdot \text{dm}^{-2} \cdot \text{dia}^{-1}$ foi calculada pela fórmula,

$$\text{TAL} = \frac{(L A_2 - L A_1) (P_2 - P_1)}{(t_2 - t_1) (A_2 - A_1)},$$

onde, L é o logaritmo neperiano, P_2 e P_1 representam o peso seco da planta nos períodos de tempo t_1 e t_2 e A_2 e A_1 a área foliar nos mesmos períodos de tempo (Radford, 1967). A taxa de crescimento relativo (TCR) expressa em $\text{mg} \cdot \text{g}^{-1} \cdot \text{dia}^{-1}$ foi calculada pela fórmula,

$$\text{TCR} = \frac{L P_2 - L P_1}{t_2 - t_1},$$

onde, L é o logaritmo neperiano, P_2 e P_1 representam o peso seco da planta nos períodos de tempo t_2 e t_1 , respectivamente (Radford, 1967).

O ponto de compensação foi determinado de acordo com a metodologia descrita por Lieth & Ashton (1961), com algumas modificações. Este método baseia-se na sensibilidade do vermelho de cresol às pequenas mudanças na concentração de CO_2 . A solução indicadora utilizada nesta determinação consistiu de 10 mg/l de vermelho de cresol, 84 mg/l de NaHCO_3 e 7,46 g/l de KCl . Esta solução apresentou após sua preparação um pH de 7,5, sendo em seguida agita

da, alcançando o pH 8,0 quando entrou em equilíbrio com o CO_2 do ambiente.

As plantas obtidas para esta determinação foram cultivadas sob as mesmas condições descritas no experimento anterior. Quando as plantas apresentaram-se com a quinta folha a partir do ápice, totalmente expandida, o que aconteceu aos 27 dias após o plantio, foi suspensa a irrigação de todos os vasos.

As plantas foram colocadas, a intervalos de 48 horas, sob uma bancada de luz com aproximadamente 4.300 lux, durante um período de 2 horas para maior uniformização. Em seguida, da quinta folha a partir do ápice foram retiradas amostras de 5 cm^2 (5 cm x 1 cm) de área foliar, com 3 repetições de duas amostras e colocadas suspensas em tubos de ensaio (18 cm x 1,7 cm) com 2 ml da solução indicadora de vermelho de cresol, de modo a evitar o contato direto das amostras com o líquido. Os tubos de ensaio foram hermeticamente fechados e colocados sob a mesma bancada de luz descrita anteriormente, de modo que a face adaxial das amostras foliares recebesse maior intensidade luminosa. Após o período de 3 horas foram consideradas como fotossintetizando, aquelas plantas cujas amostras de tecidos causavam o aparecimento de coloração púrpura intensa na solução indicadora. Se não houve mudança, as plantas foram consideradas como no ponto de compensação. O apareci

mento de coloração amarelada indicou que as plantas estavam respirando.

Delineamento experimental e análise estatística

Para obtenção do efeito dos tratamentos sobre o teor de prolina livre e o teor relativo de água usou-se um fatorial 2x4 segundo o modelo inteiramente ao acaso, sendo um dos fatores cultivares (duas) e o outro, dia de déficit hídrico (quatro). Os dados obtidos foram submetidos a análise de regressão e correlação (Snedecor, 1956).

RESULTADOS

Determinação do tempo de saturação dos discos

Objetivando-se determinar, nas condições do experimento, o tempo necessário para obtenção do peso túrgido dos discos, foram tomadas amostras de discos das cultivares Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2, a vários intervalos de tempo, e tratadas conforme se descreveu, anteriormente em "Material e Métodos". O peso túrgido foi alcançado entre 4 e 6 horas de absorção (Figura 2). Após este período ocorreu uma segunda fase de aumento de peso túrgido, possivelmente ocasionado pela infiltração de água nos espaços intercelulares, proporcionando redução progressiva do teor relativo de água. Por isso, o período de 4 horas de saturação foi escolhido para a determinação do peso túrgido, necessário para o cálculo dos valores do teor relativo de água.

Variações no teor relativo de água das plantas durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.

Os teores relativos de água nas plantas das cultivares Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 apresentaram diferentes valores durante o período irrigado e o não irrigado (Tabela I e Figura 3). Houve um decréscimo gradativo

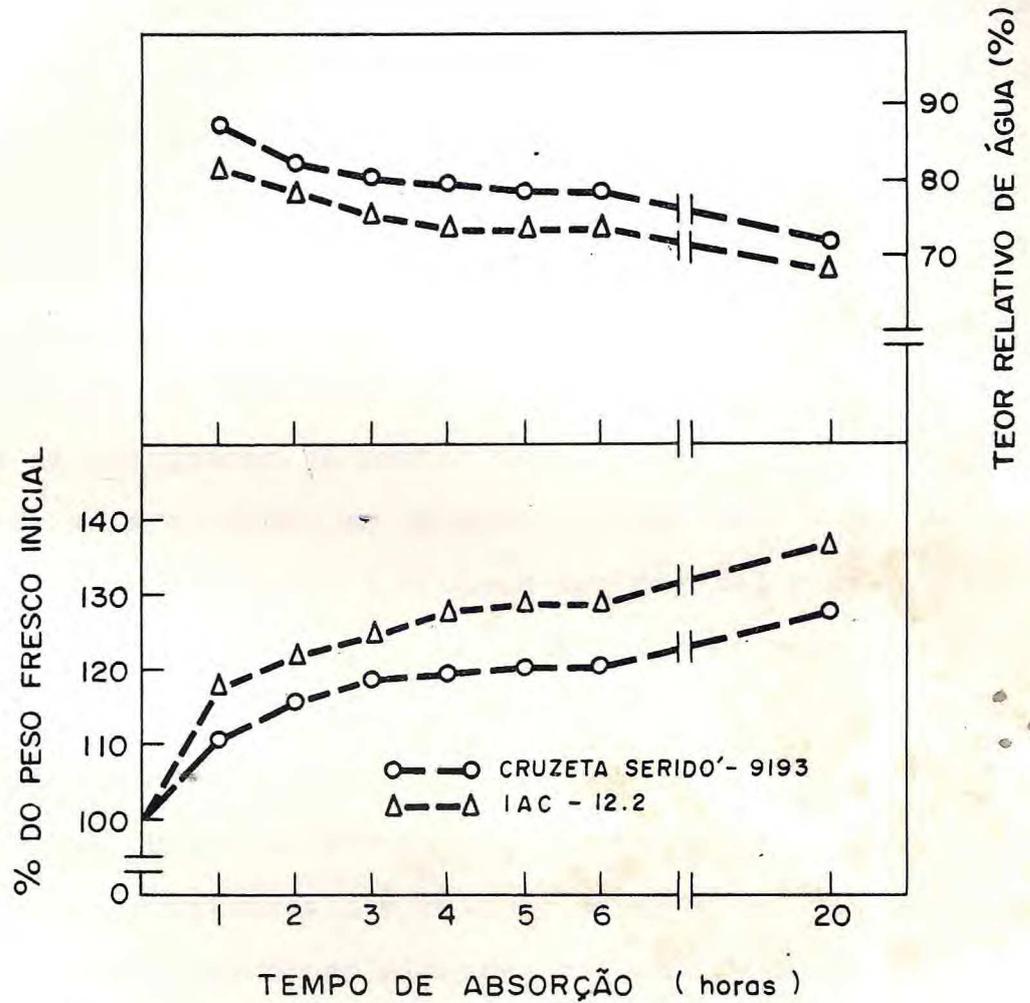


Figura 02 - Efeito do tempo de absorção no teor relativo de água e na saturação das amostras de discos de folhas, nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2.

dos teores relativos de água em ambas as cultivares depois que a irrigação foi suspensa, enquanto que nas plantas irrigadas (tratamento controle), os valores permaneceram mais ou menos constantes. Após 14 dias de suspensão a irrigação as plantas foram novamente irrigadas alcançando 48 horas depois, teores relativos de água próximos aos das plantas irrigadas. Durante os 7 primeiros dias do período não irrigado, houve um menor decréscimo nos teores relativos de água, em relação ao controle, sendo de aproximadamente 10% em ambas as cultivares. A partir do 10º dia, este decréscimo foi ainda mais elevado, em relação ao controle, sendo de aproximadamente 30% para a Cruzeta Seridó-9193 e 38% para a IAC-12.2. No 14º dia, ocorreu um maior decréscimo nos teores relativos de água, em relação ao controle, sendo de aproximadamente 47% para a Cruzeta Seridó-9193 e 49% para a IAC-12.2. Houve diferença estatisticamente significativa, entre as cultivares com relação ao teor relativo de água nas folhas, tanto nas plantas irrigadas (Tabela II), como naquelas em que a irrigação foi suspensa (Tabela III), tendo a cultivar Cruzeta Seridó-9193 apresentado valores estatisticamente maiores do que a IAC-12.2. As pequenas variações nos valores do teor relativo de água, ocorridas em ambas as cultivares no período irrigado, não foram estatisticamente significativas (Tabela II). Todavia, as variações do teor relativo de água no período não irrigado foram estatisticamente significativas (Tabela III e IV).

Com os dados da Tabela I, calculou-se a correlação entre os teores relativos de água com o período não irrigado, apresentando coeficientes de correlação ao nível de 1% (Snedecor, 1956) de -0,91 para a cultivar Cruzeta Seridô-9193 e de -0,92 para a IAC-12.2. Ajustou-se aos valores do teor relativo de água e dias do período não irrigado uma equação do tipo linear, sendo obtido $\hat{y} = 97,32 - 3,37 x$ ($r^2 = 0,90$) para a Cruzeta Seridô-9193 e $\hat{y} = 94,49 - 3,68 x$ ($r^2 = 0,89$) para a IAC-12.2 (Figura 4).

Variações no teor de prolina livre nas folhas durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.

Houve um grande aumento no teor de prolina livre nos tecidos foliares durante o período não irrigado (Tabela V e Figura 5). No início deste período, quando as plantas se encontravam com suas folhas completamente túrgidas, o teor de prolina foi muito baixo, não sendo detectável pelo método utilizado. Durante os 7 primeiros dias, as plantas apresentaram teores relativos de água mais elevados e o aumento no nível de prolina livre foi praticamente insignificante. A partir do 10º dia, quando as plantas apresentaram maiores decréscimos nos teores relativos de água, em relação ao controle, houve uma acentuada elevação no nível de prolina livre em ambas as cultivares, em relação ao controle, sendo de aproximadamente 41 vezes pa

TABELA I - Variações no teor relativo de água nas culturas de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega⁽¹⁾.

