

ÍNDICE DE ÁREA FOLIAR E PRODUTIVIDADE DO ARROZ DE SEQUEIRO

I. NÍVEIS LIMITANTES¹

BEATRIZ DA SILVEIRA PINHEIRO² e ELCIO PERPÉTUO GUIMARÃES³

RESUMO - Foi estudada a relação entre o índice de área foliar (IAF) e a produtividade do arroz de sequeiro, durante cinco anos, em doze experimentos de campo, utilizando-se a cultivar de ciclo médio IAC 47. Houve grande variação no crescimento da cultivar, tendo o máximo IAF variado de 1,5 a 8,3 e a duração da área foliar no período reprodutivo (DAF_r) variado de 49 a 339 dias. Na ausência de estresses ambientais a produtividade cresceu com o IAF até o valor de 4,5, quando foi atingido um patamar em torno de 4.000 kg/ha. Valores de IAF inferiores a 2,0, apesar de minimizarem o risco de perda por deficiência hídrica, restringiram o potencial produtivo a 1.500 kg/ha. Quando o IAF foi superior a 3,0, a deficiência hídrica no período reprodutivo resultou em quebras de rendimento superiores a 40%. Quando valores de IAF superiores a 6,0 ocorreram, associados à alta pluviosidade e a dias encobertos no período reprodutivo, as produtividades foram inferiores a 2.500 kg/ha. São discutidas as implicações desses resultados e a possibilidade de utilização do IAF no aumento da produtividade média do arroz de sequeiro em regiões de alto risco de estiagens e em regiões favorecidas quanto à distribuição pluvial.

Termos para indexação: duração da área foliar (DAF), potencial produtivo, IAF crítico, deficiência hídrica.

LEAF AREA INDEX AND YIELD OF UPLAND RICE I. LIMITING LEVELS

ABSTRACT - The relationship between leaf area index (LAI) and yield of upland rice was studied in 12 field experiments during five years, using IAC 47, a medium growth duration cultivar. There was great growth variation among experiments, with maximum LAI ranging between 1.5 and 8.3, and leaf area duration (LAD) during reproductive stage ranging between 49 and 339 days. In the absence of environmental stresses, yield increased with LAI up to the level of 4,000 kg/ha at a LAI of 4.5. LAI levels below 2.0 minimized the risk of yield losses due to water stress, but yield potential was restricted to 1,500 kg/ha. Yield losses due to water stress during the reproductive stage were higher than 40% when LAI was higher than 3.0. LAI values higher than 6.0, associated with high rainfall and nebulosity during the reproductive stage, resulted in yields below 2,500 kg/ha. The possibility of using LAI as a factor of increase of mean upland rice yield in regions of both risky and favorable rainfall distribution is discussed.

Index terms: leaf area duration (LAD), yield potential, critical LAI, water stress.

INTRODUÇÃO

A área foliar desenvolvida por uma cultura exerce grande influência sobre seu rendimento econômico, em decorrência da sua relação

com a capacidade fotossintética. Heath & Gregory (1938), Watson (1952), consideravam o aumento da área foliar um dos principais componentes da produtividade biológica a ser utilizado no melhoramento de plantas. No entanto, tem sido demonstrado que o aumento da área foliar não significa necessariamente aumento de matéria seca, já que existe uma relação inversa entre o Índice de Área Foliar (IAF) e a taxa de assimilação líquida, a altos níveis de IAF, devido à ocorrência de som-

¹ Aceito para publicação em 22 de dezembro de 1989.

² Enga. - Agra., Dra., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF), Caixa Postal 179, CEP 74000 Goiânia, GO.

³ Eng. - Agr., Ph.D., EMBRAPA/CNPAF.

breamento mútuo (Takeda 1961). Além disso, para culturas sujeitas à deficiência hídrica, a maximização da capacidade fotossintética passa a ser uma preocupação secundária, visto que nessas condições o rendimento potencial é raramente atingido.

Pesquisas com arroz de sequeiro desenvolvidas no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAF) demonstram que um alto IAF pode acentuar o efeito de estiagens resultando em menor produtividade da cultura (Stone & Steinmetz 1979, Stone et al. 1979). Por outro lado deve ser levado em consideração, que em anos de boa distribuição pluvial, um IAF muito baixo restringe o rendimento. Pinheiro et al. (1985), utilizando 49 cultivares em condições de sequeiro, com boa disponibilidade de água, encontraram uma correlação positiva entre IAF e produtividade.

