

EFEITO DE DIFERENTES REGIMES DE ÁGUA NO SOLO NO COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE ARROZ

ANA RITA FAGUNDES RODRIGUES

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia. Área de Concentração: Agrometeorologia.

PIRACICABA
Estado de São Paulo - Brasil
Maio - 1985

EFEITO DE DIFERENTES REGIMES DE ÁGUA NO SOLO NO
COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE ARROZ

ANA RITA FAGUNDES RODRIGUES

Orientador: Prof. Dr. Orivaldo Brunini

Dissertação apresentada à Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", da Universidade de São Paulo, para obtenção do título de Mestre em Agronomia, Área de Concentração: Agrometeorologia.

P I R A C I C A B A
Estado de São Paulo - Brasil
Maio, 1985

A meu pai (in memoriam)

OFEREÇO

A minha mãe e a meu irmão

DEDICO

AGRADECIMENTOS

- Ao Dr. Orivaldo Brunini, pesquisador junto à Secção de Climatologia Agrícola do Instituto Agronômico (IAC) Campinas, SP, pela orientação e colaboração na análise e interpretação dos resultados, bem como na elaboração dessa dissertação.
- Ao Pesquisador M.S. Silvio Steinmetz, do setor de Agrometeorologia do CNPAF, pela orientação, estímulo e constante apoio, principalmente durante a elaboração dos trabalhos experimentais.
- Ao Dr. François N. Reyniers, pesquisador junto ao Institut de Recherches Agronomiques Tropicales et des Cultures Vivrières (IRAT), pela orientação e apoio dedicados na realização do experimento.
- Ao Dr. Luiz Roberto Angelocci, Professor do Departamento de Física e Meteorologia da ESALQ/USP, pela colaboração e inestimável apoio.
- Ao Colega Hamilton Justino Vieira, pela amizade, sugestões e sincero apoio dedicados durante todo o curso.
- Aos Colegas Eloy A. Pauletto, Homero Bergamaschi, Renato dos Santos, Francisco Mandelli, Ana A. G. da Silva ,

João Holanda Campello Júnior, Paulo A. Manfron e Sara M. S. da Igreja, pelo incentivo e sugestões apresentadas.

Aos técnicos do CNPAF, José Carlos Pelegrini e Getúlio Ferreira Brunet, pelo apoio e auxílio prestados no desenvolvimento do experimento e observações de campo.

À ESALQ, por intermédio dos professores do Departamento de Física e Meteorologia, Dr. Paulo L. Libardi, Dr. Nilson Augusto Villa Nova, Dr. José Carlos Ometto, Dr. Afonso Decico e Dr. Epaminondas Sansigolo de Barros Ferraz, pelo estímulo dedicado.

Ao Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), pelos recursos colocados à disposição, pela cessão da área experimental e apoio técnico, que permitiram a realização deste trabalho.

À CAPES e CNPq, pelo suporte financeiro cedido através das bolsas de estudo.

À todos aqueles que de qualquer forma colaboraram para que este trabalho existisse.

INDICE

	Pág.
RELAÇÃO DE TABELAS	vii
RELAÇÃO DE FIGURAS	x
RESUMO	xix
SUMMARY	xxiii
1. INTRODUÇÃO	1
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	5
2.1. Potencial da Água na Folha	5
2.2. Resistência Difusiva ao Fluxo de Vapor D'Água	14
2.3. Resposta das Plantas ao Estresse Hídrico	17
2.4. O Papel do Sistema Radicular na Tolerân- cia à Seca	24
2.5. Disponibilidade da Água no Solo	26
3. MATERIAL E MÉTODOS	29
3.1. Local, Clima e Solo	29
3.2. Delineamento Experimental	30
3.2.1. Características das Cultivares	31
3.2.2. Adubação e Plantio	31
3.2.3. Tratos Culturais	32
3.2.4. Determinações fenológicas	32

	Pág.
3.2.5. Tratamentos de Água no Solo	33
3.3. Fluxo de Água no Solo	37
3.4. Estado Energético da Água na Planta e Parâmetros Ecofisiológicos	38
3.4.1. Potencial da Água na Folha	38
3.4.2. Resistência Estomática à Difusão de Vapor D'Água	40
3.5. Análise de Crescimento	41
3.5.1. Área Foliar e Índice de Área Foliar	41
3.5.2. Altura de Plantas e Número de Perfilhos	42
3.5.3. Peso Seco, Taxa de Assimilação Líquida e Taxa de Crescimento Relativo das Plantas	42
3.6. Produção e Componentes da Produção	44
3.7. Peso de Palhas e Comprimento de Panículas...	45
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	46
4.1. Potencial da Água na Folha	46
4.2. Resistência Difusiva ao Fluxo de Vapor D'Água	71
4.3. Análise de Crescimento	94

	Pág.
4.4. Análise da Produção, seus Componentes, Peso Seco de Palhas e Comprimento de Panículas	104
5. CONCLUSÕES	130
6. BIBLIOGRAFIA	134
APÊNDICE	144

RELAÇÃO DE TABELAS

Tabela nº		Pág.
1	Área plantada (1.000 ha) nos principais sistemas de produção de arroz no Brasil, safra 1980/81	2
2	Composição granulométrica dos vários horizontes do solo.....	30
3	Croqui dos tratamentos e períodos de déficit hídrico	36
4	Data e horário do início do enrolamento no tratamento a 0% de evapotranspiração máxima (ETm) para as cultivares de arroz CNA791041 e IR50 durante o período de estresse hídrico, potencial da água na folha e déficit máximo de saturação do vapor d'água no ar	70
5	Graus de enrolamento da folha alcançados pelas cultivares de arroz CNA791041 e IR50 no tratamento a 0% de evapotranspiração máxima (ETm), resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água, densidade de fluxo transpiratório e déficit de saturação de vapor d'água no ar	93

Tabela nº		Pág.
6	Produtividade (t/ha) nos diferentes tratamentos de irrigação com base em valores de evapotranspiração máxima para as cultivares CNA791041 e IR50	107
7	Análise estatística entre produção e componentes da produção, comprimento médio de panículas e peso seco médio de palhas para as cultivares CNA791041 e IR50	110
8	Análise de variância da produção em função dos tratamentos e cultivares	111
9	Análise de variância da porcentagem média de grãos vazios em função dos tratamentos e cultivares	114
10	Análise de variância do peso médio de 100 grãos em função dos tratamentos e cultivares	115
11	Análise de variância do número médio de panículas em função dos tratamentos e cultivares	116

Tabela nº	Pág.
12 Análise de variância do comprimento médio de panículas em função dos tratamentos e cultivares	117
13 Análise de variância do número médio de grãos por panícula em função dos tratamentos e cultivares	118
14 Análise de variância do peso seco médio de palha em função dos tratamentos e cultivares	119

RELAÇÃO DE FIGURAS

Figura	nº	Pág.
1	Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar e temperatura do ar, para as cultivares CNA791041 e IR50 no 8º dia de estresse hídrico	50
2	Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar e temperatura do ar, para as cultivares CNA791041 e IR50 no 17º dia de estresse hídrico	51
3	Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar e temperatura do ar, para as cultivares CNA791041 e IR50 no 25º dia de estresse hídrico	52
4	Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar e temperatura do ar, para as cultivares CNA791041 e IR50 no 27 ^o dia de estresse hídrico	53

Figura nº		Pág.
5	Variação dos valores médios diários do potencial da água na folha durante o período de estresse hídrico para cultivares CNA791041 e IR50	55
6	Armazenamento da água no solo para as cultivares CNA791041 e IR50 durante o período de tratamentos de água no solo, estimado pelo balanço hídrico de Thornthwaite-Mather (1955/1957) modificado por BRAGA e VILLA NOVA (1983)	56
7	Variação horária do potencial da água na panícula, do déficit de saturação de vapor d'água no ar e temperatura do ar, dentro do abrigo de chuva, para as cultivares CNA791041 e IR50 no 29º dia de estresse hídrico	59
8	Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar CNA791041 dentro e fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação	62

Figura nº		Pág.
9	Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar IR50, dentro e fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação	63
10	Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar CNA791041. As medidas foram tomadas fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação	64
11	Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar IR50. As medidas foram tomadas fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação	65
12	Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar CNA791041. As medidas foram tomadas dentro do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de	

Figura n°		Pág.
	irrigação	66
13	Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar IR50. As medidas foram tomadas dentro do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação	67
14	Variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 e IR50 no 8º dia de estresse hídrico	73
15	Variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 e IR50 no 17º dia de estresse hídrico	76
16	Variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 e IR50 no 25º dia de estresse hídrico	77
17	Variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as	

Figura nº		Pág.
	cultivares CNA791041 e IR50 no 27º dia de estresse hídrico	79
18	Variação da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água estimada às 12 horas para as cultivares CNA791041 e IR50 durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação	82
19	Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 e IR50 no 8º dia de estresse hídrico	86
20	Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 e IR50 no 17º dia de estresse hídrico	87
21	Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 e IR50 no 25º dia de estresse hídrico	88
22	Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 e IR50 no 27º dia de estresse hídrico	89

Figura nº		Pág.
23	Variação do índice de área foliar e número de perfilhos por m ² para as cultivares CNA791041 e IR50 durante todo o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo	96
24	Variação da altura das cultivares CNA791041 e IR50 durante o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo	98
25	Variação do acúmulo de matéria seca para as cultivares CNA791041 e IR50, durante o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo	100
26	Variação da taxa de assimilação líquida para as cultivares CNA791041 e IR50, durante o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo, de acordo com os dias de irrigação	102

Figura nº	Pág.
27	Variação da taxa de crescimento relativo para as cultivares CNA791041 e IR50 durante o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo, de acordo com os dias de irrigação 103
28	Produtividade (t/ha) em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% de ETm, para as cultivares CNA791041 e IR50 durante o ciclo da cultura 108
29	Porcentagem média de grãos vazios em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% de ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 e IR50 120
30	Peso médio de 100 grãos (g) em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50,

Figura nº		Pág.
	75 e 100% de ETm e DHN (déficit hídrico natural), para as cultivares CNA791041 e IR50	111
31	Número médio de panículas por unidade de área de solo em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% de ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 e IR50	122
32	Comprimento médio de panículas (cm), em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% de ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 e IR50	123
33	Número médio de grãos por panícula em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% de ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 e IR50.....	124

Figura nº	Pág.
34 Peso seco médio de palhas (g) em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ET _m) a 0, 25, 50, 75 e 100% de ET _m e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 e IR50	125

EFEITO DE DIFERENTES REGIMES DE ÁGUA NO SOLO NO
COMPORTAMENTO DE DUAS CULTIVARES DE ARROZ

Autor: ANA RITA FAGUNDES RODRIGUES

Orientador: Dr. ORIVALDO BRUNINI

R E S U M O

Com o objetivo de avaliar o efeito do déficit hídrico sobre o comportamento de plantas de arroz, desenvolveu-se um estudo no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), no município de Goianira, GO, em latossolo vermelho-escuro distrófico, utilizando-se uma cultivar de arroz de sequeiro (CNA791041) e uma de arroz irrigado (IR50), ambas sob condições de sequeiro.

Durante o estágio vegetativo, utilizaram-se dois tratamentos de suprimento de água: um mantendo o solo à capacidade de campo e outro apenas com a precipitação natural. No período de 15 dias antes do início do florescimento até 15 dias após, para a cultivar CNA791041, as parcelas

foram irrigadas com base em 100, 75, 50, 25 e 0% de evapotranspiração máxima (ET_m), tendo como referência o tratamento a 100% de ET_m sempre que os tensiômetros previamente instalados a 15cm da superfície do solo acusavam 0,010 MPa. Isto porque, de acordo com dados experimentais, esse era o ponto de umidade do solo ótimo para a cultura do arroz. Após esse período, adotou-se os tratamentos iniciais de suprimento de água. Para a cultivar IR50 os mesmos níveis de água foram empregados apenas diferenciando o início do período de aplicação, o qual esteve compreendido entre 30 a 48 dias antes do início do florescimento.

As condições hídricas do solo foram caracterizadas pelo armazenamento estimado através do balanço hídrico conforme metodologia de Thornthwaite-Mather (1955/1957), adotando modificações introduzidas por BRAGA e VILLA NOVA (1983). A capacidade de água disponível foi estimada como 50mm para a cultivar CNA791041 e 30mm para cultivar IR50, tendo em vista as observações visuais do sistema radicular e as estimativas feitas utilizando-se as curvas características de umidade de solo.

Para verificação do comportamento das culturas foi feita a análise de crescimento durante todo o experimento. No período de estresse hídrico determinou-se a resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água, potencial da

água na folha e densidade de fluxo transpiratório. Na ocorrência de precipitação pluvial foram utilizadas coberturas apropriadas que impediam a entrada de água das chuvas nas parcelas.

Os resultados mostraram que a produção de ambas as cultivares apresentaram correlações com os níveis de irrigação empregados, e que o critério de irrigação adotado foi muito importante para explicar as diferenças de níveis e produção alcançada. O estágio em que a cultura se encontrava quando submetida a diferentes níveis de deficiência hídrica também influenciou os resultados.

Os parâmetros da análise de crescimento, tais como: índice de área foliar (IAF), altura de plantas, peso seco, taxa de crescimento relativo, taxa de assimilação líquida, mostraram uma estreita correlação com os níveis de irrigação e os períodos em que estas foram realizadas, bem como a arquitetura de cada cultivar e suas características de desenvolvimento.

A cultivar de sistema irrigado (IR50), apresentou os valores de potenciais da água na folha mais negativas com o maior grau de enrolamento. Além disso, atingiu os valores mais altos de resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água e densidade de fluxo transpiratório durante o período de estresse hídrico, o que mostrou a sua sensibili-

dade a esse estresse hídrico. Para a cultivar CNA791041 todos os parâmetros referidos anteriormente mostraram valores inferiores à cultivar IR50, ressaltando a sua resistência à seca. Porém, analisando-se todos os parâmetros em conjunto podemos dizer que algumas características morfo-fisiológicas da cultivar de sistema irrigado podem ser aproveitadas nas seleções de cultivares de sistema de sequeiro.

EFFECT OF DIFFERENT WATER REGIMES IN THE SOIL
ON THE BEHAVIOR OF TWO RICE CULTIVARS

Author: ANA RITA FAGUNDES RODRIGUES

Adviser: Dr. ORIVALDO BRUNINI

S U M M A R Y

To evaluate the effect of water deficit on the behavior of rice plants, a study was carried out at the Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP) (National Rice and Bean Research Center) of EMBRAPA (Brazilian State Corporation for Agricultural Research), in the "município" of Goianira, State of Goiás, in a dark-red latosol, using an upland rice cultivar (CNA791041) and an irrigated rice cultivar (IR50), both cultivated under upland conditions.

Two treatments of water supply were used during the vegetative period: one maintaining the soil at field capacity and the other under natural precipitation. In the period from 15 days before flowering initiation to 15 days after flowering, the plots with cultivar CNA791041 were irrigated on the basis of 100, 75, 50, 25 and 0% of the maximum evapotranspiration, having as reference the 100% ET_m treatment

whenever the tensiometers, which were previously set up at a depth of 15cm, registered 0,010 MPa. This was adopted because, according to previous experimental data for this crop and the soil utilized, this is the optimum moisture content for rice crops. After this period the treatments of water supply were adopted. For the cultivar IR50 the same levels of irrigation were utilized, but the period of irrigation was between 30 and 48 days before flowering initiation.

The soil moisture conditions were characterized by means of the water balance, according to the methodology proposed by Thornthwaite-Mather (1955/1957), adopting the modifications introduced by BRAGA and VILLA NOVA (1983). The available soil water was estimated as 50mm for the cultivar CNA791041 and 30mm for the cultivar IR50, these estimates being made with the use of soil moisture release curves.

A growth analysis was made throughout the crop development to observe the behavior of the cultivars under study. During the period of water stress the diffusive resistance to the water vapor flux, leaf water potential and density of transpiratory flux were measured. Whenever pluvial precipitation occurred, appropriate shelters were utilized to prevent precipitation from penetrating into the plots.

The results indicated that the yield of both cultivars was correlated with the levels of irrigation utilized and that the adopted criterion of irrigation was very important in explaining the different levels employed and yield. The results were also influenced by the stage of the crop when submitted to the different levels of water deficiency.

The parameters of growth analysis such as leaf area index (LAI), plant height, dry weight, relative growth rate and net assimilation rate showed a close correlation with the levels of irrigation and the periods in which they were carried out, as well as with the plant architecture of each cultivar and its development characteristics.

The irrigated rice cultivar (IR50) showed more negative values of leaf water potential and a higher degree of leaves rolling. In addition, it reached the highest values of diffusive resistance to water vapor flux and density of transpiratory flux during the period of water stress, what clearly shows its sensitivity to water stress. For cultivar CNA791041 all the previously mentioned parameters showed lower values than those for cultivar IR50, thus pointing out its drought resistance. However, the analysis of all the parameters together indicate that some morpho-physiological characteristics of the irrigated cultivar can be used in the breeding of upland cultivars.

1. INTRODUÇÃO

O arroz é uma cultura de grande importância econômica e social para o país, sendo primordial na dieta básica do povo brasileiro. A produção brasileira de arroz está voltada para o abastecimento interno (PROGNÓSTICO, REGIÃO-SUL, 83/84). Comparada às outras culturas, ocupa o terceiro lugar em área cultivada, o quarto lugar em valor de produção e o quinto lugar em tonelagem (EMBRAPA, DID, 1981).

O arroz de sequeiro é uma cultura de alta sensibilidade à deficiência hídrica, principalmente no seu período de floração, sendo que a ocorrência de estiagens prolongadas ou veranicos durante esse período constitui-se no seu maior problema. Mesmo assim o cultivo em condições de sequeiro contribui com aproximadamente 60% da produção nacional e 80% da área cultivada, como pode ser observado pela Tabela 1 fornecida pela EMBRAPA, DID (1981).

TABELA 1 - Área plantada (1.000 ha) nos principais sistemas de produção de arroz no Brasil, safra 1980/81.

ESTADO	ARROZ IRRIGADO (1)	(1)/(4) %	VÁRZEAS E BREJOS (2)	(2)/(4) %	SEQUEIRO (3)	(3)/(4)	TOTAL ARROZ (4)
MA	1,2	0	5,8	1	1093,0	99	1100,0
MG	16,1	2	161,0	25	476,9	73	654,0
SP	20,9	7	--	--	296,1	93	517,0
PR	0,3	0	19,9	6	322,8	94	543,0
MT	0,9	0	--	--	909,1	100	910,0
MS	2,1	1	34,0	8	379,9	91	416,0
GO	18,1	1	9,8	1	1299,2	98	1327,0
SC	83,7	54	--	--	70,3	46	154,0
RS	566,3	89	--	--	71,7	11	638,0
Outros	31,1	4	97,4	12	650,9	84	779,4
Brasil	740,6	11	327,9	5	5569,9	84	6638,4

Fonte: CFP/DEAEC/Gerência de Avaliação de Safras. (In: EMBRAPA, DTD. 1981).

Esta boa representatividade alcançada pelo arroz de sequeiro com relação à área cultivada está sofrendo fortes decréscimos em algumas regiões, uma vez que os veranicos têm provocado grandes oscilações na produção. Desta maneira, é fácil perceber a importância da água na produção orizícola nacional e, conseqüentemente, do regime pluviométrico local.

Assim é que, neste estudo, tomando por base um período de extrema sensibilidade da cultura do arroz ao déficit hídrico, procurou-se avaliar a influência da deficiência hídrica nos componentes do rendimento e nos parâmetros fisiológicos que demonstram o estado energético da água na planta. As cultivares de arroz que foram utilizadas apresentam características morfo-fisiológicas totalmente diferentes, sendo uma adaptada às condições de irrigação e outra adequada às condições de sequeiro, objetivando-se, com isso, avaliar as características das cultivares de sistema irrigado quando submetidas às condições de sequeiro.

Dessa maneira, procurou-se avaliar o comportamento das cultivares frente a diferentes níveis de irrigação com relação:

- a) à produção e os componentes da produção;
- b) ao desenvolvimento e crescimento do vegetal;
- c) às variações do estado energético da água, resistência difusiva ao vapor d'água e densidade de fluxo transpiratório das folhas no decorrer do ciclo.
- d) fornecer subsídios que possam auxiliar nos programas de melhoramento genético visando tolerância à seca.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Para analisar o balanço da água em uma cultura, e conseqüentemente o seu uso é necessário fazer considerações sobre a profundidade e densidade de raízes, umidade do solo, condutâncias estomáticas à difusão de vapor d'água e variações do potencial da água na planta (HSIAO, 1982). Desta maneira, nesta revisão, procurar-se-á abordar alguns dos aspectos relativos ao balanço da água de uma cultura e os parâmetros que influenciam na tolerância e resistência à seca.

2.1. Potencial da Água na Folha

O potencial da água na folha pode ser considerado uma medida representativa do estado energético da água na planta, visto que as suas variações traduzem as

respostas das plantas a diferentes níveis de água no solo e a demanda evaporativa da atmosfera. Esse estado energético da água na folha pode variar de acordo com a demanda atmosférica e a disponibilidade hídrica do solo.

HSIAO (1982), em concordância com HSIAO et alii (1980), expressou o potencial da água na folha em função do potencial da água no solo (ψ), taxa de transpiração (T) e resistência (R) do solo, raiz e folhas para um fluxo líquido de água, de acordo com a expressão:

$$\psi \text{ folha} = \psi \text{ solo} - T(R \text{ solo} + R \text{ raiz} + R \text{ folha})$$

concluindo que a perda da água da planta por transpiração é uma inevitável consequência da necessidade de abertura estomática que é determinada largamente pelo suprimento de energia, advindo da radiação solar para as folhas.

Embora existam expressões que permitam uma estimativa do potencial da água na folha em função do potencial da água no solo e do déficit de pressão de vapor na atmosfera, além da técnica psicrométrica (SPANNER, 1951), que responde à temperatura de bulbo úmido do termopar utilizado e a técnica higrométrica (NEUMAN e THURTELL, 1972) que detecta a depressão da temperatura de ponto de orvalho dentro da câmara de amostragem, essa estimativa tornou-se bastante facilitada pelo uso da câmara de pressão (O'TOOLE et alii,

1978). A medida do ponto de orvalho é preferível à medida do bulbo úmido na determinação do potencial, pois desta forma não ocorre troca de água líquida na junção do termopar úmido e a medida pode ser feita sem distúrbio do equilíbrio de vapor entre a amostra e o ar dentro da câmara.

De acordo com GEE et alii (1974), o uso da câmara de pressão se baseia na relação:

$$\psi_w = P + \psi_s$$

onde

ψ_w - potencial da água no xilema;

P - potencial de pressão positivo da seiva no xilema;

ψ_s - potencial osmótico da seiva no xilema.

Quando a seiva do xilema e a seiva da célula estão em equilíbrio e ψ_s é pequeno comparado a P, ou seja, quando não existe uma grande diferença de concentração de solutos entre a planta e a zona da raiz, temos:

$$\psi_w \approx P \approx \psi_f$$

onde

ψ_w - potencial da água no xilema;

ψ_f - potencial da água na folha.

É importante salientar que alguns erros podem acontecer durante as medidas de potencial da água na folha com a câmara de pressão.

HSIAO et alii (1979) constaram que dois erros podem ser cometidos no uso da câmara de pressão, os quais são: rápido acréscimo de pressão e a não proteção do tecido vegetal contra o secamento, após a excisão.

WARING e CLEARY (1967) relatam que taxas muito baixas de aumento de pressão também podem mostrar resultados anormalmente altos, sugerindo 0,07 MPa/seg. Outra fonte de erros pode ser ainda o comprimento do xilema fora da bomba que quando muito grande pode apresentar valores altos.

TAYLOR e KLEPPER (1978) afirmam que os fatores responsáveis pelo decréscimo do potencial da água na folha são: suprimento de água no solo, evaporação da água na folha e a passagem desse vapor d'água através dos estômatos para o ambiente. Esses decréscimos de potenciais podem oscilar até atingir pontos críticos, ou seja, pontos

coincidentes com o fechamento estomático, passando antes por pontos de equilíbrio entre a água no solo e a água na planta, geralmente atingidos nas primeiras horas da manhã.

Esses últimos são os potenciais da água na folha ao amanhecer, os quais, de maneira geral, vão refletir as condições atmosféricas e de água no solo predominantes e, conseqüentemente, o gradiente de potencial da água entre o solo e a planta condicionado também pelo sistema radicular da planta e pelo tipo de solo explorado por essas raízes (RITCHIE, 1974).

TURNER e BEGG (1973) citam alguns exemplos de potenciais da água na folha ao amanhecer para diversas culturas, sendo que para o milho, o sorgo e o tabaco, o potencial foi maior do que $-0,20$ MPa, assumindo-se que a planta estava em equilíbrio com o solo neste tempo, sendo o potencial da água no solo na zona das raízes igual a $-0,10$, $-0,18$ e $-0,05$ MPa, respectivamente.

TURNER (1974) trabalhando com milho, sorgo e tabaco ao medir o potencial da água na folha em câmara de pressão, observou que o potencial crítico variou com a posição da folha na comunidade vegetal e com as espécies estudadas com o que concordaram TOMAR E GHILDYAL (1973) ao trabalharem com diferentes cultivares de arroz em casa de vegetação, cujo potencial crítico estendeu-se entre $-1,00$ a

-1,95 MPa correspondendo a um potencial matricial de água no solo de -0,03 MPa e a um conteúdo relativo de água de, respectivamente, 0,76 e 0,33.

HSIAO (1982) acompanhando a variação de potenciais da água na folha em arroz no período de florescimento próximo ao meio-dia verificou que estes variaram de -1,70 a -1,80 MPa sob estresse hídrico, num período de seis dias e não inibiram significativamente a polinização, apresentando sempre enrolamento e início de senescência nas folhas mais baixas, considerando-se que algumas dessas plantas foram irrigadas diariamente e outras foram submetidas a estresse prévio enquanto que para valores de potenciais de -2,00 a -2,40 MPa no mesmo estágio fenológico, a produção foi severamente atingida.

CHANG et alii (1982) constataram que no período de estresse hídrico (8 a 10 dias), o potencial da água na folha em arroz permaneceu em torno de -2,30 MPa para plantas estressadas e esteve em torno de -1,00 MPa para as plantas bem hidratadas. Para períodos de déficit hídricos maiores, 10 a 20 dias, as plantas estressadas demonstraram um decréscimo notável deste parâmetro ao meio-dia, chegando a atingir -2,50 a -4,00 MPa.

Analizando a influência da transpiração sobre o potencial da água na folha. O'TOOLE et alii (1977)

observaram que quando o potencial da água nas folhas de feijoeiro alcançou $-0,30$ MPa a $-0,50$ MPa ocorreu um decréscimo nas taxas de transpiração e fotossíntese líquida enquanto a resistência da camada limite e a resistência estomática à difusão de vapor d'água tiveram um aumento. Para potenciais da água na folha de $-0,90$ a $-1,00$ MPa a fotossíntese líquida e a transpiração estiveram próximas de zero. Este decréscimo paralelo da fotossíntese líquida e transpiração mostrou que neste experimento o fechamento estomático foi a principal causa da redução da fotossíntese, considerando-se o estresse hídrico. Entretanto, o aumento da resistência do mesófilo e o decréscimo da atividade da 1,5 carboxilase difosfato em baixos potenciais da água na folha indicaram que, possivelmente, fatores não estomáticos também influenciaram na redução da fotossíntese.

TOMAR e O'TOOLE (1982) mostraram que os aumentos das taxas de densidade de fluxo transpiratório não foram lineares com os decréscimos de potencial da água na folha em plantas de arroz bem hidratadas. Por outro lado, DUBÉ et alii (1975) em estudos com milho observaram ser esta relação linear. Porém essa linearidade foi obtida em condições diferentes para as cultivares de milho e arroz, salientando-se que para milho as mudanças no fluxo transpiratório foram induzidas por modificações nos níveis de luz

na câmara de crescimento, enquanto para arroz o fluxo transpiratório foi determinado em campo sob condições normais de recepção de radiação solar. Para as plantas submetidas ao estresse hídrico durante o período de recuperação de água, o aumento de potencial foi quase linear com o decréscimo de transpiração. Possivelmente, essas diferenças no potencial da água na folha e transpiração possam ser atribuídas às diferenças no esvaziamento e enchimento de água dos vasos do xilema e células do mesófilo e, parcialmente, às diferenças na resistência difusiva da folha.

O'TOOLE e MOYA (1978) estudando os efeitos do estresse hídrico em arroz, objetivando selecionar cultivares resistentes à seca notaram que 31 dias após cessar a irrigação apresentaram-se as primeiras diferenças entre cultivares. Essas diferenças foram analisadas baseando-se nos valores de potenciais da água na folha ao amanhecer que variaram de -0,30 a -0,90 MPa entre as diferentes cultivares; nos valores de potenciais da água na folha ao meio dia, os quais estenderam-se de -1,60 a -3,00 MPa entre os diversos genótipos; no enrolamento e secamento apresentado pelas folhas, sendo este último o sintoma mais representativo do estresse a longo prazo. O enrolamento e o secamento foi assim um critério visual adotado para verificar a sensibilidade das plantas à seca uma vez que o enrolamento é um fenômeno muito frequente em plantas submeti -

das a estresse hídrico.

O'TOOLE e CRUZ (1980), observando a cultura de arroz submetida a 29 dias de estresse hídrico, notaram que para potenciais da água na folha de $-0,80$ a $-1,20$ MPa ocorria um acréscimo da resistência difusiva e o enrolamento das folhas era iniciado. Dessa forma, o enrolamento das folhas mostrou-se diretamente correlacionado com o potencial da água na folha, ou seja, o enrolamento é uma resposta rápida ao decréscimo de potencial da água na folha.

A sensibilidade ao estresse hídrico pode ser explicada também pelo alongamento celular. BOYER (1970), HSIAO et alii (1970) e ACEVEDO et alii (1971) mostraram que em milho, para potenciais da água na folha abaixo de $-0,20$ MPa, a alongação declinou rapidamente e cessou a potenciais de $-0,70$ a $-0,90$ MPa, o que está de acordo com BEGG e TURNER (1976). Uma das consequências importantes do alongamento celular quando ocorrem pequenos déficits de água é a marcada redução na área foliar, redução essa que é bastante notável nos primeiros estágios de crescimento, quando a interceptação da luz é baixa, devido ao baixo índice de área foliar das plantas.

BOYER (1970) observou que quando alongamentos rápidos ocorriam, pequenos decréscimos de potencial causavam inibição considerável do alongamento. A $-0,40$ MPa, o alongamento foi 0% em couve-flor, 25% em soja e 20% em milho, associando no caso do milho à atividade meristemática na base da folha.

Esses mecanismos que envolvem o potencial da água na folha são válidos também para o potencial da água na panícula. Dessa maneira, CHANG *et alii* (1980) observaram que sob condições de deficiência hídrica os potenciais da água na panícula variaram desde $-1,00$ MPa (início do florescimento) até $-2,00$ MPa (final do florescimento para as cultivares de arroz IRAT 13 e IAC 1246).

2.2. Resistência Difusiva ao Fluxo de vapor D'água

A alta resistência cuticular da folha é relacionada como um componente de adaptação de plantas em regiões predispostas à seca (O'TOOLE e CRUZ, 1979). Essa adaptação, de acordo com CRUZ e O'TOOLE (1977), tem por objetivo regular a passagem de água da planta para a atmosfera.

A magnitude da variação da resistência estomática, por sua vez, é uma característica de cada tipo de planta, de maneira que ela pode ser considerada como uma forma da planta regular as perdas de água.

Essa resistência estomática varia de acordo com a sensibilidade dos estômatos às variações de água no solo e condições atmosféricas. Para dias de alto déficit de pressão de vapor d'água do ar e/ou pequenas variações de armazenamento de água no solo, os estômatos que são sensíveis a pequenos déficits de pressão de vapor d'água e altamente suscetíveis a baixos potenciais de água na folha promovem respostas que visam minimizar as perdas de água das plantas nessa situação, o que depende do tipo de planta, condições de crescimento e taxa de estresse hídrico desenvolvido. Além disso, previnem essas perdas de água através de fenômenos como a senescência e o enrolamento (TURNER e BEGG, 1981).

Para as medidas dessa resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água são comuns os porômetros de difusão. SLAVIK (1974) afirmou que esses porômetros são essenciais para demonstrar a interrelação da resistência difusiva com a transpiração.

TOMAR e O'TOOLE (1982) encontraram para arroz sob condições de irrigação, resistências difusivas adaxiais mínimas nas cultivares que eles utilizaram em períodos que o potencial da água na folha era baixo (mais negativo), havia alta radiação solar e baixa umidade relativa do ar.

O'TOOLE e CRUZ (1980, em estudos com duas cultivares de arroz, sendo uma de sistema de sequeiro e outra de sistema irrigado notaram que a resistência estomática na face dorsal da folha aumentou mais do que a ventral, para ambas as cultivares estudadas. o que foi associado ao enrolamento sofrido pela superfície das folhas. A resistência difusiva total da folha foi relativamente baixa a valores de potenciais de $-2,20 \text{ MPa}$ e o fechamento estomático não ocorreu mesmo a valores de resistência totais ao amanhecer de $9 \text{ a } 15 \text{ s. cm}^{-1}$, para a cultivar de sistema de sequeiro. Isto deve ter sido provocado por um ajustamento na resistência estomática em relação ao potencial da água na folha sob período de lento secamento do solo ou como uma indicação de que os estômatos do arroz são menos sensíveis do que outras culturas ao decréscimo de potencial da água na folha. E também pela melhor absorção de água dessa cultivar em consequência do seu sistema radicular mais desenvolvido.

Assim, pode-se afirmar que os mecanismos de resistência estomática ao fluxo de vapor d'água são mecanismos de respostas das plantas ao conteúdo ou estado energético da água na planta, mecanismos esses complexos, pois envolvem desde fatores externos até fatores internos inerentes ao comportamento do vegetal.

2.3. Resposta das Plantas ao Estresse Hídrico

Todas as plantas em transpiração ativa, apresentam por um breve período de tempo um certo déficit de água, que é mais função do atraso da absorção em relação à transpiração. A água da planta está sempre em equilíbrio com a água do solo, só ocorrendo a extração quando o seu potencial na planta é mais baixo do que no solo. Então a água na planta está sempre em equilíbrio com a água do solo sendo que a diferença no potencial da água entre a planta e o solo depende da demanda evaporativa, do espaço de tempo em que as plantas podem encontrar essa demanda e as propriedades do solo e da planta em conduzir água (GARDNER e NIEMAN 1964) de acordo com TURNER e BEGG (1981).

Expansão foliar e senescência são os mecanismos mais sensíveis a déficits hídricos, daí terem se tornadoos mais conhecidos. Podem atingir até a irreversibilidade como é o caso da senescência e morte.

De acordo com BOYER e McPHERSON (1975) o alongamento celular necessita de turgescência para expandir as paredes das células num processo que se relaciona ao potencial da água na folha.

CUTLER et alii (1980a) em estudos com plantas de arroz controladas (irrigadas diariamente) e plantas condicionadas (submetidas a estresse prévio) observaram que tanto em ciclos de estresse desenvolvidos rapidamente como para estresse desenvolvidos vagarosamente a taxa de alongação das plantas condicionadas foi maior do que das plantas irrigadas, a um mesmo potencial da água na folha ao amanhecer e as plantas continuaram a alongação enquanto as plantas controladas já tinham cessado. Isto indicou que a taxa de alongação das plantas condicionadas foi menos sensível às reduções de potencial do que a taxa de alongação das plantas controladas. Essas alterações podem ser resultantes da capacidade de manutenção do turgor das plantas condicionadas as quais têm potencial osmótico mais negativo e maior potencial de pressão, numa mesma faixa de potencial, condicionadas pelo ajustamento osmótico por elas desenvolvido. O condicionamento pode, ainda, influenciar as características da alongação tais como condutividade hidráulica e elasticidade da parede celular.