Período experimental (dias)	Teor relativo de água (%)			
	Cruzeta Seridó-9193		IAC-12.2	
0	92,9 ⁽²⁾	92,9 ⁽³⁾	90,0 ⁽²⁾	90,0 ⁽³⁾
7	88,9	83,2	84,7	79,8
10	93,6	62,5	86,3	52,1
14	95,1	46,2	86,1	41,3
15	90,4	79,9	85,7	78,9
16	89,3	81,6	85,5	80,3

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

(2) Plantas irrigadas durante todo o período experimental (tratamento controle).

(3) Plantas não irrigadas até o 14º dia do período experimental, ocasião em que houve o reinício da rega.

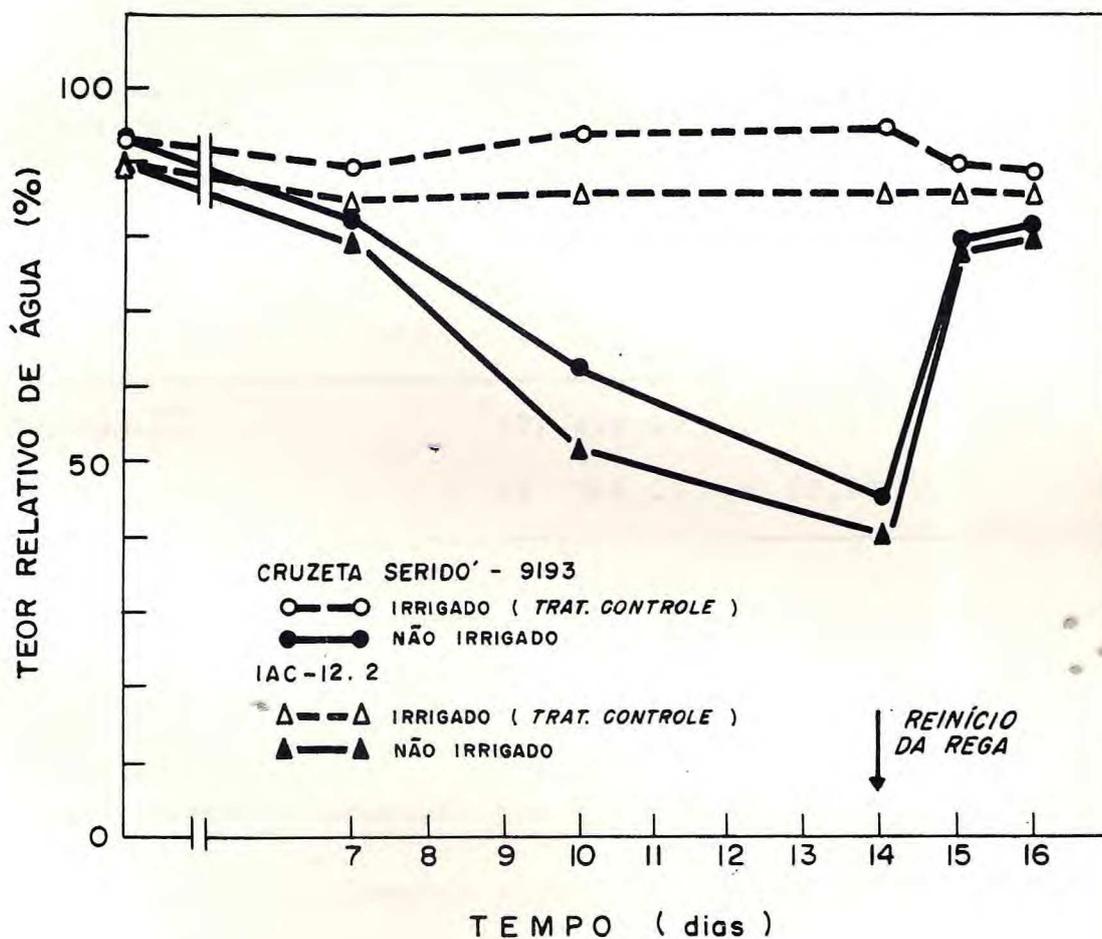


Figura 03 - Variações no teor relativo de água nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.

TABELA II - Análise da variância do teor relativo de água nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 no tratamento controle.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Período de irrigação	3	99,78	33,26	2,2 N.S.
Cultivares	1	271,91	271,91	18,13 ++
Per. de irrig. x cult.	3	47,13	15,71	1,05N.S.
Tratamento	(7)	418,82	59,83	39,9 ++
Resíduo	24	360,11	15,00	
Total	31	778,93		

C. V. = 4%

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

(++) Estatisticamente significativo ao nível de 1%.

TABELA III - Análise da variância do teor relativo de água nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Período não irrigado	3	11482,45	3827,48	122,64 ++
Cultivares	1	231,40	231,40	7,41 +
Per. não irrig. x cult.	3	71,69	23,90	0,77N.S.
Tratamento	(7)	11785,54	1683,65	53,96 ++
Resíduo	24	749,15	31,21	
Total	31	12534,69		

C. V. = 8%

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

(+) Estatisticamente significativo ao nível de 5%.

(++) Estatisticamente significativo ao nível de 1%.

TABELA IV - Variações no teor relativo de água nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado⁽¹⁾.

Período (dias)	Teor relativo de água (%)	
	Cruzeta Seridó-9193	IAC-12.2
0	92,0 a ⁽²⁾	90,0 a ⁽¹⁾
7	83,2 b	79,8 b
10	62,5 c	52,1 c
14	46,2 d	41,3 d

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

(2) As médias com letras diferentes, diferem estatisticamente ap nível de 5%, pelo teste de Tukey.

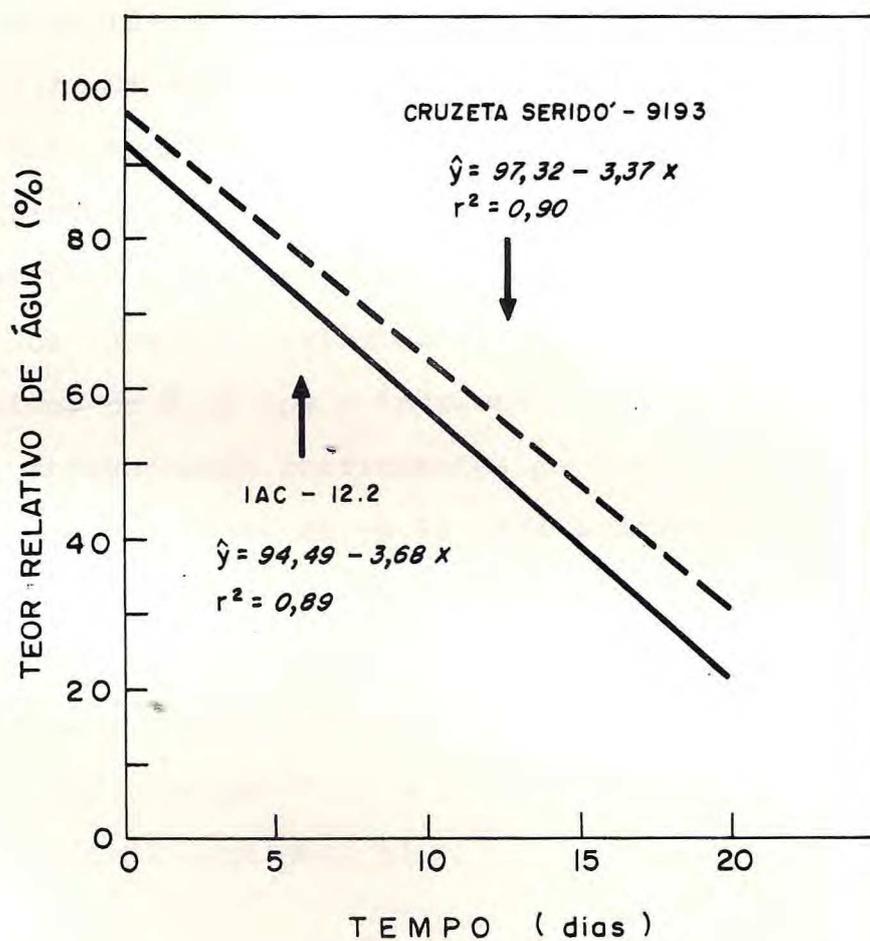


Figura 04 - Equações de regressão linear ajustadas aos valores do teor relativo de água e dias do período não irrigado nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2.

ra a Cruzeta Seridó-9193 e 70 vezes para a IAC-12.2 (Tabela V e Figura 5). No 14º dia do período experimental, houve um maior incremento de prolina livre, em relação ao controle, sendo 107 vezes na Cruzeta Seridó-9193 e 111 vezes na IAC-12.2. Os aumentos ocorridos nas plantas de Cruzeta Seridó-9193 e de IAC-12.2, durante o período não irrigado são estatisticamente significativos, embora as diferenças entre as duas cultivares não sejam (Tabelas VI e VII). Com os dados da Tabela V, calculou-se a correlação entre os teores relativos de água com o incremento de prolina livre das folhas, apresentando coeficientes de correlação ao nível de 1% (Snedecor, 1956) de -0,94 para a Cruzeta Seridó-9193 e de -0,92 para a IAC-12.2. Ajustou-se aos valores do teor relativo de água e prolina livre das folhas uma equação do tipo linear, sendo obtido $\hat{y} = 201,06 - 2,30x$ ($r^2 = 0,92$) para a Cruzeta Seridó-9193 e $\hat{y} = 199,39 - 2,33x$ ($r^2 = 0,96$) para a IAC-12.2 (Figura 6).

Vinte e quatro horas após o reinício da rega, houve um aumento acentuado no teor relativo de água ao mesmo tempo que ocorreu um decréscimo no nível de prolina, sendo de 66% na Cruzeta Seridó-9193 e de 63% na IAC-12.2. Do mesmo modo, 48 horas após a irrigação as plantas apresentaram teores relativos de água ainda mais elevados e seus níveis de prolina atingiram valores relativamente próximos aos das plantas do tratamento controle (Tabela V e Figura 5).