O presente estudo tem o objetivo de caracterizar o crescimento da área foliar do arroz de sequeiro, cultivar IAC 47, sob várias situações meteorológicas, estabelecendo as relações com a produtividade em cada situação.

MATERIAL E MÉTODOS

Foram utilizados os dados de produtividade e evolução do índice de área foliar da cultivar IAC 47, coletados em doze experimentos conduzidos do ano agrícola de 1978/79 até o ano agrícola de 1982/83.

Dois experimentos (experimentos 1 e 2) foram conduzidos em solo Latossolo Vermelho-Amarelo. Os demais foram conduzidos em solo Latossolo Vermelho-Escuro.

A instalação dos experimentos em datas variadas na estação de cultivo (novembro-fevereiro), permitiu que a cultivar encontrasse variadas condições meteorológicas (Tabela 1). Em alguns casos foram conduzidos dois experimentos, simultaneamente, em áreas adjacentes, para possibilitar comparação sob diferentes regimes hídricos no período reprodutivo (experimentos 2 versus 3, 6 versus 7 e 8 versus 9). Enquanto um dos experimentos sofreu deficiência hídrica devido à ocorrência de estiagem, o outro recebeu irrigação suplementar durante o mesmo período. Para os experimentos 11 e 12 os regimes hídricos diferenciais constituíram os tratamentos, que foram identificados pelos índices 1 (deficiência hídrica) ou 2 (irrigação suplementar), apostos ao número de identificação do experimento (Tabela 1).

TABELA 1. Data de semeadura e caracterização climática dos 12 experimentos constantes do estudo.

Exp.	Data de semeadura	Insolação (Décimos de hora)		Precipitação (mm)		Nº de dias sem chuva		Período de incidência da estiagem ^a (dias após semeadura)	Nível da deficiência hídrica	Temp. mínima		Temp. máxima	
		1	2	1	2	1	2			1	2	1	2
1	01/11/78	4,8	6,4	366,2	346,1	24	11	-	-	18,9	19,3	29,6	28,8
2	31/12/78	4,9	6,4	543,2	129,3	26	19	70 a 76 e 96 a 100	Fraca	19,2	18,4	28,9	30,9
3	31/12/78	4,9	6,4	543,2	129,3	26	19	-	-	19,2	18,4	28,9	30,9
4	20/11/79	4,5	4,2	717,7	375,1	23	9	-	-	18,9	20,5	29,1	29,4
5	12/11/79	4,6	3,7	464,4	460,1	28	9	-	-	18,8	20,6	30,0	29,9
6	13/12/79	3,9	5,1	642,3	306,6	23	18	84 a 96 e 98 a 104	Moderada	19,9	18,3	30,3	27,5
7	14/12/79	3,9	5,2	643,6	301,6	23	18	-	-	19,9	18,3	30,3	27,5
8	29/01/80	5,4	6,7	445,3	91,0	32	19	82 a 107	Severa	20,5	18,5	29,6	30,3
9	25/01/80	5,6	7,0	462,8	103,0	12	23	-	-	20,3	18,5	29,6	30,2
10	19/12/80	5,3	5,8	251,5	137,3	34	24	-	-	18,9	19,7	29,1	31,9
11.1	21/01/82	5,3	6,4	337,8	315,6	28	18	87 a 108	Fraca	18,9	18,6	28,3	29,7
11.2	21/01/82	5,3	6,4	337,8	315,6	28	18	-	-	18,9	18,6	28,3	29,7
12.1	05/02/83	5,9	8,0	368,0	94,4	36	20	74 a 103	Severa	19,2	17,7	28,6	29,1
12.2	05/02/83	5,9	8,0	368,0	94,4	36	20	-	-	19,2	17,7	28,6	29,1

^a Considerados como estiagem apenas períodos maiores do que 4 dias sem chuva ou irrigação suplementar.

^b Determinada em função do percentual de queda da produtividade em relação à testemunha irrigada.