CUTLER et alii (1980b) analisando ainda as taxas de alongação das folhas em plantas condicionadas e plantas controladas mostraram que o alongamento ocorre também como resultado da expansão vacuolar e que a absorção de água é função do gradiente de potencial entre a fonte de á-

gua e os vacúolos das células, gradiente esse mantido por uma acumulação real de solutos (ajustamento osmótico), mais frequente em plantas condicionadas. Portanto, o potencial osmótico do protoplasto é principalmente determinado pelo conteúdo e volume da solução vacuolar, enquanto o potencial de pressão é determinado pelo volume do protoplasto e pela elasticidade das paredes das células.

Dessa maneira, o que importa não são os efeitos isolados dos estresses, mas os seus efeitos integrados os quais produzirão uma modificação na área foliar e conseqüentemente na produção final (TURNER e BEGG, 1981).

As variações ocorridas com relação à época de plantio do vegetal, que podem gerar uma alteração no seu ciclo de vida são consideradas como um mecanismo de evitar a seca. Somado a essas variações, une-se o desenvolvimento plástico, o qual permite efeitos diversos na morfologia da planta e mecanismos intrínsecos de defesa à seca exemplificados pelo número de ramos e flores, fenômenos de paraheliotropismo, diaheliotropismo e enrolamento foliares, todos eles relacionados com a recepção de energia e absorção de água pela planta.

ENYI (1962) estudando o comportamento de duas cultivares de arroz, sendo uma arroz de sequeiro (Kindinga) e outra arroz irrigado (Dima), verificou que ambas apresentaram uma acentuada variabilidade na distribuição de matéria seca para cada órgão, dentro de cada cultivar e consequentemente, na análise de crescimento. A Kindinga alcançou maiores valores de peso seco, de taxa de crescimento relativo médio e de altura do que a Dima. Mas o número total de folhas e perfilhos por planta, assim como a taxa de assimilação líquida foi maior em Dima do que em Kindinga.

STONE et alii (s.d.), examinando as relações entre produção e seus componentes em cultivares de arroz semeadas em cinco épocas distintas com dias de estresse medidos em quatro períodos, mostraram que o período de 10 dias antes a 10 dias após a floração foi o mais adequado para medir dias de estresse. E que, para se obter uma boa correlação entre produção e seus componentes e dias de estresse hídrico, para uma dada cultivar, é necessário semear em uma só época e provocar diferentes condições de umidade do solo.

Com relação ao período em que a seca atinge o vegetal, MURTY e RAMAKRISNAYHA (1982) afirmaram que, em arroz, a seca no estágio de emergência reduz a altura das

plantas e o tamanho da folha, induzindo enrolamento das folhas ou secamento e estágio vegetativo prolongado. No florescimento reduz a altura das plantas e a produção de matéria seca, atrasando o aparecimento das panículas, o que induz a um florescimento desuniforme.

FISHER (1980) verificou que, para arroz, o estresse hídrico durante 7 dias antes da antese pode causar uma maior redução na produção de grãos comparativamente às outras fases do ciclo o que para MORGAN (1980) deve ser atribuído ao estímulo à síntese de ácido abscísico provocada por baixos potenciais da água na folha e também, devido à perda da viabilidade do pólen quando o ácido abscísico é translocado para o ápice, (TURNER,1982).

SALTER e GOODE (1967), de acordo com BEGG e TURNER (1976), estudaram empiricamente a sensibilidade da cultura do arroz a déficit hídrico e concluíram que este é mais prejudicial no início do florescimento, durante o florescimento e em menor extensão durante o desenvolvimento da panícula e grão, o que é concordante com MURTY e RHAMAKRISHNAYHA (1982).

Outro mecanismo de resposta da planta ao estresse de água é o ajustamento osmótico. A sua magnitude varia com a espécie e genótipo, grau de estresse imposto e velocidade na qual esse estresse se desenvolveu (TURNER

e JONES, 1980), de acordo com TURNER e BEGG (1981). Taxas rápidas de secamento e pequenos graus de estresse produzem um ajustamento osmótico menor do que taxas lentas e maiores graus de estresse, embora existam controvérsias em literatura. SHAHAN (1980), de acordo com STEPONKUS et alii (1982) observou que nas cultivares de arroz IRATI 13 e Kinandong Patong, onde a taxa de secamento desenvolvida foi de 0,60 MPa/dia e 0,20 MPa/dia, respectivamente, o potencial osmótico declinou para -2,00 MPa quando o potencial da água na folha ao amanhecer estendeu-se entre -1,80 MPa a -2,00 MPa e a extensão máxima do ajustamento foi a mesma quando as plantas receberam um ou dois ciclos de secamento, independente se esse estresse foi imposto rápida ou vagarosamente. Isto porque o potencial osmótico sofreu aumentos durante os períodos de rehidratação das plantas ocorridos no intervalo entre um ciclo e outro de estresse, o que resulta em diferenças consideráveis na persistência do ajustamento osmótico. Diferenças essas que podem ser atribuídas a algum componente que é induzido pela duração do estresse hídrico e cuja indução é independente de outro componente que sofre influência da duração do estresse hídrico.

Resposta ao estresse hídrico causado às plantas pode ser visualizada através do fenômeno de enrolamento das folhas como foi observado por O'TOOLE e CRUZ (1979),

que descreveram o fenômeno como mudanças na folha ou na sua forma que são significativas na redução da transpiração sob déficit hídrico. A velocidade do vento é um dos principais fatores que interagem com a forma da folha na modificação da taxa de transpiração, pois, quando ocorre enrolamento há um aumento da resistência da camada limite e a taxa de transpiração diminui.

O'TOOLE e MOYA (1978), estudando a perda de água sofrida por plantas de arroz com a finalidade de selecionar cultivares notaram que as plantas mais sensíveis, apresentaram enrolamento das folhas e até mesmo secamento como efeito mais representativo do estresse hídrico e que esse é um critério válido de seleção de cultivares. Critério esse que pode ser aliado às variações de potenciais da água na folha apresentadas desde que não sejam muito divergentes as características dos genótipos estudados.

O enrolamento é assim um mecanismo que demonstra visualmente o déficit hídrico a que está submetida a planta. A relação entre potencial da água na folha e enrolamento é bastante grande e o efeito do potencial sobrepuja-se ao efeito da resistência estomática visto que, pa

ra arroz, os valores de resistência estomática foram relativamente baixos mesmo a potenciais da água na folha de -2,20 MPa, fenômeno esse que pode ser interpretado como resultado do ajustamento osmótico ou um ajustamento na relação resistência estomática - potencial da água.

Para O'TOOLE e CRUZ (1980) o enrolamento da folha de arroz começa a potenciais da água na folha relativamente altos e progride através de uma extensa faixa de valores de potenciais. O início do enrolamento da folha em arroz não deve ser associado com a diminuição da pressão de turgor da planta, mas somente com as células buliformes associadas com a extensão lateral da folha, isto porque o enrolamento é uma característica dos componentes osmótico e turgor do potencial da água das células buliformes.

2.4. O Papel do Sistema Radicular na Tolerância à Seca

Praticamente toda a água e minerais absorvidos pelas plantas terrestres entram através das raízes, processo que depende da efetividade do sistema, do seu genótipo e também das características do solo em que a planta está se desenvolvendo (KRAMER, 1969).

LEEPER et alii (1974) trabalhando com milho, verificaram que a profundidade das raízes e disponibilidade hídrica ou capacidade de armazenamento de água na zona das

raízes podem ser correlacionadas com a maior produção, considerando as condições climáticas constantes.

ESPINOZA (1982), ao trabalhar com milho concluiu que a densidade radicular pode não ser um bom parâmetro para estimar a resposta ao déficit hídrico, visto que não conseguiu detectar o seu efeito sobre o desenvolvimento radicular. Por outro lado, ROSSIELLO et alii (1981), trabalhando com milho, obtiveram diferenças significativas na produção de matéria seca total da raiz entre o grupo irrigado e o não irrigado, sendo que a matéria seca total do grupo irrigado diariamente foi 24% superior à do grupo não irrigado, devido ao aumento de matéria seca da raiz durante o período.

YOSHIDA e HASEGAWA (1982) citaram que a profundidade das raízes é considerada como um importante componente na resistência à seca porque ela mostra a habilidade da planta em explorar a água retida no solo. O crescimento da raiz de arroz em termos de peso, número e morfologia atinge o máximo próximo ao florescimento, continuando a ramificação até a maturidade. A profundidade das raízes pode ser também correlacionada negativamente com a altura de plantas, sendo que variedades altas tendem a ter um sistema radicular profundo e positivamente com o número de perfilhos; assim para um número baixo de perfilhos, o sistema

radicular tende a ser profundo. Essas correlações mostram que o sistema radicular tem uma estreita relação com os parâmetros morfológicos das plantas.

REYNIERS et alii (1976) estudaram o comportamento de cultivares de arroz irrigadas e de sequeiro quanto ao enraizamento e concluíram que para as cultivares irrigadas o enraizamento é superficial, apresentando um total de raízes por volume de solo maior do que para as cultivares de sequeiro, estando a sua zona de predominância entre 0 e 17cm, considerando-se que os solos eram de textura arenolimoso na superfície e argilo-arenosa em profundidade.

2.5. Disponibilidade de Água no Solo

A quantidade de água que se encontra disponível no solo para os vegetais pode ser considerada um dos mais importantes parâmetros para a agricultura. A água disponível em um solo pode ser considerada como aquela que está retida entre a capacidade de campo e o ponto de murcha permanente. A maior fonte de erros constitui-se na determinação da capacidade de campo e do ponto de murcha permanente, uma vez que estes levam em consideração apenas os fatores estáticos do solo, quando determinados em laboratório. Daí a necessidade de sua determinação em campo, quando então são considerados os fatores do solo, da planta e da at

mosfera (BRUNINI et alii, 1975).

BRUNINI (1975) constatou que, em condições de campo, o consumo de água pela cultura do arroz é influenciado pela densidade de plantio, idade das plantas, disponibilidade de água no solo, transmissão da radiação solar e índice de área foliar. Estes parâmetros, por sua vez, variam em função da arquitetura da planta. BRUNINI et alii (1981a) verificaram que para uma cultivar de arroz de porte baixo e folhas eretas (IR 665-4-5-5) e uma cultivar de porte alto e folhas pendentes (IAC 1246) semeadas em duas densidades de plantio (0,30 e 0,60 m entre linhas), a evapotranspiração foi maior para a cultivar IR 665-4-5-5 no menor espaçamento em relação à cultivar IAC 1246, apresentando esta última maior eficiência de uso da água.

BRUNINI et alii (1981b) concluiu em estudos com arroz, que a evapotranspiração real está relacionada com o índice de área foliar, estágio de cultura e decréscimo de água disponível no solo. Sob condições de demanda evaporativa baixa e evapotranspiração potencial (E_p) menor do que 3mm.dia^{-1} , a evapotranspiração potencial é igual à real até 50% de água disponível no solo. Quando a E_p é superior a 5mm.dia^{-1} , a evapotranspiração real torna-se inferior à potencial a partir de 90% do total de água disponível no solo.

TOMAR e O'TOOLE (1979) em trabalhos com arroz, concluíram que para a estabilidade da produção é necessário manter os potenciais da água no solo a $-0,06$ MPa para arroz de sequeiro e $-0,03$ MPa para arroz irrigado. E o limite mais baixo de água disponível no solo para que os potenciais da água na folha não se recuperem e o arroz não transpire é respectivamente, $-0,70$ $-0,50$ e $-0,50$ MPa para solos argilosos, siltosos e arenosos.

Dessa maneira, podemos afirmar que o fluxo de água na planta é estreitamente correlacionado com os parâmetros de água no solo e condições dominantes no meio, em interação com as características próprias do vegetal.

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local, Clima e Solo

O estudo foi realizado no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), pertencente à Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (EMBRAPA), localizado na Fazenda Capivara, no município de Goianira-GO, cujas coordenadas geográficas são as seguintes: latitude: 16°41' sul e longitude 49°17' oeste e altitude de 729 metros acima do nível do mar.

O clima da região, de acordo com a classificação climática de Köppen é Aw, tropical chuvoso de savana, com inverno seco e temperatura média de todos os meses maior do que 18°C.

O experimento foi conduzido em solo caracterizado como latossolo vermelho-escuro distrófico. A análise

se de solo processada para este experimento mostrou pH baixo (em torno de 5,5), o teor de cálcio mais magnésio médio, alumínio e fósforo baixos.

A composição granulométrica dos vários horizontes é apresentada na Tabela 2.

TABELA 2 - Composição granulométrica dos vários horizontes do solo.

Horizonte (cm)	Argila	Silte	Areia	Classe Textural
	%			
0-20	46,49	20,24	33,26	Argila
20-40	41,23	24,98	33,39	Argila
40-60	51,26	18,91	29,82	Argila
60-80	44,92	25,27	29,79	Argila
80-100	53,04	18,34	28,62	Argila

3.2. Delineamento Experimental

Utilizou-se o delineamento experimental em blocos ao acaso, com fatorial 2x6 para analisar a produção, seus componentes, peso seco médio de palhas e comprimento médio de panículas. O fatorial foi empregado porque esse permitia analisar os efeitos das cultivares e tratamentos de água em conjunto, e o efeito isolado de cada um desses parâmetros sobre a produção. Foram utilizadas 36 parcelas,

possuindo cada uma área de $12,15\text{m}^2$. A área útil para determinação dos componentes da produção foi $4,25\text{m}^2$.

3.2.1. Características das Cultivares

A cultura estudada foi o arroz (Oryza Sativa L.) e as cultivares empregadas foram IR50 e a CNA791041. A primeira é uma cultura indicada para áreas irrigadas e a segunda para áreas de sequeiro.

A cultivar CNA791041 possui folhas decumbentes, 130cm de altura e ciclo curto (105-110 dias). A cultivar IR50 é de menor porte (80cm), possui folhas eretas, colmo semi-compactado e duração do ciclo em torno de 105 a 110 dias, de acordo com informações da área de melhoramento de arroz do CNPAF.

3.2.2. Adubação e Plantio

O plantio procedeu-se no dia 26 de outubro de 1983. A semeadura foi feita em linhas direcionadas no sentido leste-oeste e espaçadas de 0,50m. A densidade de plantio foi de 80 a 100 sementes viáveis por metro linear, permanecendo, após o desbaste, 50 plantas por metro linear.

A adubação usada foi 300 Kg da fórmula 4 - 30 - 16 e a adubação de cobertura com nitrogênio aos 30,43 e 56 dias após o plantio na dosagem de 20 Kg/ha nas duas primeiras e 30 Kg/ha na última, com a qual foi também aplicado FTE-BR 12, na dosagem de 50 Kg/ha.

3.2.3. Tratos Culturais

Foram feitas quatro aplicações de azodrin e benlate (1 g/litro de água) e três capinas, permitindo um desenvolvimento adequado da cultura.

3.3.3. Determinações fenológicas

As determinações fenológicas procederam-se de acordo com o critério visual estabelecido pelo único observador do experimento, ficando os estádios assim delimitados:

1. emergência: quando 80% das plantas encontravam-se emergidas;
2. início de primórdio floral, de acordo com SINHA et alii (1982), assim que 50% das plantas atingiram este estágio;
3. floração: foram consideradas as seguintes datas: início da floração e floração, quando 10% e 50% das

plantas estavam com as panículas emergidas.

A floração foi determinada a nível de tratamentos e cultivares, enquanto as demais foram determinadas no experimento como um todo.

3.2.5. Tratamentos de Água no Solo

O experimento, em sua primeira etapa, consistiu de dois tratamentos de irrigação: precipitação natural (ou déficit hídrico natural) e o outro foi mantido à capacidade de campo, irrigado sempre que os tensiômetros instalados a 15cm de profundidade nos tratamentos a 100% de ET_m indicassem uma tensão de 0,010 a 0,015 MPa.

No período de estresse hídrico iniciado 15 dias antes do início do florescimento até o período de 15 dias após o início do florescimento, ou seja, durante 30 dias foram estabelecidos cinco tratamentos para a cultivar CNA701041. Para a cultivar IR50 o início desse período foi coincidente aproximadamente com o período de 30 a 48 dias antes do início do florescimento. Em ambos os casos a altura da lâmina de irrigação foi fornecida em função da evapotranspiração máxima (ET_m), com base nos percentuais de 100 , 75 , 50 , 25 e 0%, tendo como referência os tensiômetros instalados a 15cm de profundidade nas parcelas tes

temunhas (100% de ET_m). A frequência de irrigação foi, em média, duas por semana. Após os períodos de déficit hídrico todos os tratamentos foram saturados e depois mantidos à capacidade de campo, à exceção do tratamento com déficit hídrico sob condições naturais (ver TABELA 3).

Na determinação da evapotranspiração de referência (ET) foram utilizados os dados do tanque evaporimétrico classe A do posto meteorológico do CNPAF, situado próximo à área experimental e através desses, a evapotranspiração máxima foi equacionada pelas relações a seguir:

$$ET = K_p \cdot ECA \quad (1)$$

sendo

K_p - coeficiente de tanque;

ECA - evaporação do tanque evaporimétrico classe A;

e

$$ET_m = K_c \cdot ET \quad (2)$$

onde

K_c - coeficiente de cultura estimado por KALMS (1980).

Esse procedimento foi tomado até os primeiros sete dias iniciais de tratamentos diferenciados de água no solo. A partir de então não foram tomados mais os valo-

res de coeficiente de tanque (K_p) para correção dos valores de ECA e os valores de coeficiente de cultura foram superestimados em relação àqueles apresentados por KALMS (1980), em virtude de que a frequência de irrigação era muito constante (diária) e se tornava inviável.

A irrigação de cada parcela foi feita manualmente e distribuída homogeneamente através de uma mangueira com hidrômetro na extremidade, o qual media a vazão da água.

Para o perfeito controle dos tratamentos de déficit hídrico contou-se com três abrigos de proteção de chuva, tendo cada um 36m de comprimento por 5m de largura e de 2m de altura. Esses abrigos foram mantidos sobre as parcelas somente durante a noite e dias de chuva. Cada módulo é composto de uma estrutura de ferro perfilado, com cobertura de telha ondulada de alumínio. A proteção lateral é feita com telha de alumínio na sua parte inferior e com telha plástica transparente de PVC na parte superior. A ventilação é garantida através de um espaço de 0,30m da parte superior e outra de 0,15m na parte inferior da proteção lateral.

TABELA 3 - Croqui dos tratamentos e períodos de déficit hídrico.

	Trat	Parcelas	CICLO			% ETm
			E	IF	IM	
CNA791041	1	12,21,33	[E]	[IF]	[IM]	100%
	2	4,17,34	[E]	[IF]	[IM]	75%
	3	1,20,31	[E]	[IF]	[IM]	50%
	4	5,14,30	[E]	[IF]	[IM]	25%
	5	9,19,26	[E]	[IF]	[IM]	0%
	6	8,22,25	[E]	[IF]	[IM]	DHN
IR50	7	11,24,28	[E]	[IF]	[IM]	100%
	8	7,13,29	[E]	[IF]	[IM]	75%
	9	3,18,35	[E]	[IF]	[IM]	50%
	10	6,16,32	[E]	[IF]	[IM]	25%
	11	10,15,36	[E]	[IF]	[IM]	0%
	12	2,23,27	[E]	[IF]	[IM]	DHN

Legenda

- Fases da Cultura: E - emergência
IF - início do florescimento
IM - início da maturação
- Tratamentos: ETm - evapotranspiração máxima
DHN - déficit hídrico sob condições naturais

3.3. Fluxo de Água no Solo

Para a determinação da variação de água disponível no solo nos diferentes tratamentos de irrigação utilizou-se o balanço hídrico de Thornthwaite-Mather (1955/57).

Para o cálculo da capacidade de água disponível utilizaram-se as curvas características de umidade do solo nas profundidades de 20cm para a cultivar IR50 e 30cm para a cultivar CNA791041, tendo como base a profundidade efetiva das raízes visualmente observada através de algumas amostragens. Ao invés dos dados de precipitação pluvial empregou-se os dados de irrigação, uma vez que nesse período as parcelas foram protegidas por abrigos de chuva, sendo o regime hídrico determinado apenas pelas irrigações. Em virtude da metodologia de irrigação empregada utilizaram-se os dados de evapotranspiração máxima (ET_m) ao invés dos valores de evapotranspiração potencial.

A contabilização hídrica foi realizada de acordo com a metodologia desenvolvida por Thornthwaite-Mather (1955/1957), adotando-se modificações introduzidas por BRAGA e VILLA NOVA (1983), através das quais empregou-se equações para cálculo dos valores armazenamento em função do negativo acumulado. Para início dessa contabilização hídrica, considerou-se que o solo estava na sua capacidade de água disponível em virtude da saturação procedida no dia ante-

rior ao início dos tratamentos de água no solo.

3.4. Estado Energético da Água na Planta e Parâmetros Ecofisiológicos

Essas determinações foram feitas durante o período de tratamento de água diferenciados desde que não ocorresse precipitação no dia, ou em grande parte do período diurno. Dentre essas determinações, algumas foram realizadas dentro do abrigo de proteção para verificar o efeito da uniformização do ambiente sobre as plantas. Esses parâmetros foram:

- potencial da água na folha;
- temperatura da folha;
- densidade de fluxo transpiratório;
- resistência estomática à difusão de vapor.

3.4.1. Potencial da Água na Folha

O potencial da água na folha foi determinado através da câmara de pressão, modelo 3005, da Soil Moisture Equipment Corp.

A técnica de medição foi a seguinte: seccionava-se a lâmina da folha fixando-a na peça vedadora da

câmara de pressão, permanecendo a superfície do corte exposta. A pressão era aumentada até que a seiva se movesse através da superfície cortada, onde a bolha formada transbordava. A pressão na qual o líquido apenas umedecia a superfície correspondia ao potencial alcançado. Essa pressão era negativa, igualando-se de forma ideal com aquela existente no xilema antes do corte.

Matematicamente pode ser expressa por:

$$\psi_w = P + \psi_s \quad (4)$$

ou

$$\psi_w \approx P \approx \psi_f$$

onde

ψ_w - potencial da água no xilema;

P - potencial de pressão positivo da seiva no xilema;

ψ_f - potencial da água na folha.

Para isso utilizou-se a segunda folha do perfolho principal, no terço superior da folha procedendo-se às medidas de acordo com as descrições anteriores que estão conformes com SCHOLANDER et alii (1965).

As folhas foram sempre retiradas da área útil

da parcela e as repetições das medidas, as quais foram em média duas, eram feitas conforme se fazia necessário para reduzir a variabilidade dentro de cada tratamento. O mesmo procedimento foi seguido para as determinações do potencial da água na panícula, considerando-se que a área para coleta do material foi mais abrangente, isto é, não apenas a área útil foi utilizada devido ao número escasso de panículas.

Cuidados especiais foram tomados para evitar a perda de água. A folha, antes de ser seccionada, era colocada dentro de um saco plástico o qual continha um papel de filtro umedecido e a câmara era mantida constantemente úmida através de um papel de filtro também umedecido. A medida era feita instantes após a secção da folha, sendo esse tempo inferior a um minuto.

3.4.2. Resistência Estomática à Difusão de Vapor

A resistência estomática à difusão de vapor, temperatura da folha e taxa de transpiração foram medidas através de Porômetro Steady State "LI-1600", fabricado pela Lambda Instruments Corporation (LICOR).

Fez-se medidas na segunda folha do perfilho principal, no terço superior da folha. Também utilizou-se o terço médio dessa segunda folha, mas isto em casos em que o fenômeno do enrolamento era muito acentuado e porque essa era a porção da folha que permanecia sempre com um leve grau de enrolamento, visto que as folhas não eram desenroladas para o procedimento da leitura.

As determinações foram tomadas somente na face ventral ou superior da folha e as medidas foram feitas na área útil, sendo as repetições em número de quatro em cada parcela.

3.5. Análise de Crescimento

3.5.1. Área foliar e Índice de Área Foliar

A área foliar foi determinada de 10 em 10 dias, tendo sido utilizado cinco plantas por tratamento, a través do medidor de área foliar da LAMBDA Instruments Corporation, modelo LI = 3000

Para estimativa da área foliar, determinou-se, primeiramente, a área foliar por perfilho por amostragem ao acaso. Em seguida, calculou-se a área foliar em função do número de perfilhos existentes nas plan-

tas amostradas.

O índice de área foliar (IAF) foi determinada considerando a área foliar estimada que ocupava um metro quadrado de solo, assim equacionada:

$$\text{IAF} = \frac{\text{AF} \times \text{n}^\circ \text{ de perfilhos}}{\text{m}^2 \text{ de solo}} \quad (5)$$

sendo

AF = área foliar por perfilho.

3.5.2. Altura de Plantas e Número de Perfilhos

A altura de plantas e número de perfilhos foram determinados em um metro quadrado de solo, sendo utilizadas 10 plantas para determinação da altura. Ambas as medidas foram tomadas a cada 10 dias.

3.5.3. Peso Seco, Taxa de Assimilação Líquida e Taxa de Crescimento Relativo das Plantas

A matéria seca das cinco plantas coletadas a cada 10 dias foi determinada pelo peso seco da parte aérea. A secagem foi feita em estufa à temperatura de $75 \pm 5^\circ\text{C}$, na qual a planta permanecia até atingir um peso constante.

A taxa de assimilação líquida (TAL) pode ser definida como a alteração do peso seco por unidade de área foliar em um intervalo de tempo ($\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$).

A sua estimativa procedeu-se segundo a equação (RADFORD, 1967):

$$\text{TAL} = \frac{(P_2 - P_1) (\log_e A_2 - \log_e A_1)}{(A_2 - A_1) (t_2 - t_1)} \quad (6)$$

onde

$P_2 - P_1$ é a diferença dos pesos secos entre duas amostragens subsequentes (em gramas);

$A_2 - A_1$ é a diferença das áreas foliares entre duas amostragens subsequentes (em dm^2);

$t_2 - t_1$ é o tempo entre duas amostragens (em dias).

A taxa de crescimento relativo pode ser expressa como a variação do peso seco por unidade de peso e tempo (notação matemática $\text{TCR} = \frac{1}{P} \frac{dP}{dt}$, em g/g/dia) (BRIGGS, KID e WEST, 1920). A taxa média de $\frac{1}{P} \frac{dP}{dt}$ crescimento relativo, obtida por integração de TCR entre os limites t_1 e t_2 , será:

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

onde

$P_2 - P_1$ é a diferença dos pesos secos entre duas amostragens subsequentes (em gramas);

$t_2 - t_1$ é o tempo entre duas amostragens subsequentes (em dias).

3.6. Produção e Componentes da Produção

Por ocasião da colheita, foram determinados os seguintes parâmetros: produção, número médio de panículas por metro quadrado, número médio de grãos por panícula, peso médio de 100 grãos, porcentagem média de grãos vazios.

Os dados relativos ao número médio de grãos por panícula, peso médio de 100 grãos e porcentagem média de grãos vazios foram obtidos através de uma amostragem de 20 panículas escolhidas ao acaso dentro de cada parcela e o número médio de panícula por metro quadrado, foi obtido em 1 metro quadrado de solo. A produção de grãos foi obtida numa área útil de $4,25m^2$.

3.7. Peso Seco Médio de Palhas e Comprimento Médio
das Panículas

Esses dados também foram obtidos através de uma amostragem de 20 panículas por ocasião da determinação da produção de grãos e seus componentes.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Potencial da Água na Planta

As figuras 1, 2, 3 e 4 mostram a variação horária do potencial da água na folha para as cultivares CNA791041 e IR50 no 8º, 17º, 25º e 27º dias após o início do período de tratamento diferenciados de água no solo. O mínimo potencial da água na planta no 8º dia de tratamento foi -1,55 MPa para a cultivar IR50 e -1,45 MPa para a cultivar CNA791041 (vide figura 1) para o tratamento a 0% de ETm. No final desse período, ou seja, no 27º dia após o início dos tratamentos de água no solo, os potenciais da água na planta para os tratamentos sem reposição de água no solo atingiram os valores extremos de -2,80 MPa para a cultivar IR50 e -2,15 MPa para a cultivar CNA791041. Enquan

to os tratamentos de água no solo com base em 100% de ET_m apresentaram os valores de -1,13 MPa e -1,50 MPa, respectivamente para a cultivar CNA791041 e IR50.

O comportamento das cultivares foi melhor evidenciado através da variação dos valores médios diários do potencial da água durante todo o período de estresse hídrico, conforme mostra a figura 5. Isto porque através dessa figura podemos comparar, de maneira global o comportamento das cultivares. Verificou-se que os valores médios mínimos de potenciais da água na folha foram atingidos no final do período de secamento do solo para o tratamento sob estresse hídrico mais intenso, ou seja, a 0% de ET_m e durante todo o período de estresse hídrico foi evidente a diferença de comportamento entre as cultivares. A cultivar CNA791041 apresentou valores médios mínimos de potencial da água na folha de -1,74 MPa, enquanto a cultivar IR50 declinou a -2,17 MPa. Porém, para os tratamentos com base em 100% de ET_m, esses valores mínimos foram atingidos no período correspondente ao 24º dia dos tratamentos de água no solo, cujos valores respectivos foram -1,08 MPa e -1,33 MPa, respectivamente, para a cultivar CNA791041 e IR50 e -1,24 MPa e -1,46 MPa para os tratamentos baseados em 50% de ET_m.

Entre os tratamentos 100 e 50% de ETm, para as duas cultivares, ficou claro que o nível de estresse atingido foi bastante semelhante, sendo que no 17º e 21º de estresse hídrico não houve diferença entre os valores de potenciais, para os tratamentos citados, respectivamente para a cultivar IR50 e CNA791041.

Conforme mostram as figuras 1, 2, 3 e 4, verificou-se ainda que a variação desses parâmetros apresentou uma boa relação com a variação do déficit de saturação de vapor d'água e temperatura do ar, considerando-se que os valores mínimos do potencial da água na folha ocorreram sempre num período aproximado de quatro horas antes dos valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água. Além disso, o potencial da água na folha foi se tornando cada vez mais negativo à medida que aumentava o déficit de saturação de vapor d'água, devendo se considerar algumas exceções devido à contribuição da água disponível do solo.

Comparando-se o 8º e 25º dias de tratamentos diferenciados de água no solo, podemos notar que apesar dos valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água do dia e temperatura do ar serem altos e aproximadamente os mesmos (17,5 mmHg e 29°C, respectivamente), os potenciais da água na planta sofreram um decréscimo. Assim, no 25º

dia os valores eram -2,65 MPa para a cultivar IR50 e -2,20 MPa para a cultivar CNA791041 nos tratamentos a 0% ETm.

No 25º dia ainda, as plantas hidratadas alcançaram os potenciais de -1,70 MPa para a cultivar IR50 e -1,55 MPa para a cultivar CNA791041, os quais foram os valores mínimos atingidos durante todo o período de secamento da água do solo.

No 27º dia de estresse hídrico o valor máximo de déficit de saturação de vapor d'água foi bem mais baixo do que no 8º e 25º dias (13,5 mmHg), enquanto a temperatura do ar manteve-se semelhante aos valores anteriores (28°C) e mesmo assim nos tratamentos em estresse hídrico total (0% de ETm) os potenciais da água na planta continuaram a declinar, atingindo os seus valores extremos (-2,80 MPa para a cultivar IR50 e -2,15 MPa para a cultivar CNA791041) o que está de acordo com a variação da água no solo (vide figura 6), onde se verifica um decréscimo progressivo do conteúdo da água no solo, mostrando que o potencial da água na folha sofre variações também em função do armazenamento da água no solo.

Para as plantas com porcentagem de irrigação máxima (100% de ETm), os valores foram maiores do que aqueles alcançados anteriormente (-1,00 MPa para a cultivar

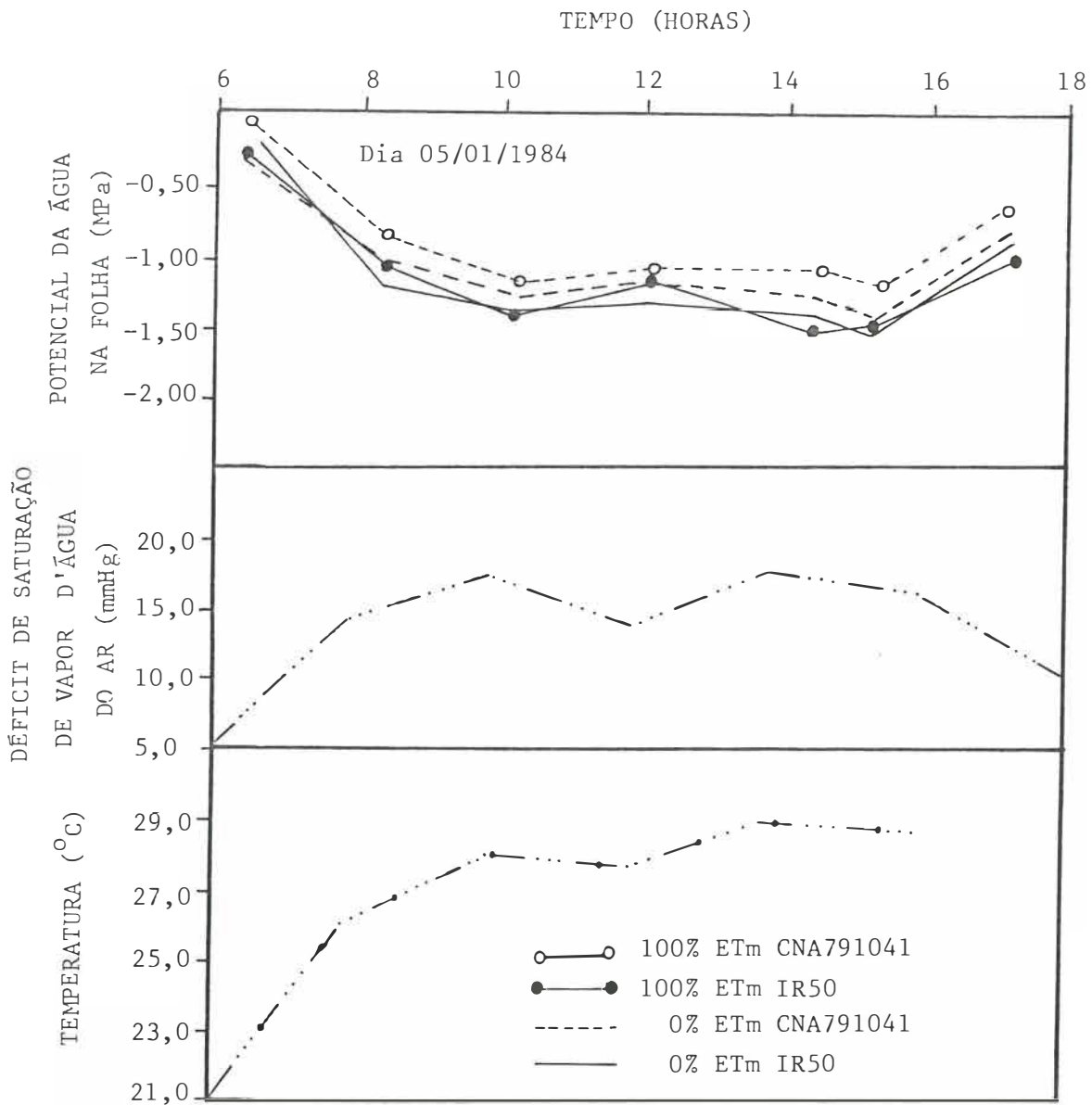


Figura 1 - Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar (—...—) e temperatura do ar (—...—), para as cultivares CNA791041 e IR50, no 89 dia de estresse hídrico.