TABELA V - Variações no teor relativo de água e no teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado e o de reinício da rega ⁽¹⁾.

Período experimental (dias)	Cruzeta Seridó-9193		IAC-12.2	
	TRA (%)	Prolina (μ moles/g P.S.)	TRA (%)	Prolina (μ moles/g P.S.)
0	92,9	0,0	90,0	0,0
7	83,2	1,9	79,8	2,6
10	62,5	41,4	52,1	70,2
14	46,2	107,3	41,3	111,6
15	79,9	36,6	78,9	40,7
16	81,6	5,1	80,3	9,8

(¹) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar. Após a coleta das amostras no 14º dia do período não irrigado houve o reinício da rega.

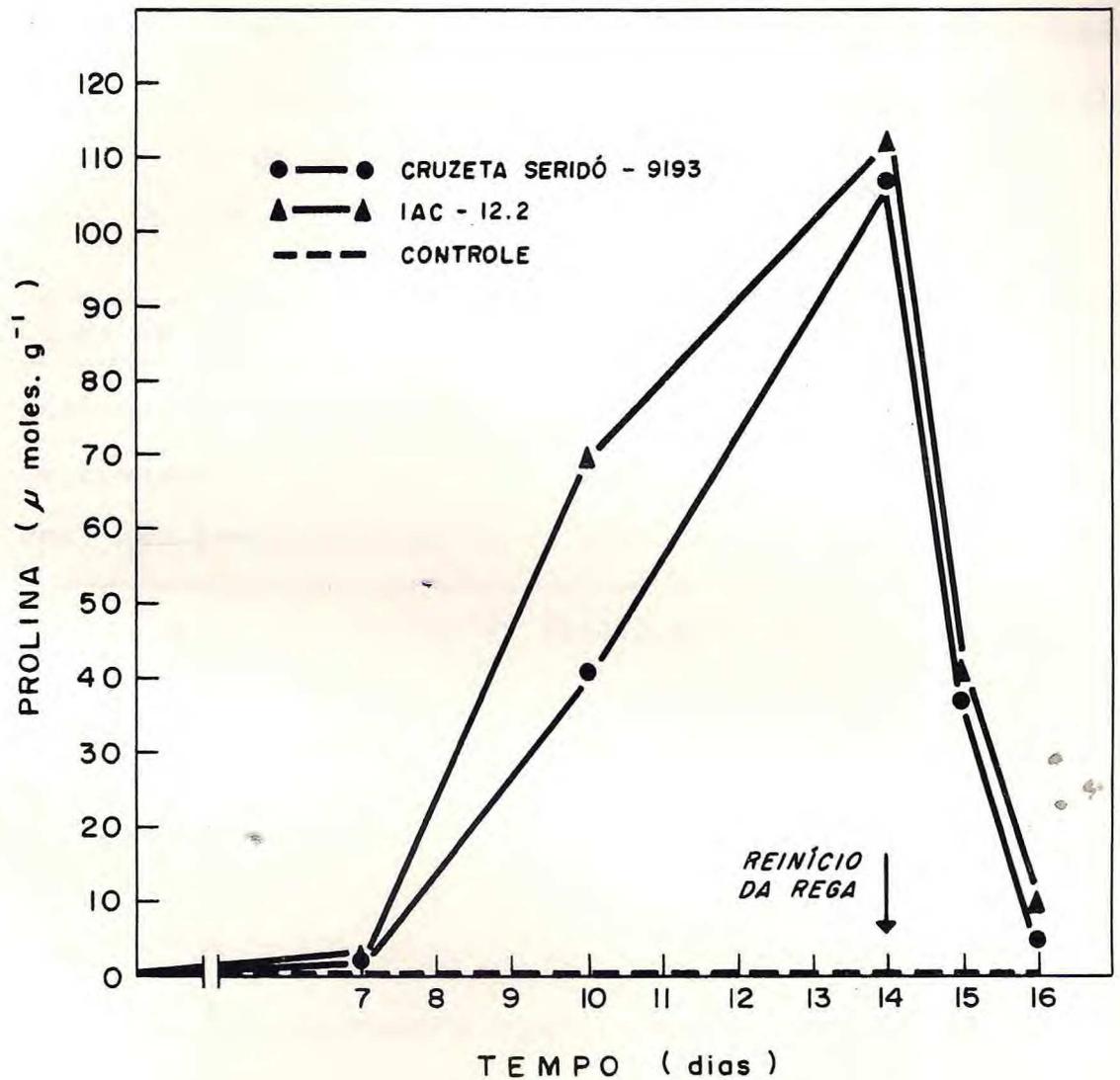


Figura 05 - Variações no teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.

TABELA VI - Análise da variância do teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Período não irrigado	3	215764,50	71921,50	64,47 ++
Cultivares	1	1888,55	1888,55	1,69 N.S.
Per. não irrig. x cult.	3	3709,81	1236,60	1,11 N.S.
Tratamento	(7)	221362,86	31623,27	28,35 ++
Resíduo	24	26774,94	1115,62	
Total	31	248137,80		

C. V. = 43%

(++) Estatisticamente significativo ao nível de 1%

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

TABELA VII - Variações no teor de prolina livre nos tecidos foliares das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado⁽¹⁾.

Período (dias)	Prolina (μ moles/g P.S.)	
	Cruzeta Seridô-9193	IAC-12.2
0	0,0 a ⁽²⁾	0,0 a ⁽²⁾
7	1,9 a	2,6 a
10	41,4 b	70,2 b
14	107,3 c	111,6 c

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

(2) As médias seguidas pelas mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

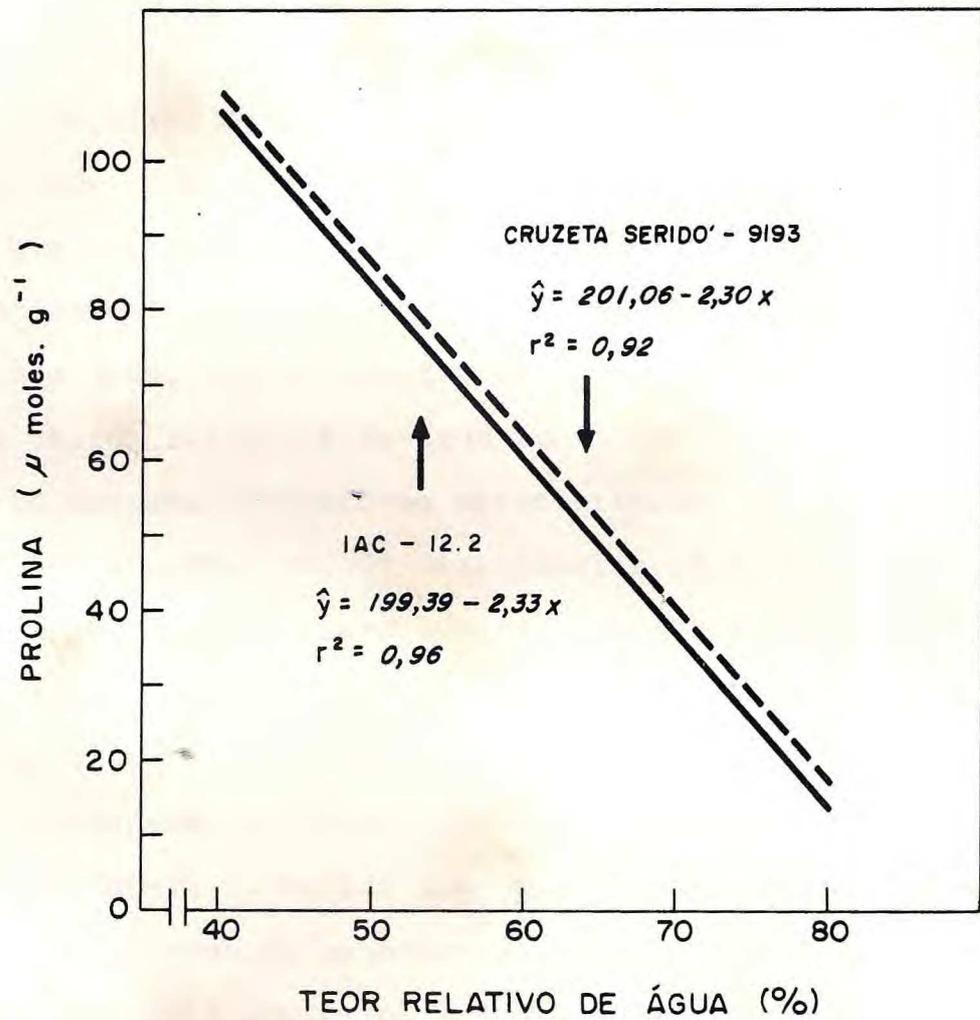


Figura 06 - Equações de regressão linear ajustadas aos valores do teor relativo de água e prolina livre das folhas nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2.

Variações no teor de prolina livre nas raízes durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.

Verificou-se também um aumento progressivo no nível de prolina das raízes, durante o período não irrigado. O algodão IAC-12.2 acumulou mais prolina livre do que o Cruzeta Seridó-9193, sendo este incremento estatisticamente significativo (Tabelas VIII e IX). Nos 7 primeiros dias, quando as plantas apresentaram-se com elevados teores relativos de água nas folhas, este incremento foi muito pequeno tornando-se estatisticamente significativo somente a partir do 10º dia (Tabelas IX e X). Neste dia, as cultivares Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 apresentaram-se com teores relativos de água ainda mais baixos e houve um aumento no nível de prolina, em relação ao controle, de aproximadamente 20 vezes na Cruzeta Seridó-9193 e de 49 vezes na IAC-12.2. No 14º dia, quando os teores relativos de água alcançaram os menores valores, houve um maior incremento no nível de prolina, sendo de aproximadamente 44 vezes na Cruzeta Seridó-9193 e de 60 vezes na IAC-12.2, em relação ao controle (Tabela VIII e Figura 7).