1 - Estádio vegetativo

2 - Estádio reprodutivo

Os experimentos tinham em comum o espaçamento de 0,50 m entre fileiras e a densidade de 50 sementes aptas por metro linear. A adubação observou a análise de solo de cada área experimental, e o nitrogênio em cobertura foi aplicado sempre no início do período reprodutivo.

Os experimentos foram mantidos livres de plantas invasoras através de capina manual, e receberam inseticidas e fungicidas sempre que necessários. Dada a maior intensidade de brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.) durante os períodos sem precipitação, os experimentos instalados mais tardiamente receberam aplicações preventivas de fungicidas a cada doze dias.

O IAF foi medido aos 30 dias após a semeadura, e ao longo do ciclo da cultivar. No experimento 5, devido ao severo acamamento, o IAF foi medido somente até aos 85 dias após a semeadura.

Nos experimentos 1 a 8, foram coletados, periodicamente, cinco plantas por parcela, e amostrados cinco perfilhos representativos. A área foliar foi medida nesses perfilhos utilizando um medidor automático modelo LI 300 da "Lambda Instruments Corporation". Ao mesmo tempo, foi contado o número de perfilhos em 2 metros lineares, previamente demarcados nas parcelas. O IAF foi estimado através da seguinte fórmula:

$$\text{IAF} = \frac{\text{Área foliar de 5 perfilhos (m}^2\text{)}}{5} \times n^{\circ} \text{ de perfilhos/m}^2$$

Para minimizar os possíveis erros de amostragem, a partir do experimento 9, passou-se a determinar adicionalmente o peso de matéria seca das folhas das 5 plantas (PS₁), o peso de matéria seca das folhas dos 5 perfilhos (PS₂), e o número dos perfilhos das 5 plantas, conforme sugerido por Yoshida et al. (1976). A área foliar por perfilho passou então a ser corrigida através da fórmula:

$$\text{Área foliar corrigida} = \frac{\text{Área foliar de 5 perfilhos} \times \text{PS}_1}{\text{N}^{\circ} \text{ de perfilhos de 5 plantas} \times \text{PS}_2}$$

As curvas de crescimento do IAF foram ajustadas por equações de regressão, testando-se modelos lineares, quadráticos e cúbicos para determinar o melhor ajuste. A Duração da Área Foliar (DAF) foi obtida a partir das curvas ajustadas de IAF para cada repetição dos experimentos, integrando o crescimento dos 30 aos 120 dias (DAF total ou DAF_t) e dos 60 aos 100 dias (DAF no período reprodutivo ou DAF_r). Por IAF máximo (IAF_{max}) subentende-se o

ponto máximo, observado normalmente dos 85 aos 95 dias do ciclo da cultivar, cujo ciclo total da semeadura à maturação dos grãos requer em torno de 130 dias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A condução de experimentos em cinco anos consecutivos permitiu que a cultivar IAC 47 demonstrasse uma grande plasticidade no crescimento, tendo a duração da área foliar dos 30 aos 120 dias após a semeadura (DAF_t), apresentado valores situados entre 63 e 420 dias (Tabela 2).

A área foliar apresentou maior variação entre experimentos do que o número de perfilhos por unidade de área, e foi o fator de maior relevância na determinação do IAF (Tabela 2). Apesar de o número de perfilhos também ter sido um fator significativo a baixos valores de DAF, à medida que este valor aumentou, mais se fortaleceu a relação entre IAF e área foliar.

O menor IAF do estudo foi observado nos experimentos 1, 2 e 3, conduzidos em solo Latossolo Vermelho-Amarelo. Apesar da alta dose de adubo utilizada (150 kg P₂O₅/ha, 50 kg de K₂O/ha a lanço; 200 kg/ha da fórmula 6-30-6 + Zn (0,3%) no sulco de plantio; 48 kg de N/ha em cobertura, na forma de sulfato de amônia), não foi possível reverter a baixa fertilidade natural desse tipo de solo.

Os experimentos 4, 5, 6 e 7, nos quais o período de crescimento se caracterizou por alta pluviosidade, com grande número de dias chuvosos e baixa insolação (Tabela 1), apresentaram o maior crescimento do estudo. De acordo com Murata & Matsushima (1975), plantas de arroz tendem a desenvolver folhas longas sob baixos níveis de radiação solar. Efetivamente nesses experimentos foram observadas as maiores áreas foliares por perfilho (Tabela 2).