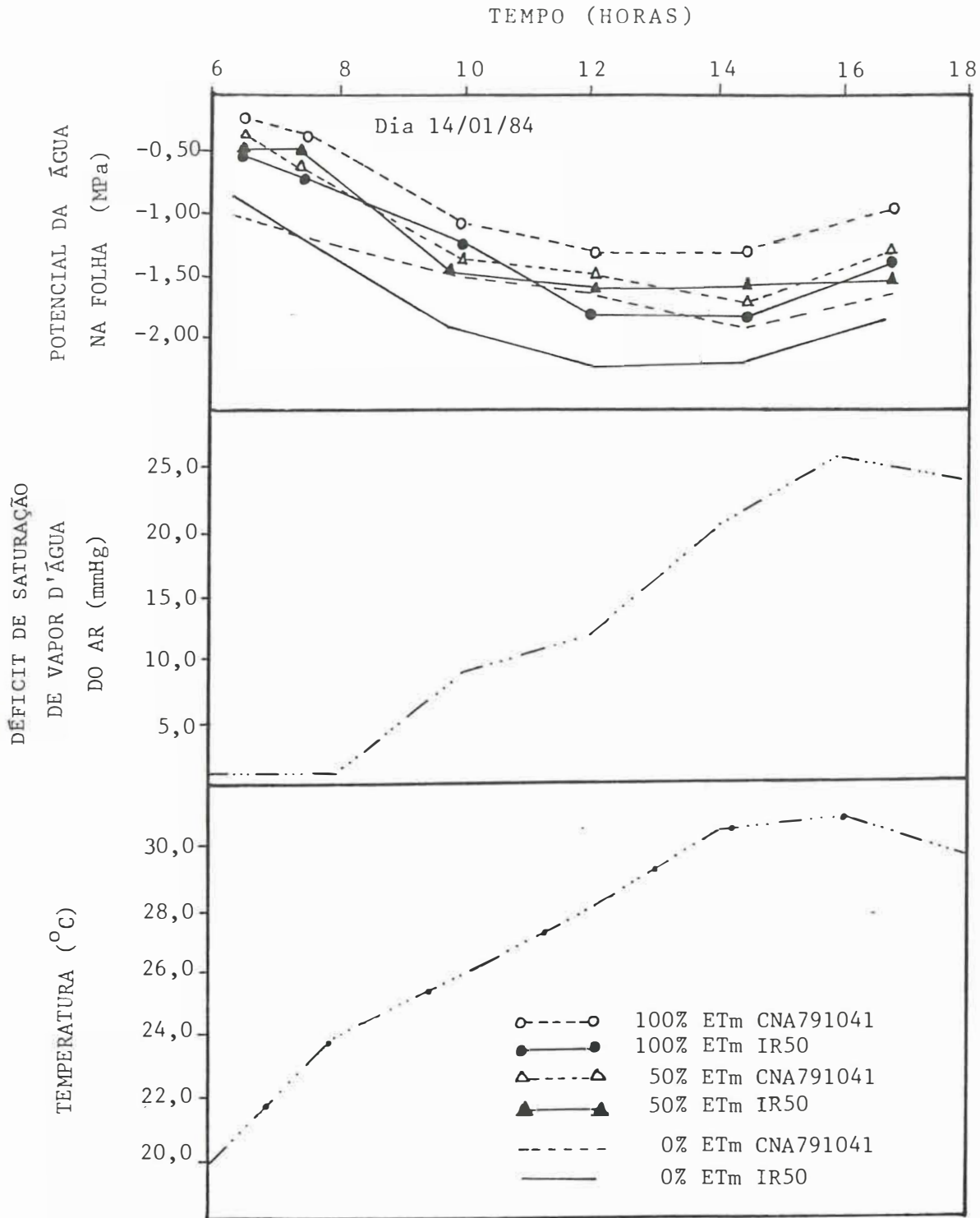


Figura 2 - Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar (—...—) e temperatura do ar (—...—), para as cultivares CNA791041 e IR50, no 17º dia de estresse hídrico.

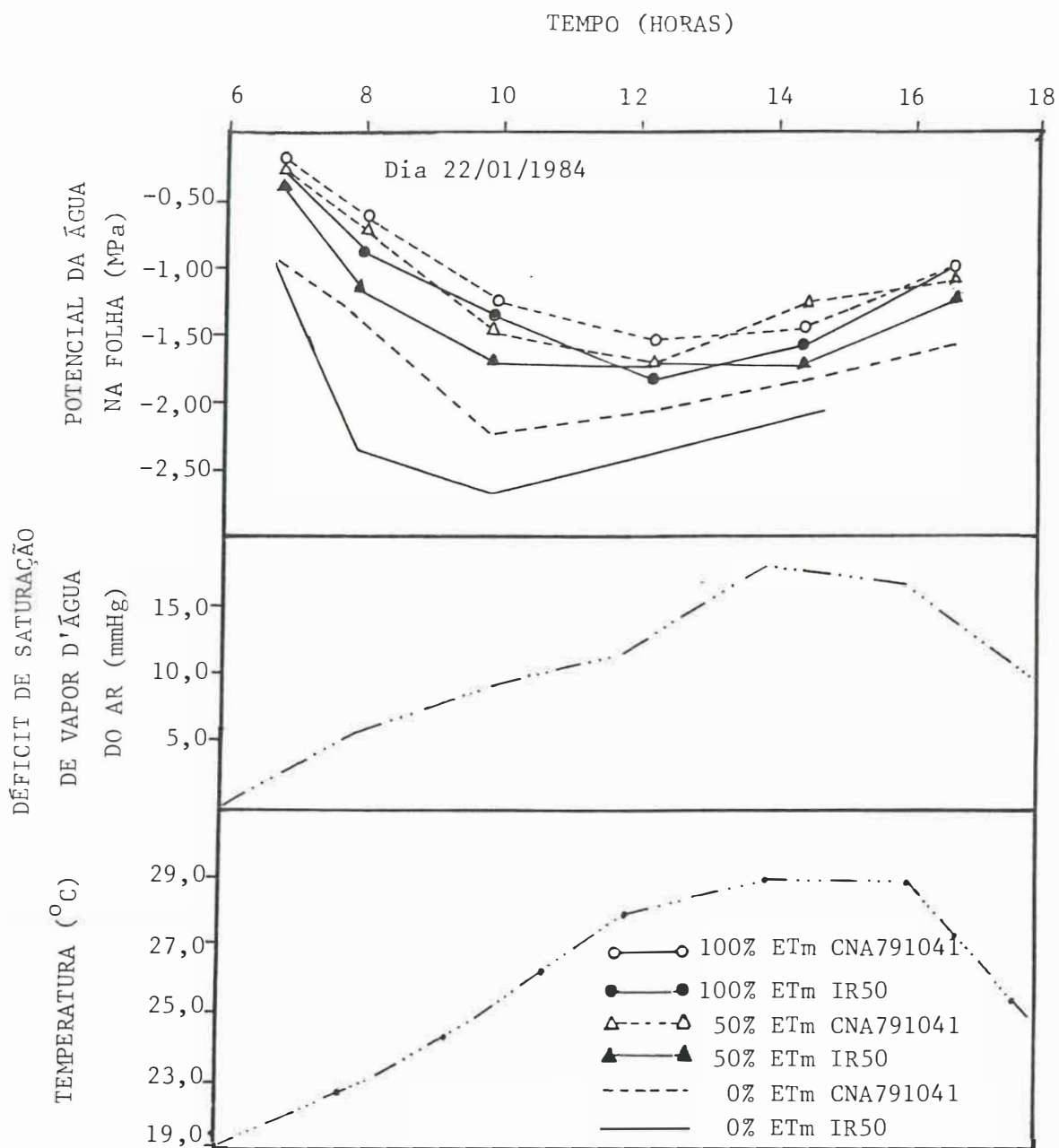


Figura 3 - Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar (—...—) e temperatura do ar (—...—), para as cultivares CNA791041 e IR50, no 25º dia de estresse hídrico

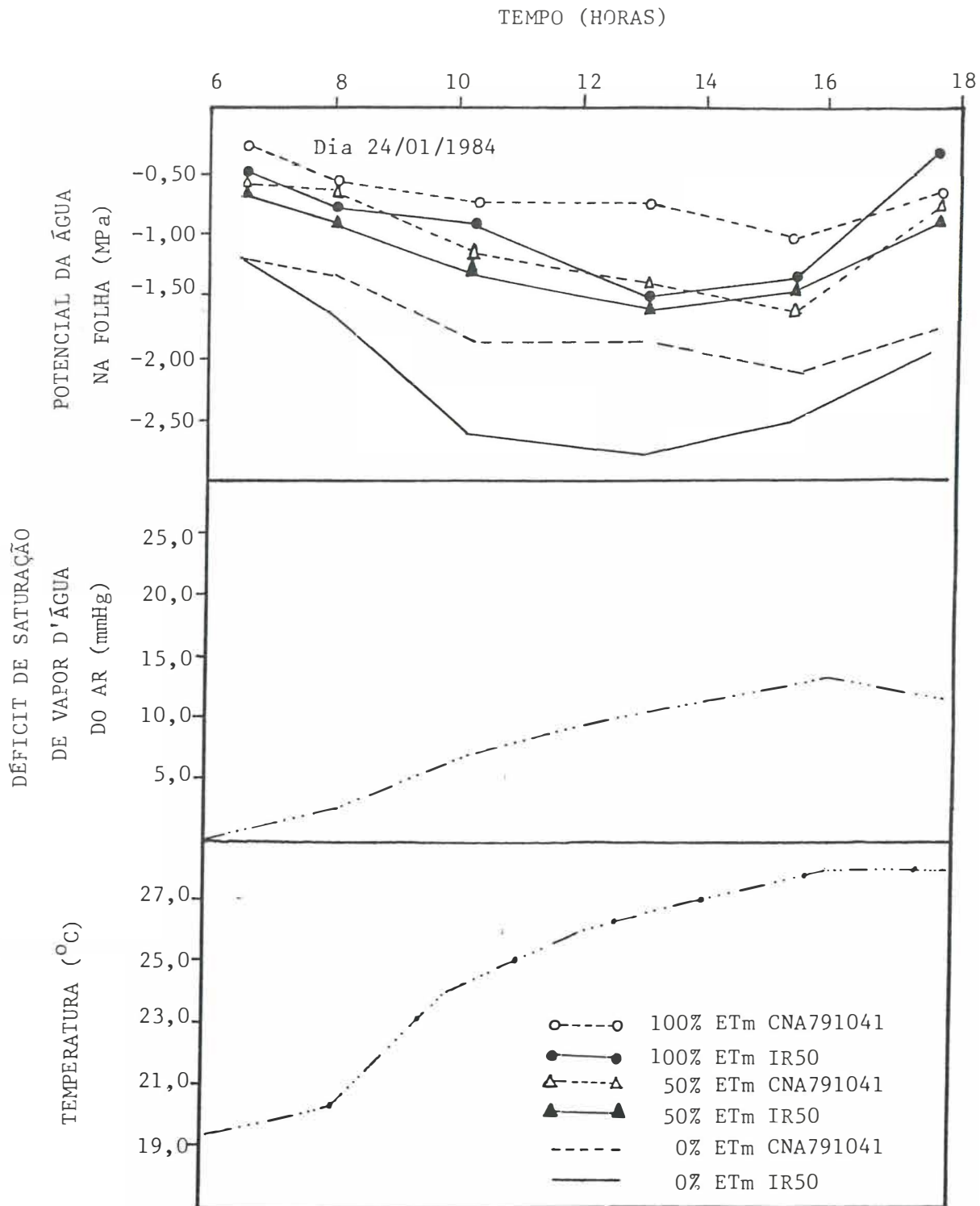


Figura 4 - Variação horária do potencial da água na folha, do déficit de saturação de vapor d'água no ar (— ... —) e temperatura do ar (— ... —), para as cultivares CNA791041 e IR50, no 27º dia de estresse hídrico.

CNA791041 e $-1,50$ MPa para a cultivar IR50). Acredita-se que isso tenha sido provocado pela menor demanda atmosférica e pelo acréscimo de água disponível no solo verificado nesse período, conforme mostra a figura 6.

Dessa maneira, a resposta das cultivares ao estresse hídrico até então evidenciada pelo potencial da água na folha mostrou que esses potenciais sofrem uma influência, dentro de cada tratamento de água adotado, da demanda atmosférica e/ou variação de água no solo, ou ainda, gradiente de potencial da água entre o solo e a planta, o que é condicionado também pelo sistema radicular da planta, concordando com RITCHIE (1974).

Os valores de potenciais da água alcançados pela cultivar CNA791041 no 8º dia de estresse hídrico foram discordantes daqueles obtidos por CHANG et alii (1982), que foram $-2,30$ MPa para plantas estressadas e em torno de $-1,00$ MPa para as plantas bem hidratadas, embora as condições atmosféricas tenham sido semelhantes (sem precipitação e evaporação do tanque evaporimétrico classe A iguala $6,00$ mm/dia). Essa controvérsia pode ser proveniente das cultivares utilizadas, que não foram as mesmas estudadas por CHANG et alii (1982) e da fase da cultura em que as medidas foram tomadas neste experimento, o que divergiu de 20 dias daquela tomada como referência em literatura.

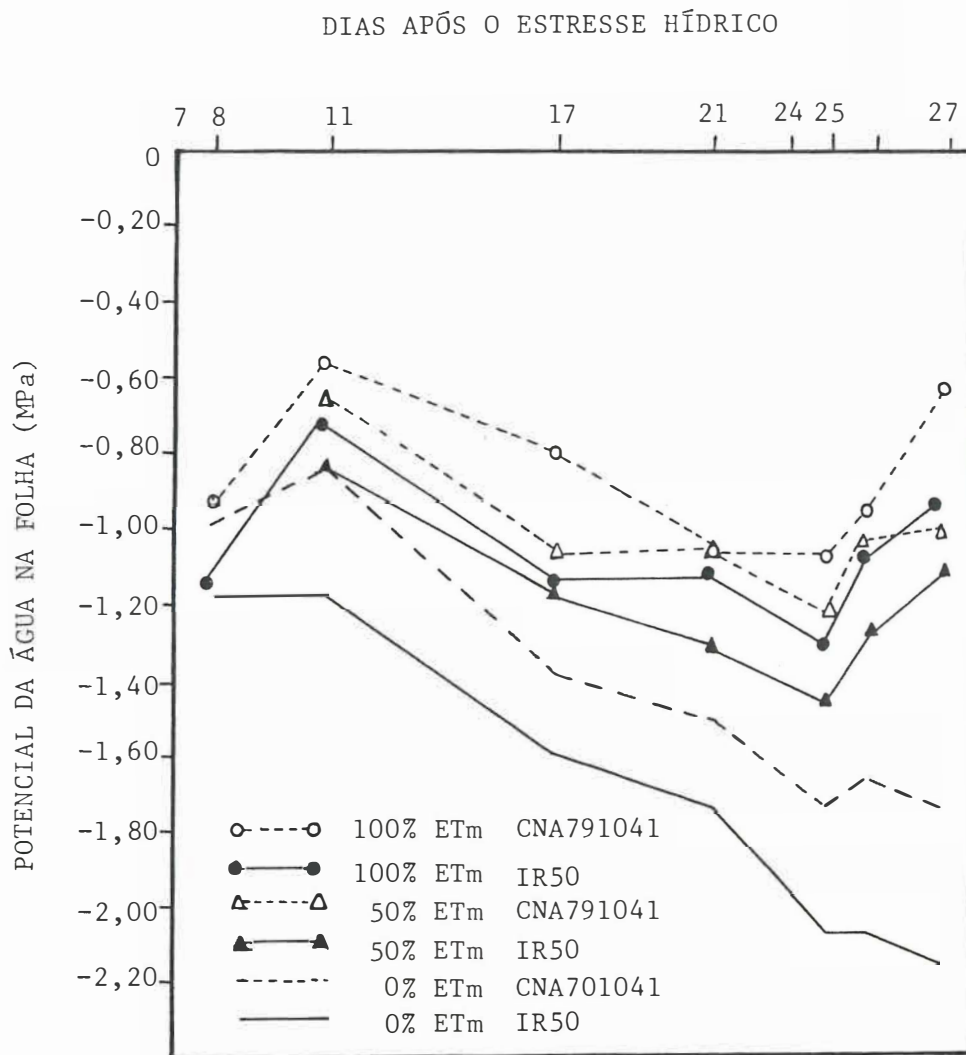


Figura 5 - Variação dos valores médios diários do potencial da água na folha, durante o período de estresse hídrico, para a cultivar CNA791041.

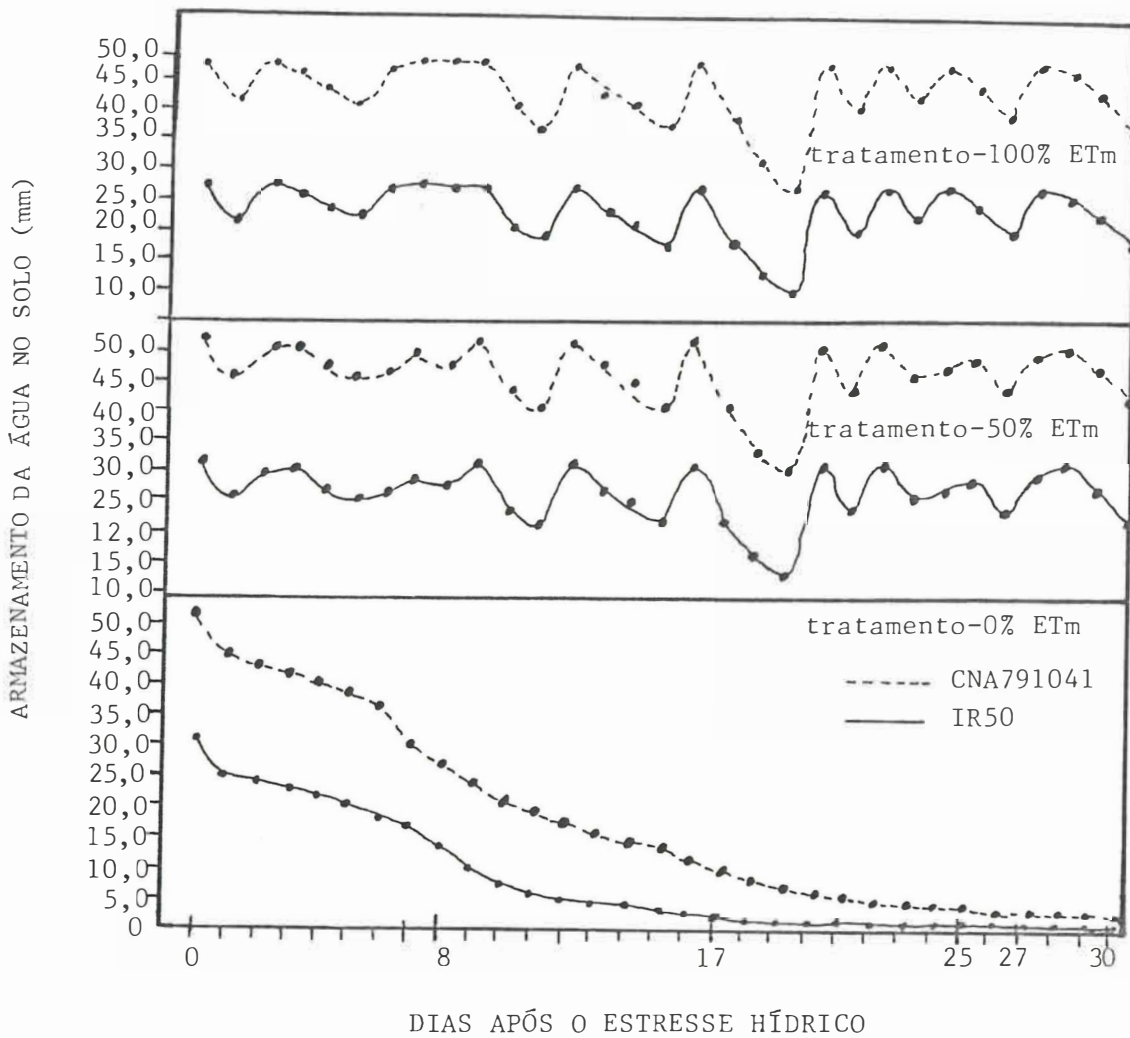


Figura 6 - Armazenamento da água no solo para as cultivares CNA791041 e IR50, durante o período de tratamentos de água no solo, estimado pelo balanço hídrico de Thornthwaite-Mather (1955/1957) modificado por BRAGA e VILLA NOVA (1983).

Para verificar o efeito do estresse hídrico no potencial da água na panícula, observaram-se esses potenciais para a cultivar CNA791041, visto que apenas esta apresentava panículas emergidas no 29º dia dos tratamentos diferenciados de água no solo (vide figura 7). O comportamento da cultivar entre tratamentos quanto a esse parâmetro foi semelhante ao potencial da água na folha, atingindo respectivamente a 0,50 e 100% de ETm os valores de -1,24 MPa, -0,70 MPa e -0,52 MPa. A ocorrência de valores mínimos de potenciais não foi simultânea com a ocorrência dos valores máximos diários de déficit de saturação de vapor d'água (9,20 mmHg) e temperatura do ar (25°C), justificados pelo fato de que o abrigo protetor de chuva cobria as parcelas do experimento durante as medidas. Com o abrigo de chuva cobrindo todas as parcelas simultaneamente mantinha-se uma uniformidade do ambiente entre tratamentos, ou seja, as condições atmosféricas eram mais constantes em cada parcela. Este fato era favorecido pelo decréscimo ocorrido na velocidade do vento no interior desses abrigos e pela uniformidade da radiação solar que atingia a cultura, isto é, as coberturas faziam com que a mesma porcentagem de radiação solar atingisse todas as parcelas num mesmo instante. Neste caso, o dia foi chuvoso e apresentou um baixo número de horas de insolação, irregularmente distribuída durante o dia (5,20mm

de precipitação pluviométrica e 4,86 horas de insolação para dias de 12:00 horas). Então a variação desses potenciais da água na panícula ocorreu em função dos tratamentos de água no solo, da posição da panícula dentro da planta, ou seja, percebeu-se que os valores de potenciais da água na panícula variaram entre perfilhos numa mesma planta quando o número de perfilhos era elevado. Também notou-se que a fase fisiológica na qual se encontravam as panículas dentro do estágio de florescimento, num mesmo tratamento, era diferente, ou seja, dentro de um mesmo tratamento as plantas apresentavam divergências de estágios dentro do florescimento.

Os valores de potenciais da água na panícula obtidos foram concordantes com CHANG et alii (1980), os quais obtiveram potenciais em torno de -1,00 MPa para as cultivares estressadas em fase de florescimento, em condições de campo, e cuja arquitetura foliar era bastante semelhante à cultivar CNA791041.

Para complementar o presente estudo, analisou-se também os potenciais da água na folha ao amanhecer. Algumas medidas foram tomadas com o abrigo de chuva sobre as parcelas, o que proporcionou uma uniformização das con

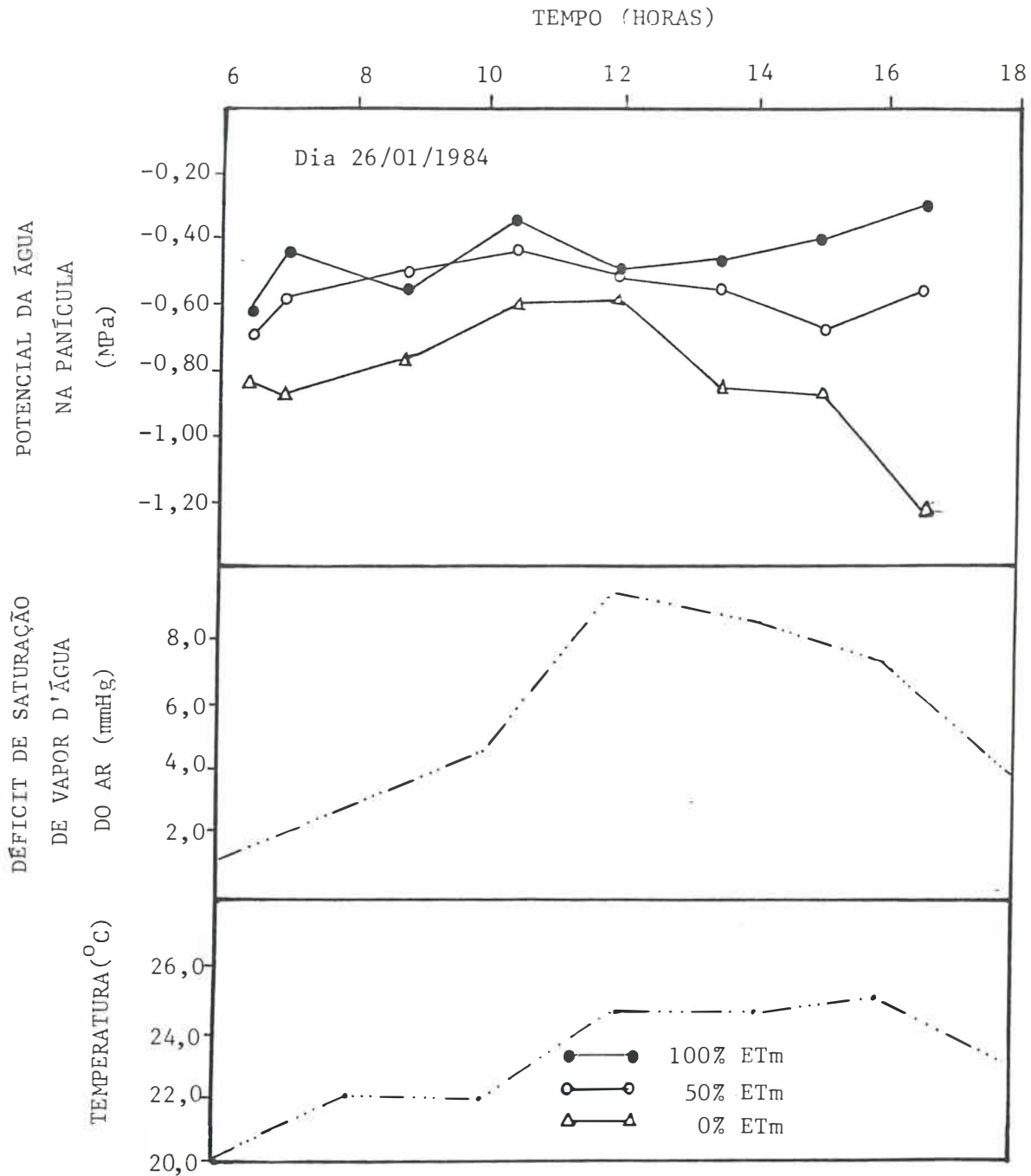


Figura 7 - Variação horária do potencial da água na panícula, do déficit de saturação do vapor d'água (—...—) e da temperatura do ar (—...—), dentro do abrigo de chuva, para a cultivar CNA791041, no 29º dia de estresse hídrico.

dições atmosféricas e outras foram realizadas sem o abrigo de chuva, ou seja, em condições naturais.

As figuras 8 e 9 mostram a variação do potencial da água na folha ao amanhecer, respectivamente para as cultivares CNA791041 e IR50, medidas essas tomadas dentro e fora do abrigo de chuva durante o período de tratamentos diferenciados de água no solo.

As diferenças entre tratamentos e cultivares passaram a se acentuar a partir do 14º dia de estresse hídrico, no qual a cultivar CNA791041 atingiu o valor de -0,55 MPa e a IR50 -0,92 MPa para os tratamentos em estresse hídrico. Posteriormente, esses valores progrediram e atingiram -1,30 MPa e -1,34 MPa, respectivamente. Notou-se que todos os valores de potenciais da água na folha ao amanhecer variaram em função das irrigações empregadas, e conseqüentemente, da variação de armazenamento da água no solo e déficit de saturação de vapor d'água do ar aliado aos valores de radiação solar e horas de insolação do período. No 17º e 24º dia de estresse hídrico a radiação solar média atingiu o valor de $650 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e as horas de insolação média foram 10:00, enquanto que no 25º e 26º dia de estresse hídrico, os valores médios foram $230 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e 2:00 horas de insolação, valores esses que se elevaram para $285 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e 4:00 horas no 27º dia de

estresse hídrico. Porém, no 28º dia de estresse hídrico a radiação solar média foi $285 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ e as horas de insolação média 0:40.

Logo após esse período onde se inicia a maior diferença entre tratamentos, o armazenamento da água no solo foi mínimo para os tratamentos 100 e 50% de ET_m, e bem próximo ao armazenamento mínimo para os tratamentos a 0% de ET_m, além de que ocorreu um decréscimo acentuado de água no solo do 16º ao 20º dia de estresse hídrico nos tratamentos a 100 e 50% de ET_m (vide figura 6)

A variação desses potenciais de acordo com medições realizadas fora do abrigo de chuva (figura 10 e 11) e dentro do respectivo abrigo de chuva (figura 12 e 13) mostra que os valores mínimos atingidos por ambas as culturas foram sempre mais negativos quando as medidas foram tomadas fora do abrigo de chuva, onde os tratamentos a 0% de ET_m atingiram -1,30 MPa e -1,34 MPa, respectivamente, para a cultivar CNA791041 e IR50 do que para medidas tomadas dentro do abrigo, cujo valor atingido pela cultivar CNA791041 foi de -0,88 MPa e para a cultivar IR50 -1,17 MPa, concordando com discussões anteriores.

Como mecanismo de resposta das plantas ao estresse hídrico, verificou-se o fenômeno de enrolamento das

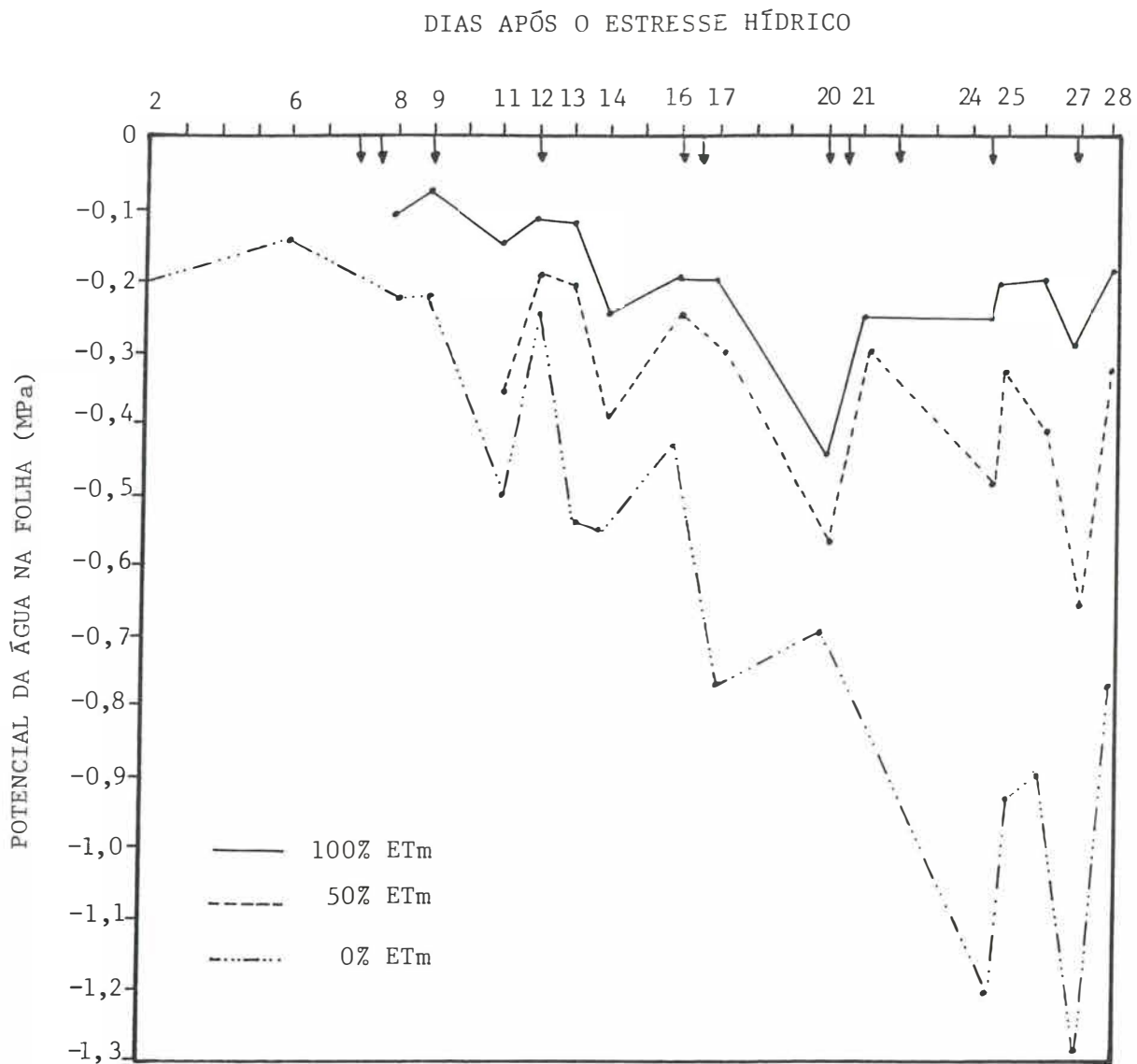


Figura 8 - Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar CNA791041, dentro e fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação (↓).

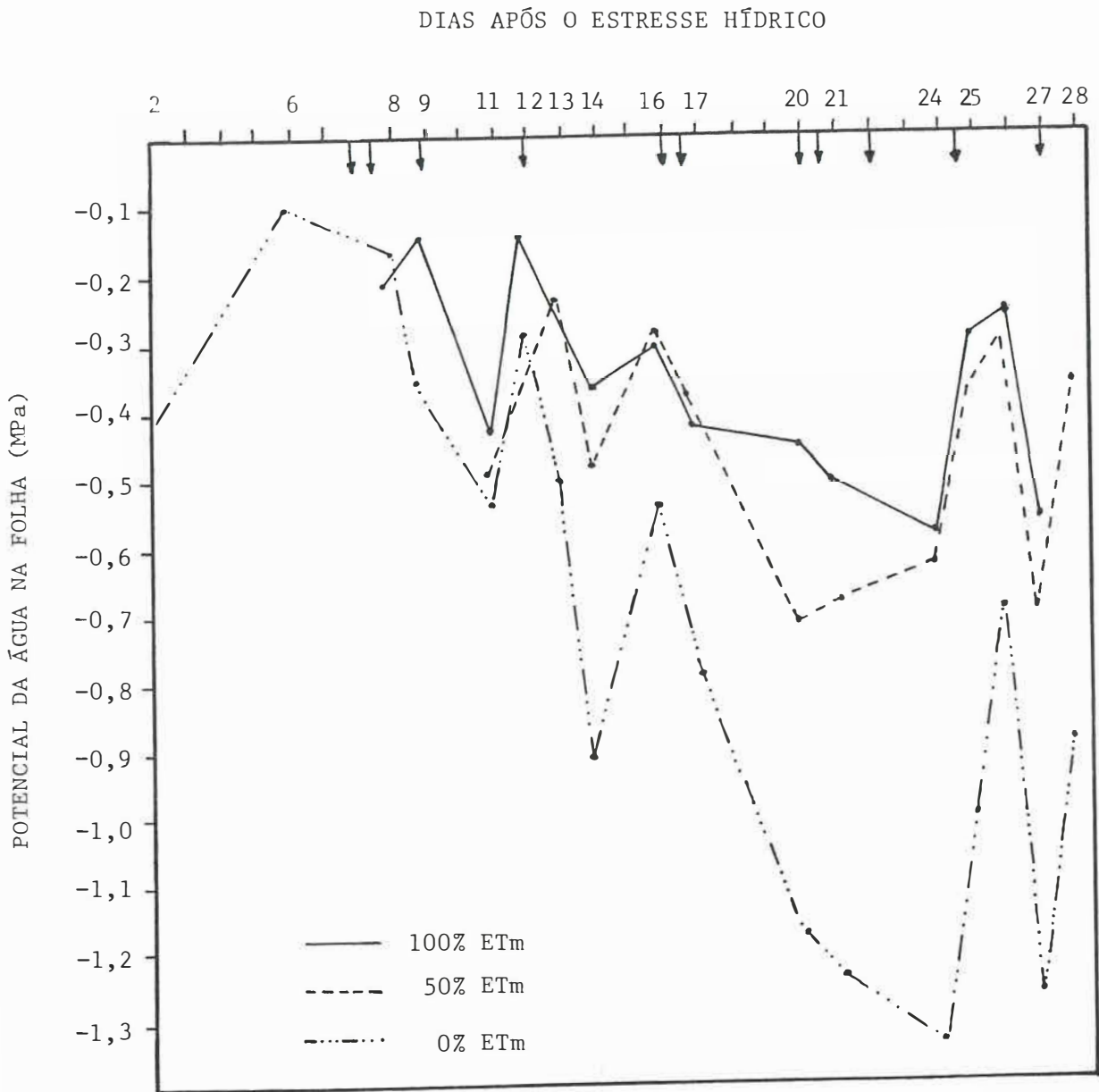


Figura 9 - Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar IR50, dentro e fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação (↓).