Vinte e quatro horas após o reinício da rega houve um aumento acentuado no teor relativo de água das folhas, ao mesmo tempo que ocorreu um decréscimo no nível de prolina nas duas cultivares, sendo de 89% para a Cruzeta Seridó-9193 e de 91% para a IAC-12.2. Este decrés

cimo de prolina ainda foi maior 48 horas após a irrigação, quando os níveis de prolina atingiram valores relativamente próximos aos das plantas do tratamento controle (Tabela VIII e Figura 7). Com os dados da Tabela VIII, calculou-se a correlação entre os teores relativos de água com o incremento de prolina livre das raízes, apresentando coeficiente de correlação ao nível de 1% (Snedecor, 1956) de -0,92 para a Cruzeta Seridó-9193 e de -0,93 para a IAC-12.2. Ajustou-se aos valores do teor relativo de água e prolina livre das raízes uma equação do tipo linear, sendo obtido $\hat{y} = 84,60 - 0,96x$ ($r^2 = 0,95$) para a Cruzeta Seridó-9193 e $\hat{y} = 116,84 - 1,35x$ ($r^2 = 0,97$) para a IAC-12.2 (Figura 8).

Variações na relação parte aérea/raiz durante o período irrigado e o não irrigado.

A relação parte aérea/raiz das plantas nos dois tratamentos apresentou-se com valores mais ou menos constantes, tanto no algodão Cruzeta Seridó-9193 como no IAC-12.2 (Tabela XI). As pequenas variações ocorridas durante o período experimental não foram estatisticamente significativas (Tabelas XII e XIII). Todavia, houve diferença estatisticamente significativa entre os valores da relação parte aérea/raiz nas duas cultivares (Tabelas XII, XIII e Figura 9). A cultivar IAC-12.2 apresentou, no período estudado, uma maior relação parte aérea/raiz do que a

TABELA VIII - Variações no teor relativo de água nas folhas e no teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado e o de reinício da rega⁽¹⁾.

Período experimental (dias)	Cruzeta Seridô-9193		IAC-12.2	
	TRA	Prolina	TRA	Prolina
	(%)	(μ moles/g P.S.)	(%)	(μ moles/g P.S.)
0	92,9	0,0	90,0	0,0
7	83,2	1,6	79,8	2,4
10	62,5	20,2	52,1	49,1
14	46,2	44,1	41,3	60,5
15	79,9	5,0	78,9	5,6
16	81,6	2,1	80,3	3,6

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar. Após a coleta das amostras no 14º dia do período não irrigado houve o reinício da rega.

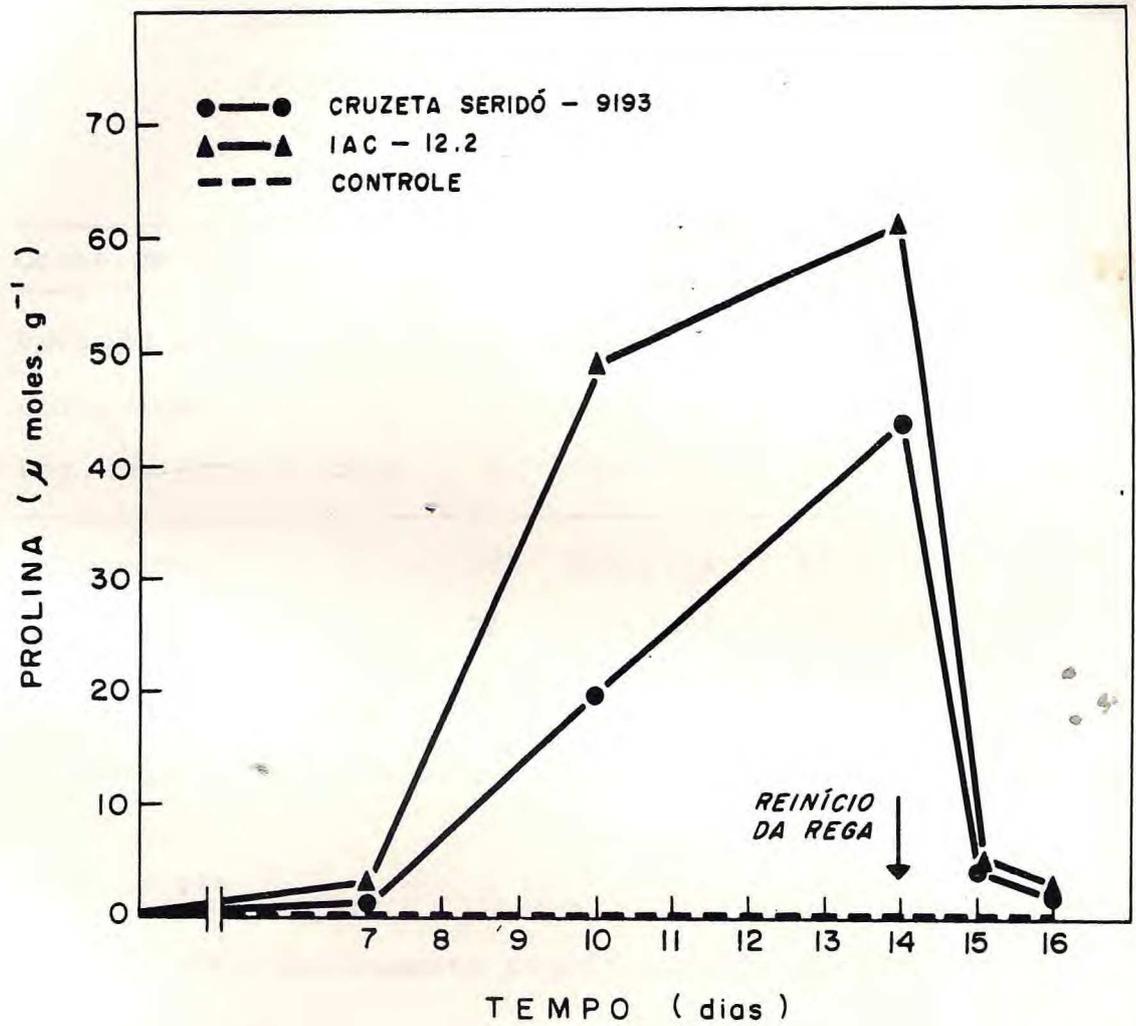


Figura 07 - Variações no teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período irrigado, o não irrigado e o de reinício da rega.

TABELA IX - Análise da variância do teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Período não irrigado	3	52401,14	17467,05	52,68 ++
Cultivares	1	3544,48	3544,48	10,69 ++
Per. não irrg. x cult.	3	3816,91	1272,30	3,84 +
Tratamento	(7)	59762,52	8537,50	25,75 ++
Resíduo	24	7957,82	331,58	
Total	31	67720,34		

C. V. = 44%

(+) Estatisticamente significativo ao nível de 5%.

(++) Estatisticamente significativo ao nível de 1%.

TABELA X - Variações no teor de prolina livre nas raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 durante o período não irrigado⁽¹⁾.

Período (dias)	Prolina (μ moles/g P.S.)			
	Cruzeta Seridô-9193		IAC-12.2	
0	0,0	a ⁽²⁾	0,0	a ⁽²⁾
7	1,6	a	2,4	a
10	20,2	b	49,1	b
14	44,1	c	60,5	c

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

(2) As médias seguidas das mesmas letras não diferem estatisticamente ao nível de 5% pelo teste de Tukey.

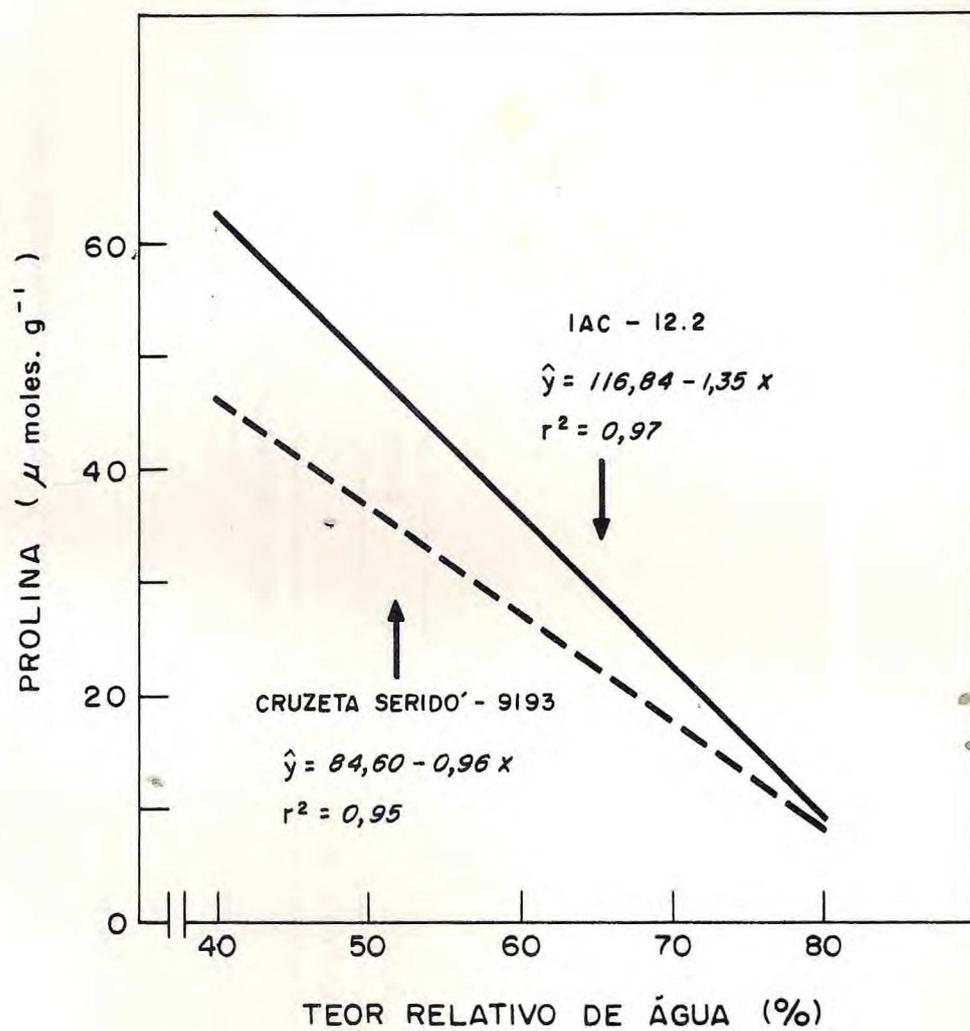


Figura 08 - Equações de regressão linear ajustadas aos valores do teor relativo de água e prolina livre das raízes, nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2.