A produtividade também apresentou uma grande variação entre experimentos, com extremos de 200 a 4.050 kg/ha, sendo os ajustamentos desta variável com DAF_t, DAF_r e IAF_{max} melhor representados por uma equa-

TABELA 2. Perfilhamento máximo e final, área foliar máxima e coeficiente de correlação linear simples entre o IAF e seus fatores determinantes.

Identificação ¹ do experimento	Nº máximo de perfilhos (Nº/m ²)	Nº final de perfilhos (Nº/m ²)	Área foliar máxima/perf. (cm ²)	R ²	
				IAF x PERF.	IAF x AFP
3	160	80	129,2	0,79*	0,58 ns
1	190	162	77,5	0,88**	0,98**
2	195	119	137,4	0,70**	0,95**
11.1	208	178	106,7	0,60**	0,93**
11.2	197	177	101,8	0,60**	0,93**
10	183	158	173,0	0,35 ns	0,92**
9	173	157	176,0	0,85**	0,92**
8	204	189	180,8	0,60**	0,93**
12.1	252	199	200,2	0,31 ns	0,99*
12.2	255	205	252,8	-0,07 ns	0,99**
6	201	167	274,7	0,44 ns	0,98**
7	207	177	322,5	0,13 ns	0,99**
4	251	235	293,3	0,43 ns	0,99**
5	262	260	320,3		

¹ Experimentos relacionados em ordem crescente de DAF

* Significativo a 5% de probabilidade

** Significativo a 1% de probabilidade

ns = Não significativo

PERF = Número de perfilhos/m²

AFP = Área foliar por perfilho

ção de 2º grau, com coeficientes de determinação de 0,242, 0,248 e 0,209, respectivamente. Esses baixos valores devem-se à diversidade dos fatores ambientais, em especial a disponibilidade de água e radiação solar, que afetaram a expressão da relação nos diferentes experimentos.

Com o objetivo de facilitar a interpretação e discussão dos resultados, é apresentada a Fig. 1, na qual os experimentos se distribuem de acordo com sua produtividade, nos vários níveis da relação Produtividade/DAF_r (P/DAF). Tal relação, dentro do escopo da discussão que se segue, pode ser considerada uma estimativa da eficiência da área foliar. Como sua amplitude de variação foi de 0,2 a 3,3 g de grão por m² de folha por dia, a Fig. 1 foi dividida em dois quadrantes, tomando a mediana como limite. Os experimentos que

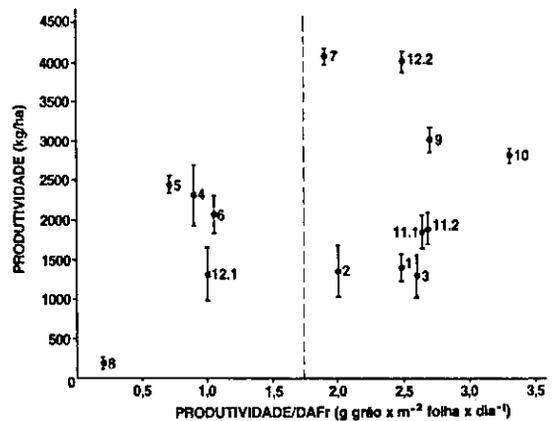


FIG. 1. Distribuição dos experimentos de acordo com os níveis da produtividade e da relação produtividade/DAF.

apresentaram P/DAF acima da média concentraram-se em dois grupos bem definidos. O primeiro, formado pelos experimentos 1, 2, 3, 11.1 e 11.2 (Grupo I) abrangeu produtividades entre 1.000 e 2.000 kg/ha, valores estes comumente encontrados em lavouras comerciais. A produtividade média do arroz de sequeiro situa-se ao redor dos 1.200 kg/ha. O segundo grupo, definido pelos experimentos 7, 9, 10 e 12.2 (Grupo II) envolve produtividades próximas ou superiores à meta para a cultura, de 3.000 kg/ha (Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária 1981).