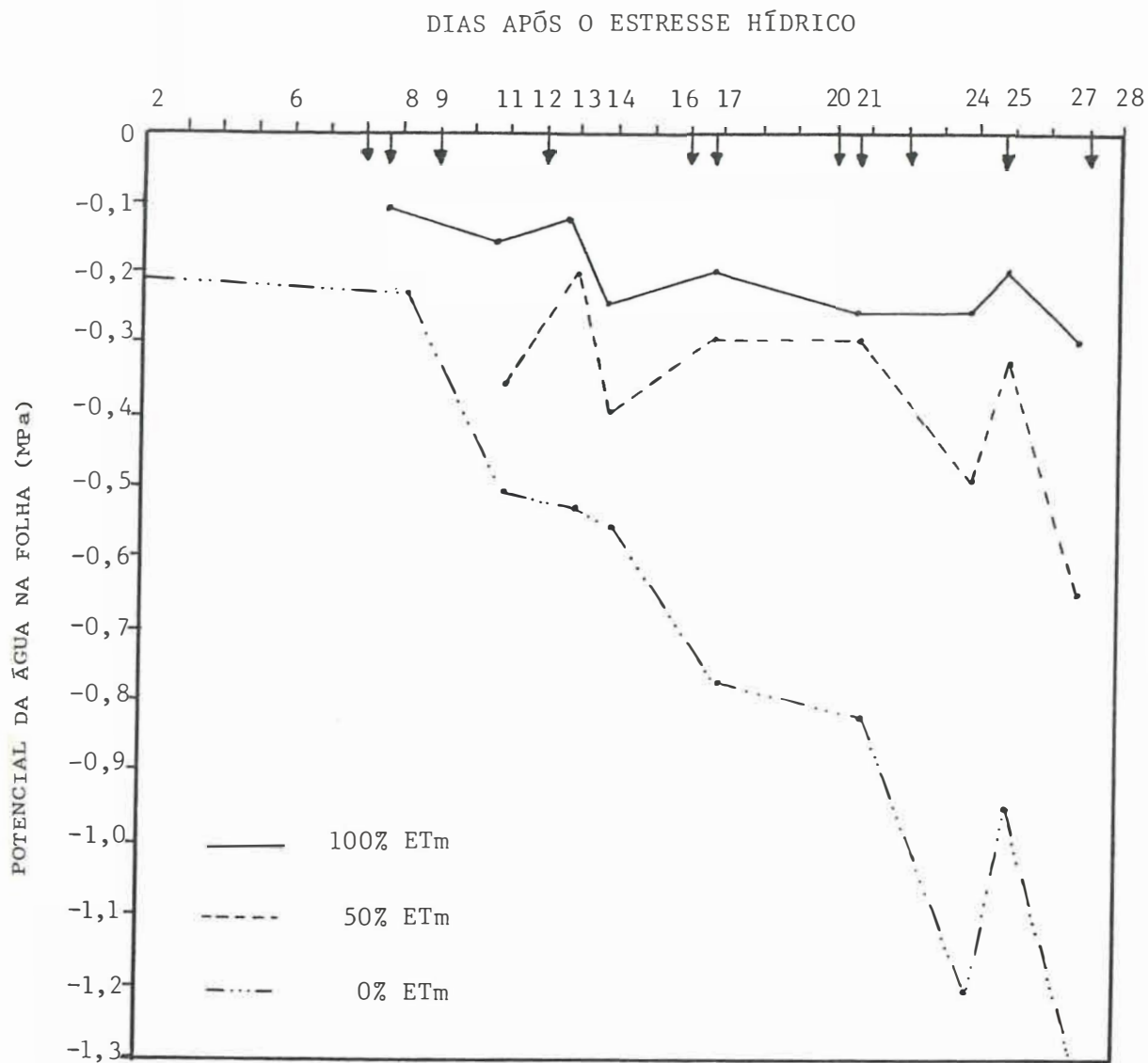


Figura 10 - Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar CNA791041. As medidas foram tomadas fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação (+).

DIAS APÓS O ESTRESSE HÍDRICO

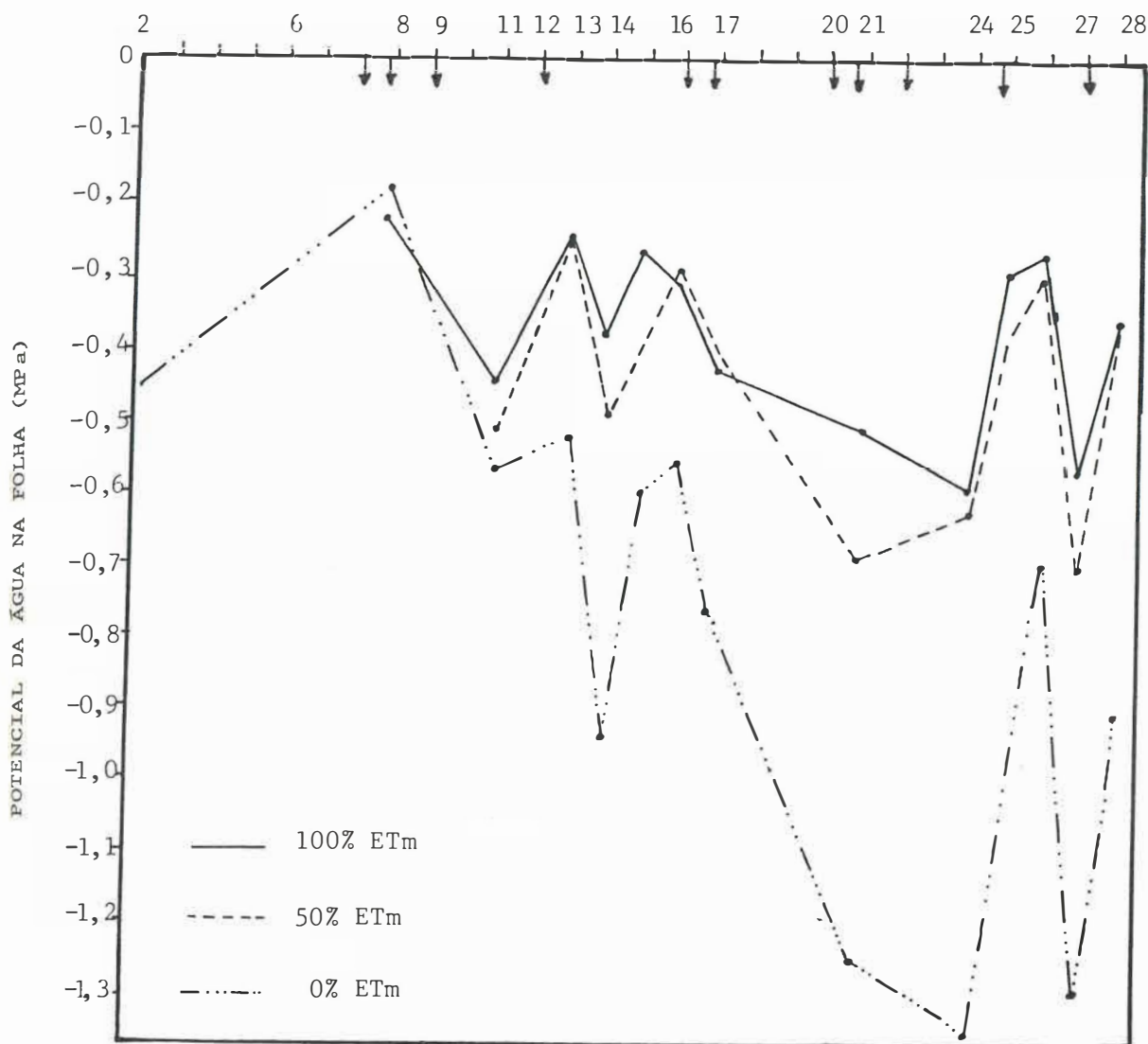


Figura 11 - Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar IR50. As medidas foram tomadas fora do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação (+).

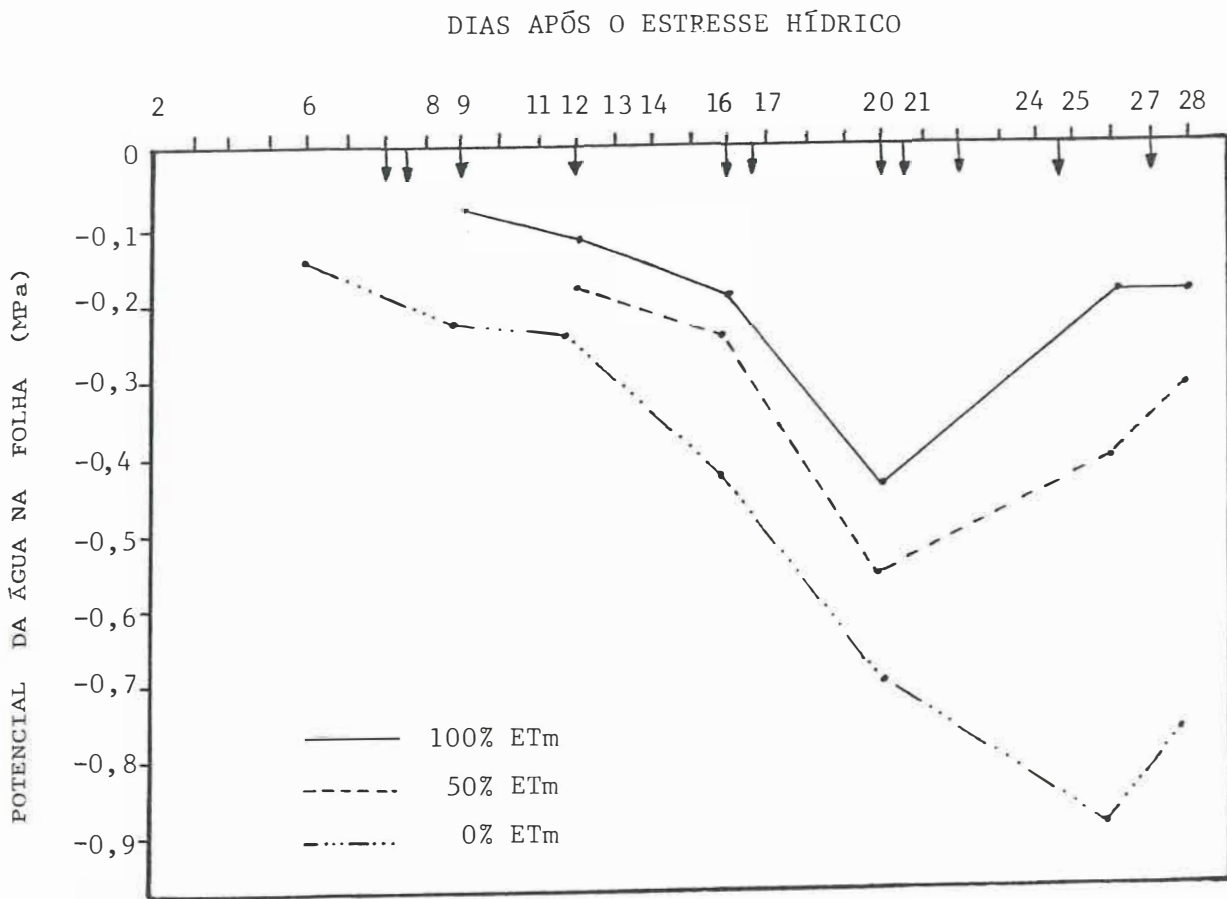


Figura 12 - Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar CNA791041. As medidas foram tomadas dentro do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação (↓).

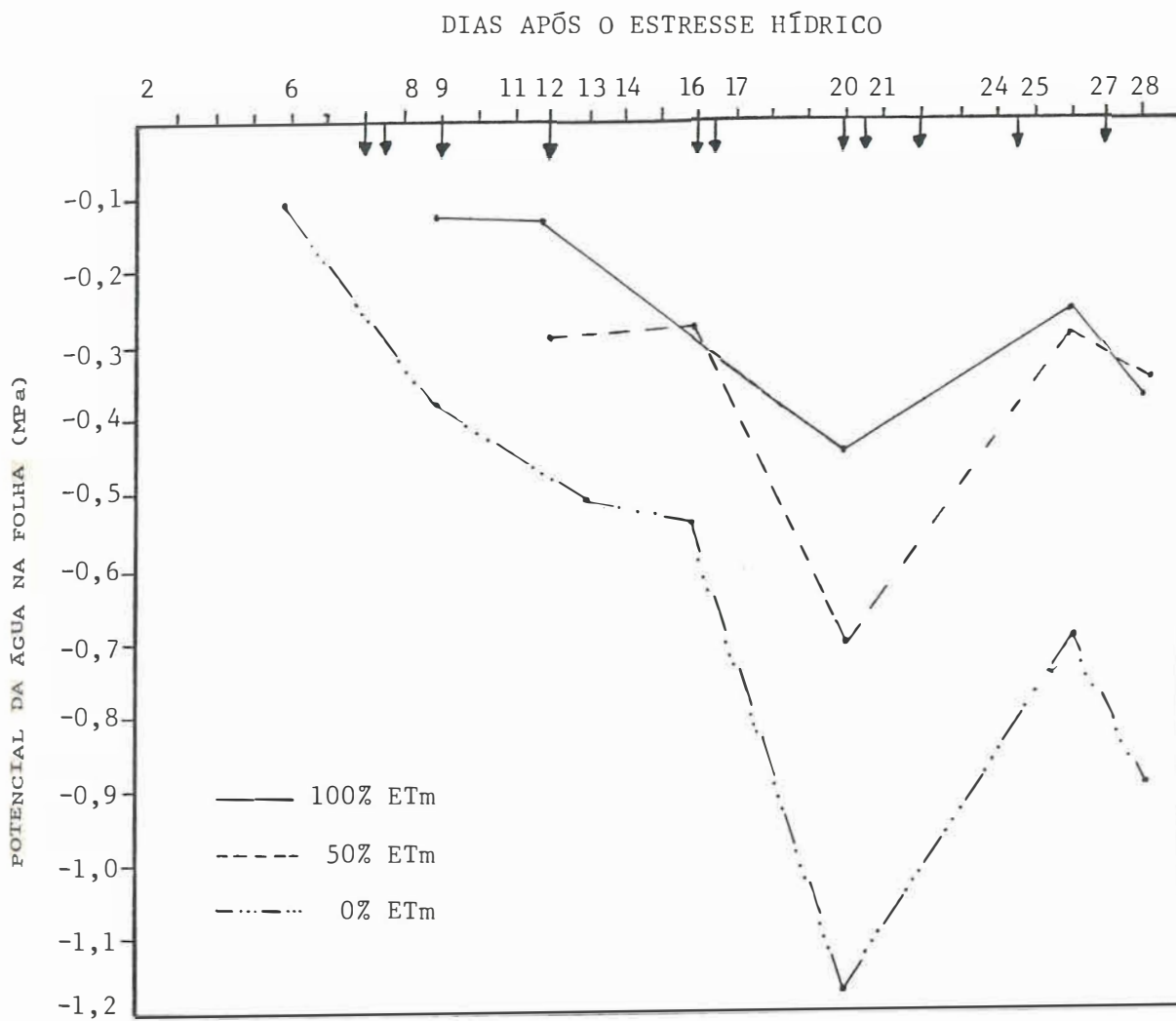


Figura 13 - Variação do potencial da água na folha ao amanhecer para a cultivar IR50. As medidas foram tomadas dentro do abrigo de chuva, durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação (↓).

folhas. A tabela 4 mostra o horário do início do enrolamento e os respectivos potenciais da água na folha nos quais isso ocorreu, juntamente com os valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água do dia e do dia anterior para as cultivares CNA791041 e IR50, além do horário de ocorrência do fenômeno.

Observou-se que, para a cultivar CNA791041 aos 17 dias após o estresse hídrico, a um déficit de saturação de vapor d'água do dia anterior de 18,02 mmHg e um déficit de saturação de vapor d'água do dia de 19,65 mmHg, o potencial médio da água na folha declinou a -1,42 MPa e o enrolamento ocorreu às 9:45 horas. Num período posterior, ou seja, aos 25 dias de estresse hídrico, para valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água (17,72 mmHg para o dia e 18,02 mmHg para o dia anterior), o enrolamento ocorreu às 9:55 horas e o potencial médio da água na folha declinou a -2,23 MPa. Porém, num período intermediário, ou seja, aos 21 dias de estresse hídrico, para déficits de saturação de vapor d'água bem mais altos (25,32 mmHg para o dia e 24,61 mmHg para o dia anterior), mesmo a um potencial da água mais alto do que o anterior, -1,55 MPa, o enrolamento teve início mais cedo. Isto pode ser atribuído à demanda atmosférica do dia anterior e a algum outro mecanismo da planta de efeito retardado para evitar a per-

da de água, já que o início do fenômeno de enrolamento não significa que a planta esteja demonstrando o grau de estresse hídrico que vai experimentar naquele dia.

A cultivar IR50 apresentou um comportamento bastante semelhante à cultivar CNA791041 com relação ao fenômeno de enrolamento. Aos 17 dias de estresse hídrico, para um potencial médio da água na folha de $-1,81$ MPa e valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água de $19,65$ mmHg para o dia e $18,02$ mmHg para o dia anterior, o enrolamento ocorreu às 9:45 horas. Quando o potencial médio da água na folha declinou a $-2,72$ MPa (25º dia de estresse hídrico), o enrolamento ocorreu entre 8:00 horas e 9:55 horas, sendo que os déficits máximos de saturação de vapor d'água foram $17,72$ mmHg para o dia e $18,02$ mmHg para o dia anterior. Aos 21 dias de estresse hídrico, embora os valores do déficit de saturação do dia e do dia anterior fossem, respectivamente, $25,32$ mmHg e $24,61$ mmHg, valores esses bem maiores do que os anteriores, o potencial mínimo foi $-1,98$ MPa, e o enrolamento ocorreu às 7:36 horas. Portanto, a resposta das cultivares ao estresse hídrico mostrou que o fenômeno de enrolamento é condicionado não somente pelo potencial da água na folha e umidade do solo mas também pela demanda atmosférica. Para ambas as cultivares

TABELA 4 - Data e horário do início do enrolamento no tratamento a 0% de evapotranspiração máxima (ETm) para as cultivares de arroz CNA791041 e IR50, durante o período de estresse hídrico, potencial da água na folha e déficit máximo de saturação de vapor d'água do ar.

Dias Após o Estresse Hídrico	Parcela	Cultivar	Horário do	Potencial	Déficit Máxi-	Déficit má-
			Início do Enrolamento	da Água na Folha	mo de Saturação do Dia Anterior	ximo de Satu- ração do Dia
			Horas	MPa	mmHg	mmHg
17	9	CNA791041	9:45	-1,13	18,02	19,65
	19	CNA791041	9:45	-1,47		
	26	CNA791041	9:45	-1,65		
21	9	CNA791041	7:36	-1,65	24,61	25,32
	19	CNA791041	7:36	-1,36		
	26	CNA791041	7:36	-1,77		
24	9	CNA791041	7:50	-1,62	14,87	18,02
	19	CNA791041	7:50	-1,66		
	26	CNA791041	7:50	-2,15		
25	9	CNA791041	9:55	-1,85	18,02	17,72
	19	CNA791041	9:55	-2,56		
	26	CNA791041	9:55	-2,27		
27	19	CNA791041	7:45	-1,49	13,37	13,61
	9	CNA791041	10:10	-1,49		
	26	CNA791041	10:10	-2,15		
17	10	IR50	9:45	-1,49	18,02	19,65
	15	IR50	9:45	-1,86		
	36	IR50	9:45	-2,09		
21	10	IR50	7:36	-1,81	24,61	25,32
	15	IR50	7:36	-2,08		
	36	IR50	7:36	-2,04		
24	10	IR50	7:50	-2,16	14,87	18,02
	15	IR50	7:50	-2,12		
	36	IR50	6:25	-2,17		
25	36	IR50	8:00	-2,45	18,02	17,72
	10	IR50	9:55	-2,86		
	15	IR50	9:55	-2,86		
27	10	IR50	7:45	-2,00	13,37	13,61
	15	IR50	7:45	-2,00		
	36	IR50	7:45	-1,11		

pode-se notar que, com o decréscimo de água disponível no solo, o potencial da água na folha tornou-se mais negativo (17º e 25.º dias de estresse hídrico) e o início do enrolamento ocorreu em horários próximos, visto que os déficits de saturação de vapor d'água máximos do dia anterior eram os mesmos. No 21º dia de estresse hídrico apesar dos valores de água no solo serem maiores, o que é concordante com o maior valor de potencial da água na folha atingido em relação ao 25.º dia de estresse hídrico, o enrolamento ocorreu mais cedo, ficando evidenciado pelo alto valor de déficit de saturação de vapor d'água máximo do dia.

Com relação à grande variabilidade das medidas de potencial da água na folha para o 27º dia do estresse hídrico podemos atribuí-la ao fato de que nesse período o déficit hídrico era bastante acentuado, o que dificultava bastante as medidas, pois as folhas estavam bem frágeis com a intensidade de estresse hídrico atingido, exigindo um número maior de repetições das leituras.

4.2. Resistência Difusiva ao Fluxo de Vapor D'água

A figura 14 mostra a variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 e IR50, submetidas aos tratamentos de

irrigação com base em 100, 50 e 0% de ET_m, decorridos 8 dias após o estresse hídrico. Verificou-se que o comportamento das cultivares foi bastante semelhante nos tratamentos a 100 e 50% de ET_m, ocorrendo uma diferença entre o comportamento das cultivares no final do período diurno quando os estômatos aproximam-se do fechamento. No tratamento de irrigação com base em 100% de ET_m, as resistências máximas no final do período diurno foram 2,60 s.cm⁻¹, para a cultivar IR50 e 1,50 s.cm⁻¹ para a cultivar CNA791041, enquanto no regime de irrigação a 50% de ET_m, os respectivos valores foram 2,95 s.cm⁻¹ e 2,10 s.cm⁻¹.

As plantas em estresse hídrico mais intenso (0% de ET_m) apresentaram um comportamento bastante diferenciado entre si, com a resistência atingindo um valor máximo de 5,50 s.cm⁻¹ para a cultivar CNA791041 e 2,65 s.cm⁻¹ para a cultivar IR50. Percebe-se também que a cultivar CNA791041, sofreu um decréscimo de resistência após o nascer do sol aumentando a partir das 11:30 horas, quando ocorreu um aumento rápido e contínuo da resistência. Isto poderia ser atribuído ao sistema radicular mais profundo da cultivar CNA791041 em relação à cultivar IR50, que pode ser observado visualmente em plantas através da extração de algumas dessas e também através de dados fornecidos pelos melhoristas do CNPAF. Dessa maneira, ocorreu uma absorção

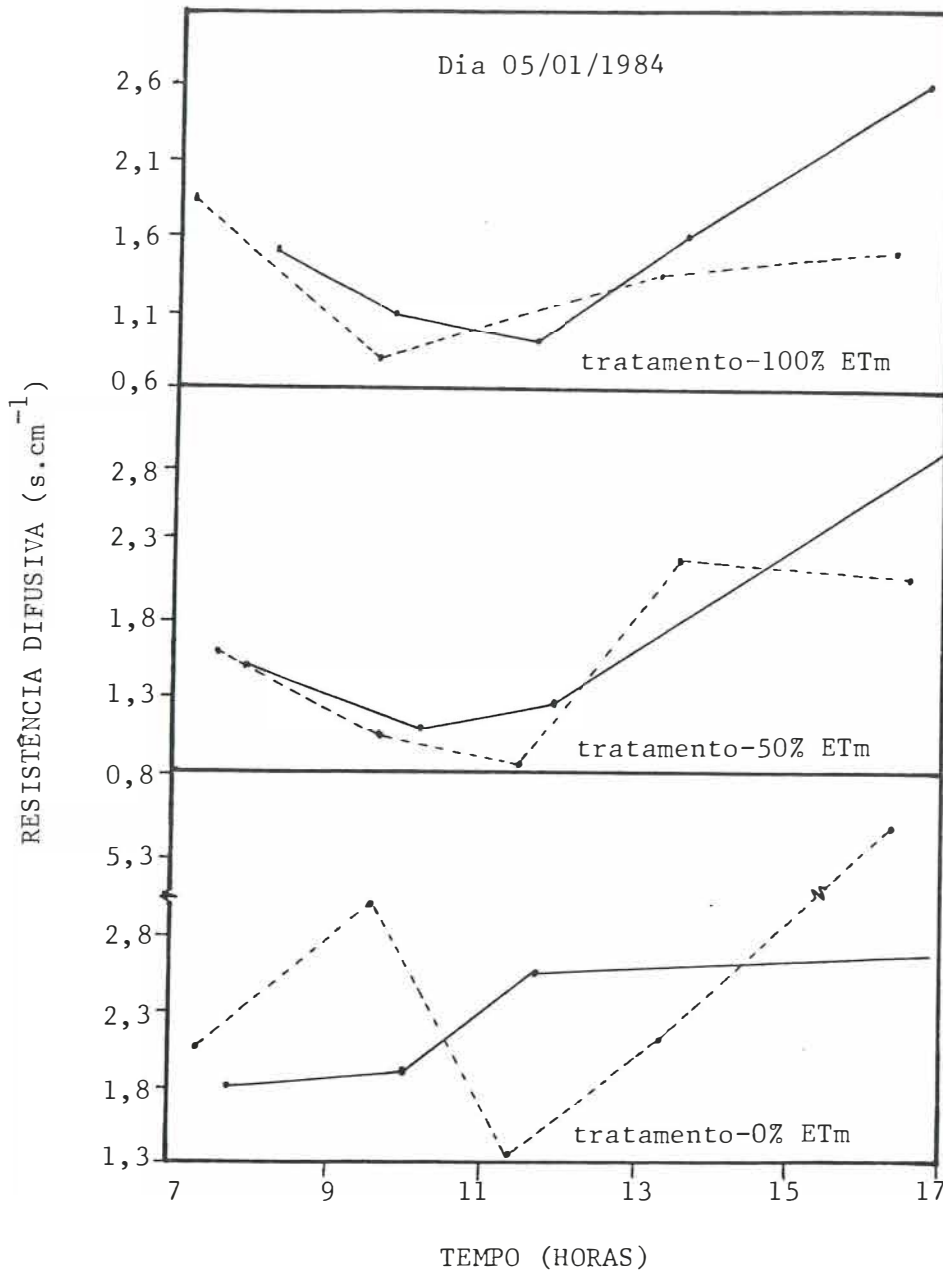


Figura 14 - Variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 8º dia de estresse hídrico.

de água mais efetiva pela cultivar CNA791041 não sendo tão sensível como a cultivar IR50 ao início do estresse hídrico, ou seja, ao decréscimo de água disponível no solo. Mas apresentando desde o início uma sensibilidade maior à demanda atmosférica porque só a partir das 11:30 horas que ocorre um aumento dos seus valores de resistência, horário este bastante próximo ao valor de déficit de saturação de vapor d'água máximo do dia, salientando-se que a radiação solar foi de $576,6 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$ com 6:40 horas de insolação, insolação essa aleatoriamente distribuída visto que os dias nessa época do ano sofrem muito a interferência de nuvens.

Após 17 dias do estresse hídrico, conforme mostra a figura 15, os tratamentos irrigados com base em 100 e 50% de ET_m mantiveram o mesmo comportamento entre cultivares. Com relação ao tratamento que não recebeu irrigação no período de medidas (0% de ET_m), notou-se que houve uma inversão no comportamento das cultivares comparado às medições anteriores. Os valores de resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água tenderam a aumentar após o nascer do sol, atingindo $4,60 \text{ s.cm}^{-1}$ para a cultivar CNA791041 e $4,20 \text{ s.cm}^{-1}$ para cultivar IR50.

Houve uma inversão no comportamento das cultivares quanto à resistência estomática no tratamento a

0% de ET_m, após 25 dias de estresse hídrico. A cultivar IR50 apresentou um valor máximo de $6,20 \text{ s.cm}^{-1}$, enquanto a cultivar CNA791041 atingiu $3,80 \text{ s.cm}^{-1}$ (vide figura 16). Observa-se também que o valor máximo atingido pela cultivar CNA791041 aconteceu no início da manhã, enquanto para a cultivar IR50 ocorreu no meio do dia (entre 11:00 e 12:00 horas). Logo após ocorreu um decréscimo progressivo da resistência para ambas as cultivares e, posteriormente, um acréscimo. Estes valores obtidos parecem enfatizar as discussões anteriores, pois nesse dia o estresse hídrico era bastante acentuado com o armazenamento da água no solo mostrando um valor próximo a 0,00mm, apesar do déficit de saturação de vapor d'água, bem como a radiação solar e as horas de insolação serem baixos (2:00 horas - $252,0 \text{ cal.cm}^{-2}.\text{dia}$ - 17,5 mmHg o valor máximo). Este aumento rápido de resistência para a cultivar IR50 provavelmente também adveio de características da própria cultivar, pois este comportamento foi bem evidente a nível de campo.

Nos tratamentos de irrigação a 100 e 50% de ET_m, ainda no 25º dia de estresse hídrico, o comportamento das cultivares manteve-se aproximadamente idêntico. Apenas ocorreu uma breve tendência de aproximação dos valores de

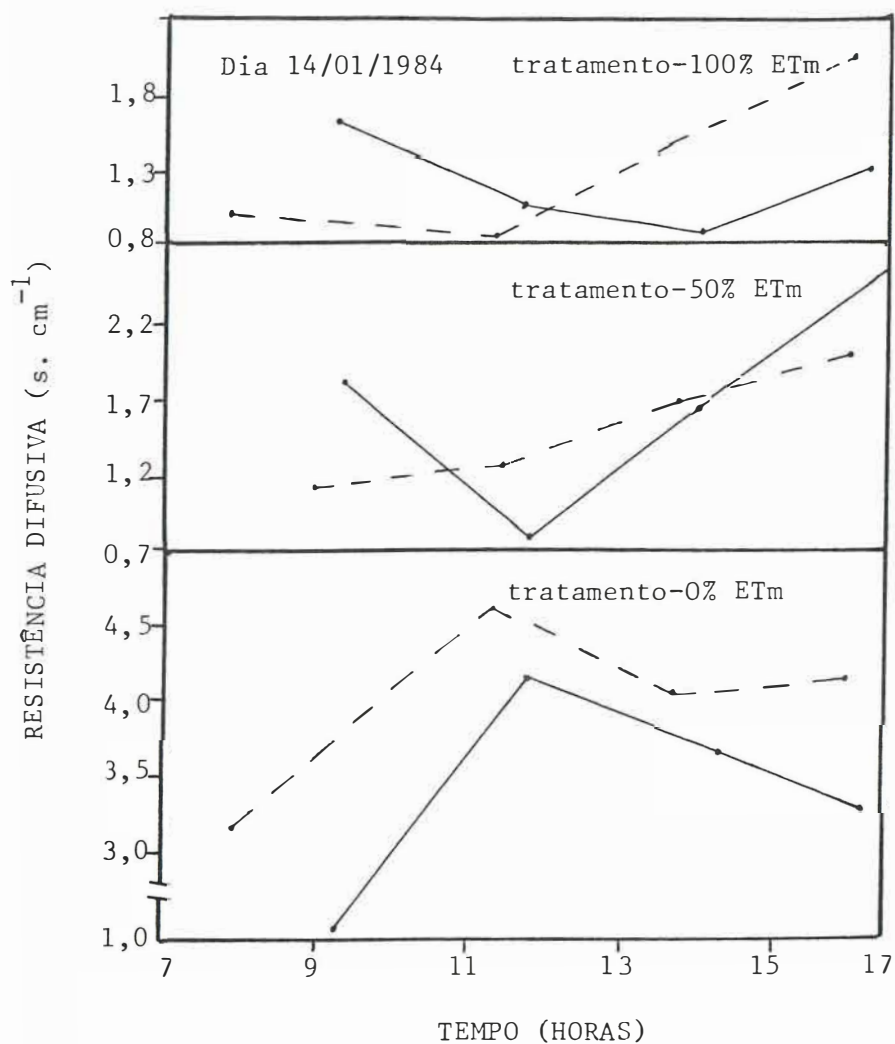


Figura 15 - Variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 17º dia de estresse hídrico.