TABELA XI - Variações na relação parte aérea/raiz nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado⁽¹⁾.

Período experimental (dias)	Relação parte aérea/raiz			
	Cruzeta Seridô-9193		IAC-12.2	
	irrigado	não irrigado	irrigado	não irrigado
0	1,15	1,15	2,31	2,31
7	1,44	1,29	2,08	1,98
10	1,41	1,25	2,04	1,97
14	1,67	1,26	1,83	1,74

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar

TABELA XII - Análise da variância da relação parte aérea/
raiz nas cultivares de algodão Cruzeta Seri
dô-9193 e IAC-12.2 no tratamento irrigado.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Período irrigado	3	0,0051	0,0017	0,02 N.S.
Cultivares	1	3,3879	3,3879	36,31 ++
Per. irrig. x cult.	3	0,9862	0,3287	3,52 +
Tratamento	(7)	4,3792	0,6256	6,70 ++
Resíduo	24	2,2401	0,0933	
Total	31	6,6193		

C. V. = 17%

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

(+) Estatisticamente significativo ao nível de 5%.

(++) Estatisticamente significativo ao nível de 1%.

TABELA XIII - Análise da variância da relação parte aérea/raiz nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 no tratamento não irrigado.

Causa de Variação	GL	SQ	QM	F
Período não irrigado	3	0,2251	0,0750	1,52 N.S.
Cultivares	1	4,4619	4,4619	90,68 ++
Per. não irrigado x cult.	3	0,5093	0,1698	3,45 +
Tratamento	(7)	5,1963	0,7423	15,08 ++
Resíduo	24	1,1799	0,0492	
Total	31	6,3762		

C. V. = 13%

(N.S.) Estatisticamente não significativo ao nível de 5%.

(+) Estatisticamente significativo ao nível de 5%.

(++) Estatisticamente significativo ao nível de 1%.

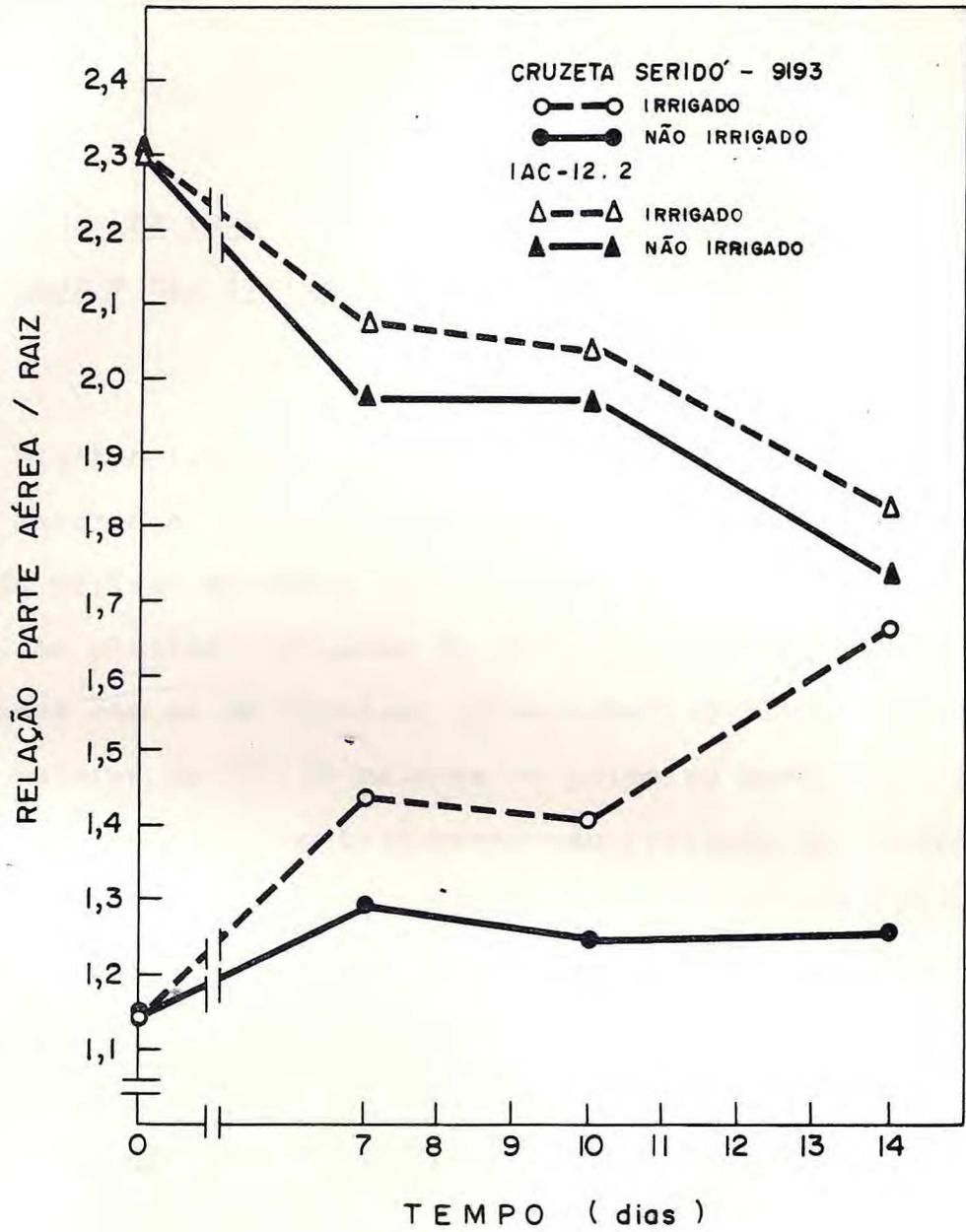


Figura 09 - Variações na relação parte aérea/raiz nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.

Cruzeta Seridó-9193.

Variações na taxa de assimilação líquida nos tratamentos irrigado e não irrigado.

As taxas de assimilação líquida, tanto nas plantas irrigadas, como nas não irrigadas, foram sempre maiores no primeiro período (0 a 7 dias) do que no segundo período estudado (7 a 14 dias) (Tabela XIV e Figura 10). As plantas irrigadas da cultivar IAC-12.2 quando comparadas com as da cultivar Cruzeta Seridó-9193, apresentaram valores de TAL 8% maiores no primeiro período e 25% no segundo. Todavia, no tratamento não irrigado os valores de TAL foram maiores na cultivar Cruzeta Seridó-9193 do que na IAC-12.2, tanto no primeiro como no segundo período estudado.

Variações na taxa de crescimento relativo nos tratamentos irrigado e não irrigado.

Nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2, as taxas de crescimento relativo apresentaram valores maiores no primeiro período (0 a 7 dias) do que no segundo (7 a 14 dias), tanto nas plantas irrigadas como nas não irrigadas (Tabela XV e Figura 11). As taxas de crescimento relativo das plantas irrigadas da Cruze

TABELA XIV - Variações nas taxas de assimilação líquida nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado⁽¹⁾.

Período experimental (dias)	Taxa de assimilação líquida (mg.dm ⁻² .dia ⁻¹)			
	Cruzeta Seridô-9193		IAC-12.2	
	irrigado	não irrigado	irrigado	não irrigado
0 a 7	78,5	69,0	85,7	66,2
7 a 14	59,0	24,3	78,1	7,5

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

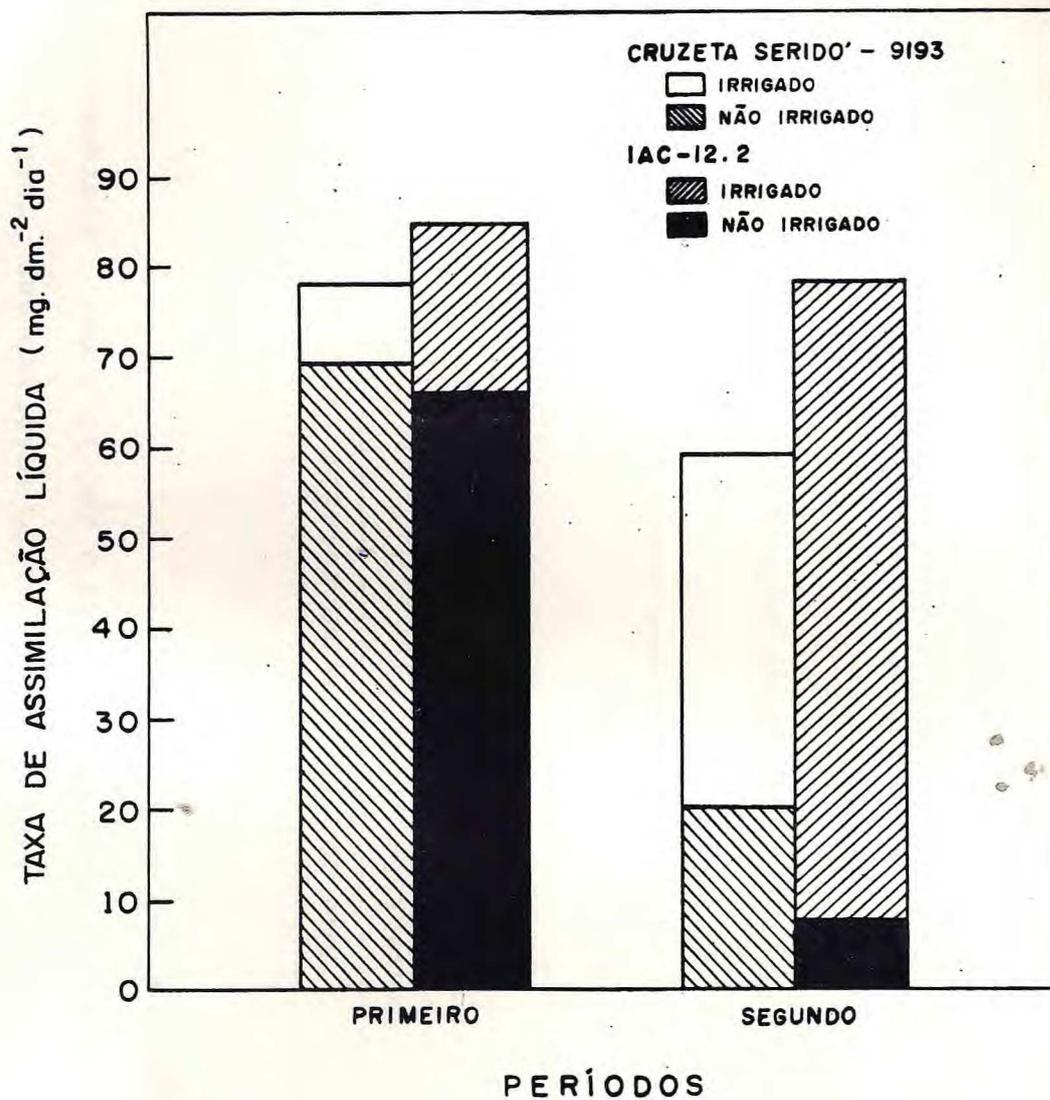


Figura 10 - Taxa de assimilação líquida das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.