Dentre os experimentos em que a relação P/DAF se situou abaixo da média, dois grupos podem ser definidos, levando-se em consideração o fator de ambiente possivelmente relacionado à queda da relação: aquele constituído pelos experimentos 4 e 5 (Grupo III), em que o período reprodutivo da cultura se caracterizou por alta pluviosidade e dias totalmente encobertos, e aquele constituído pelos experimentos 6, 8 e 12.1 (Grupo IV), os quais sofreram deficiência hídrica de moderada a severa no período reprodutivo (Tabela 1).

O critério do agrupamento mostrou-se efetivo em aumentar o grau de ajuste da regressão da produtividade em função dos parâmetros de área foliar. A Tabela 3 apresenta a equação de melhor ajuste para cada situação, e dentro da amplitude de IAF abrangida pelo grupo em consideração. Não foi estabelecida relação para o Grupo III em razão do pequeno número

de pares de variáveis e de sua pequena dispersão.

Grupo I

Os experimentos 1, 2, 3, 11.1 e 11.2, que apresentaram baixa produtividade com uma relação P/DAF acima da média (Fig. 1) apresentaram também os mais baixos valores de DAF do estudo, tendo o IAF_{max} se situado entre 1,5 e 2,0 (Tabela 4).

A Tabela 1 indica que esses experimentos não sofreram deficiência hídrica, apesar da ocorrência de estiagem para dois deles e de as médias de insolação no período reprodutivo terem sido normais.

Broughan (1960), estabeleceu o conceito de IAF crítico como a quantidade de área necessária para interceptação de 95% da radiação incidente. Os dados obtidos por Jones et al. (1979) indicam que a cultivar IAC 47 é capaz de interceptar 95% da radiação fotossinteticamente ativa (RAF), com um IAF de 2,5 ao nível do solo, e com IAF de 4,5 a 25 cm do solo. Esses valores estão acima dos apresentados pelos experimentos do Grupo I. Portanto, a limitação à produtividade nos experimentos deste grupo foi imposta pela escassa área foliar. Para esse nível de cobertura do terreno, parte da radiação solar incidente não pôde ser interceptada pelas folhas, incidindo diretamente sobre a superfície do solo (Watson 1952).

TABELA 3. Equações de regressão da produtividade em função do parâmetro de área foliar melhor correlacionado a ela, considerando todos os experimentos, ou os diferentes grupos definidos de acordo com sua localização no gráfico da produtividade versus a relação produtividade/DAF (Fig. 1).

	Equação de Regressão	R ²	N
Todos os experimentos	$Y = 295,9 + 21,8 DAF_r - 0,04 DAF_r^2$	0,248**	42
Grupo I	$Y = 1421,7 + 7,34 DAF_t - 0,08 DAF_t^2$	0,616*	12
Grupo II	$Y = 569,8 + 32,7 DAF_r - 0,08 DAF_r^2$	0,715**	14
Grupo IV	$Y = -1457,8 - 48,1 IAF_{max} + 148,5 IAF_{max}^2$	0,807**	10

TABELA 4. Duração da área foliar dos 30 aos 120 dias (DAF_t) e dos 60 aos 100 dias após semeadura (DAF_r) e índice de área foliar máximo (IAF_{max}) apresentados pela cultivar IAC 47 em 12 experimentos de campo, agrupados de acordo com sua localização no gráfico da produtividade versus a relação produtividade/DAF.

Grupo	Experimento	DAF _t (dias)	DAF _r (dias)	¹ IAF _{max}
I	3	63,3	49,7	1,83
	1	95,9	57,1	1,50
	2	73,2	69,2	2,00
	11.1	133,3	70,8	2,18
	11.2	133,5	70,5	2,02
II	10	196,8	85,0	2,92
	9	292,7	113,0	3,40
	12.2	289,6	161,3	4,55
III	7	391,8	217,3	6,30
	4	420,9	258,6	6,98
IV	5	1768,2	339,5	8,30
	6	333,5	195,2	5,06
	8	213,1	114,3	3,50
	12.1	247,6	131,5	4,38

¹ Última amostragem da área foliar aos 83 dias. Valor de DAF_t superestimado pela equação linear.

² Médias dos valores observados.

A baixa produtividade média do arroz de sequeiro tem sido atribuída, basicamente à ocorrência de estiagem no período reprodutivo e à doença causada pelo fungo *Pyricularia oryzae* Cav. (Steinmetz et al. 1986). Os dados do presente estudo indicam, contudo, que mesmo na ausência desses estresses, sérias limitações à produtividade são impostas pelo simples estabelecimento de um baixo IAF.