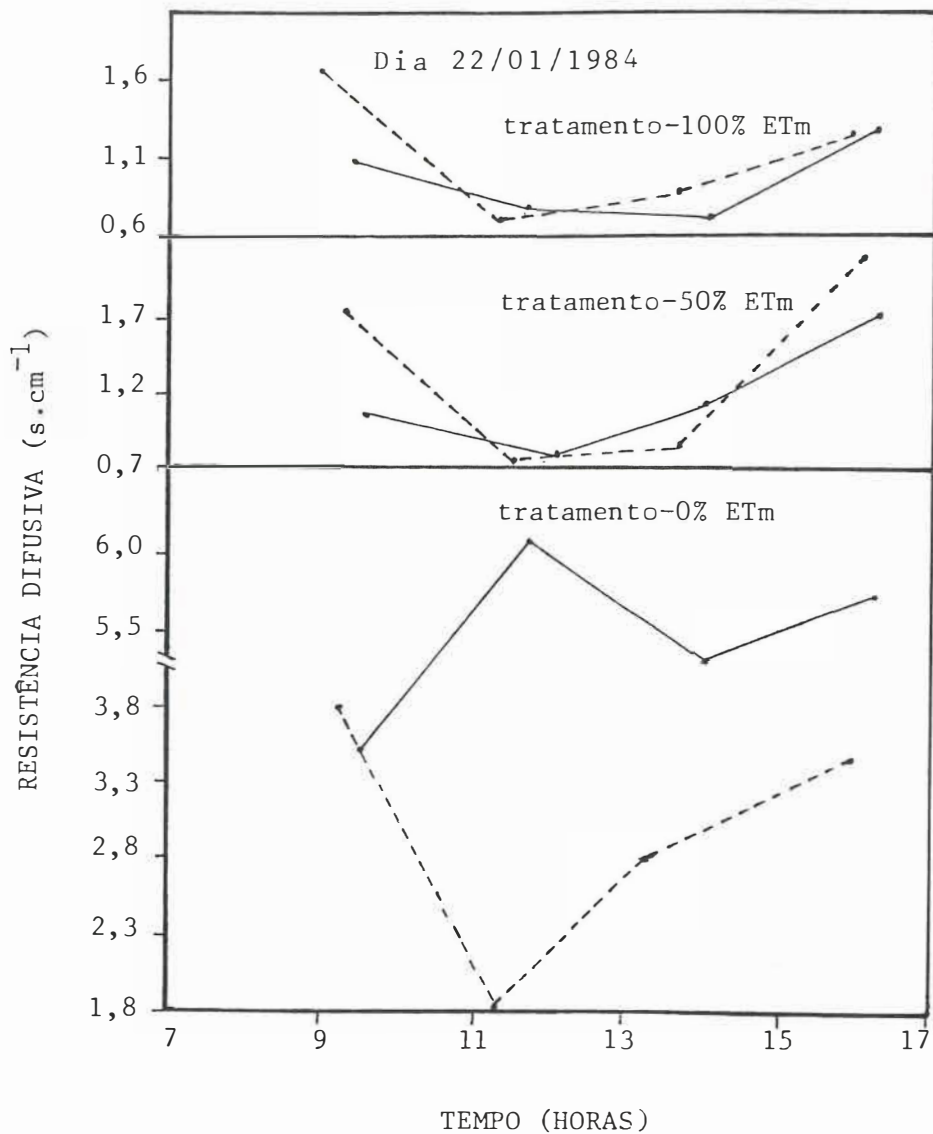


Figura 16 - Variação horária da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 25º dia de estresse hídrico.

resistência estomática no período entre 11:00 e 12:00 horas e também no final da tarde para o caso do tratamento a 100% de ET_m.

Acredita-se que essas diferenças de comportamento das cultivares entre tratamentos e mesmo dentro do tratamento como é o caso do tratamento sem irrigação (0% de ET_m), possam ter sido ocasionadas pela porção da folha amostrada. As amostragens eram feitas no terço superior da folha, quando o fenômeno de enrolamento assim o permitia e quando o grau de enrolamento das folhas nos tratamentos estressados era muito acentuado tornava-se impossível proceder as medidas nessa posição, porque a abertura do porômetro não era perfeitamente vedada, sendo então necessário amostrar-se o terço médio da mesma folha.

Além disso, as próprias características morfo-fisiológicas das plantas exemplificadas pelo comportamento do sistema radicular, provavelmente devem ter contribuído para que se verificassem essas diferenças entre os valores de resistência estomática das cultivares, especialmente no tratamento sem irrigação. Pode-se notar que a cultivar IR50 a partir do 17º dia de estresse hídrico, apresentou valores bem maiores de resistência estomática do que a cultivar CNA791041, os quais se mantiveram no 25º e 27º dia de estresse hídrico, o que é concordante com a va-

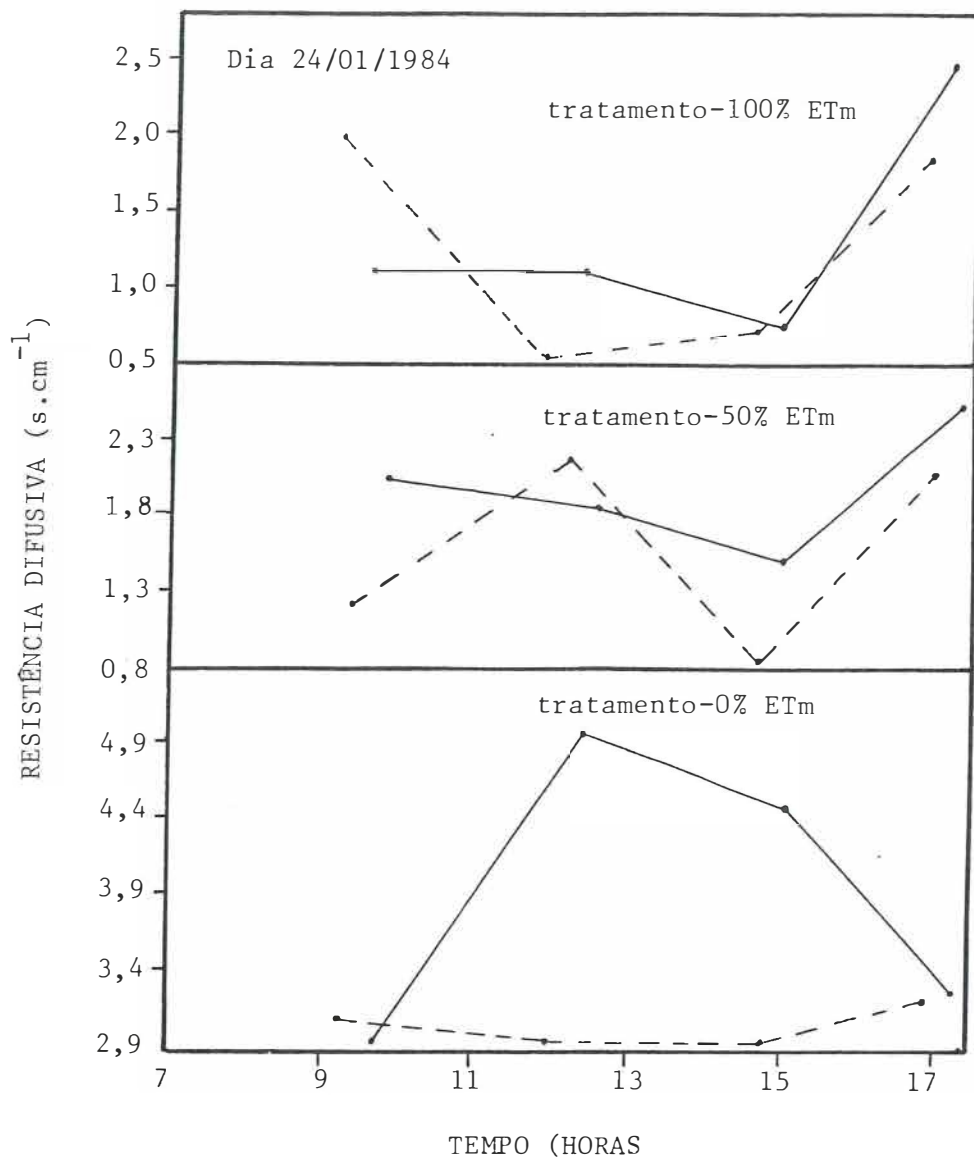


Figura 17 - Variação horária de resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 27º dia de estresse hídrico.

riação de armazenamento da água no solo, uma vez que essa mostrou valores bem próximos a 0,00mm nesse período todo, enquanto a cultivar CNA791041 apresentou uma variação de armazenamento da água no solo maior; permanecendo também com um valor mínimo superior à cultivar IR50.

No 27º dia de estresse hídrico, como se verificou na figura 17, as variações na resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água foram praticamente idênticas à figura anterior. Sob o regime de irrigação, com base em 100% de ET_m, os maiores valores alcançados foram, respectivamente, 1,90 s.cm⁻¹ e 2,60 s.cm⁻¹, enquanto para o tratamento com base em 50% de ET_m foram 2,10 s.cm⁻² e 2,60 s.cm⁻¹. Comparando-se os valores obtidos para esses tratamentos com aqueles alcançados no 8º dia de estresse hídrico, verificou-se que eles são muito próximos, mostrando, nesse caso, coerência com os valores de armazenamento da água no solo, pois este era praticamente o mesmo nos períodos mencionados (vide figura 6).

A resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água da cultivar CNA791041 no tratamento a 0% de ET_m, no 27º dia de estresse hídrico, teve um comportamento bastante regular, sofrendo variações pequenas durante o dia. Os valores máximos de resistência alcançados foram 3,25 s.cm⁻¹ e 5,00 s.cm⁻¹ para a cultivar CNA791041 e IR50, respecti-

vamente, os quais foram inferiores aos valores obtidos no 25º dia de estresse hídrico. Isso justifica-se provavelmente pelos valores de déficit de saturação de vapor d'água médios do período diurno, que foram aproximadamente 10,00 mmHg para o 25º dia de estresse hídrico e 5,00 mmHg para o 27º dia de estresse hídrico, ou ainda, pelo aumento do número de horas de insolação, que no 25º dia foi 2:00 horas e no 27º dia de estresse hídrico 4:10 horas que deve ter influenciado o processo de abertura estomática, como também um ajustamento ocorrido na relação resistência - potencial da água na folha.

A figura 18 mostra a estimativa da variação da resistência difusiva do fluxo de vapor d'água às 12 horas para ambas as cultivares no período de diferenciação dos tratamentos de água no solo. Os valores máximos alcançados pelas cultivares no tratamento a 0% de ETm foram 5,80 s.cm^{-1} para a cultivar IR50, quando o potencial da água na folha era de -2,65 MPa enquanto a cultivar CNA791041 atingiu 4,40 s.cm^{-1} a um potencial da água na folha de -1,82 MPa. Esses valores de resistência foram obtidos em dias diferentes. Para a cultivar IR50 quando esse valor ocorreu já não havia mais água armazenada no solo, ou seja esse valor já havia atingido 0,00 mm e o déficit de saturação de vapor d'água máximo do dia era de 17,50 mmHg, enquanto para

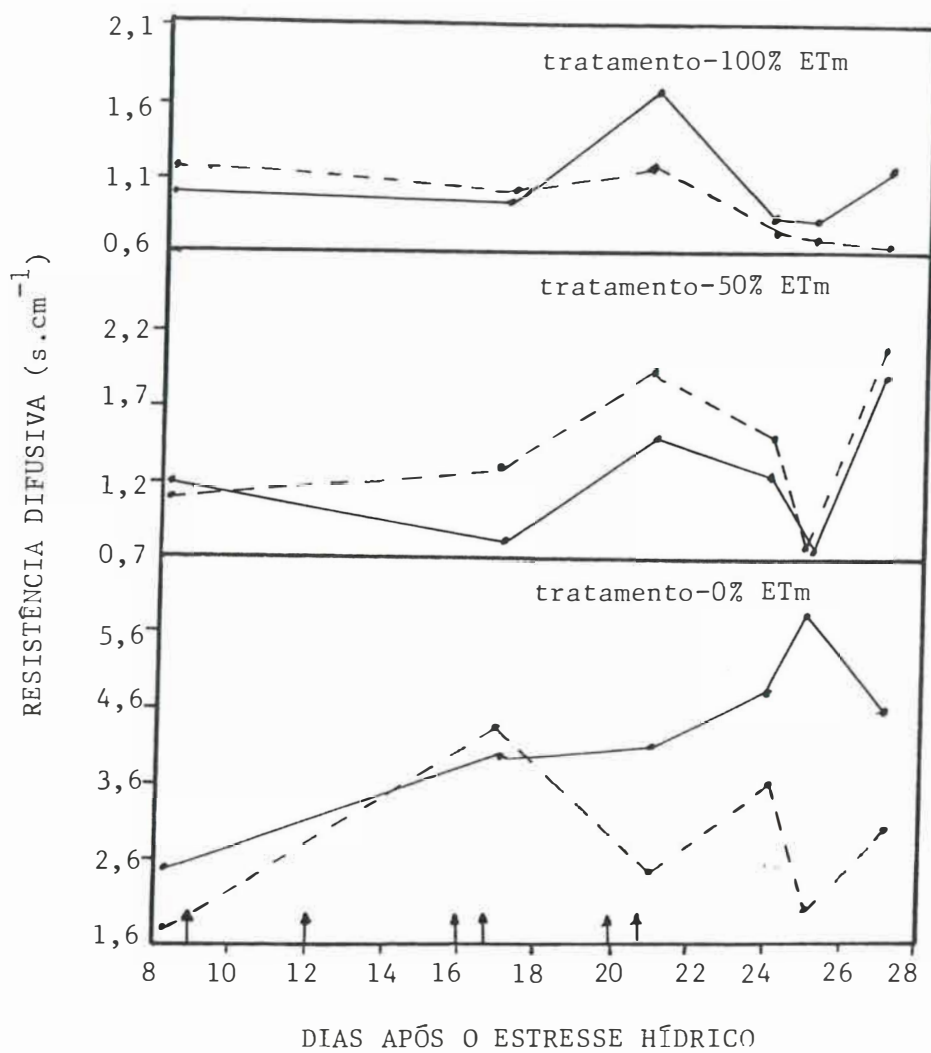


Figura 18 - Variação da resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água estimada às 12 horas para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) durante o período de estresse hídrico, de acordo com os dias de irrigação (\uparrow).

a cultivar CNA791041 o armazenamento da água no solo era de 10,00mm e o déficit de saturação de vapor d'água máximo do dia era 25,00 mmHg. Dessa maneira, verificou-se que a cultivar CNA791041 apresentou uma resposta mais rápida à demanda evaporativa atmosférica do que a cultivar IR50 visto que o seu valor máximo de resistência ocorreu num período em que o déficit de saturação de vapor d'água foi maior, embora ainda apresentasse 10,00mm de água disponível no solo.

De acordo com esses resultados, a resposta da cultivar IR50 pareceu estar mais relacionada a água disponível no solo, visto que o valor máximo de resistência só foi alcançado quando o armazenamento da água no solo era mínimo (0,00mm).

Para os demais tratamentos, 100 e 50% de ET_m, a semelhança de comportamento entre cultivares manteve-se. Dentro dos respectivos tratamentos a cultivar IR50 apresentou os valores máximos de 1,65 s.cm⁻¹ e 1,90 s.cm⁻¹, enquanto a cultivar CNA791041 apresentou os valores máximos de 1,20 s.cm⁻¹ e 1,95 s.cm⁻¹.

As relações entre potencial da água na folha e resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água para o tratamento sem irrigação mostraram também que os valores de resistência difusiva atingidos foram relativamente baixos,

coincidindo com os valores encontrados por O'TOOLE e CRUZ (1980) para cultivares semelhantes a estas, porém trabalhadas em casa de vegetação.

As densidades de fluxo transpiratório, assim como a resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água estão relacionadas com o grau de déficit hídrico interno na planta, como mostram as figuras 19, 20, 21 e 22. Os valores máximos encontrados para as cultivares CNA791041 e IR50 no 8º dia de estresse hídrico foram, respectivamente, 13,00 e 12,00 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para o tratamento a 100% de ETm, 13,00 e 11,50 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para o tratamento a 50% de ETm e 11,00 e 8,50 $\mu\text{g}\cdot\text{cm}^{-2}\cdot\text{s}^{-1}$ para o tratamento a 0% de ETm.

Com exceção das medidas feitas no 17º dia após o estresse hídrico (vide figura 20), onde nos tratamentos com base em 100 e 50% de ETm a cultivar IR50 apresentou valores máximos de densidade de fluxo transpiratório maiores do que a CNA791041, sendo esses os maiores valores alcançados durante todo o estresse hídrico, esta última cultivar sempre apresentou valores superiores aos da IR50 (vide figura 19, 21 e 22).

Os resultados apresentados mostram que a densidade de fluxo transpiratório no 25º dia após o estresse hídrico foi sempre menor para a cultivar IR50 do

que para a cultivar CNA791041 (vide figura 21). A densidade de fluxo transpiratório mostra ainda uma tendência a um aumento linear gradativo até determinado horário (entre 12:00 e 13:00 horas).

No 27.^o dia de estresse hídrico o comportamento das cultivares foi semelhante às medições anteriores (vide figura 22). No tratamento a 100% de ET_m, os valores máximos encontrados foram 16,50 e 10,50 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ para a cultivar CNA791041 e IR50, respectivamente, notando-se um aumento do intervalo de variação entre valores máximos atingidos pelas duas cultivares. Enquanto no tratamento sob estresse hídrico mais intenso (0% de ET_m), a cultivar CNA791041 apresentou 5,50 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ e a cultivar IR50 apresentou 2,50 $\mu\text{g} \cdot \text{cm}^{-2} \cdot \text{s}^{-1}$ de densidade de fluxo transpiratório.

Com relação ao fato de que os valores de densidade de fluxo transpiratório durante o período de medidas terem sido sempre maiores para a cultivar CNA791041, poderia ser atribuído a uma resistência estomática inferior dessa cultura ou a uma maior capacidade de extração de água no solo por ela apresentada.

Foram verificadas também algumas relações entre resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água com os graus de enrolamento sofrido pelas folhas de acordo com o déficit de saturação de vapor d'água do ar e densidade de

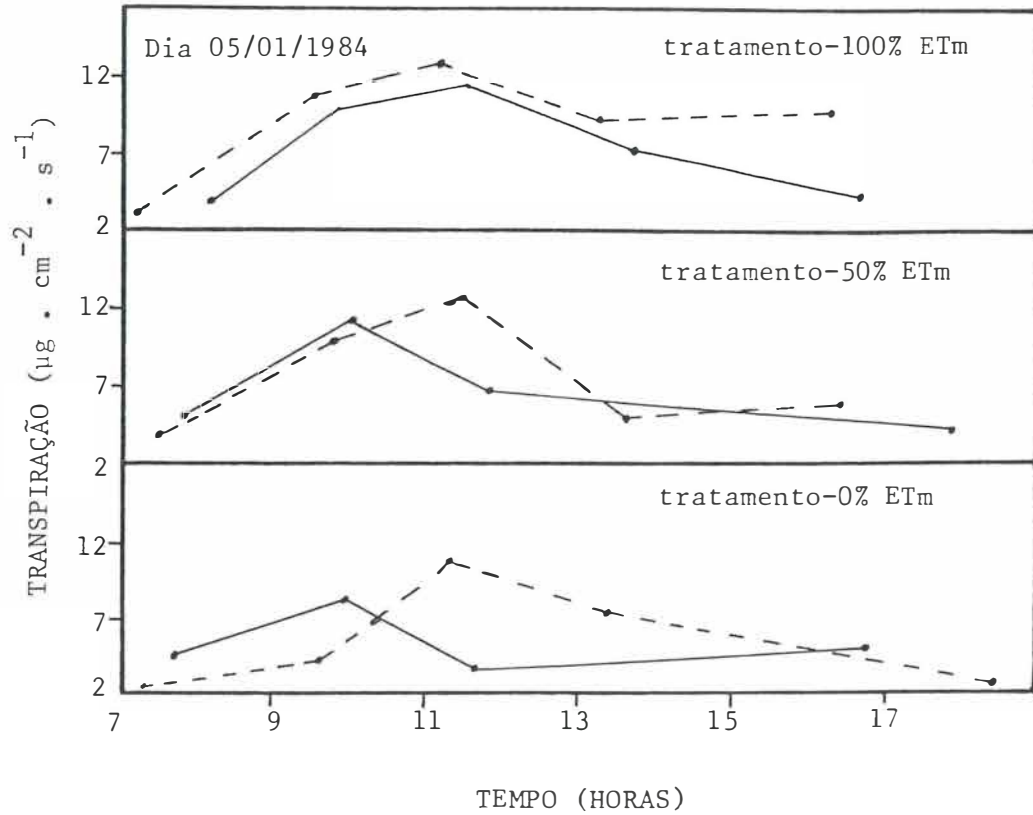


Figura 19 - Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 8º dia de estresse hídrico.

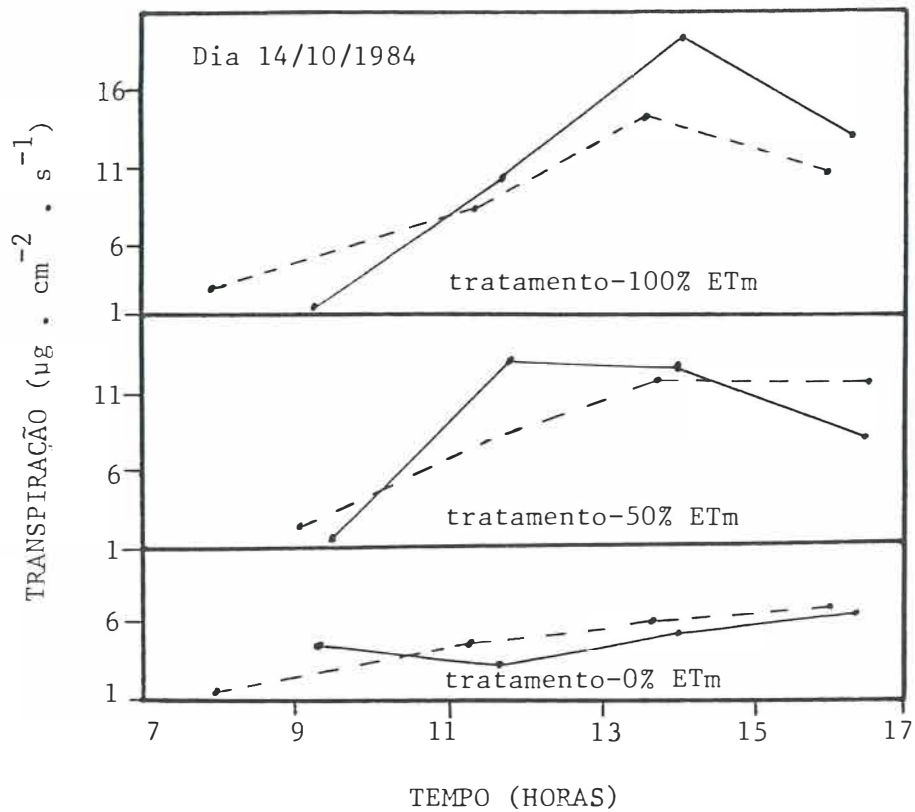


Figura 20 - Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 17º dia de estresse hídrico.

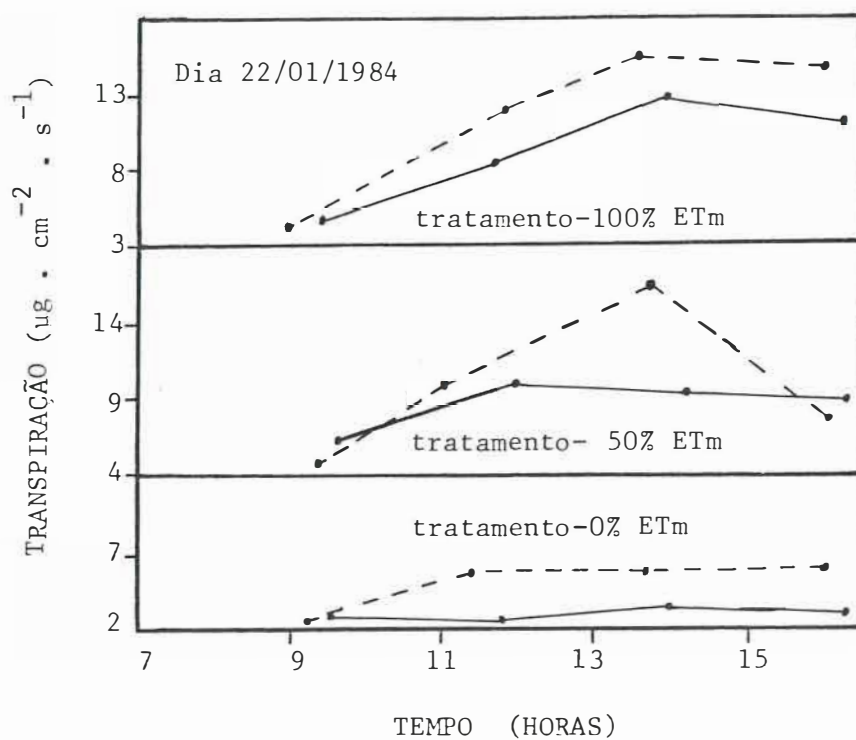


Figura 21 - Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 25º dia de estresse hídrico.

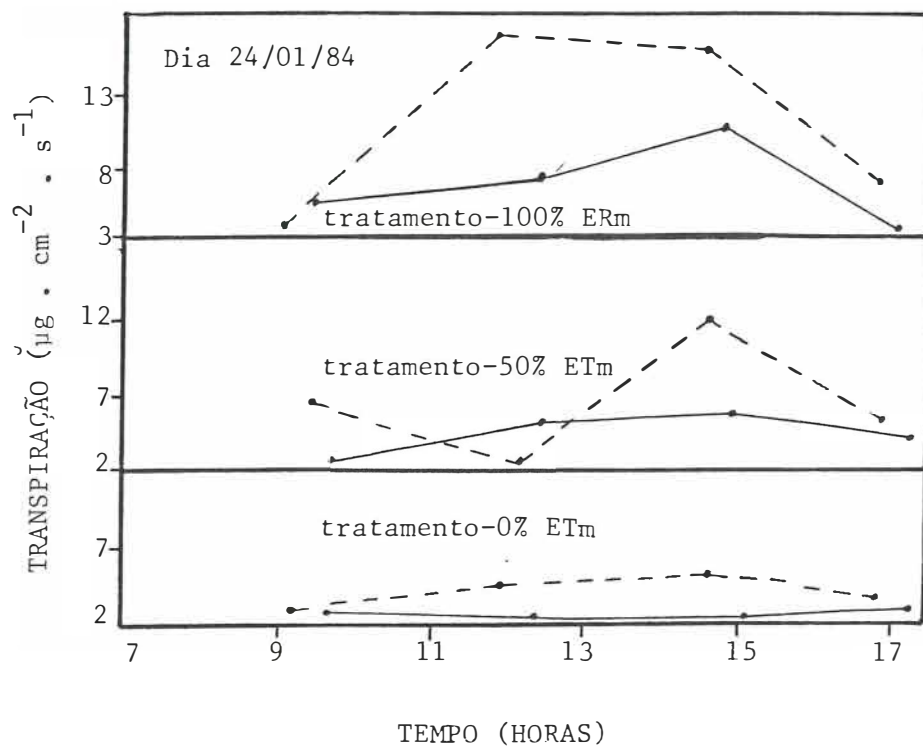


Figura 22 - Variação da densidade de fluxo transpiratório das cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) no 27º dia de estresse hídrico.

fluxo transpiratório para ambas as cultivares submetidas ao estresse hídrico, conforme tabela 5. Aos 11 dias após o estresse hídrico, período esse no qual o déficit de saturação de vapor d'água máximo do dia anterior foi 18,02 mmHg e o déficit de saturação máximo do dia foi 11,35 mmHg, para um valor de resistência difusiva de $1,79 \text{ s.cm}^{-1}$, a cultivar CNA791041 apresentou grau 2 de enrolamento. Aos 14 dias após o estresse hídrico, a mesma cultivar, para valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água do dia anterior de 18,02 mmHg e do dia de 25,28 mmHg, alcançou grau 4 de enrolamento, apresentando uma resistência de $4,20 \text{ s.cm}^{-1}$. Por outro lado, aos 25 após o estresse hídrico, com os valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água do dia anterior de 18,02 mmHg e 17,72 mmHg para o dia, obteve grau 3 de enrolamento, sendo a resistência igual a $3,83 \text{ s.cm}^{-1}$.

Para a cultivar IR50, as relações entre os parâmetros acima citados foram aproximadamente idênticas à cultivar CNA791041. Os dados obtidos aos 11, ao 14 e 25 dias após o estresse hídrico, nos quais os valores de déficits de saturação de vapor d'água do dia anterior foram idênticos (18,02 mmHg) e os déficits de saturação de vapor d'água do dia foram 11,35 mmHg, 25,28 mmHg e 17,72

mmHg mostraram grau 2 de enrolamento para uma resistência estomática de $3,16 \text{ s.cm}^{-1}$, grau 1 de enrolamento para uma resistência estomática de $1,00 \text{ s.cm}^{-1}$ e grau 4 de enrolamento para uma resistência estomática de $3,56 \text{ s.cm}^{-1}$.

Por estes resultados pode-se observar que, quanto maior o déficit de saturação de vapor d'água do dia, maior a resistência ao fluxo de vapor d'água e, consequentemente o grau de enrolamento alcançado pela folha para a cultivar CNA791041. Porém, a cultivar IR50 não se mostrou tão sensível às variações de déficit de saturação de vapor d'água como a cultivar CNA791041, visto que embora o déficit de saturação de vapor d'água do dia tenha aumentado bastante (de 11,35 até 25,28 mmHg) o grau de enrolamento não manteve a correspondente linearidade em aumento, ressaltando-se a contribuição do regime hídrico do solo. Ou seja, para a cultivar IR50, nesse período compreendido entre os valores máximos de déficit de saturação de vapor d'água do dia citado acima, o armazenamento da água no solo já era bastante baixo, sendo a variação de armazenamento da água no solo aproximadamente 2,50 mm. Acredita-se que as mudanças procedidas no decorrer das medidas de porometria e consequentemente na posição das folhas amostradas dentro da parcela, conforme foi discutido anteriormente tenham sido

a causa de alguns desvios nessas relações encontradas entre resistência e graus de enrolamento, analisando-se algumas medidas isoladas.

TABELA 5 - Graus de enrolamento da folha alcançados pelas cultivares de arroz CNA791041 e IR50 no tratamento a 0% de evapotranspiração máxima (ETm), resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água, densidade de fluxo transpiratório e déficit de saturação de vapor d'água no ar.

Dias Após Estresse Hídrico	Parcela	Cultivar	Graus de Enrolamento (1)	Resistência Di-	Densidade	Deficite Saturação	Deficite Saturação
				fusiva ao Fluxo de Vapor d'Água	de Fluxo Transpiratório	Máximo do Dia Anterior	Máximo do Dia
				s, cm^{-1}	mg, cm^{-2}, s^{-1}	mmHg	mmHg
11	9	CNA791041	2	1,79	4,05	18,02	11,35
		CNA791041	3	2,29	6,27		
		CNA791041	3	4,56	2,55		
17	26	CNA791041	3	4,15	5,76	18,02	25,28
		CNA791041	4	4,20	6,94		
21	9	CNA791041	4	1,89	5,68	24,61	25,32
		CNA791041	4	2,63	8,33		
		CNA791011	4	2,25	12,17		
24	9	CNA791011	4	1,32	7,52	14,87	18,02
		CNA791011	4	3,78	4,41		
		CNA791011	4	2,38	6,25		
		CNA791011	4	4,78	4,31		
25	9	CNA791041	3	3,83	2,36	18,02	17,72
		CNA791041	4	1,89	5,80		
		CNA791041	1	2,85	5,88		
27	9	CNA791041	3	3,14	2,76	13,37	13,61
		CNA791041	3	3,01	4,92		
		CNA791041	3	2,91	5,37		
11	10	IR50	2	3,16	2,22	18,02	11,35
		IR50	3	3,64	3,07		
17	10	IR50	1	1,00	4,70	18,02	25,28
		IR50	4	3,82	5,98		
		IR50	3	3,36	7,26		
21	10	IR50	4	3,14	4,88	24,61	25,32
		IR50	4	4,31	5,10		
		IR50	4	5,11	5,10		
24	15	IR50	4	5,29	2,29	14,87	18,02
		IR50	4	6,47	3,22		
25	10	IR50	4	3,56	2,50	18,02	17,72
		IR50	4	6,14	2,02		
		IR50	3	4,15	3,24		
27	10	IR50	4	2,96	2,67	13,37	13,61
		IR50	3	5,05	2,54		
		IR50	4	4,54	2,29		

(1) Graus de Enrolamento:

- 1 - folhas com as pontas enroladas;
- 2 - folhas enroladas sem haver entrecruzamento dos bordos;
- 3 - folhas enroladas com entrecruzamento dos bordos;
- 4 - folhas extremamente enroladas com entrecruzamento dos bordos.

4.3. Análise de Crescimento

A figura 23 mostra a variação do índice de área foliar e do número de perfilhos por unidade de área de solo das cultivares CNA791041 e IR50. Observa-se que os diferentes tratamentos apresentaram um comportamento bastante característico para cada cultivar, salientando-se o fato da cultivar IR50 ter apresentado um ciclo mais extenso do que aquele obtido pelos melhoristas do CNPAF. Os valores de índice de área foliar alcançados eram esperados pelo fato de que o ciclo das cultivares se diferenciou quanto ao período de florescimento ocorrendo dessa forma uma grande diferen ciação de estádios fenológicos entre elas. Consequentemente, houve uma divergência de sensibilidade ao estresse hídrico para ambas as cultivares, o que também pode ter contribuído para que se acentuassem as diferenças de ciclo entre cul tivares.

Em todos os tratamentos observou-se que a cul tivar IR50 mostrou uma maior recuperação com o retorno da irrigação, sobressaindo-se o tratamento em estresse hídrico (0% de ET_m) que foi aquele tratamento no qual as duas culti vares apresentaram os ciclos mais semelhantes, significando que os estádios fenológicos ocorreram em espaços de tempo mais próximos e não simultâneos porque a cultivar CNA791041

teve sua floração antecipada em relação a cultivar IR50. Esses resultados são justificados, uma vez que as cultivares foram selecionadas como sendo de ciclos bastante semelhantes, pois o ciclo da cultivar IR50 tinha sido observado em condições de cultivo irrigado por inundação.

Os valores máximos de índice de área foliar foram maiores para a cultivar IR50, atingindo 3,60, 3,29 e 4,70, enquanto a cultivar CNA791041 alcançou 2,15, 2,65 e 1,95, respectivamente para os tratamentos 100, 50 e 0% de ET_m. Os valores altos alcançados pelo tratamento correspondente a 50% de ET_m podem ser atribuídos ao sistema de irrigação adotado no qual não se fazia correção para os valores de evaporação do tanque classe A e utilizavam-se os valores superestimados de coeficiente de cultura (K_c), segundo KALMS (1980), para estimativa de ET_m, conforme metodologia indicada. O sistema empregado tinha por objetivo tornar mais operacional a irrigação, uma vez que corrigindo-se os valores de evaporação do tanque classe A e utilizando K_c reais a irrigação deveria ser praticamente diária.