TABELA XV - Variações nas taxas de crescimento relativo nas cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado⁽¹⁾.

Período experimental (dias)	Taxa de crescimento relativo (mg.g ⁻¹ .dia ⁻¹).			
	Cruzeta Seridô-9193		IAC-12.2	
	irrigado	não irrigado	irrigado	não irrigado
0 a 7	115,5	103,7	93,4	67,2
7 a 14	74,8	30,4	70,6	7,3

(1) Valores médios de 4 repetições para cada cultivar.

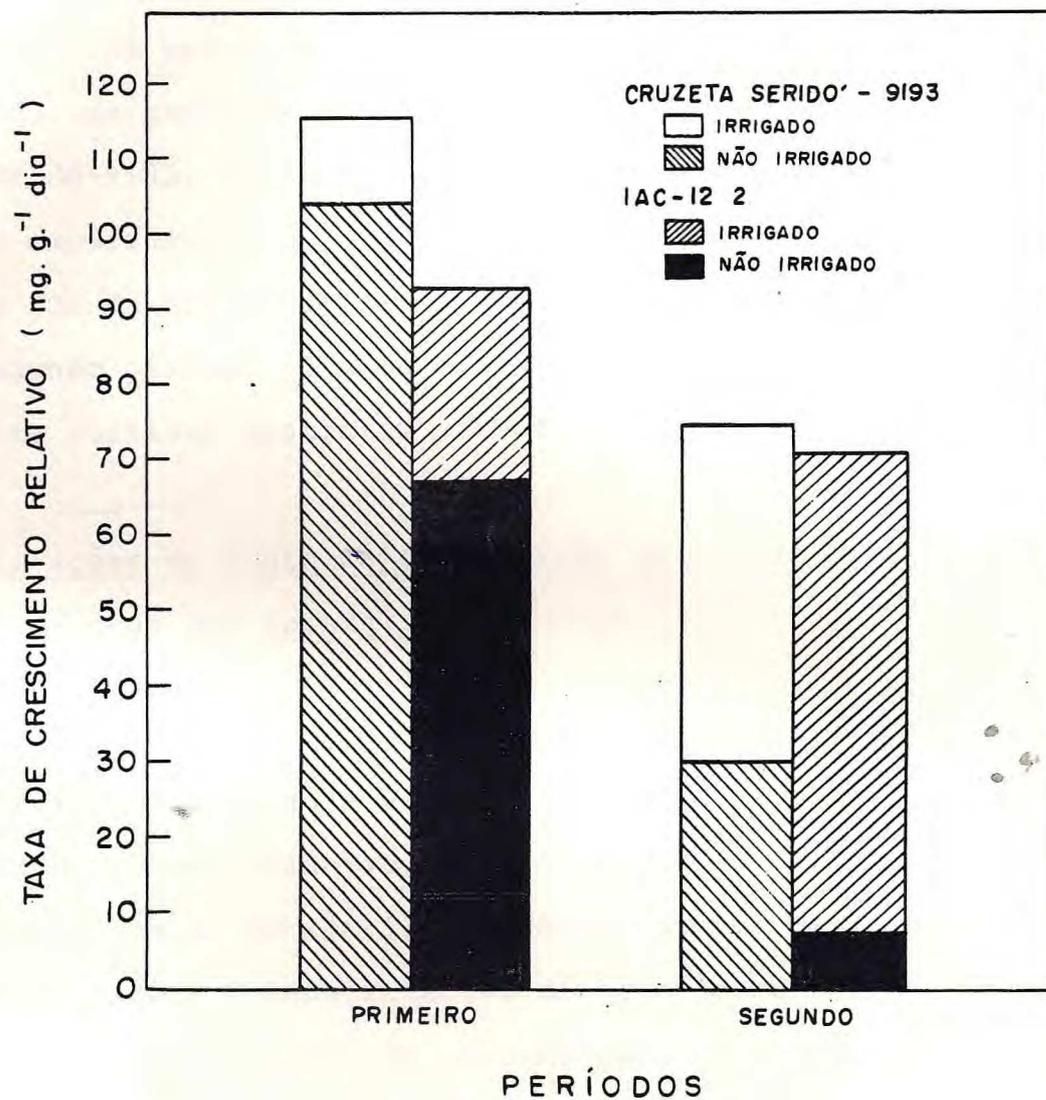


Figura 11 - Taxa de crescimento relativo nas cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 nos tratamentos irrigado e não irrigado.

ta Seridó-9193 foram superiores às da Cultivar IAC-12.2, nos dois períodos estudados (0 a 7 e 7 a 14 dias), sendo de 19% no primeiro período e de 6% no segundo período. Contudo, as taxas de crescimento relativo da cultivar Cruzeta Seridó-9193, ainda foram maiores em relação as da IAC-12.2, no experimento com plantas não irrigadas. Esta superioridade foi de 35% no primeiro período (0 a 7 dias) e de 76% no segundo período (7 a 14 dias), quando as plantas desta última cultivar mostraram sinais visíveis de desidratação.

Variações do ponto de compensação em função do teor relativo de água das folhas.

As plantas da cultivar Cruzeta Seridó-9193 mostraram-se predominantemente fotossintetizando, quando o teor relativo de água decresceu de 91% a 46%, enquanto que as da IAC-12.2 apresentaram-se nesta mesma condição quando o teor relativo de água decresceu de 86% a 56% (Figura 12). O ponto de compensação das plantas da cultivar Cruzeta Seridó-9193 foi alcançado quando o teor relativo de água se encontrava na faixa de 46% a 40%; abaixo deste valor, elas passaram a respirar. Entretanto, as plantas da IAC-12.2 mostraram-se mais sensível à falta de água, alcançando o ponto de compensação quando o teor relativo de água se encontrava na faixa de 56% a 46%; abaixo deste valor elas passaram a respirar.

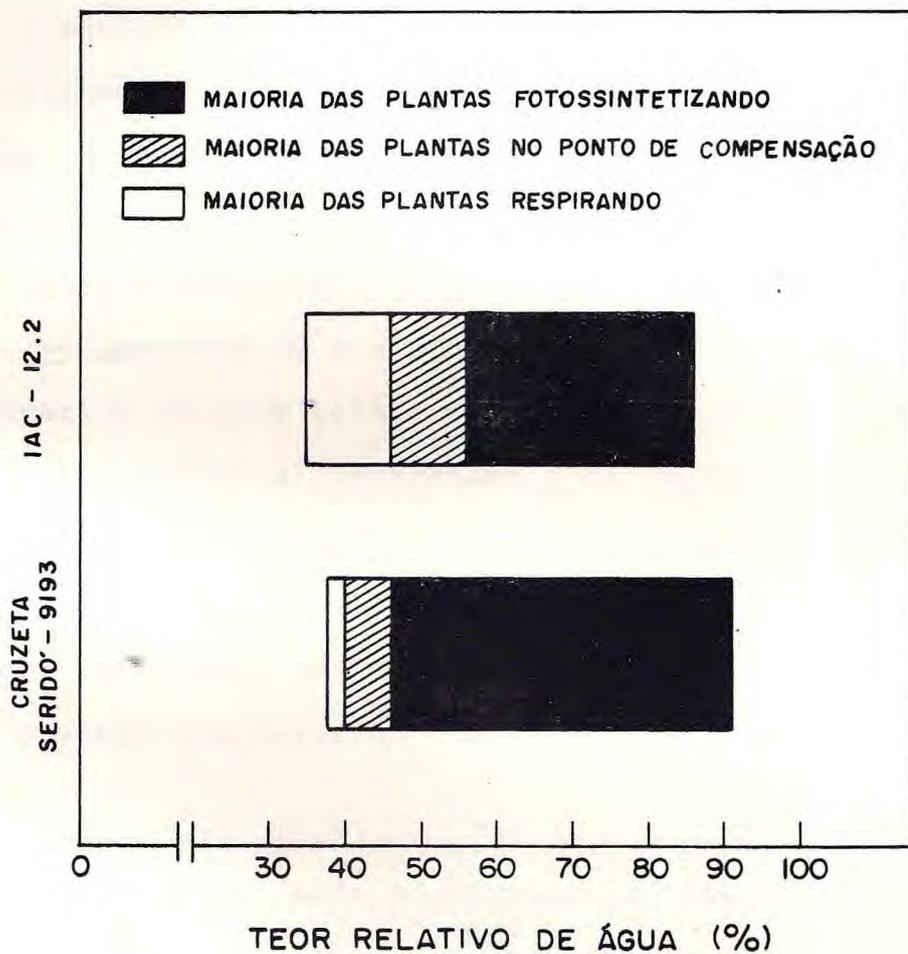


Figura 12 - Ponto de compensação em função do teor relativo de água das folhas nas cultivares de algão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2.

DISCUSSÃO E CONCLUSÕES

O decréscimo no teor relativo de água ocorrido nos tecidos foliares das cultivares estudadas durante o período não irrigado (0, 7, 10 e 14 dias), foi estatisticamente significativo (Tabelas III e IV), e está altamente correlacionado com os dias do período não irrigado, apresentando coeficientes de correlação de -0,91 para a cultivar Cruzeta Seridô-9193 e de -0,92 para a IAC-12.2 (Tabela I). No decorrer do período estudado, houve um decréscimo gradativo do teor relativo de água nas duas cultivares (Tabela I e Figura 3), entretanto, os valores do teor relativo de água foram sempre maiores na cultivar Cruzeta Seridô-9193 do que na IAC-12.2. Este resultado possivelmente pode ser explicado, devido ao maior desenvolvimento relativo do sistema radicular da cultivar Cruzeta Seridô-9193 (Tabela XI).