Dado o baixo nível de tecnologia normalmente empregado na cultura de arroz de sequeiro, devido aos riscos a ela inerentes, é comum a ocorrência de lavouras com baixa população de plantas ou com limitado crescimento da área foliar. O efeito desses fatores

na depressão do rendimento potencial das cultivares de arroz de sequeiro é normalmente subestimado, ou não é sequer considerado.

Grupo II

Os experimentos com alta produtividade apresentaram valores de DAF_r entre 85 e 217 dias e de IAF_{max} entre 2,9 e 6,3 (Tabela 4).

A relação P/DAF atingiu seu ponto máximo no experimento 10 (Fig. 1), cujo IAF_{max} está bastante próximo do valor crítico. Nos demais experimentos do Grupo II a relação decresceu, apesar de os valores de insolação para o período reprodutivo serem similares (Tabela 1). Uma consequência natural do aumento do IAF é o aumento do sombreamento mútuo, o que faz com que a taxa fotossintética por unidade de área diminua. Além do IAF, o ângulo das folhas também afeta a distribuição da luz em comunidades vegetais, em decorrência da sua relação com o coeficiente de extinção (Murata & Matsushima 1975). A cultivar IAC 47 possui folhas longas, com tendência a decumbentes. Este arranjo de folhas, por resultar em um alto coeficiente de extinção, torna possível a ocorrência de autosombreamento, mesmo a baixos valores de IAF.

A Fig. 2 apresenta a evolução do IAF nos casos em que a produtividade atingiu a meta de 3.000 kg/ha. A equação de regressão da produtividade em função do DAF_r (Tabela 3) prevê um crescimento exponencial da curva até um DAF em torno de 160. A partir desse ponto, os incrementos de produtividade por incremento de DAF passam a ser insignificantes. Dessa forma, os experimentos 12.2 e 7, com DAF de 160 e 217, e IAF de 4,5 e 6,3, respectivamente, apresentaram produtividades em torno de 4.000 kg/ha (Fig. 1). A mesma equação prevê uma produtividade de 2.774 kg/ha para um DAF de 85, o qual equivale a um IAF em torno de 3,0 (Tabela 3). Efetivamente, o experimento 10, com um IAF de 2,92 (Tabela 4), apresentou uma produtividade de 2.800 kg/ha (Fig. 1). Esses resultados contrastam com o obtido por Jones & Guimarães (1979), os quais sugerem que o potencial

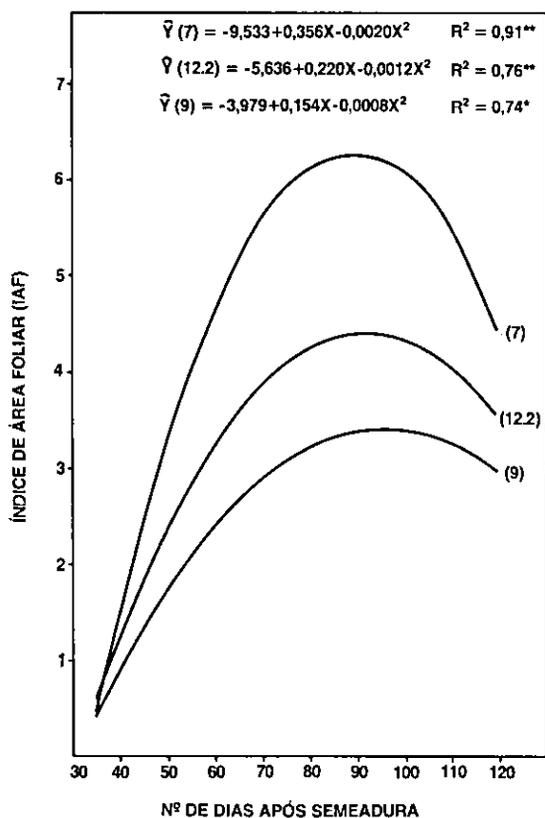


FIG. 2. Evolução do índice de área foliar (IAF) em experimentos nos quais o crescimento adequado permitiu atingir produtividades superiores a 3.000 kg/ha.

produtivo para um IAF de 3,0 não ultrapasse 2.000 kg/ha. Contudo, em nosso estudo, as produtividades superiores foram obtidas em condições de boa disponibilidade de água no período reprodutivo, asseguradas por irrigação suplementar durante estiagem, associadas à alta radiação solar, e na ausência de brusone e acamamento.