Com relação à altura das plantas, as cultivares em estudo não atingiram, em média, os valores esperados de acordo com informações de melhoristas do CNPAF, sendo que

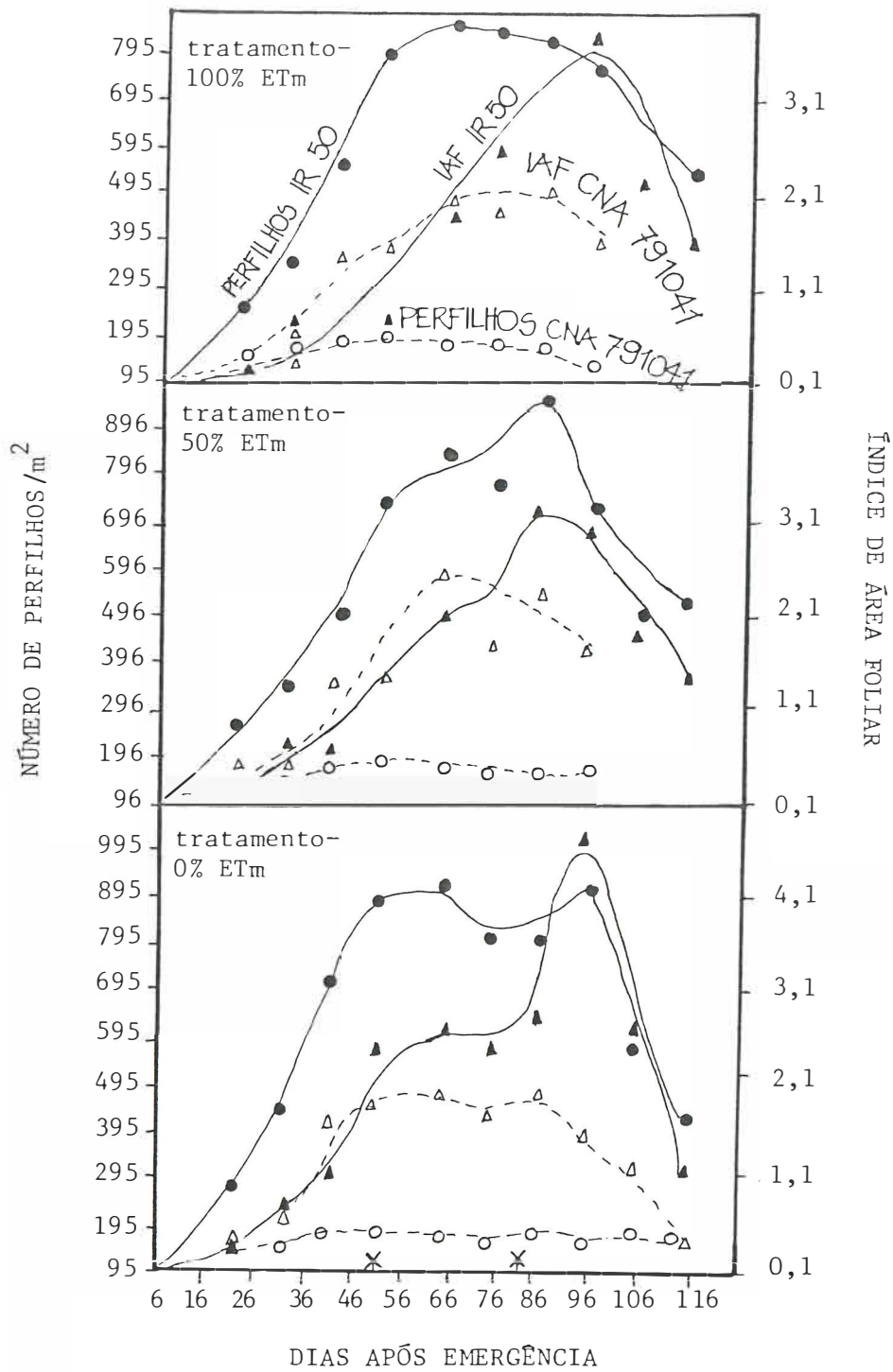


Figura 23 - Variação do índice de área foliar e número de perfilhos por m² para as cultivares CNA791041 e IR50 durante todo o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo (x).

a cultivar CNA791041 deveria ter atingido 130,00cm e a cultivar IR50 80,00cm. A figura 24, na qual verifica-se a variação da altura das plantas, para ambas as cultivares durante todo o ciclo da cultura, inclusive no período de estresse hídrico, mostra que a altura máxima alcançada pela cultivar CNA791041 foi 96,00cm, enquanto a cultivar IR50 atingiu 58,00cm, ambas no tratamento a 100% de ETm. A 50% de ETm alcançaram 94,00 e 46,00cm, respectivamente, enquanto a 0% de ETm, foi 87,00 e 51,00cm, respectivamente para a cultivar CNA791041 e IR50. As diferenças existentes entre tratamentos e entre as informações dos melhoristas do CNPAF podem ser atribuídos às características morfológicas das plantas, ao sistema de irrigação adotado conforme foi discutido anteriormente e a uma lixiviação excessiva de alguns nutrientes, particularmente nitrogênio e potássio. Ainda podem ter contribuído para isso os decréscimos ocorridos nas taxas de alongação das plantas, conforme CUTLER et alii (1980a) que ao trabalharem com plantas de arroz controladas (irrigadas diariamente) e plantas condicionadas (submetidas a estresse hídrico prévio) observaram que em ciclos de estresse desenvolvido rapidamente ou vagorosamente, a um mesmo potencial da água na folha ao amanhecer as plantas controladas cessaram a alongação primeiramente.

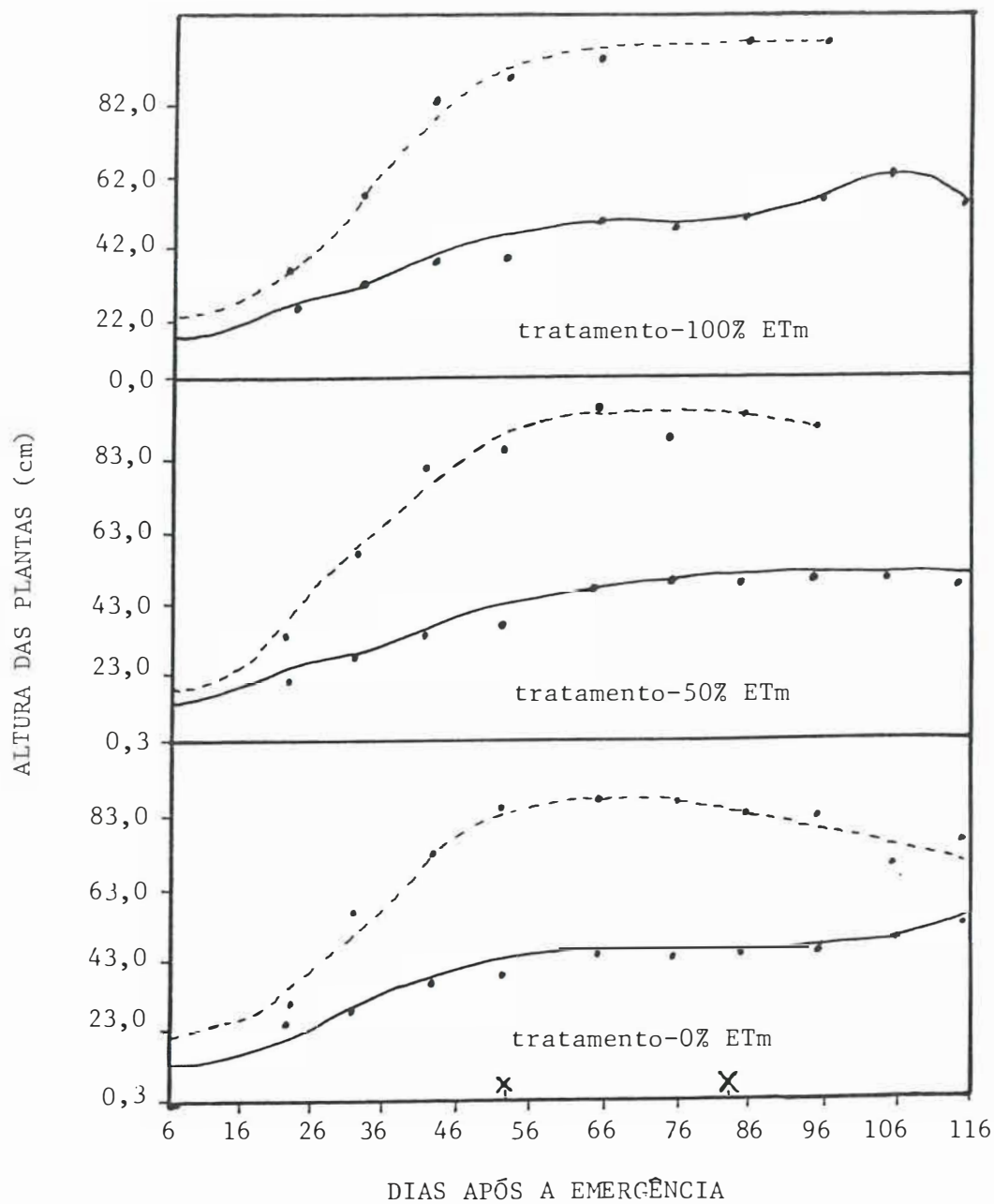


Figura 24 - Variação da altura das plantas das cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) durante o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo (x).

Outro parâmetro que mostra a influência dos níveis de irrigação utilizados é o peso seco médio total de cinco plantas. Na figura 25, tem-se a variação do peso seco durante o ciclo da cultura. Observa-se que o máximo peso seco para os tratamentos a 100, 50 e 0% de ET_m para a cultivar CNA791041 foram respectivamente, 28,30; 29,20 e 34,20 g, enquanto para a cultivar IR50 foi 39,30; 32,20 e 29,20 g. O comportamento diferenciado das cultivares pode estar correlacionado às características morfo-fisiológicas da planta, visto que a cultivar CNA791041 tem maior altura e folhas mais largas, apesar do reduzido número de perfilhos quando comparada à cultivar IR50 que tem folhas mais estreitas e menor porte, observações estas que estão de acordo com generalizações produzidas para outras cultivares semelhantes a estas por YOSHIDA (1972).

Em função do acúmulo de matéria seca total, foram estimadas a taxa de assimilação líquida (TAL) e a taxa de crescimento relativo (TCR). A figura 26 mostra a variação da taxa de assimilação líquida ($\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$) ou taxa de acúmulo de matéria seca por unidade de área foliar e tempo durante o ciclo de desenvolvimento da cultura. O comportamento das cultivares foi bem distinto, com a cultivar IR50 superando a cultivar CNA791041 em todos os tratamentos. A cultivar CNA791041 apresentou uma resposta sem oscilações

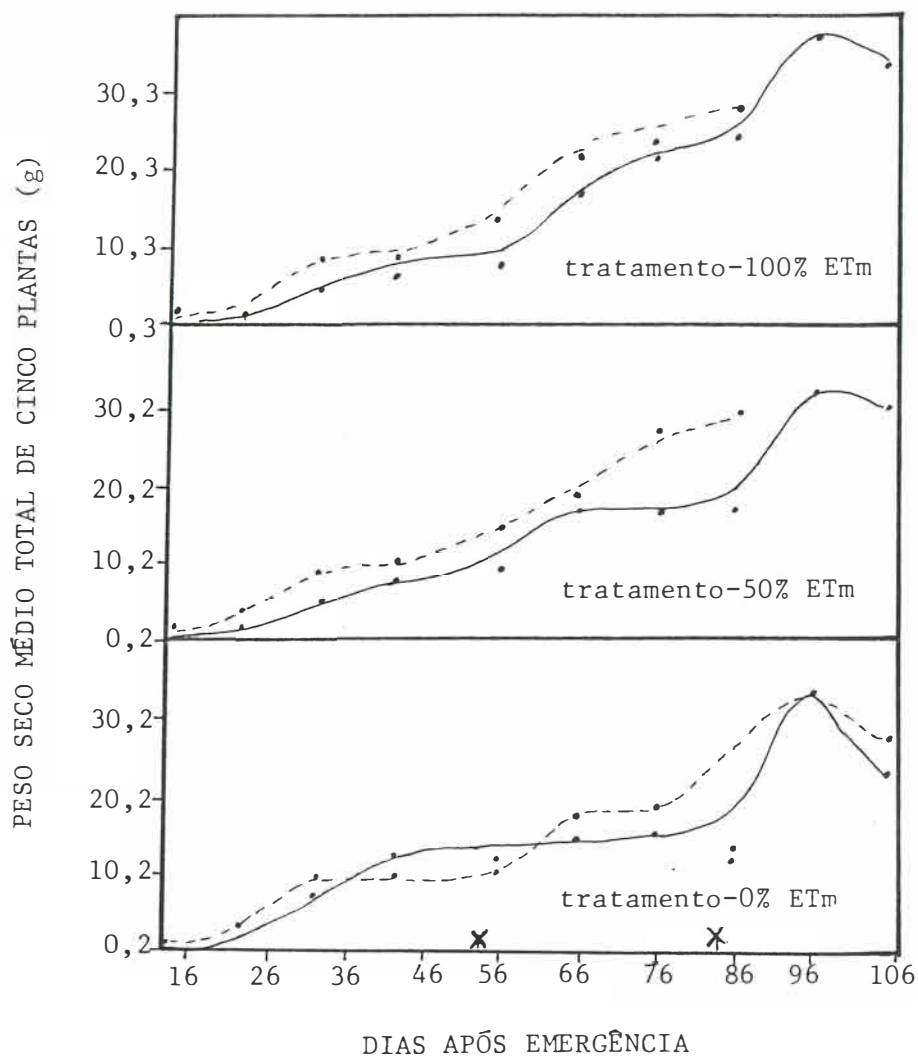


Figura 25 - Variação do acúmulo de matéria seca para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) durante o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo (x).

bruscas, ocorrendo aumentos gradativos coincidentes com os períodos de irrigação, e, portanto, acréscimo de água disponível no solo. Porém, a cultivar IR50 teve aumentos bruscos das taxas de assimilação líquida, os quais ocorreram nos períodos de recuperação hídrica. A cultivar CNA791041 atingiu os valores máximos 1,00; 1,20 e 1,00 $\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente para os níveis de 100, 50 e 0% de ETm. Para a cultivar IR50 esses valores atingiram 3,00; 3,60 e 3,60 $\text{g.dm}^{-2}.\text{dia}^{-1}$, respectivamente. Esses valores foram concordantes com aqueles obtidos por ENYI (1962) ao trabalhar com variedades de caracteres morfo-fisiológicos semelhantes a estas em casa de vegetação, empregando um espaçamento maior entre linhas em relação aquele utilizado neste experimento o que provavelmente diminuiu a competição entre plantas.

Quanto ao fato do tratamento a 0% de ETm ter alcançado valores altos em relação aos demais tratamentos fora do período de estresse hídrico atribui-se ao prolongamento do ciclo da cultura após irrigação. Além disso, na cultivar IR50 a fase fenológica atingida não era tão sensível a estresse hídrico, conforme foi discutido anteriormente.

Os valores tão altos de taxa de assimilação líquida no tratamento a 50% de ETm comparativamente ao tratamento 100% de ETm fora do período de estresse hídrico podem ser explicados em função das variações sofridas pelo

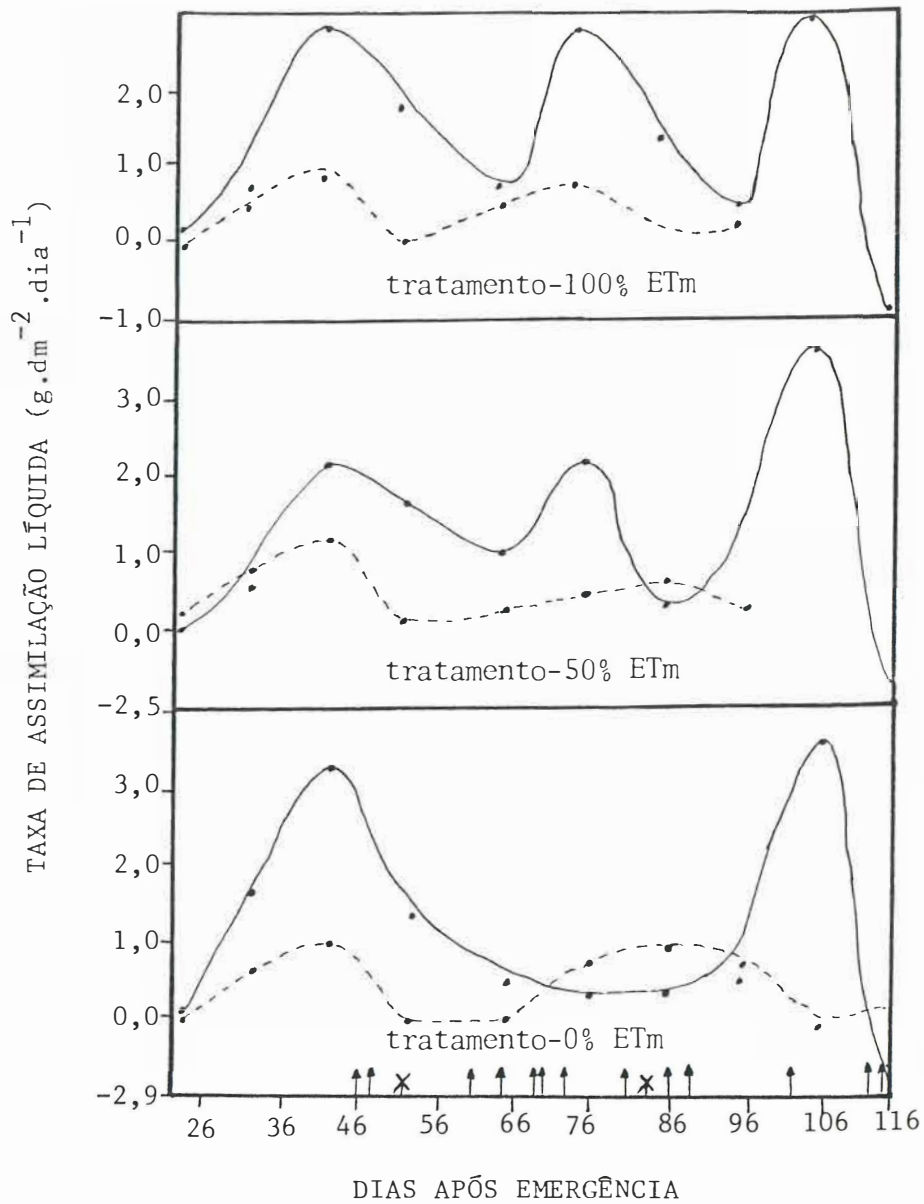


Figura 26 - Variação da taxa de assimilação líquida para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) durante o ciclo da cultura, inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo (x), de acordo com a irrigação (↓).

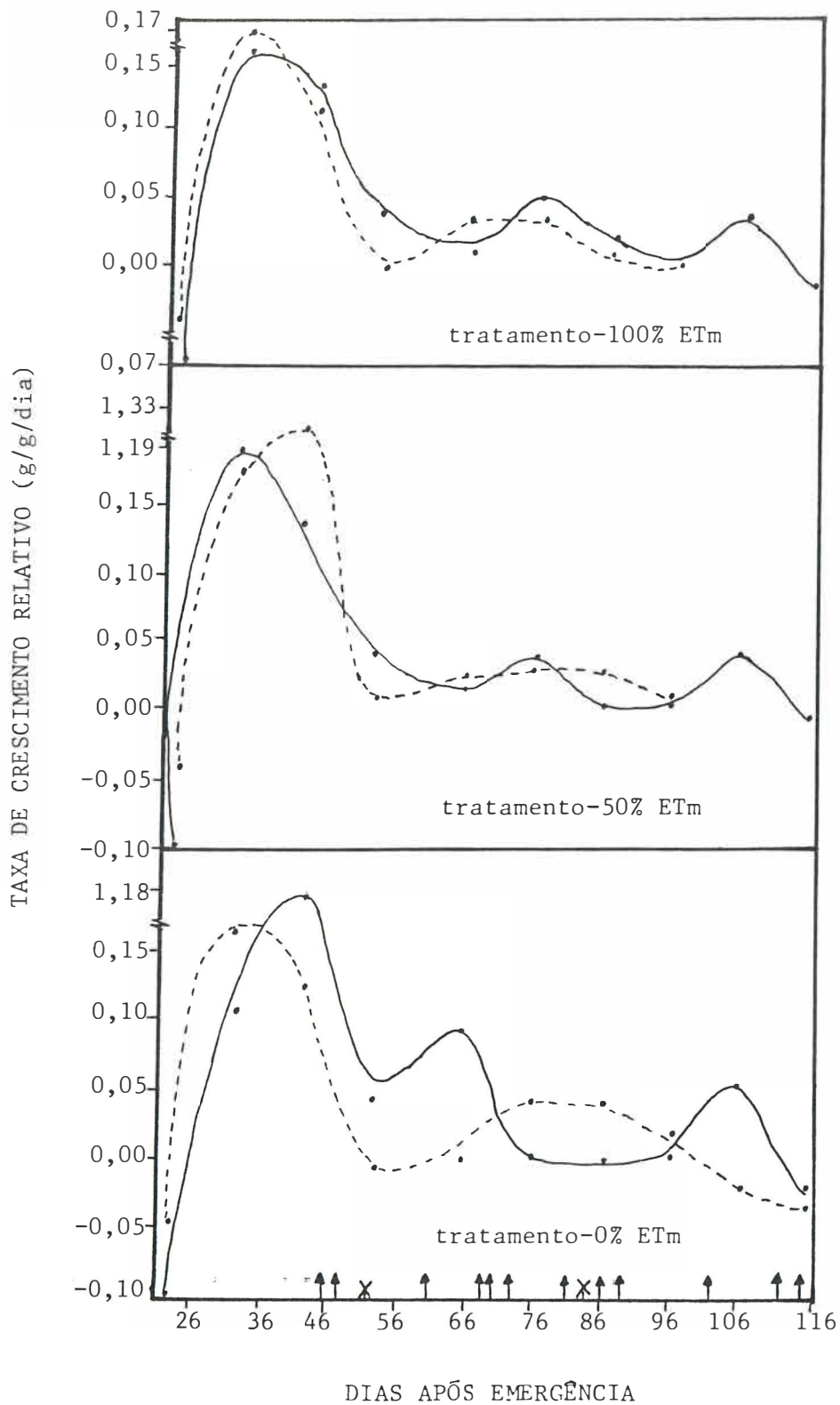


Figura 27 - Variação da taxa de crescimento relativo para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—), durante o ciclo da cultura inclusive no período em que foi submetida aos tratamentos de água no solo (x), de acordo com a irrigação (+).

IAF, peso seco médio total, sistema de irrigação adotado sem correções dos valores de evaporação do tanque classe A, de acordo com a metodologia apresentada anteriormente e, conseqüentemente, a velocidade com que o estresse hídrico foi desenvolvido,

Os valores menores da taxa de crescimento relativo no período de estresse hídrico, conforme mostra a figura 27, demonstram a sensibilidade de ambas as cultivares a períodos de estresse hídrico. Os valores máximos atingidos pelos tratamentos 100, 50 e 0% de ET_m para a cultivar CNA791041 foram 0,17; 1,33 e 0,18 g/g/dia e para a cultivar IR50 foram 0,16; 0,19 e 1,18 g/g/dia, respectivamente. Isto mostra-nos que a taxa de elaboração de matéria seca foi semelhante entre as cultivares ao longo do ciclo, apesar de apresentar valores máximos bem diferentes entre os tratamentos.

4.4. Análise da Produção Final de seus Componentes, Peso Seco de Palhas e Comprimento de Panículas

Comparativamente às produções alcançadas por cultivares semelhantes no mesmo local do experimento, a produtividade (t/ha) das plantas bem hidratadas foi baixa. A produtividade no tratamento testemunha (100% de ET_m) foi aproximadamente 2,18 e 2,15 t/ha para a cultivar CNA 791041 e IR50, de acordo com o que mostram a tabela 6 e a figura

28.

De acordo com a análise de variância e o teste de Tukey utilizado não houve diferença significativa na produção entre cultivares dentro dos tratamentos 100, 75 e 50% de ETm e entre os tratamentos déficit hídrico sob condições naturais, 25 e 0% de ETm. Somente ocorreu diferença significativa na produção para as cultivares entre o tratamento 0% de ETm e os três primeiros tratamentos (100, 75 e 50% de ETm) ao nível de 5% de probabilidade (ver apêndice).

Para a cultivar CNA791041 não houve diferença significativa ao nível de 5% de probabilidade entre os tratamentos 100, 75 e 50% de ETm e déficit hídrico sob condições naturais, o mesmo ocorrendo entre os tratamentos 50% de ETm, déficit hídrico sob condições naturais e 25% de ETm e entre os tratamentos 25 e 0% de ETm.

Para a cultivar IR50 o teste de Tukey ao nível de 5% de probabilidade mostrou que os tratamentos 100, 75, 50 e 0% de ETm não diferenciam entre si quanto aos valores de produção obtida, bem como os tratamentos 50 e 0% de ETm e déficit hídrico sob condições naturais e 25% de ETm.

A informação de que o tratamento testemunha (100% de ETm) e aquele com base em 75% de ETm não apresentaram diferença significativa na produtividade era esperada,

pois pressupõe-se que para se obter uma produção máxima não é necessário, obrigatoriamente, que deva ser aplicada uma quantidade máxima de água no solo, contribuindo para isso a sistemática de irrigação a qual justifica também a produção do tratamento a 50% de ET_m para ambas as cultivares.

Quanto ao tratamento com déficit hídrico sob condições naturais para as cultivares, esperava-se um valor maior de produtividade, uma vez que quando este tratamento foi empregado, a precipitação pluviométrica foi frequente e intensa (340,30mm num período aproximado de 50 dias), de maneira que no tratamento irrigado e neste tratamento o nível de água no solo foi aproximadamente o mesmo. Além da própria sistemática do tratamento, a qual foi de receber déficit hídrico natural até o período de 15 dias antes do início do florescimento, para a cultivar CNA791041, e, até o período de 33 a 48 dias antes do início do florescimento, para a cultivar IR50, sendo que nesse período de trinta dias de estresse hídrico esses mesmos tratamentos receberam água baseado em 100% de ET_m, voltando no período posterior, ou seja, após o término do estresse hídrico a receber déficit hídrico sob condições naturais, não sofrendo, efetivamente, estresse hídrico.

Para a cultivar IR50 ainda justifica-se a produção semelhante entre os tratamentos 50 e 0% de ET_m em de-

TABELA 6 - Produtividade (t/ha) nos diferentes tratamentos de irrigação com base em valores de evapotranspiração máxima, para as cultivares CNA791041 e IR50 durante o ciclo todo.

CULTIVARES	TRATAMENTOS % ETm	Produtividade (t/ha)			
		REPETIÇÃO 1	REPETIÇÃO 2	REPETIÇÃO 3	MÉDIA
CNA791041	100%	1,830	2,196	2,512	2,179
	75%	2,241	1,834	2,179	2,084
	50%	1,054	1,962	2,288	1,768
	25%	0,365	0,761	1,901	1,009
	0%	0,043	0,028	0,172	0,081
	DHN*	1,368	1,881	1,708	1,652
IR50	100%	1,606	2,246	2,596	2,149
	75%	1,680	2,247	2,484	2,137
	50%	0,462	1,036	2,278	1,259
	25%	0,149	0,944	0,908	0,667
	0%	0,343	2,178	1,215	1,246
	DHN*	0,125	0,847	1,749	0,907

*DHN = Déficit Hídrico sob Condições Naturais.

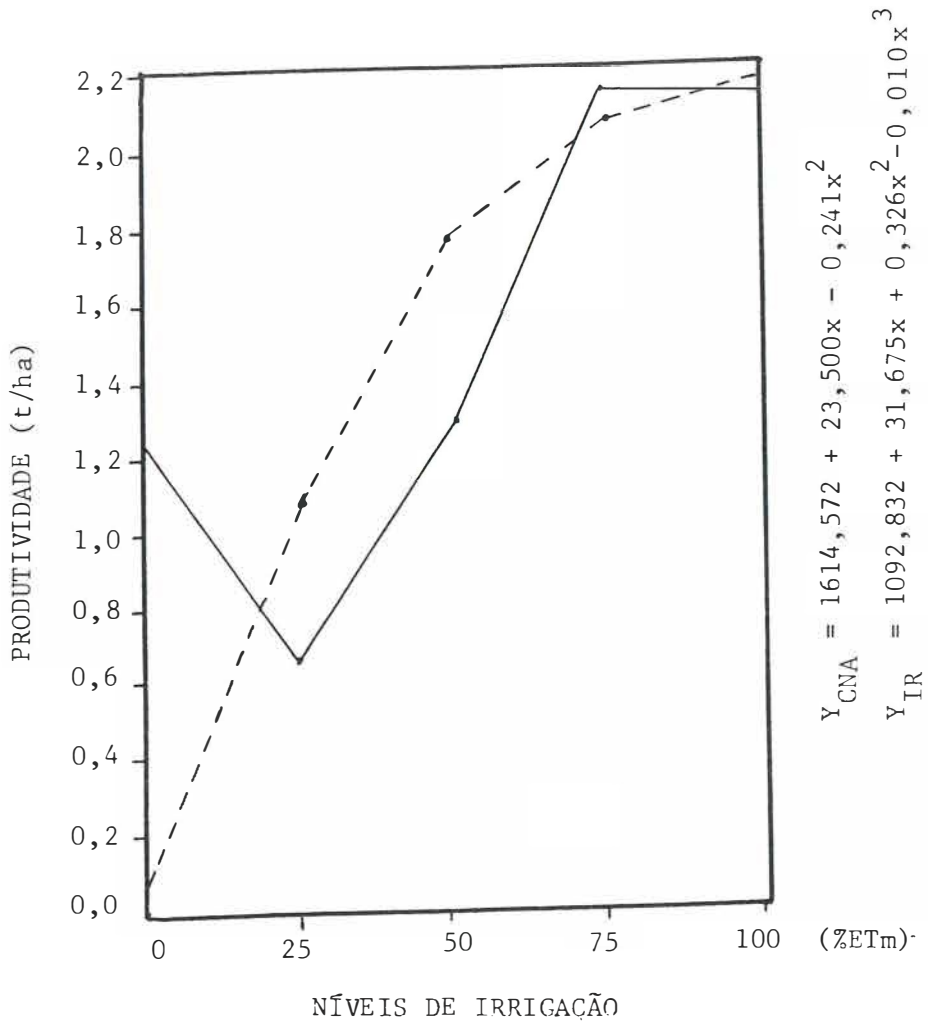


Figura 28 - Produtividade (t/ha) em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% ETm para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—) durante o ciclo da cultura.

corrência da extensão do ciclo que sofreu o tratamento a 0% de ETm, propiciando um atraso do seu período mais sensível ao déficit hídrico. Isto mostra que o período em que a planta sofreu o déficit hídrico foi de grande importância para a produção, fato esse que concorda com o discutido por STONE et alli (s.d.).

Comparando as cultivares, notamos pelos resultados obtidos que estes foram coerentes com BEGG e TURNER (1976), os quais afirmaram que o estresse hídrico para as culturas de hábito determinado é mais prejudicial no início da floração, durante o florescimento e, em menor extensão, durante o desenvolvimento da panícula e grãos, fato esse corroborado por MURTY e RAMAKRISNAIHA (1982).

Para avaliar a produção e qual o parâmetro morfo-fisiológico que melhor reproduziu o efeito do estresse hídrico sobre a planta foram analisados os componentes da produção representados por: porcentagem média de grãos vazios (PGV), peso médio de 100 grãos (P 100S), número médio de grãos por panícula (GPP) e número médio de panículas por m² (PAN) e também o peso seco médio de palhas (PSP) e o comprimento médio de panículas.

A análise estatística apresentada na Tabela 7 é aquela que foi empregada para verificar quais os parâmetros relacionados acima que mais se correlacionaram com a

TABELA 7 - Análise estatística entre produção e componentes da produção, comprimento médio de panículas e peso seco médio de palhas para as cultivares CNA791041 e IR50.

CULTIVARES	VARIÁVEIS	Nº DE DADOS	MÉDIA	DESVIO PADRÃO	SOMA	SOMA DE QUADRADOS MÍNIMOS	SOMA DE QUADRADOS MÁXIMOS
CNA791041	Prod.	18	1.462,789	840,2269	26.330,21	28,470	2.512,770
	P100.S	18	2,608	0,4575	46,94	1,480	3,160
	CP	18	19,639	1,9808	353,50	15,100	22,100
	PAN	18	73,111	12,7182	1.316,00	48,000	90,000
	CPP	18	78,389	14,6039	1.420,00	43,100	100,000
	PGV	18	27,761	27,3664	499,70	8,100	97,600
	PSP	18	237,662	37,0562	4.277,92	134,900	283,630
IR50	Prod.	18	1.382,586	816,7496	24.886,55	125,920	2.596,140
	P100.S	18	1,489	0,2021	26,81	1,040	1,810
	CP	18	15,711	1,1114	282,80	13,300	17,700
	PAN	18	214,167	35,9203	3.855,00	149,000	317,000
	GPP	18	71,111	10,8676	1.280,00	55,100	94,000
	PGV	18	41,500	25,0431	747,00	10,500	83,800
	PSP	18	276,864	35,7877	4.983,55	206,140	331,070

COEFICIENTES DE CORRELAÇÃO:

CNA791041		Prod.	P100.S	CP	PAN	GPP	PGV	PSP
	Prod.	1,00	0,895	0,791	0,270	0,673	-0,891	0,597
IR50		Prod.	P100.S	CP	PAN	GPP	PGV	PSP
	Prod.	1,00	0,870	0,658	0,437	0,022	-0,920	0,488

Prod. = Produção

P100.S = Peso médio de 100 grãos

CP = Comprimento médio de panículas

PAN = Número médio de panículas por m²

GPP = Número médio de grãos por panícula

PGV = Porcentagem média de grãos vazios

PSP = Peso seco médio de palhas

TABELA 8 - Análise de variância de produção em função dos tratamentos e cultivares

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F	R ²	C.V.
Modelo	13	19.723.870,488	1.517.220,806	9,08	0,0001	0,842	28,73
Resíduo	22	3.676.061,660	167.093,711				
Total	35	23.399.932,660					

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	TIPO I	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F
REP	2	4.756.036,178	14,23	0,0001
CULT	1	57.893,172	0,35	0,5621
LCC	1	8.340.567,768	49,92	0,0001
QCC	1	952.867,306	5,70	0,0260
CCC	1	809,640	0,00	0,945
Q4C	1	10.431,180	0,06	0,805
CTC	1	129.842,226	0,78	0,387
LCI	1	3.075.130,397	18,40	0,0003*
QCI	1	501.374,473	3,00	0,097
CCI	1	1.086.624,427	6,50	0,0182
Q4I	1	0,0159	0,00	0,999
CTI	1	812.293,70	4,86	0,0382

produção. Através desses valores notamos que, para a cultivar IR50, a porcentagem média de grãos vazios foi o parâmetro que mais se correlacionou com a produção e para a cultivar CNA791041 foi a porcentagem média de grãos vazios e o peso médio de 100 grãos.

Quanto à interação entre tratamentos, cultivares e repetições, pode-se verificar, através da Tabela 8, por meio da análise de variância da produção em função dos respectivos parâmetros, que as repetições e os tratamentos foram significativos ao nível de 1% de probabilidade dentro do teste F, apesar do alto coeficiente de variação (28.73). Observamos que o MODELO, a que é feita referência na análise estatística engloba os efeitos das repetições (REP), cultivares (CULT), tratamentos (PETm) e cultivares versus tratamentos (CUL X ETm), Ainda, a nível de significância não foi pré-estabelecido no momento da elaboração da análise, sendo a referência utilizada 1% de probabilidade.

Para verificar os efeitos lineares, quadráticos, cúbicos e de quarto grau dos tratamentos de água no solo sobre a produção das cultivares, e também os efeitos do tratamento déficit hídrico natural foram elaborados os contrastes relacionados a seguir, considerando os efeitos fixos (TIPO I) de todos os parâmetros analisados:

$$LC = -2(0\% \text{ ETm}) - 1(25\% \text{ ETm}) + 1(75\% \text{ ETm}) + 2(100\% \text{ ETm})$$

$$QC = 2(0\% \text{ ETm}) - 1(25\% \text{ ETm}) - 2(50\% \text{ ETm}) - 1(75\% \text{ ETm}) + 2(100\% \text{ ETm})$$

$$CC = -1(0\% \text{ ETm}) + 2(25\% \text{ ETm}) - 2(75\% \text{ ETm}) + 1(100\% \text{ ETm})$$

$$Q4 = +1(0\% \text{ ETm}) - 4(25\% \text{ ETm}) + 6(50\% \text{ ETm}) - 4(75\% \text{ ETm}) + 1(100\% \text{ ETm})$$

$$CT = -1(0\% \text{ ETm}) - 1(25\% \text{ ETm}) - 1(50\% \text{ ETm}) - 1(75\% \text{ ETm}) - 1(100\% \text{ ETm}) + 5(\text{DHN})$$

Deve-se observar que a terceira letra desses contrastes corresponde à cultivar utilizada, sendo:

C - CNA791041

I - IR50

A variação apresentada pelos componentes da produção, peso seco médio de palhas e comprimento médio de panículas em função dos tratamentos e cultivares são apresentadas nas figuras 29; 30; 31; 32; 33 e 34, seguidas das respectivas análises de variância apresentadas nas Tabelas 9; 10; 11; 12; 13 e 14.