Após decorridos 14 dias de suspensão a irrigação, quando as plantas apresentaram sinais visíveis de murcha, com teores relativos de água de 46,2% para a Cruzeta Seridô-9193 e 41,3% para a IAC-12.2, as plantas foram novamente irrigadas, alcançando teores relativos de água próximos aos encontrados em plantas do tratamento controle (Tabela I e Figura 3). Esta capacidade de pronta recuperação foi também observada em trevo ladino (Routley, 1966),

sorgo (Blum & Ebercon, 1976) e arroz (Madruga, 1976).

Os valores dos teores relativos de água na cultivar Cruzeta Seridó-9193 foram estatisticamente superiores aos da IAC-12.2, tanto nas plantas irrigadas (Tabela II), como nas não irrigadas (Tabela III). Esta diferença do teor relativo de água entre as cultivares estudadas, possivelmente ocorreu devido ao comportamento distinto entre os genótipos (Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2), no que se refere a capacidade de absorção e/ou retenção de água. Fenômeno semelhante, no que se refere à manutenção de um melhor "status" de água, foi também observado em diferentes cultivares de arroz (Madruga, 1976) e de sorgo (Blum & Ebercon, 1976).

Houve um aumento gradativo no nível de prolina livre, quando as cultivares Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2 foram submetidas ao tratamento não irrigado (Tabela V e Figura 5). Este mesmo efeito da desidratação sobre o teor de prolina livre foi também encontrado em azevém perene (Kemble & MacPherson, 1954), citrus (Chen et al., 1966), trevo ladino (Routley, 1966), cevada (Singh, Paleg & Aspinall, 1973) e sorgo (Blum & Ebercon, 1976). O incremento no teor de prolina livre verificado nas folhas das cultivares de algodão Cruzeta Seridó-9193 e IAC-12.2, está altamente correlacionado com o teor relativo de água das folhas, com coeficientes de correlação de -0,94 para a Cruzeta Seridó-9193

e -0,92 para a IAC-12.2 (Tabela V).

No 14º dia do período não irrigado, quando as cultivares mostraram sinais visíveis de murcha, apresentando teor relativo de água de 46,2% na Cruzeta Seridó-9193 e de 41,3% na IAC-12.2, o teor de prolina livre alcançou valores mais altos, sendo de aproximadamente 107 vezes na Cruzeta Seridó-9193 e de 111 vezes na IAC-12.2, em relação ao controle (Tabela V). Este elevado nível de prolina diminuiu rapidamente, 24 horas após o reinício da rega, com as cultivares apresentando uma recuperação do nível de hidratação dos tecidos foliares, sendo o teor relativo de água de 79,9% na Cruzeta Seridó-9193 e de 78,9% na IAC-12.2. O nível de prolina decresceu ainda mais 48 horas após a irrigação, alcançando valores relativamente próximos aos das plantas do tratamento controle (Tabela V e Figura 5). Esta tendência no comportamento também foi encontrado em trevo ladino (Routley, 1966), feijão (Masciotti, 1974), sorgo (Blum & Ebercon, 1976) e arroz (Madruga, 1976). Este decréscimo no teor de prolina livre, após a reidratação dos tecidos foliares, possivelmente pode ser explicado pela oxidação de prolina na folha, sendo utilizada como fonte de energia (Stewart, 1973; Rena & Splittstoesser, 1974). Uma outra possível explicação para o decréscimo no teor de prolina, resultaria de sua translocação e utilização em outras partes da planta (Mizusaki et al., 1964), o que não

ocorreu para as raízes das cultivares de algodão Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2, desde que elas também apresentaram um decréscimo no nível de prolina, após a reidratação dos tecidos (Tabela VIII e Figura 7).

Não houve nenhuma variação no teor de prolina livre das folhas das duas cultivares no tratamento controle (Figura 5). Este resultado difere do encontrado em feijão (Masciotti, 1974) e em arroz (Madruga, 1976). Possivelmente, esta discrepância é devida ao fato dos citados autores terem usado folhas destacadas, enquanto que no presente trabalho as folhas permaneceram ligadas à planta. É possível que a excisão das folhas tenha acelerado a senescência dos tecidos e isto tenha contribuído para o acúmulo de prolina livre.

A exemplo do observado nos tecidos foliares, prolina livre também se acumulou nas raízes das cultivares Cruzeta Seridô-9193 e IAC-12.2, durante o período não irrigado (Tabela VIII e Figura 7). Este comportamento foi também encontrado em raízes de citrus (Chen et al., 1964) e em cevada (Singh, Paleg & Aspinall, 1973). Contudo, foi evidenciado maior teor de prolina na parte aérea do que na raiz, tanto na Cruzeta Seridô-9193 como na IAC-12.2 (Tabela V, VIII e Figuras 5, 7). Estes resultados estão de acordo com os encontrados em cevada (Singh, Paleg & Aspinall, 1973) e em plantas halófilas submetidas a condições de sa

linidade (Stewart & Lee, 1974).

Durante o período não irrigado a cultivar IAC-12.2 apresentou maior teor de prolina nas raízes do que a cultivar Cruzeta Seridó-9193 (Figura 7), sendo esta diferença estatisticamente significativa (Tabela IX). Possivelmente este comportamento pode ser explicado, tendo em vista uma maior eficiência na retenção de água e/ou absorção da Cruzeta Seridó-9193, implicando em uma maior desidratação nos tecidos radiculares da IAC-12.2 que como consequência acumula mais prolina livre. No 14º dia do período não irrigado, quando o teor relativo de água das folhas foi de 46,2% na Cruzeta Seridó-9193 e de 41,3% na IAC-12.2 (Tabela VIII), o teor de prolina livre nos tecidos radiculares alcançou valores de aproximadamente 44 vezes na Cruzeta Seridó-9193 e de 60 vezes na IAC-12.2, em relação ao controle. Este elevado incremento de prolina livre diminuiu rapidamente, 24 horas após o reinício da rega, quando as cultivares apresentaram uma recuperação dos teores relativos de água, alcançando 79,9% na Cruzeta Seridó-9193 e 78,9% na IAC-12.2. Este nível de prolina livre nos tecidos radiculares alcançou valores relativamente próximos aos das plantas do tratamento controle, 48 horas após a irrigação (Tabela VIII e Figura 7). Este decréscimo no teor de prolina livre, após a reidratação dos tecidos radiculares, possivelmente pode ser explicado pela oxidação de prolina no

próprio tecido, sendo utilizada como fonte de energia (Stewart, 1973; Rena & Splittstoesser, 1974), podendo também ser translocada e utilizada em outras partes da planta (Mizusaki et al., 1964).

A cultivar Cruzeta Seridô-9193, tanto no tratamento irrigado como no não irrigado, apresentou uma menor relação parte aérea/raiz do que a cultivar IAC-12.2 (Tabela XI). Estes resultados indicam um maior desenvolvimento relativo do sistema radicular das plantas da Cruzeta Seridô-9193 em relação as da IAC-12.2. Esta parece ser a razão principal da manutenção de um melhor "status" de água da cultivar Cruzeta Seridô-9193. A relação parte aérea/raiz foi sempre maior nas plantas irrigadas do que nas do tratamento não irrigado (Figura 9), indicando uma maior susceptibilidade da parte aérea ao déficit hídrico quando comparada com as raízes. Resultado semelhante também foi observado em alfena (Ligustrum japonicum Thunb.), quando esta planta foi submetida ao déficit hídrico (Slatyer, 1956, citado por Levitt, 1972). Este maior crescimento da raiz em relação a parte aérea nas cultivares desidratadas, possivelmente pode ser explicado, tendo em vista uma maior disponibilidade de água nas raízes do que na parte aérea, bem como a ocorrência de translocação de metabólitos das folhas para as raízes (Gates, 1968).

Nos dois períodos estudados (0 a 7 e

7 a 14 dias), a taxa de assimilação líquida nas plantas irrigadas da cultivar Cruzeta Seridó-9193 foi sempre menor do que nas plantas da IAC-12.2 (Tabela XIV e Figura 10). Este resultado, possivelmente pode ser explicado devido ao comportamento distinto entre as cultivares no que se refere a eficiência fotossintética, concorrendo para que a IAC-12.2 (planta anual), apresente uma maior taxa de assimilação líquida e crescimento mais intenso do que a Cruzeta Seridó-9193.

A taxa de assimilação líquida das plantas não irrigadas foi menor nos dois períodos (0 a 7 e 7 a 14 dias) do que a das plantas irrigadas, sendo mais evidente no segundo período (7 a 14 dias), quando o déficit de água foi mais severo (Tabela XIV e Figura 10). Este resultado está de acordo com os dados da literatura, onde alguns pesquisadores observaram que o processo fotossintético era afetado quando as plantas foram submetidas à desidratação (Vaadia et al., 1961; Brix, 1962, citado por Slatyer, 1967; Slatyer, 1967).

A taxa de crescimento relativo foi maior nos dois períodos (0 a 7 e 7 a 14 dias) nas plantas irrigadas da Cruzeta Seridó-9193 do que nas da IAC-12.2, (Tabela XV e Figura 11). É possível que a emergência dos botões florais das plantas irrigadas da cultivar IAC-12.2, neste período tenha contribuído, em parte, para este decréscimo.

A taxa de crescimento relativo das plantas não irrigadas foi menor do que a das plantas irrigadas, nos dois períodos considerados (0 a 7 e 7 a 14 dias). Este resultado se apresentou mais evidente no segundo período (7 a 14 dias), quando a desidratação foi mais severa. Resultados semelhantes foram observados por outros autores, em algodão e milho (Balls, 1908; Wadleigh & Gauch, 1948; Loomis, 1934, citados por Slatyer, 1967).