Grupo III

Os experimentos desse grupo apresentaram os maiores valores de DAF_r do estudo, de 258 e 339 dias com IAF_{max} de 6,9 e 8,3 (Tabela 4).

A evolução do IAF para os experimentos de número 7 (Fig. 2) – o qual apresentou a má-

xima produtividade do estudo – e o de número 4 (Fig. 3) foi bastante similar, tendo o experimento 7 apresentado inclusive um IAF final mais elevado. Portanto, a depressão na produtividade e os menores valores da relação P/DAF do Grupo III em relação ao Grupo II não podem ser atribuídos unicamente ao auto-sombreamento derivado da área foliar excessiva.

Aliada à expansão da área foliar nos experimentos 4 e 5 ocorreu também alongamento dos entrenós, tendo as plantas atingido estatu-

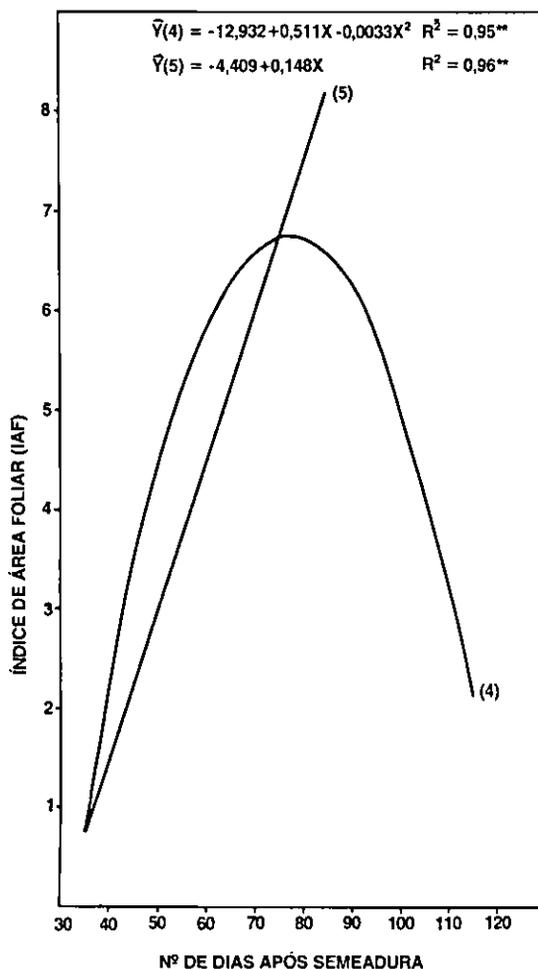


FIG. 3. Evolução do índice de área foliar (IAF) em experimentos nos quais o crescimento excessivo impôs limitação à produtividade.

ras em torno de 150 cm. Como consequência, ocorreu intenso acamamento logo após o florescimento. Portanto, a redução da eficiência do dossel foliar da IAC 47, a altos níveis de IAF, decorre não só do autosombreamento derivado do seu arranjo foliar mas também da quele decorrente da queda das plantas.

A alta pluviosidade associada a dias encobertos, caracterizou o período reprodutivo dos experimentos 4 e 5, em que o número de dias sem chuva foi de apenas nove (Tabela 1). Em contraste, o período reprodutivo do experimento 7 se caracterizou pela maior radiação derivada de estiagem, tendo a disponibilidade de água sido assegurada por irrigação suplementar. As localidades brasileiras com alta pluviosidade, consideradas favorecidas para arroz de sequeiro (Steinmetz et al. 1986), apresentam menor disponibilidade de radiação solar de acordo com as tabelas compiladas por Hancock et al. (1979). É possível que isso se relacione ao fato de que as médias das referidas regiões não ultrapassem aquelas das regiões onde o risco por deficiência hídrica é maior, conforme os dados apresentados por Steinmetz et al. (1986). Essas condições foram representadas no estudo pelos experimentos 4 e 5. É, portanto, possível que a menor disponibilidade de radiação solar, além de seu efeito indireto, na morfologia da cultivar, tenha também exercido um efeito direto na redução da relação P/DAF.