TABELA 9 - Análise de variância da porcentagem média de grãos vazios em função dos tratamentos e cultivares

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F	R ²	C.V.
Modelo	13	22.799,790	1.753,830	16,83	0,0001	0,908	29,47
Resíduos	22	2.292,386	104,199				
Total	35	25.092,176					

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	TIPO I	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F
REP	2	1.785,173	8,57	0,0018
CULT	1	1.698,813	16,30	0,0006
LCC	1	8.029,488	17,06	0,0001
QCC	1	2.425,920	23,28	0,0001
CCC	1	380,920	3,66	0,0690
Q4C	1	26,714	0,26	0,6177
CTC	1	1.039,720	9,98	0,0046
LCI	1	5.211,372	50,01	0,0001
QCI	1	4,023	0,04	0,8460
CCI	1	713,456	6,85	0,0157
Q4I	1	211,803	2,03	0,1680
CTI	1	1.272,384	12,21	0,0021*

TABELA 10 - Análise de variância do peso médio de 100 grãos em função dos tratamentos e cultivares

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F	R ²	C.V.
Modelo	13	14,865	1,143	39,15	0,0001	0,958	8,34
Resíduos	22	0,642	0,0292				
Total	35	15,507					

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	TIPO I	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F
REP	2	0,590	10,10	0,0008
CULT	1	11,256	385,40	0,0001
LCC	1	1,960	67,14	0,0001
QCC	1	0,636	21,79	0,0001
CCC	1	0,076	2,60	0,1210
Q4C	1	0,001	0,05	0,8325
CTC	1	0,094	3,24	0,0854
LCI	1	0,120	4,12	0,0546
QCI	1	0,0288	0,99	0,3314
CCI	1	0,0163	0,56	0,4625
Q4I	1	0,00019	0,01	0,9364
CTI	1	0,0840	2,88	0,1040

TABELA 11 - Análise de variância do número médio de panículas em função dos tratamentos e cultivares

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F	R ²	C.V.
Modelo	13	193.735,027	1.492,694	32,72	0,0001	0,950	14,85
Resíduos	22	10.019,277	455,421				
Total	35	203.754,305					

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	TIPO I	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F
REP	2	8.177,388	8,98	0,0014
CULT	1	179.070,027	393,20	0,0001
LCC	1	19,200	0,04	0,839
QCC	1	11,523	0,03	0,875
CCC	1	2,133	0,00	0,946
Q4C	1	80,476	0,18	0,678
CTC	1	71,111	0,16	0,696
LCI	1	2.448,033	5,38	0,030
QCI	1	2.100,214	4,61	0,043
CCI	1	229,633	0,50	0,485
Q4I	1	12,385	0,03	0,870
CTI	1	1.512,900	3,32	0,082

TABELA 12 - Análise de variância do comprimento médio de panículas em função dos tratamentos e cultivares

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F	R ²	C.V.
Modelo	13	206,167	15,859	17,12	0,0001	0,910	5,44
Resíduos	22	20,380	0,926				
Total	35	226,547					

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	TIPO I	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F
REP	2	18,740	10,11	0,0008
CULT	1	138,846	149,88	0,0001
LCC	1	25,576	27,61	0,0001
QCC	1	3,962	4,28	0,0506
CCC	1	3,605	3,89	0,0612
Q4C	1	0,032	0,03	0,853
C1C	1	1,906	2,06	0,165
LCI	1	4,961	5,36	0,030
QCI	1	0,214	0,23	0,635
CCI	1	7,400	7,99	0,009
Q4I	1	0,744	0,80	0,379
C1I	1	0,177	0,19	0,665

TABELA 13 - Análise de variância do número médio de grãos por panícula em função dos tratamentos e cultivares

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS.	QUADRADO MÉDIO	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F	R ²	C.V.
Modelo	13	5.076,865	390,528	7,80	0,0001	0,821	9,43
Resíduos	22	1.100,995	50,045				
Total	35	6.177,860					

FONTE DE VARIACÃO	G.L.	TIPO I	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F
REP	2	1.071,631	10,71	0,0006
CULT	1	544,444	10,88	0,0033
LCC	1	1.078,800	21,56	0,0001
QCC	1	750,125	14,19	0,0011
CCC	1	0,616	0,01	0,912
CTC	1	292,320	5,84	0,024
LCI	1	6,912	0,14	0,713
QCI	1	2,880	0,06	0,812
CCI	1	619,256	12,37	0,002
Q4I	1	25,306	0,51	0,484
CTI	1	549,575	10,98	0,032

TABELA 14 - Análise de variância do peso médio seco de palhas em função dos tratamentos e cultivares

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	SOMA DOS QUADRADOS	QUADRADO MÉDIO	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F	R ²	C.V.
Modelo	13	37.157,959	2.858,304	2,89	0,013	0,630	12,23
Resíduos	22	21.789,680	990,440				
Total	35	58.974,639					

FONTE DE VARIAÇÃO	G.L.	TIPO I	F	GRAU DE SIGNIFICÂNCIA DE F
REP	2	8.352,974	4,22	0,0282
CULT	1	13.830,936	13,96	0,0012
LCC	1	5.641,939	5,70	0,0260
QCC	1	1.519,328	1,53	0,228
CCC	1	907,280	0,92	0,348
Q4C	1	3,106	0,00	0,955
CTC	1	997,068	1,01	0,326
LCI	1	3.224,862	3,26	0,084
QCI	1	938,905	0,95	0,340
CCI	1	10,152	0,02	0,890
Q4I	1	1.655,203	1,67	0,209
CTI	1	67,201	0,07	0,796

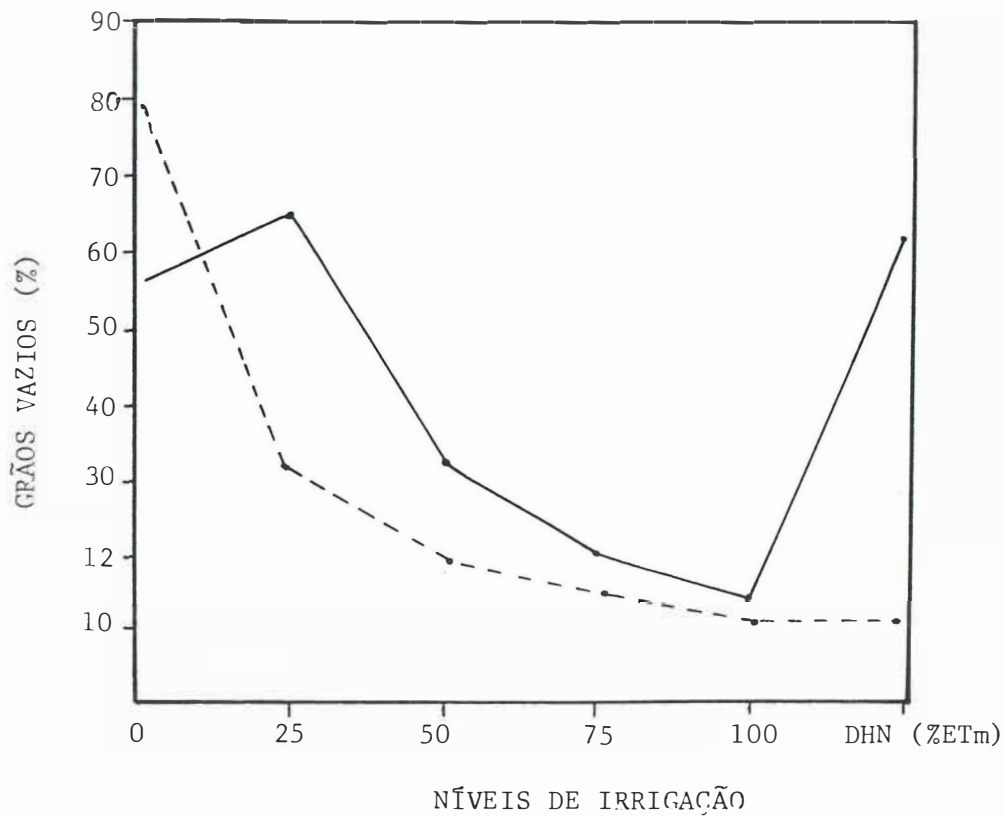


Figura 29 - Porcentagem média de grãos vazios em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75, 100% ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—).

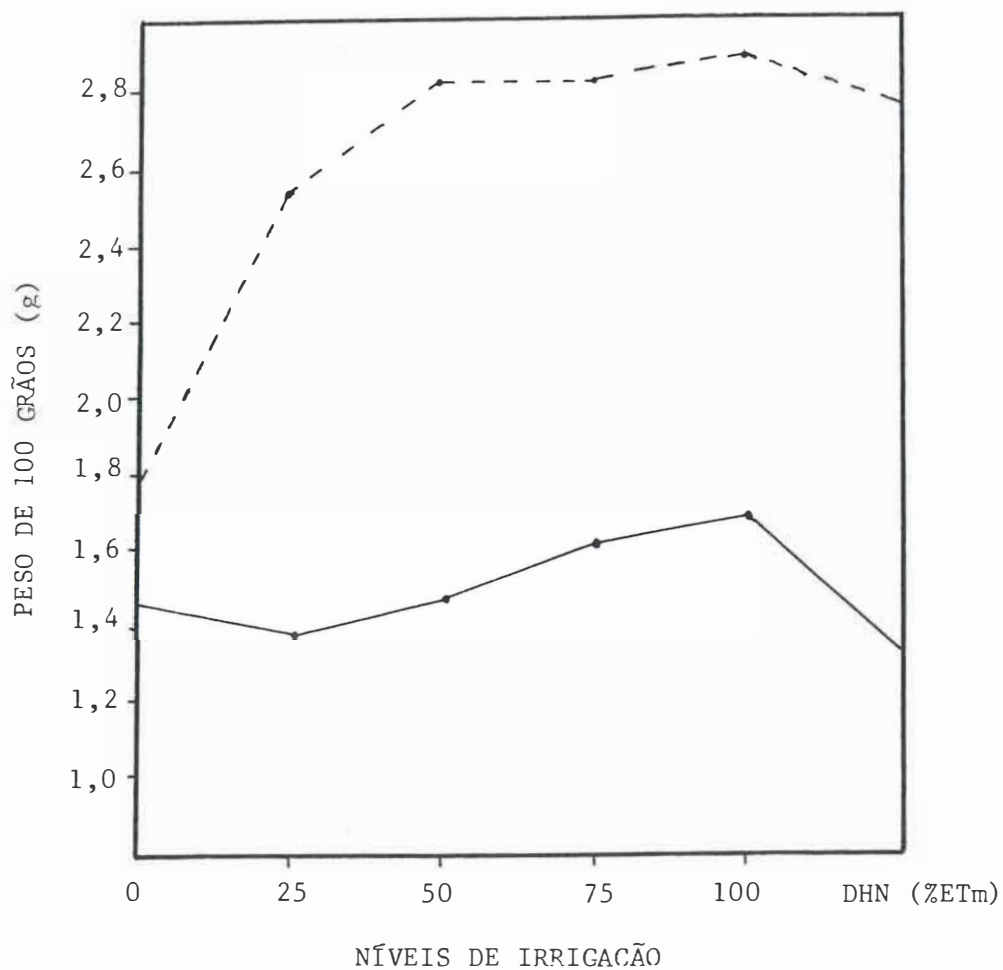


Figura 30 - Peso médio de 100 grãos (g) em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—).

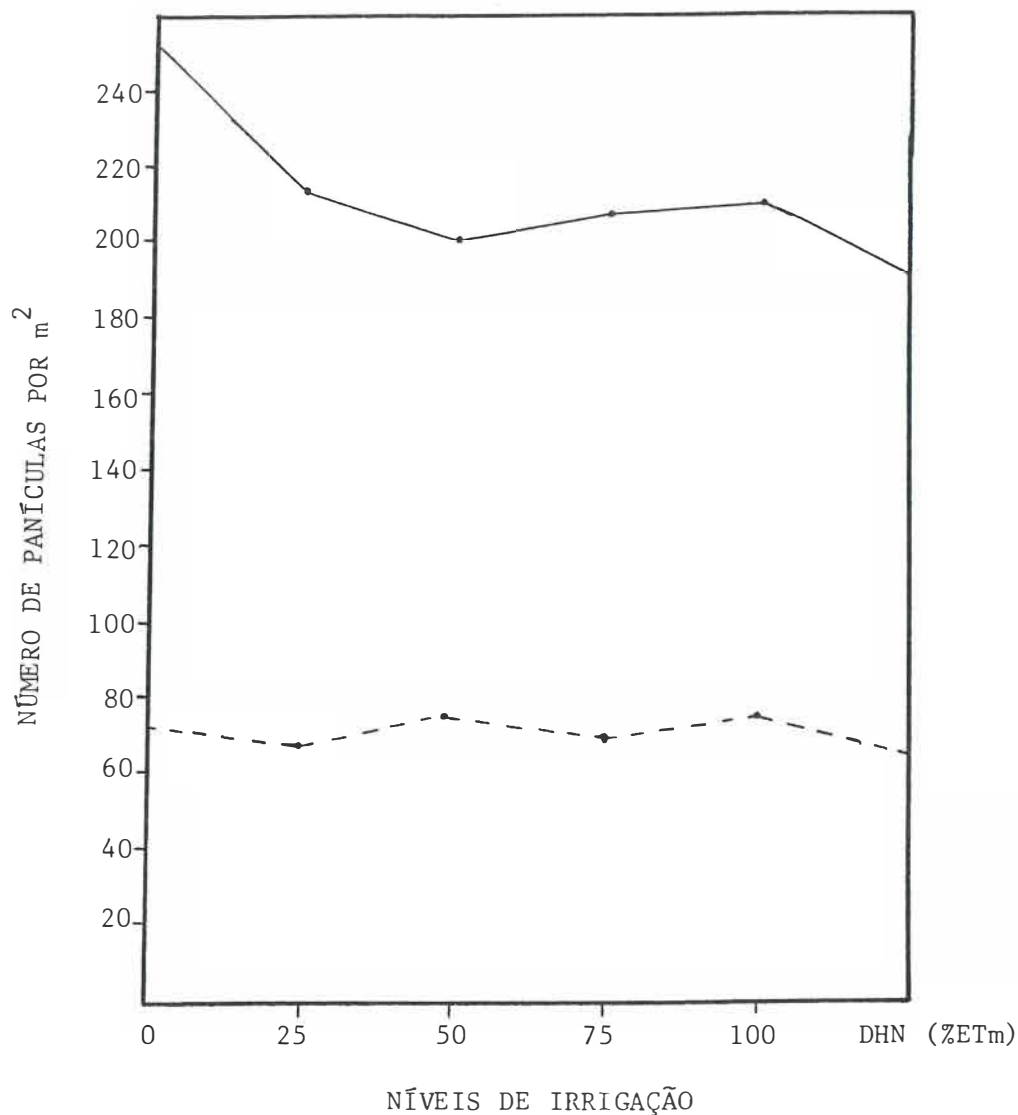


Figura 31 - Número médio de panículas por m^2 em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—).

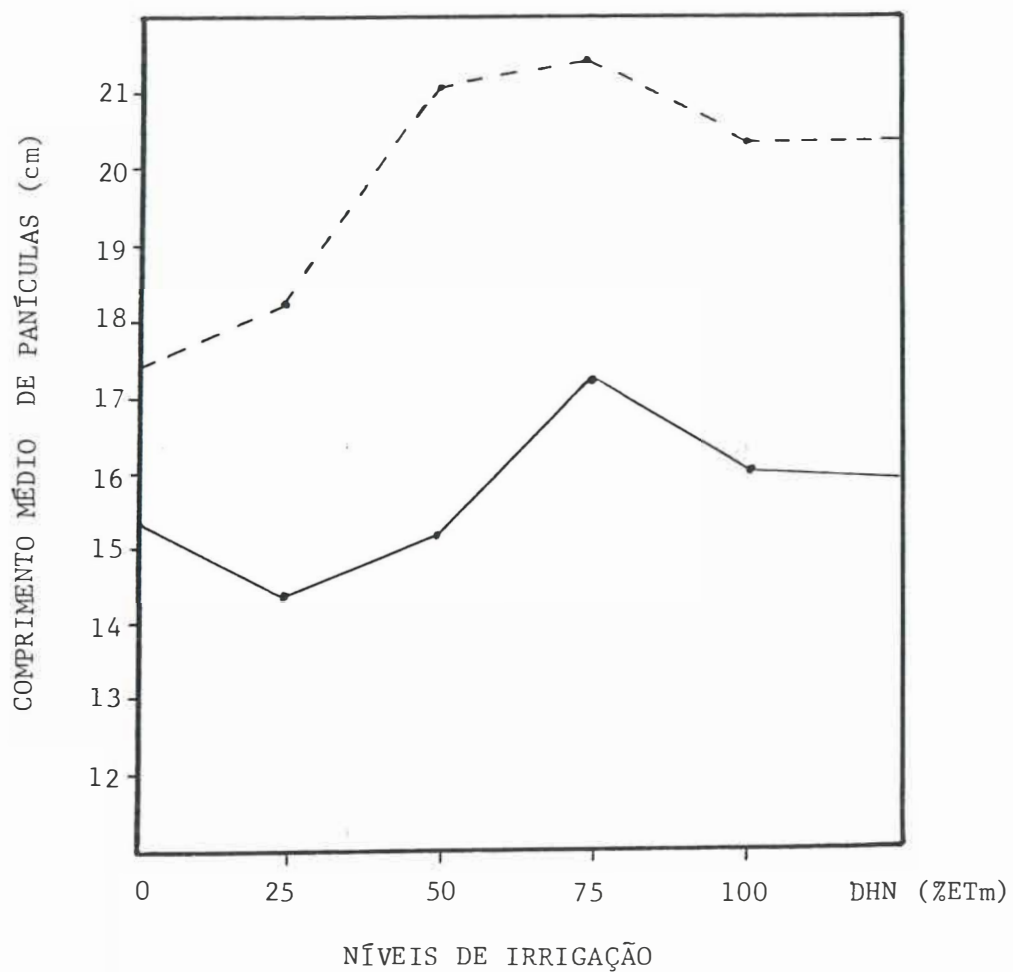


Figura 32 - Comprimento médio de panículas (cm) em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0 , 25, 50, 75 e 100% ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—).

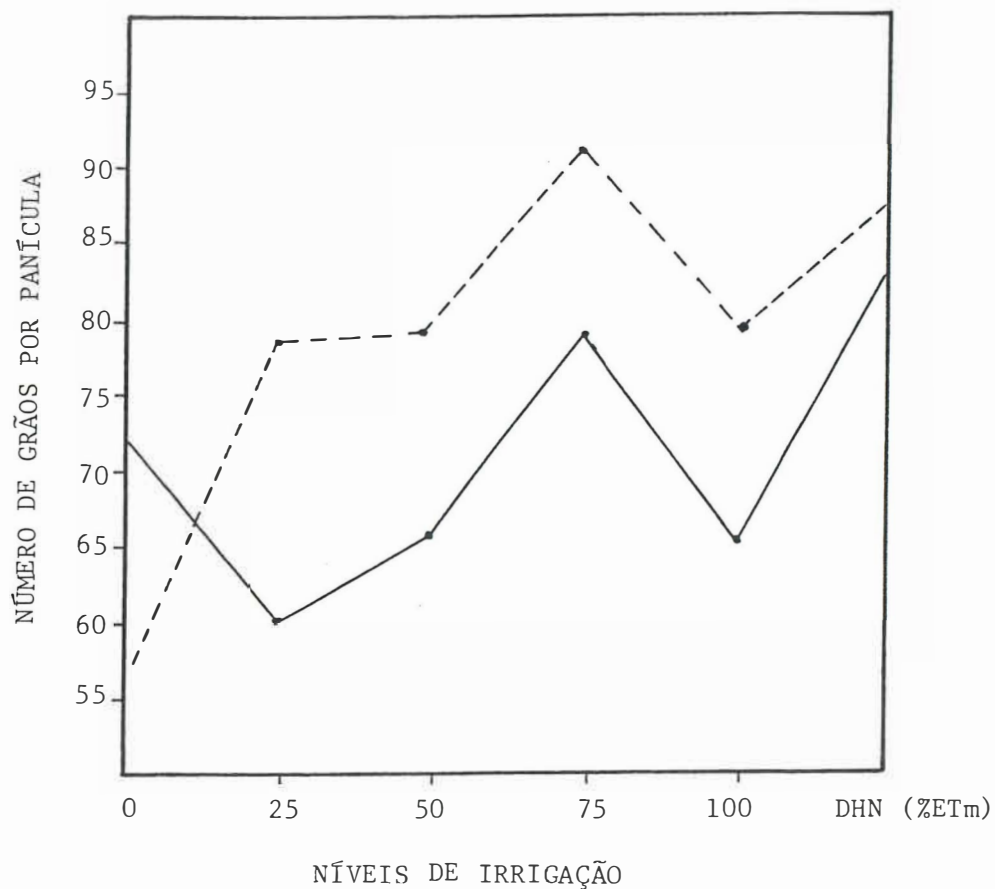


Figura 33 - Número médio de grãos por panícula em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—).

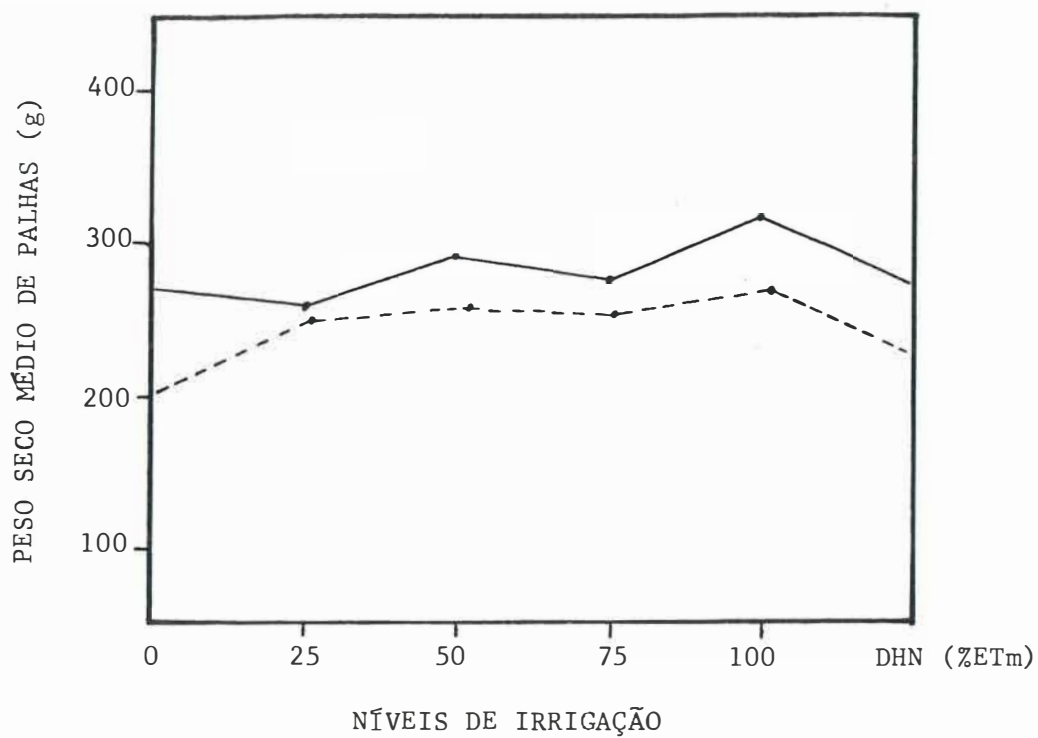


Figura 34 - Peso seco médio de palhas (g) em função dos níveis de irrigação (% de evapotranspiração máxima - ETm) a 0, 25, 50, 75 e 100% ETm e DHN (déficit hídrico natural) para as cultivares CNA791041 (---) e IR50 (—).

As equações de regressão múltipla que explicam a influência dos parâmetros citados anteriormente na produção são:

$$Y_{\text{CNA}} = -2826,038 + 1644,629x$$

$$Y_{\text{IR}} = -3036,811 + 166,650x + 888,857x^2 - 5,724x^3 - 18,043x^4$$

Para a cultivar CNA791041 apenas o peso médio de 100 grãos (P 100S) explicou a produção, sendo x igual a P 100S. Isso significa ainda que, as variáveis peso médio de 100 grãos e porcentagem média de grãos vazios são altamente correlacionadas, porque, embora os coeficientes de correlação fossem semelhantes, quando comparados seus efeitos na produção, a equação de regressão mostrou apenas o parâmetro P 100S.

No caso da cultivar IR50 os parâmetros comprimento médio de panículas (x), peso médio de 100 grãos (x^2), número médio de panículas por unidade de área de solo (x^3) e porcentagem média de grãos vazios (x^4) que mais influenciaram a produção.

Analisando as tabelas apresentadas e as equações de regressão descritas, podemos dizer ainda que a produção de ambas as cultivares sofreu os efeitos das repetições e tratamentos apresentados. A produção da cultivar

CNA791041 sofreu ainda um efeito linear do peso médio de 100 grãos, considerando-se o nível de 1% de probabilidade. E a produção da cultivar IR50 apresentou um efeito de quarto grau dos parâmetros referidos anteriormente, considerando-se o mesmo grau de significância. Nesse caso o efeito linear foi representado pelo comprimento médio de panículas, o efeito quadrático pelo peso médio de 100 grãos, o efeito cúbico pelo número médio de panículas por unidade de área de solo e o efeito de quarto grau pela porcentagem média de grãos vazios.

Ambas as cultivares apresentaram um comportamento concordante com os níveis de irrigação para todos os componentes da produção, comprimento médio de panículas e peso seco médio de palhas, isto é, esses valores tenderam a aumentar com o acréscimo dos níveis de água de solo representados pela maior porcentagem de irrigação, aparecendo exceções em alguns desses parâmetros nos tratamentos 0% de ETm e déficit hídrico sob condições naturais. Exceções essas presentes para o número médio de panículas por metro quadrado, porcentagem média de grãos vazios e comprimento médio de panículas para a cultivar IR50, enquanto para a cultivar CNA791041 essas exceções são válidas apenas para os dois últimos parâmetros.

O comportamento do parâmetro número médio de panículas, para ISHIZUKA (1972) é determinado próximo da época de máximo perfilhamento, ou seja, aproximadamente, trinta e cinco dias antes do florescimento, o que significa que esse parâmetro é determinado por influência maior das características da própria planta. O comportamento dos parâmetros podem ser explicados pelo fato de ter ocorrido uma alteração no ciclo das cultivares, uma vez que a cultivar IR50 só tinha sido observada em condições de cultivo irrigado por inundação.

O tratamento a 50% de ET_m em alguns casos, quando não foi idêntico, alcançou uma pequena diferença dos tratamentos 75 e 100% de ET_m como foi o caso para o peso médio de 100 grãos para a cultivar IR50 e a porcentagem média de grãos vazios e o peso seco médio de palhas para ambas as cultivares. Atribui-se a isto à sistemática de irrigação utilizada que provocou grandes variações de volume de água adicionada, conforme discussões anteriores, além das características morfo-fisiológicas desses vegetais.

A ligeira superioridade de alguns parâmetros da produção como o peso médio de 100 grãos, comprimento médio de panículas e número médio de grãos por panículas apresentada pela cultivar CNA791041 em relação à cultivar IR50 como foi descrito nas figuras 30, 32 e 33 pode ser atribuí-

das características morfológica da planta, a um sistema radicular mais profundo, possibilitando uma maior eficiência de utilização da água, embora deva se considerar o fato de que o período de secamento do solo ocorreu em estádios diferentes para as duas cultivares, provocando provavelmente uma diferença no consumo de água e que o número médio de panículas por metro quadrado de solo foi menor para a cultivar CNA791041 (vide figura 31).

5. CONCLUSÕES

Em função dos resultados apresentados e discutidos e considerando-se os objetivos propostos, pode-se concluir que:

a) Não ocorreu diferença significativa de produção entre cultivares dentro dos tratamentos 100, 75 e 50% de ETm. Dessa maneira, a produção foi diferente significativamente entre cultivares apenas entre o tratamento 0% de ETm e os três primeiros tratamentos, ou seja, 100, 75 e 50% de ETm.

Os componentes da produção mostraram que os parâmetros que provocaram efeitos mais significativos na produção foram o peso médio de 100 grãos para a cultivar CNA791041 e a porcentagem média de grãos vazios para a cul-

tivar IR50, verificados através dos coeficientes de correlação e análise de regressão propostos entre a produção e os componentes da produção, peso seco médio de palhas e comprimento médio de panículas.

Assim, para que se obtenha uma produtividade alta não é necessário que se ministre obrigatoriamente um nível de água máximo na cultura, porque isso também vai depender do parâmetro tomado como referência para a irrigação, sendo no nosso caso as percentagens de evapotranspiração máxima não corrigindo-se os valores do tanque classe A, a frequência com que é procedida a irrigação, o período do ciclo da planta em que vai se efetuar as irrigações e, conseqüentemente, período em que a planta é mais sensível ao estresse hídrico .

b) Observou-se que a cultivar de sequeiro (CNA791041) apresentou menor índice de área foliar e número de perfilhos/m² e maior altura em relação à cultivar irrigada (IR50). Esta última, por sua vez, apesar de ser cultivada em condições de sequeiro, apresentou maior índice de área foliar e número de perfilhos por unidade de área do solo, menor altura, valores de peso seco médio total mais altos, estes últimos no tratamento sem restrição hídrica, e melhor distribuição dessa matéria seca com relação à área foliar e tempo, em virtude de que mostrou valores maiores para a taxa de assimilação líquida. Contribuíram para isso, o estágio fenológico

em que o estresse hídrico atingiu a cultura e, provavelmente, as características genéticas da planta.

c) O potencial da água na folha mostrou que a cultivar IR50 foi mais sensível ao estresse hídrico, pois os seus valores foram os menores valores atingidos (-2,80 MPa foi o mais negativo).

d) A resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água e a densidade de fluxo transpiratório apresentaram valores máximos para a cultivar IR50 no tratamento a 0% de ETm e 100% ETm, mostrando a sua sensibilidade ao estresse hídrico.

A variabilidade sofrida pela resistência difusiva ao fluxo de vapor d'água na cultivar CNA791041 mostrou que esta esteve diretamente correlacionada com o déficit de saturação de vapor d'água do ar, sendo tanto maior quanto mais alto for o déficit de saturação de vapor d'água do ar. A cultivar CNA791041 apresentou também uma resposta mais rápida a esse parâmetro, apresentando assim uma maior sensibilidade ao déficit de saturação de vapor d'água do ar.

e) O fenômeno do enrolamento da folha pareceu ser um dos mecanismos visuais mais notáveis de respostas da planta ao estresse hídrico para a cultura do arroz. Através dos valores observados de potenciais da água na folha e de re-

sistência difusiva ao fluxo de vapor d'água, notou-se que o enrolamento foi condicionado não somente pela demanda atmosférica como também pela umidade do solo e que a cultivar IR50 apresentou com maior frequência este fenômeno.

f) Analisando o comportamento dessas cultivares de arroz sob diferentes níveis de água no solo, podemos sugerir que melhores estudos sobre arquitetura de plantas e melhoramento genético devem ser desenvolvidos, no sentido de tentar explorar algumas características das cultivares de sistema irrigado visando a sua aplicação em cultivares de sistema de sequeiro, uma vez que não houve diferença significativa entre cultivares na produção para tratamentos sem restrição hídrica (100 e 75% de ET_m). Ainda, para determinação de melhores épocas de plantio para cultivares de arroz, deve-se levar em consideração período prováveis de deficiência hídrica que possam atingir a cultura na fase precedente ao florescimento, pois realmente essa é a fase da cultura mais sensível ao estresse hídrico, que se traduz no decréscimo da produção e dos parâmetros que descrevem o estado energético da água na planta.

6. BIBLIOGRAFIA

- ACEVEDO, E; T.C. HSIAO e D.W. HENDERSON, 1971. Immediate and subseqente responses of maize leaves to changes in water status. Plant Physiology. New York. 48: 631-636.
- BEGG, J.E. e N.C. TURNER, 1976. Crop water deficits. Advances in Agronomy. New York, 28: 161-207.
- BOYER, J.S., 1970. Leaf enlargment and metabolic rates in corn, soybean and sunflower at various leaf water potentials. Plant Physiology. New York, 46: 233-235.
- BOYER, J.S. e H. G. McPHERSON, 1975. Physiology of water deficits in cereal crops. Advances in Agronomy. New York, 27: 1-23.
- BRAGA, H.J. e N.A. VILLA NOVA. 1983. Caracterização da seca agrônômica através de novo modelo de balanço hídrico, na região de Laguna, litoral sul do Estado de Santa Catarina. In: III Congresso Brasileiro de Agrometeorologia , Anais, Campinas, 283-310.
- BRIGGS, G.E.; F. KIDD e C. WEST, 1920. A quantitative analysis of plant growth. Ann. Appl. Biol. Cambridge, 7: 103.
- BRUNINI, O., 1975. Relações solo-água-planta em cultura de arroz em condições de sequeiro. Piracicaba, ESALQ/USP , 128 . (Tese de Mestrado em Energia Nuclear na Agricultura).

- BRUNINI, O.; K. REICHARDT e F. GROHMANN, 1975. Determinação da água disponível em latossolo roxo em condições de campo. In: XV Congresso Brasileiro de Ciência do Solo. Anais, Campinas, 81-87.
- BRUNINI, O.; M.J. PEDRO JÚNIOR; R.R. ALFONSI; A.A. ORTOLANI e J.M. DOS SANTOS, 1981a. Eficiência do uso da água por cultivares de arroz em duas densidades de plantio. Bragantia. Campinas, 40: 135-143.
- BRUNINI, O.; F. GROHMANN e J.M. DOS SANTOS, 1981b. Balanço hídrico em condições de campo para duas cultivares de arroz sob duas densidade de plantio. Revista Brasileira de Ciência do Solo. Campinas, 5(1): 1-6.
- CHANG, T.T.; S.K. DE DATTA; T.C. HSIAO; J.C. O'TOOLE, D.W. PUCKRIDGE e S. YOSHIDA, 1980. Drought resistance. Program 107. Genetic Evaluation & Utilization.
- CHANG, T.T.; G.C. LORESTO; J.C. O'TOOLE e J.L. ARMENTA-SOUTO 1982; Strategy and methodology of breeding rice for drought-prone areas. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI, Manila, 217-244.
- CUTLER, J.M.; K.W. SHAHAN e P.L. STEPONKUS, 1980a. Influence of water deficits and osmotic adjustment on leaf elongation in rice. Crop Science. Madison, 20(3): 314-318.
- CUTLER, J.M.; K.W. SHAHAN e P.L. STEPONKUS, 1980b. Dynamic aspects and enhancement of leaf elongation in rice. Plant Physiol. New York, 66: 147-152.