A cultivar Cruzeta Seridõ-9193 mostrou-se predominantemente fotossintetizando quando o teor relativo de água decresceu de 91% para 46%, enquanto que a IAC-12.2 apresentou-se nesta mesma condição quando o teor relativo de água decresceu de 86% para 56% (Figura 12). As plantas da cultivar Cruzeta Seridõ-9193 alcançaram o ponto de compensação quando o teor relativo de água se encontrava na faixa de 46% a 40%; abaixo deste valor, as plantas passaram predominantemente a respirar. Entretanto, as plantas da IAC-12.2 mostraram-se mais sensível à falta de água, alcançando o ponto de compensação, quando o teor relativo de água se encontrava na faixa de 56% a 46%; abaixo deste valor as plantas passaram predominantemente a respirar. A manutenção da atividade fotossintética da Cruzeta Seridõ-9193, quando as suas plantas atingiram valores mais baixos de teor relativo de água, pode ser considerada como indicação de maior resistência à seca desta cultivar em com

paração com a IAC-12.2.

Para as cultivares de algodão estudadas, o acúmulo de prolina livre, tanto nas folhas como nas raízes, não está relacionado com uma maior resistência à seca e sim com a diminuição no TRA dos tecidos. Alguns pesquisadores sugeriram que, o acúmulo de prolina livre está ligado ao caráter genético que confere resistência à desidratação dos tecidos (Pálfi & Juhász, 1971; Singh et al., 1972). Possivelmente, a prolina livre acumulada sob condições de déficit hídrico funcionaria como fonte de energia respiratória e nitrogênio durante a fase de reidratação e recuperação das cultivares (Blum & Ebercon, 1976). Outras possíveis funções de prolina livre seria a de aumentar a hidratação do protoplasma ou de neutralizar a amônia que é liberada, durante o déficit hídrico, pela degradação das proteínas (Protsenko et al., 1968).

LITERATURA CITADA

- Barnett, N. M. & Naylor, A. W. 1966. Amino acid and protein metabolism in bermuda grass during water stress, Plant Physiol., 41 : 1222-1230.
- Barrs, H. D. & Weatherley, P. E. 1962. A re-examination of the relative turgidity technique for estimating water deficits in leaves. Aust. J. Biol. Sci., 15: 413-428.
- Bathurst, N. O. 1954. The amino-acids of grass pollen. J. Exp. Bot., 5 : 253-256.
- Bellartz, S. 1956. Das pollenschlauchwachstum nach art eigener und artfremder Bestäubung einiger Solanaceen und die Inhaltsstoffe ihres Pollens und ihrer Griffel. Planta, 47 : 588 - 612.
- Blum, A. & Ebercon, A. 1976. Genotypic responses in sorghum to drought stress. III. Free proline accumulation and drought resistance. Crop Sci., 16 : 428-431.
- Boyer, J. S. 1976. Photosynthesis at low water potentials. Phil. Trans. R. Soc. Lond., 273 : 501-512
- Chen, D., Kessler, B., & Monselise, S. P. 1964. Studies on water regime and nitrogen metabolism of citrus seedlings grown under water stress. Plant Physiol.,

39 : 379-386.

- Epstein, E. 1971. Mineral Nutrition of Plants: Principles and Perspectives: John Wiley and Sons, inc. New York. 412 p.
- Gates, C. T. 1968. Water deficits and growth of herbaceous plants. In : KOZLOWSKI, T. T. (ed.) Water Deficits and Plant Growth, vol. 2, New York, Academic Press, p. 135-190.
- Hsiao, T. C. 1973. Plant responses to water stress. Ann. Rev. Plant Physiol., 24 : 519-570.
- Hsiao, T. C. & Acevedo, E. 1974. Plant responses to water deficits, water-use efficiency, and drought resistance. Agric. Meteorol., 14 : 59-84.
- Hsiao, T. C., Acevedo, E., Fereres, E. & Henderson D. W. 1976. Water stress, growth, and osmotic adjustment. Phil. Trans. R. Soc. Lond., 273 : 479-500 .
- Ilgin, W. S. 1957. Drought resistance in plants and physiological processes. Ann. Rev. Plant Physiol., 8: 257-274.
- Kemble, A. R. & MacPherson, H. T. 1954. Liberation of amino acids in perennial rye grass during wilting. Biochem J., 58 : 46-49.
- Levitt, J. 1972. "Responses of Plants to Environmental

Stresses". New York, Academic Press, 697 p.

Lieth, H. & Ashton, D. H. 1961. The light compensation points of some herbaceous plants inside and outside deciduous woods in Germany. Can. J. Bot. 39:1255-1259.

Madruga, L. A. N. 1976. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo de aminoácidos livres e proteínas foliares de cinco cultivares de arroz (Oryza sativa L.). Tese de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 44 p.

Masciotti, G. Z. 1974. Efeito do déficit hídrico sobre o metabolismo do nitrogênio e o crescimento de alguns cultivares de feijão (Phaseolus vulgaris L.). Tese de Mestrado. Universidade Federal de Viçosa. 37 p.

Messer, M. 1961. Interference by amino acids and peptides with the photometric estimation of proline. Anal. Biochem., 2: 353-359.

Mizusaki, S., Noguchi, M., Tamaki, E. 1964. Studies on nitrogen metabolism in tobacco plants. VI. Metabolism of glutamic acid, γ -aminobutyric acid, and proline in tobacco leaves. Arch. Biochem. Biophys., 105 : 599-605

Morris, C. J., Thompson, J. F. & Johnson, C. M. 1969. Metabolism of glutamic acid and N-acetylglutamic acid

in leaf discs and cell-free extracts of higher plants. Plant Physiol., 44 : 1023-1026.

Pálfi, G. 1968. Changes in the amino acid content of detached wilting leaves of Solanum laciniatum Ait. in the light and in the dark. Acta Agr. Acad. Scient. Hung., 17 : 381-388.

Pálfi, G. & Bitó, M. 1970. Effect of the cold soil and physiological dryness on the amino acid metabolism of wheat, beans, sunflower, and paprika. Acta Biol. Szeged., 16 : 79-91.

Pálfi, G. & Juhász, J. 1971. The theoretical basis and practical application of a new method of selection for determining water deficiency in plants. Plant and Soil, 34 : 503-507.

Ponte, J. J. 1960. Influência do ácido sulfúrico concentrado (densidade 1,84) sobre a germinação das sementes do algodão mocó, Gossypium hirsutum marie-galante Hutch. Bol. Soc. Cear. Agron., 1 : 67-72.

Protsenko, D. F., Shmat'ko, I. G., & Rubanyuk, E. A. 1968. Drought resistance of winter wheats in relation to their amino acid content. Fiziol. Rast., 15 : 680-687.

Radford, P. J. 1967. Growth analysis formulae-their use

- and abuse. Crop Sci., 7 : 171-175.
- Rena, A. B. & Splittstoesser, W. E. 1974. The metabolism of proline in cotyledons of pumpkin (Cucurbita moschata). Plant and Cell Physiol., 15 : 681-686.
- Routley, D. G. 1966. Proline accumulation in Wilted ladino clover leaves. Crop Sci., 6 : 358-361.
- Saunier, R. E., Hull, H. M., & Ehrenreich, J. H. 1968. Aspects of the drought tolerance in creosotebush (Larrea divaricata). Plant Physiol., 43 : 401-404.
- Seitz, E. W. & Hochster, R. M. 1964. Free proline in normal and in crown-gall tumor tissue of tomato and tobacco. Life Sci., 3 : 1033-1037.
- Silva, J. B. V. 1973. Influence of drought on photosynthesis and growth of cotton plant. In: Plant Response to Climatic Factors. Proceedings of the Uppsala Symposium. Paris, France, UNESCO, p. 213-220.
- Singh, T. N., Aspinall, D., & Paleg, L. G. 1972. Proline accumulation and varietal adaptability to drought in barley: a potential metabolic measure of drought resistance. Nature New Biol., 236 : 188-190.
- Singh, T. N., Paleg, L. G., & Aspinall, D. 1973. Stress Metabolism. I. Nitrogen metabolism and growth in the

barley plant during water stress. Aust. J. Biol. Sci., 26 : 45-56.

Singh, T. N., Aspinall, D., Paleg, L. G. & Boggess, S. F. 1973. Stress metabolism. II. Changes in proline concentration in excised plant tissues. Aust. J. Biol. Sci., 26 : 57-63.

Slatyer, R. O. 1957. The influences of progressive increases in total soil moisture stress on transpiration, growth, and internal water relationships of plants. Aust. J. Biol. Sci., 10 : 320-336.

Slatyer, R. O. 1967. Plant-Water Relationships. Academic Press, New York, 366 p.

Snedecor, G. W. 1956. Statistical Methods. Iowa State College Press. Ames, Iowa., 534 p.

Stewart, C. R. 1973. The effect of wilting on proline metabolism in excised bean leaves in the dark. Plant Physiol., 51 : 508-511.

Stewart, C. R. & Lee, J. A. 1974. The role of proline accumulation in halophytes. Planta, 120 : 279-289.

Stewart, C. R., Morris, C. J., & Thompson, J. F. 1966. Changes in amino acid content of excised leaves during incubation. II. Role of sugar in the accumulation

of proline in wilted leaves. Plant Physiol., 41 : 1585-1590.

Thompson, J. F., Morris, C. J., & Gering, R. K. 1960. The effect of mineral supply on the amino acid composition of plants. Qualitas Plantarum Et Material Vegetabiles, 6 : 261-275.

Vaadia, Y., Raney, F. C., & Hagan, R. M. 1961. Plant water deficits and physiological processes. Ann. Rev. Plant Physiol., 12 : 265-292.

Waldren, R. P., Teare, I. D. & Ehler, S. W. 1974. Changes in free proline concentration in sorghum and soybean plants under field conditions. Crop Sci., 14 : 447-450.

Watson, D. J. 1947. Comparative physiological studies on the growth of field crops. I. Variation in net assimilation rate and leaf area between species and varieties, and within and between years. Ann. Bot., 11 : 41-76.

Weatherley, P. E. 1950. Studies in the water relations of the cotton plant. I. The field measurement of water deficits in leaves. New Phytol., 49 : 81-97.

Wendt, C. W. 1967. Use of relationship between leaf length and leaf area to estimate the leaf area of cotton

(Gossypium hirsutum L.), castors (Ricinus communis L.), and sorghum (Sorghum vulgare L.) Agron. J.,
59 : 484-486.