- CRUZ, R.T. e J.C. O'TOOLE, 1977. Epicuticular wax and cuticular resistance in rice. In: The Annual Meeting of the Crop Science Society of the Philippines. La Trinidad, Benguet, 11.
- DUBÉ, P.A.K.R. STEVENSON; G.W. THURTELL and H.H. NEUMANN. 1975. Steady state resistance to water flow in corn under well watered conditions. Canadian J Plant Sci. Ottawa 55: 941-948.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - Departamento Técnico e Científico, 1981. Programa Nacional de Pesquisa de arroz. Brasília. EMBRAPA/DID. 69
- ENYI, B.A.C., 1962. Comparative growth rates of upland and swamp rice varieties. Annals of Botany (s.l.), 26(103): 467-480.
- ESPINOZA, W., 1982. Resposta de doze cultivares de milho ao déficit hídrico. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 17(6): 905-915.
- FISHER, R.A. 1980. Influence of water stress on crop yield in semiarid regions. In: N.C. Turner and P.J. Kramer : Adaptation of plants to water and high temperature stress. Wiley Interscience, New York, 323-339.
- GARDNER, W.R. and NIEMAN, R.H. 1964. Lower limit of water availability to plants. Science. Washington 143: 1460 - 1462.

- GEE, G. W.; W. LIU; H. OLVANG e B.E. JANES, 1974. Use of pressure bomb measurements to estimate root water potentials. Agronomy Journal. Washington, 66: 75-78.
- HSIAO, T.C., 1982. The soil-plant-atmosphere continuum in relation to drought and crop production. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI. Manila. 39-52.
- HSIAO, T.C.; E. ACEVEDO e D.W. HENDERSON. 1970. Maize leaf elongation: continuous measurement and close dependence on plant water status. Science. Washington. 168: 590-591.
- HSIAO, T.C.; J.C. O'TOOLE e V.S. TOMAR, 1979. Water stress as a constant to crop production in the tropics. In: Conference on "Priorities for alleviating soil-related to food production in the tropics". IRRI, Los Baños. Philippines. 47
- HSIAO, T.C.; J.C. O'TOOLE and V.S. TOMAR 1980. Water stress as a constraint to crop production in the tropics. In: International Rice Research Institute. Priorities for alleviating soil - related constraints food production in the tropics. Los Baños. Philippines.
- ISHIZUKA, Y. 1972. Physiology of rice plant. Advances in Agronomy. New York. 23: 241 - 315.
- KALMS, J.M., 1980. L'evapotranspiration réelle maximale (ET_m) du riz pluvial en régions centre Côte D'Ivoire. Institut Des Savanes. Département des Cultures Vivrières. Division D'Agronomie, 9.

- KRAMER, P.J. 1969. Plant & Soil Water Relationship. A modern synthesis. McGraw-Hill Book Company. New York, 75-103; 105-162; 283-346.
- LEEPER, R.A.; E.C.A. RUNGE e W.M. WALKER, 1974. Effect of plant available stored moisture on corn yields. I. Constant climatic conditions. Agronomy Journal. Washington, 66: 733-738.
- MORGAN, J.M. 1980. Possible role of abscisic acid in reducing seed set in water - stressed wheat plants. Nature. London. 285: 655-657.
- MURTY, K.S. e G. RAMAKRISHNAYHA, 1982. Shoot characteristics of rice for drought resistance. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI, Manila, 145-152.
- NEUMAN, H.H. and G.W. THURTELL, 1972. A Peltier cooled thermocouple dew point hygrometer for in situ measurement of water potentials. In: R.W. Brown and B.P. van Haveren (eds.) psychrometry in water relations research. Utah Agricultural Experiment Station, Utah State University, Logan.
- O'TOOLE, J.C.; J. LOZBUN e D.A. WALLACE, 1977. Photosynthetic response to water stress in Phaseolus vulgaris. Physiologia Plantarum. Oxford, 40(2): 111-114.
- O'TOOLE, J.C. e T.B. MOYA, 1978. Genotypic variation in maintenance of leaf water potential in rice. Crop Science. Madison, 18: 873-876.

- O'TOOLE, J.C. e R.T. CRUZ, 1979. Leaf rolling and transpiration, Plant Science Letters (s.l.), 16: 111-114.
- O'TOOLE, J.C. e R.T. CRUZ, 1980. Response of leaf water potentials, stomatal resistance and leaf rolling to water stress. Plant Physiology. New York, 65: 428-432.
- O'TOOLE, J.C.; E. BALDIA; R. CRUZ; M. MAGULING; T. MOYA e J. PADILHA, 1978. Some aspects of research on water in the soil-plant-atmosphere continuum of rice. Seminar. Agronomy Depart. IRRI, Manila, 17.
- PROGNÓSTICO, REGIÃO CENTRO-SUL, 83/84, 1983. São Paulo, volume 10. 72-76.
- RADFORD, P.J., 1967. Growth analysis formulae. Their use and abuse. Crop Science. Madison, 7: 171-175.
- REYNIERS, F.N.; J.M. KALMS e J. RIDDERS, 1976. Differences de comportement d' un riz pluvial et d'un riz irrigue en condition alimentation hydrique deficitaire. Agronomie. Tropicale. Paris, XXXI - 2: 180-187.
- RITCHIE, J.T. 1974. Atmospheric and soil water influences on the plant water balance. Agricultural Meteorology. Amsterdam , 14: 183-198.
- ROSSIELLO, R.O.P; M.S. FERNANDEZ e J.P.O FLORES, 1981. Efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e a acumulação de carboidratos solúveis de milho. Pesquisa Agropecuária Brasileira. Brasília, 16(4): 561-566.

- SHAHAN, K.W. 1980. Facultative drought-induced alterations of internal water relations in rice (*Oryza sativa* L.) MSc thesis Cornell University, Ithaca New York. 207.
- SALTER, P.J. e J.E. GOODE 1967. Crop responses to water at different stages of growth. Commonw Agric. Bur, Farham Royal .
- SCHOLANDER, D.F; H.P. HAMMEL; E.D. BRADSTREET e E.A. HEMMINGSEN, 1975. Sap pressure in vascular plants. Science . Washington, 148: 339-346.
- SINHA, S.K.; R. KHANNA - CHOPRA; P.K. AGGARWAL; G.S. CHATURVEDI and K.R. KOUNDAL. 1982. Effect of drought on shoot growth: significance of metabolism to growth and yield. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice: IRRI, Manila. 153-170.
- SLAVIK, B. 1974. Methods of studying plant-water-relations. New York, Springer-Verlag. Berlin. Heidelberg. 70-74; 300-329.
- SPANNER, D.C. 1951. The Peltier effect and its use in the measurement of suction pressure. J. Exptl Botany. Oxford. 2: 145-168.
- STEPONKUS, P.L.; K.W. SHAHAN e J.M. CUTLER, 1982. Osmotic adjustment in rice. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI, Manila. 181-194.

- STONE, L.F.; B.S. PINHEIRO; P.M. DA SILVEIRA e S. STEINMETZ, (s.d.). Efeito do número de dias de estresse hídrico sobre a produção e seus componentes em arroz de sequeiro. Goiânia. EMBRAPA/CNPAF. 22 (no prelo).
- TAYLOR, H.M. e B. KLEPPER, 1978. The role of rooting characteristics in the supply of water to plants. Advances in Agronomy. New York, 30: 99-128.
- TOMAR, V.S. e B.G. GHILDYAL, 1973. Internal leaf water status and transport of water in rice plants. Agronomy Journal. Washington, 65: 861-865.
- TOMAR, V.S. e J.C. O'TOOLE, 1979. Lower limit of available water and rice response to soil moisture during drought stress. In: IRRI Saturday Seminar. 26.
- TOMAR, V.S. e J.C. O'TOOLE, 1982. A field study on leaf water potential, transpiration and plant resistance to water flow in rice. Crop Science, Madison, 22: 5-10.
- THORNTHWAITE, C.W. e J.R. MATHER, 1955. The water balance . Centerton, New Jersey. Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology. vol. VIII: 104.
- THORNTHWAITE, C.W. e J.R. MATHER, 1957. Instructions and tables for computing potential evapotranspiration and the water balance. Centerton, New Jersey, Drexel Institute of Technology. Publications in Climatology. Vol. X , nº 3. 311

- TURNER, N.C. 1974. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. II. At low soil water potential. Plant Physiology. New York, 53: 360-365.
- TURNER, N.C. 1982. The role of shoot characteristics in drought resistance of crop plants. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI. Manila, 115-134
- TURNER, N.C. e J. E. BEGG, 1973. Stomatal behavior and water status of maize, sorghum and tobacco under field conditions. I. At high soil water potential. Plant Physiology. New York, 51: 31-36.
- TURNER, N.C. e M.M. JONES. 1980. Turgor maintenance by osmotic adjustment: a review and evaluation. In: TURNER, N. C. and P. J. KRAMER (eds); Adaptation of plants to water and high temperature stress, Wiley Interscience. New York. 87-103.
- TURNER, N.C. e J.E. BEGG, 1981. Plant water relations and adaptation to stress. Plant and Soil. London, 58: 97-131.
- YOSHIDA, S., 1972. Physiological aspects of grain yield. Annual Review Plant Physiology, California, 23: 437-464.
- YOSHIDA, S. e S. HASEGAWA, 1982. The rice root system: its development and function. In: Drought resistance in crops with emphasis on rice. IRRI. Manila, 97-114.

WARING, R.H. e B.D. CLEARY, 1967. Plant moisture stress: evaluation by pressure bomb. Science. Washington, 155:1048-1254.

A P Ê N D I C E

ANÁLISE DE VARIÂNCIA - FATORIAL 2 x 6 - BLOCOS CASUAL

PROD - DADOS ORIGINAIS

FV	GL	SQ	QM	F	PROB F
Bloco	2	4,9222	2,4611	14,9308	0,0002
Cult	1	0,0420	0,0420	0,2550	0,3849
Trat	5	11,8248	2,3650	14,3475	0,0000
Cult x Trat	5	3,3948	0,6790	4,1190	0,0087
Resíduo	22	3,6264	0,1648		
Total	35	23,3102			

Média = 1,4282

CV = 28,43%

QUADRO DE MÉDIAS

	Tratamentos						Média
	1	2	3	4	5	6	
Cul 1	2,1793	2,0847	1,7680	1,0090	0,0810	1,6523	1,4624
Cul 2	2,1493	2,1370	1,2587	0,6670	1,2453	0,9070	1,3941
Média	2,1643	2,1108	1,5133	0,8380	0,6632	1,2797	

TESTE DE TUKEY (5%) - TRATAMENTOS

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	1	2,16433	a
2	2	2,11083	a
3	3	1,51333	ab
4	6	1,27967	bc
5	4	0,838	bc
6	5	0,663167	c

Q = 4,40636

DELTA = 0,730346

TESTE DE TUKEY (5%) - TRAT DENTRO DE CULT 1

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	1	2,17933	a
2	2	2,08467	a
3	3	1,768	ab
4	6	1,65233	ab
5	4	1,009	bc
6	5	0,081	c

Q = 4,40636

DELTA = 1,03287

TESTE DE TUKEY (5%) - TRAT DENTRO DE CULT 2

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	1	2,14933	a
2	2	2,137	a
3	3	1,25867	ab
4	5	1,24533	ab
5	6	0,907	b
6	4	0,667	b

Q = 4,40636

DELTA = 1,03287

TESTE DE TUKEY (5%) - CULT DENTRO DE TRAT 1

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	1	2,17933	a
2	2	2,14933	a

Q = 2,93364

DELTA = 0,687654

TESTE DE TUKEY (5%) - CULT DENTRO DE TRAT 2

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	2	2,137	a
2	1	2,08467	a

Q = 2,93364

DELTA = 0,687654

TESTE DE TUKEY (5%) - CULT DENTRO DE TRAT 3

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	1	1,768	a
2	2	1,25867	a

Q = 2,93364

DELTA = 0,687654

TESTE DE TUKEY (5%) - CULT DENTRO DE TRAT 4

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	1	1,009	a
2	2	1,667	a

Q = 2,93364

DELTA = 0,687654

TESTE DE TUKEY (5%) - CULT DENTRO DE TRAT 5

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	2	1,24533	a
2	1	0,081	b

Q = 2,93364

DELTA = 0,687654

TESTE DE TUKEY (5%) - CULT DENTRO DE TRAT 6

Ordem	Trat	Média	Cont.
1	1	1,65233	a
2	2	0,907	b

Q = 2,93364 DELTA = 0,687654

BALANÇO HÍDRICO THORNTIAWA-MATHER (1955/1957)

Cultivar: CNA791041

Período: 28/12/83 a 27/01/84

Tratamento: 100% de ET_m

CAD = 50mm

PERÍODO	C O L U N A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Irriga- ção (mm)	ET_m (mm)	$I-ET_m$ (mm)	Neg. Actum. (mm)	Armazenamento Valor Alt		ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
28/12/83	10,9	5,0	5,9	0,0	50,0	0,0	5,0	0,0	5,9
29/12/83	0,0	6,6	-6,6	6,6	43,7	-6,3	6,3	0,3	0,0
30/12/83	11,0	1,3	9,7	0,0	50,0	6,3	1,3	0,0	3,4
31/12/83	0,0	1,2	-1,2	1,2	48,8	-1,2	1,2	0,0	0,0
01/01/84	0,0	4,0	-4,0	5,2	44,9	-3,9	-3,9	0,1	0,0
02/01/84	0,0	1,8	-1,8	7,0	43,3	-1,6	1,6	0,2	0,0
03/01/84	8,1	2,9	5,2	1,5	48,5	5,2	2,9	0,0	0,0
04/01/84	10,0	7,8	2,2	0,0	50,0	1,5	7,8	0,0	0,7
05/01/84	6,8	5,4	1,4	0,0	50,0	0,0	5,4	0,0	1,4
06/01/84	24,0	5,5	18,5	0,0	50,0	0,0	5,5	0,0	18,5
07/01/84	0,0	8,4	-8,4	8,4	42,1	-7,9	7,9	0,5	0,0
08/01/84	0,0	4,5	-4,5	12,9	38,4	-3,7	3,7	0,8	0,0
09/01/84	38,0	5,3	32,7	0,0	50,0	11,6	5,3	0,0	21,1
10/01/84	0,0	4,8	-4,8	4,8	45,3	-4,7	4,7	0,1	0,0
11/01/84	0,0	2,4	-2,4	7,2	43,1	-2,2	2,2	0,2	0,0
12/01/84	0,0	5,4	-5,4	12,6	38,6	-4,5	4,5	0,9	0,0
13/01/84	41,0	4,4	36,6	0,0	50,0	11,4	4,4	0,0	28,2
14/01/84	0,0	11,4	-11,4	11,4	39,6	-10,4	11,4	0,0	0,0
15/01/84	0,0	8,3	-8,3	19,7	33,4	-6,2	6,2	2,1	0,0
16/01/84	0,0	8,2	-8,2	27,9	28,2	-5,2	5,2	3,0	0,0
17/01/84	62,0	1,3	60,7	0,0	50,0	21,8	1,3	0,0	38,9
18/01/84	0,0	9,1	-9,1	9,1	41,5	-8,5	8,5	0,6	0,0
19/01/84	30,0	5,6	24,4	0,0	50,0	8,5	5,6	0,0	15,9
20/01/84	0,0	6,7	-6,7	6,7	43,6	-6,4	6,4	0,3	0,0
21/01/84	12,6	4,8	7,8	0,0	50,0	6,4	4,8	0,0	1,4
22/01/84	0,0	3,0	-3,0	3,0	47,0	-3,0	3,0	0,0	0,0
23/01/84	0,0	6,3	-6,3	9,3	41,3	-5,7	5,7	0,6	0,0
24/01/84	23,0	5,0	18,0	0,0	50,0	8,7	5,0	0,0	9,3
25/01/84	0,0	1,2	-1,2	1,2	48,8	-1,2	1,2	0,0	0,0
26/01/84	0,0	3,2	-3,2	4,4	45,7	-3,1	3,1	0,1	0,0
27/01/84	0,0	6,1	-6,1	10,5	40,3	-5,4	5,4	0,7	0,0

$$\Sigma P = \Sigma EP + \Sigma (P-EP)$$

$$\Sigma ALT = 0 \quad 280,4 \mid 156,9 \mid 123,5$$

$$-9,7 \mid 146,5 \mid 10,5 \mid 144,7$$

$$\Sigma P = \Sigma ER + \Sigma EXC$$

BALANÇO HÍDRICO THORNTWAITE-MAHER (1955/1957)

Cultivar: CNA791041

Período: 28/12/83 a 27/01/84

Tratamento: 50% de ET_r

CAD 50mm

PERÍODO	C O L U N A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Irriga- ção (mm)	ET_m (mm)	$1-ET_m$ (mm)	Neg. Acum. (mm)	Armazenamento		ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
				Valor	Alt				
28/12/83	5,5	5,0	0,5	0,0	50,0	0,0	5,0	0,0	0,5
29/12/83	0,0	6,6	-6,6	6,6	43,7	-6,3	6,3	0,3	0,0
30/12/83	5,5	1,3	4,2	2,1	47,9	4,2	1,3	0,0	0,0
31/12/83	0,0	1,2	-1,2	1,2	48,6	0,9	0,9	0,3	0,0
01/01/84	0,0	4,0	-4,0	5,2	44,9	-3,9	3,9	0,1	0,0
02/01/84	0,0	1,8	-1,8	7,0	43,3	-1,6	1,6	0,2	0,0
03/01/84	4,1	2,0	1,2	5,7	44,5	1,2	2,9	0,0	0,0
04/01/84	5,0	7,8	-2,8	2,8	47,2	2,7	7,7	0,1	0,0
05/01/84	3,4	5,4	-2,0	4,8	45,3	-1,9	5,3	0,1	0,0
06/01/84	12,0	5,5	6,5	0,0	50,0	4,7	5,5	0,0	1,8
07/01/84	0,0	8,4	-8,4	8,4	42,1	-7,9	7,9	0,5	0,0
08/01/84	0,0	4,5	-4,5	12,9	38,4	-3,7	3,7	0,8	0,0
09/01/84	19,0	5,3	13,7	0,0	50,0	11,6	5,3	0,0	2,1
10/01/84	0,0	4,8	-4,8	4,8	45,5	-4,7	4,7	0,1	0,0
11/01/84	0,0	2,4	-2,4	7,2	43,1	-2,2	2,2	0,2	0,0
12/01/84	0,0	5,4	-5,4	12,6	38,6	-4,5	4,5	0,9	0,0
13/01/84	22,0	4,4	17,6	0,0	50,0	11,4	4,4	0,0	6,2
14/01/84	0,0	11,4	-11,4	11,4	39,6	-10,4	10,4	1,4	0,0
15/01/84	0,0	8,3	-8,3	19,7	33,4	-6,2	6,2	2,1	0,0
16/01/84	0,0	8,2	-8,2	27,9	28,2	-5,2	5,2	3,0	0,0
17/01/84	31,0	1,3	29,7	0,0	50,0	21,8	1,3	0,0	7,9
18/01/84	0,0	9,1	-9,1	9,1	41,5	-8,5	8,5	0,6	0,0
19/01/84	15,0	5,6	9,4	0,0	50,0	8,5	5,6	0,0	0,9
20/01/84	0,0	6,7	-6,7	6,7	43,6	-6,4	6,4	0,3	0,0
21/01/84	6,3	4,8	1,5	5,0	45,1	1,5	4,8	0,0	0,0
22/01/84	0,0	3,0	-3,0	3,0	47,0	1,9	1,9	1,1	0,0
23/01/84	0,0	6,3	-6,3	9,3	41,3	-5,7	5,7	0,6	0,0
24/01/84	11,5	5,0	6,5	2,2	47,8	6,5	5,0	0,0	0,0
25/01/84	0,0	1,2	-1,2	1,2	48,8	1,0	1,0	0,2	0,0
26/01/84	0,0	3,2	-3,2	4,4	45,7	3,1	3,1	0,1	0,0
27/01/84	0,0	6,1	-6,1	10,5	40,3	-5,4	5,4	0,7	0,0

$$\Sigma P = \Sigma ET + \Sigma (P-ET)$$

$$\Sigma AET = 0 \quad |140,3|156,9|-16,6|$$

$$|143,6|13,7|-19,4|$$

$$\Sigma P = \Sigma ER + \Sigma EXC$$

BALANÇO HÍDRICO THORNTONWAITE-MATHER (1955/1957)

Cultivar: CNA791041

Período: 28/12/83 a 27/01/84

Tratamento: 0% ET_m

CAD 50mm

PERÍODO	C O L U N A								
	Irri- gação (mm)	ET _m (mm)	I-ET _m (mm)	Neg. Acum. (mm)	Armazenamento		EIR (mm)	DIF (mm)	EXC (mm)
					Valor	Alt			
28/12/83	0,0	5,0	-5,0	0,0	50,0	0,0	0,0	5,0	0,0
29/12/83	0,0	6,6	-6,6	6,6	43,7	-6,3	6,3	0,3	0,0
30/12/83	0,0	1,3	-1,3	7,9	42,5	-1,2	1,2	0,1	0,0
31/12/83	0,0	1,2	-1,2	9,1	41,5	-1,0	1,0	0,2	0,0
01/01/84	0,0	4,0	-4,0	13,1	38,2	-3,3	3,3	0,7	0,0
02/01/84	0,0	1,8	-1,8	14,9	36,8	-1,4	1,4	0,4	0,0
03/01/84	0,0	2,9	-2,9	17,8	34,7	-2,1	2,1	0,8	0,0
04/01/84	0,0	7,8	-7,8	25,6	29,6	-5,1	5,1	2,7	0,0
05/01/84	0,0	5,4	-5,4	31,0	26,5	-3,1	3,1	2,3	0,0
06/01/84	0,0	5,5	-5,5	36,5	23,6	-2,9	2,9	2,6	0,0
07/01/84	0,0	8,4	-8,4	44,9	19,9	-3,7	3,7	4,7	0,0
08/01/84	0,0	4,5	-4,5	49,4	18,2	-1,7	1,7	2,8	0,0
09/01/84	0,0	5,3	-5,3	54,7	16,3	-1,9	1,9	3,4	0,0
10/01/84	0,0	4,8	-4,8	59,5	14,8	-1,5	1,5	3,3	0,0
11/01/84	0,0	2,4	-2,4	61,9	14,0	-0,8	0,8	1,6	0,0
12/01/84	0,0	5,4	-5,4	67,3	12,6	-1,4	1,4	4,0	0,0
13/01/84	0,0	4,4	-4,4	71,7	11,5	-1,1	1,1	3,3	0,0
14/01/84	0,0	11,4	-11,4	83,1	9,1	-2,4	2,4	9,0	0,0
15/01/84	0,0	8,3	-8,3	91,4	7,7	-1,4	1,4	6,9	0,0
16/01/84	0,0	8,2	-8,2	99,6	6,5	-1,2	1,2	7,0	0,0
17/01/84	0,0	1,3	-1,3	100,9	6,3	-0,2	0,2	1,1	0,0
18/01/84	0,0	9,1	-0,1	110,0	5,2	-1,1	1,1	8,0	0,0
19/01/84	0,0	5,6	-5,6	115,6	4,7	-0,5	0,5	5,1	0,0
20/01/84	0,0	6,7	-6,7	122,3	4,1	-0,6	0,6	6,1	0,0
21/01/84	0,0	4,8	-4,8	127,1	3,7	-0,4	0,4	4,4	0,0
22/01/84	0,0	3,0	-2,0	130,1	3,5	-0,2	0,2	2,8	0,0
23/01/84	0,0	6,3	-6,3	136,4	3,0	-0,5	0,5	5,8	0,0
24/01/84	0,0	5,0	-5,0	141,4	2,8	-0,2	0,2	4,8	0,0
25/01/84	0,0	1,2	-1,2	142,6	2,7	-0,1	0,1	1,1	0,0
26/01/84	0,0	3,2	-3,2	145,8	2,5	-0,2	0,2	3,0	0,0
27/01/84	0,0	6,1	-6,1	151,9	2,2	-0,3	0,3	5,8	0,0

$$\Sigma P = \Sigma EP + \Sigma (P-EP)$$

$$\Sigma ALT = 0 \quad |0,0|156,9|-156,9 \quad |$$

$$|47,8|109,1 \quad |0,0$$

$$\Sigma P = \Sigma ER + \Sigma EXC$$

BALANÇO HÍDRICO THORNTON-HWAITE-MATHER (1955/1957)

Cultivar: IR50

Período: 28/12/83 a 27/01/84

Tratamento: 100% de ET_m

CAD = 30mm

PERÍODO	C O L U N A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Irrigação (mm)	ET _m (mm)	I-ET _m (mm)	Neg. Acum. (mm)	Armazenamento		ETP (mm)	DIF (mm)	EXC (mm)
				Valor	Alt				
28/12/83	10,9	5,0	5,9	0,0	30,0	0,0	5,0	0,0	5,9
29/12/83	0,0	6,6	-6,6	6,6	23,9	-6,1	6,1	0,5	0,0
30/12/83	11,0	1,3	9,7	0,0	30,0	6,1	1,3	0,0	3,6
31/12/83	0,0	1,2	-1,2	1,2	28,8	-1,2	1,2	0,0	0,0
01/01/84	0,0	4,0	-4,0	5,2	25,1	-3,7	3,7	0,3	0,0
02/01/84	0,0	1,8	-1,8	7,0	23,6	-1,5	1,5	0,3	0,0
03/01/84	8,1	2,9	5,2	1,2	28,8	5,2	2,9	0,0	0,0
04/01/84	10,0	7,8	2,2	0,0	30,0	1,2	7,8	0,0	1,0
05/01/84	6,8	5,4	1,4	0,0	30,0	0,0	5,4	0,0	1,4
06/01/84	21,0	5,5	18,5	0,0	30,0	0,0	5,5	0,0	18,5
07/01/84	0,0	8,4	-8,4	8,4	22,5	-7,5	7,5	0,9	0,0
08/01/84	0,0	4,5	-4,5	10,9	20,7	-1,8	1,8	2,7	0,0
09/01/84	38,0	5,3	32,7	0,0	30,0	9,3	5,3	0,0	23,4
10/01/84	0,0	4,8	-4,8	4,8	25,5	-4,5	4,5	0,3	0,0
11/01/84	0,0	2,4	-2,4	7,2	23,5	-2,0	2,0	0,4	0,0
12/01/84	0,0	5,4	-5,4	12,6	19,5	-4,0	4,0	1,4	0,0
13/01/84	44,0	4,4	39,6	0,0	30,0	10,5	4,4	0,0	29,1
14/01/84	0,0	11,4	-11,4	11,4	20,3	-9,7	9,7	1,7	0,0
15/01/84	0,0	8,3	-8,3	19,7	15,3	-5,0	5,0	3,3	0,0
16/01/84	0,0	8,2	-8,2	27,9	11,6	-3,7	3,7	4,5	0,0
17/01/84	62,0	1,3	60,7	0,0	30,0	18,4	1,3	0,0	42,3
18/01/84	0,0	9,1	9,1	9,1	22,0	-8,0	8,0	1,1	0,0
19/01/84	30,0	5,6	24,4	0,0	30,0	8,0	5,6	0,0	16,0
20/01/84	0,0	6,7	-6,7	6,7	23,9	-6,1	6,1	0,6	0,0
21/01/84	12,6	4,8	7,8	0,0	30,0	6,1	4,8	0,0	1,7
22/01/84	0,0	3,0	-3,0	3,0	27,1	-2,9	2,9	0,1	0,0
23/01/84	0,0	6,3	-6,3	9,3	21,8	-5,3	5,3	1,0	0,0
24/01/84	23,0	5,0	18,0	0,0	30,0	8,2	5,0	0,0	9,8
25/01/84	0,0	1,2	-1,2	1,2	28,8	-1,2	1,2	0,0	0,0
26/01/84	0,0	3,2	-3,2	4,4	25,8	-3,0	3,0	0,2	0,0
27/01/84	0,0	6,1	-6,1	10,5	20,9	-4,9	4,9	1,2	0,0

$$\Sigma I^* = \Sigma EP + \Sigma (P-EP)$$

$$\Sigma \text{ALT} = 0 \quad |240,4 \quad |156,9|123,5|$$

$$|-9,1|136,4|20,5|152,7$$

$$EP = \Sigma ER + \Sigma EXC$$

BALANÇO HÍDRICO THORNTIWAITE-MATHEE 1955/1957)

Cultivar: IR50

Período: 28/12/83 a 27/01/84

Tratamento: 50% de ET_m CAD = 30mm

1 PERÍODO	C O L U N A								
	2	3	4	5	6	7	8	9	
Irrigação (mm)	ET _m (mm)	I-ET _m (mm)	Neg. Actum. (mm)	Armazenamento Valor	Alt	ETR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)	
28/12/83	5,5	5,0	0,5	0,0	30,0	0,0	6,0	0,0	5,0
29/12/83	0,0	6,6	-6,6	6,6	23,9	-6,1	6,1	0,5	0,0
30/12/83	5,5	1,3	4,2	1,9	28,1	4,2	1,3	0,0	0,0
31/12/83	0,0	1,2	-1,2	1,2	28,8	0,7	0,7	0,5	0,0
01/01/84	0,0	4,0	-4,0	5,2	25,1	-3,7	3,7	0,3	0,0
02/01/84	0,0	1,8	-1,8	7,0	23,6	-1,5	1,5	0,3	0,0
03/01/84	4,1	2,9	1,2	5,6	24,8	1,2	2,9	0,0	0,0
04/01/84	5,0	7,8	-2,8	2,8	27,3	2,5	7,5	0,3	0,0
05/01/84	3,4	5,4	-2,0	4,8	25,5	-1,8	5,2	0,2	0,0
06/01/84	12,0	5,5	6,5	0,0	30,0	4,5	5,5	0,0	2,0
07/01/84	0,0	8,4	-8,4	8,4	22,5	-7,5	7,5	0,9	0,0
08/01/84	0,0	4,5	-4,5	12,9	19,3	-3,2	3,2	1,3	0,0
09/01/84	19,0	5,3	13,7	0,0	30,0	10,7	5,3	0,0	3,0
10/01/84	0,0	4,8	-4,8	4,8	25,5	-4,5	4,5	0,3	0,0
11/01/84	0,0	2,4	-2,4	7,2	23,5	-2,0	2,0	0,4	0,0
12/01/84	0,0	5,4	-5,4	12,6	19,5	-4,0	4,0	1,4	0,0
13/01/84	22,0	4,4	-17,6	0,0	30,0	10,4	4,4	0,0	7,1
14/01/84	0,0	11,4	-11,4	11,4	20,3	-9,7	9,7	1,7	0,0
15/01/84	0,0	8,3	-8,3	19,7	15,3	-5,0	5,0	3,3	0,0
16/01/84	0,0	8,2	-8,2	27,9	11,6	-3,7	3,7	4,5	0,0
17/01/84	31,0	1,3	29,7	0,0	30,0	18,4	1,3	0,0	11,3
18/01/84	0,0	9,1	-9,1	9,1	22,0	-8,0	8,0	1,1	0,0
19/01/84	15,0	5,6	9,4	0,0	30,0	8,0	5,6	0,0	1,4
20/01/84	0,0	6,7	-6,7	6,7	23,9	-6,1	6,1	0,6	0,0
21/01/84	6,3	4,8	1,5	4,9	25,4	1,5	4,8	0,0	0,0
22/01/84	0,0	3,0	-3,0	3,0	27,1	1,7	1,7	1,3	0,0
23/01/84	0,0	6,3	-6,3	9,3	21,8	-5,3	5,3	1,0	0,0
24/01/84	11,5	5,0	6,5	1,7	28,3	6,5	5,0	1,0	0,0
25/01/84	0,0	1,2	-1,2	1,2	28,8	0,5	0,5	0,7	0,0
26/01/84	0,0	3,2	-3,2	4,4	25,8	-3,0	3,0	0,2	0,0
27/01/84	0,0	6,1	-6,1	10,5	21,0	-4,8	4,8	1,3	0,0

$\Sigma P = \Sigma EP + \Sigma (P-EP)$

$\Sigma ALT = 0 \quad |140,3|156,9|-16,6|$

$|134,8|23,1|24,8$

$\Sigma P = \Sigma ER + \Sigma EXC$

BALANÇO HÍDRICO THORNTONWAITE-MAHTER (1955/1957)

Cultivar: IR50

Período: 28/12/83 a 27/01/84

Tratamento: 0% de ET_m

CAD = 30mm

PERÍODO	C O L U N A								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
	Irriga- ção (mm)	ET_m (mm)	$I-ET_m$ (mm)	Neq. Acum. (mm)	Armazenamento		EIR (mm)	DEF (mm)	EXC (mm)
				Valor	Alt				
28/12/83	0,0	5,0	-5,0	0,0	30,0	0,0	0,0	5,0	0,0
29/12/83	0,0	6,6	-6,6	6,6	23,9	-6,1	6,1	0,5	0,0
30/12/83	0,0	1,3	-1,3	7,9	22,9	-1,0	1,0	0,3	0,0
31/12/83	0,0	1,2	-1,2	9,1	22,0	-0,9	0,9	0,3	0,0
01/01/84	0,0	4,0	-4,0	13,1	19,2	-2,8	2,8	1,2	0,0
02/01/84	0,0	1,8	-1,8	14,9	18,0	-1,2	1,2	0,6	0,0
03/01/84	0,0	2,9	-2,9	17,8	16,3	-1,7	1,7	1,2	0,0
04/01/84	0,0	7,8	-7,8	25,6	12,5	-3,8	3,8	4,0	0,0
05/01/84	0,0	5,4	-5,4	31,0	10,4	-2,1	2,1	3,3	0,0
06/01/84	0,0	5,5	-5,5	36,5	8,6	-1,8	1,8	3,7	0,0
07/01/84	0,0	8,4	-8,4	44,9	6,5	-2,1	2,1	6,3	0,0
08/01/84	0,0	4,5	-4,5	49,4	5,5	-1,0	1,0	3,5	0,0
09/01/84	0,0	5,3	-5,3	54,7	4,6	-0,9	0,0	4,4	0,0
10/01/84	0,0	4,8	-4,8	59,5	3,9	-0,7	0,7	4,1	0,0
11/01/84	0,0	2,4	-2,4	61,9	3,6	-0,3	0,3	2,1	0,0
12/01/84	0,0	5,4	-5,4	67,3	3,0	-0,6	0,6	4,8	0,0
13/01/84	0,0	4,4	-4,4	71,7	2,6	-0,4	0,4	4,0	0,0
14/01/84	0,0	11,4	-11,4	83,1	1,8	-0,8	0,8	10,6	0,0
15/01/84	0,0	8,3	-8,3	91,4	1,3	-0,5	0,5	7,8	0,0
16/01/84	0,0	8,2	-8,2	99,6	1,0	-0,3	0,3	7,9	0,0
17/01/84	0,0	1,3	-1,3	100,9	1,0	0,0	0,0	1,3	0,0
18/01/84	0,0	9,1	-9,1	110,0	0,7	-0,3	0,3	8,8	0,0
19/01/84	0,0	5,6	-5,6	115,6	0,6	-0,1	0,1	5,5	0,0
20/01/84	0,0	6,7	-6,7	122,3	0,5	-0,1	0,1	6,6	0,0
21/01/84	0,0	4,8	-4,8	127,1	0,4	-0,1	0,1	4,7	0,0
22/01/84	0,0	3,0	-3,0	130,1	0,4	0,0	0,0	3,0	0,0
23/01/84	0,0	6,3	-6,3	136,4	0,3	-0,1	0,1	6,2	0,0
24/01/84	0,0	5,0	-5,0	141,4	0,2	-0,1	0,1	4,9	0,0
25/01/84	0,0	1,2	-1,2	142,6	0,2	0,0	0,0	1,2	0,0
26/01/84	0,0	3,2	-3,2	145,8	0,2	0,0	0,0	3,2	0,0
27/01/84	0,0	6,1	-6,1	151,9	0,2	0,0	0,0	6,1	-0,0

$$\Sigma P = \Sigma EP + \Sigma (P-EP)$$

$$\Sigma \Delta LT = 0 \quad |0,0|156,9|-156,9|^1$$

$$-29,8|29,8|127,1|0,0$$

$$\Sigma P = \Sigma EIR + \Sigma EXC$$