Grupo IV

O estabelecimento da intensidade da deficiência hídrica nos experimentos 6, 8 e 12.1 (Tabela 1) teve como base a comparação de sua produtividade com a das testemunhas irrigadas 7, 9 e 12.2, respectivamente. Havia, no entanto, outros pares de experimentos/tratamentos submetidos a regime hídrico diferencial, quais sejam 2 versus 3 e 11.1 versus 11.2.

Como mencionado anteriormente, os experimentos com baixa área foliar (Grupo I) não sofreram queda de produtividade ou redução acentuada da relação P/DAF devido à estia-

gem. Portanto, para valores de IAF_{max} até 2,0, estiagem como a ocorrida para os experimentos 2 e 11, resultou em deficiência hídrica de pequena intensidade. De acordo com Jones & Guimarães (1979), a relação entre a evapotranspiração real e a potencial (ET_a/ET_p) cresce à medida que cresce o IAF, atingindo valor 1 quando este se situa entre 2,5 e 3,0.

No caso dos experimentos 6, 8 e 12.1, com área foliar superior à 3,0, a estiagem reduziu acentuadamente a relação P/DAF e a produtividade em relação às testemunhas irrigadas 7, 9 e 12.2 (Fig. 1). A equação de regressão para o grupo III (Tabela 3) indica que em condições de deficiência hídrica e dentro dos limites abrangidos no estudo, a produtividade foi uma função do IAF_{max} . O percentual de dano foi inversamente proporcional à área foliar, pois o experimento 6 sofreu quebra de rendimento de 48,8% em relação ao experimento 7, enquanto para os experimentos 12.1 e 8 a quebra foi de, respectivamente, 67,2 e 92,9% em relação aos experimentos 12.2 e 9. À primeira vista, poder-se-ia concluir que quanto maior a área foliar, menor o dano por deficiência hídrica. Contudo, outros fatores devem ser levados em consideração. O experimento 6, cuja produtividade atingiu 2.000 kg/ha, sofreu interrupção do ciclo de secamento por chuva de 15 mm na ocasião do florescimento, estágio este considerado o mais crítico à cultura (Hsiao 1982).

Os experimentos 8 e 12 sofreram estiagem de mesma duração e no mesmo estágio de desenvolvimento. Contudo, a curva de secamento de solo (Fig. 4) indica uma queda mais rápida do teor de água para o experimento de menor área foliar, o que sugere diferenças na demanda evaporativa atmosférica durante a estiagem. Isso enfatiza a importância de outros fatores do sistema solo-planta-atmosfera, além da área transpirativa, na resposta de cultivares à seca. Dentre esses fatores ressalta-se a importância da profundidade do sistema radicular (Reyniers et al. 1983).

Os resultados do presente estudo demonstram que o IAF ótimo para a cultivar IAC 47, de ciclo médio, se situa ao redor de 4,5, o qual permite produzir cerca de 4.000 kg/ha de

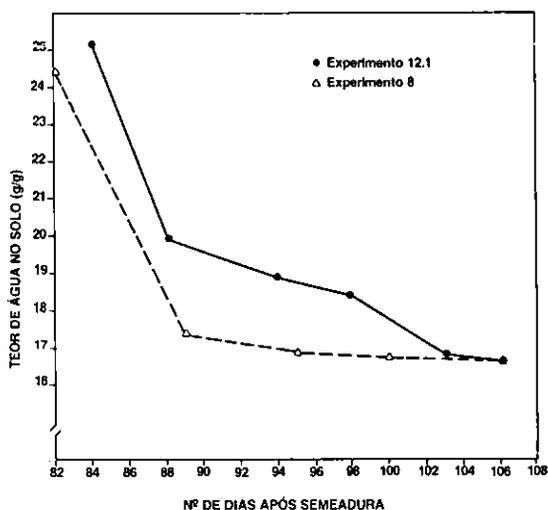


FIG. 4. Teor de água no solo, determinado gravimetricamente, até a profundidade de 45 cm durante o ciclo de secamento, em experimentos que sofreram deficiência hídrica severa durante o período reprodutivo.

grãos, valor este 3,3 vezes superior à média nacional. Contudo, o estabelecimento de tal nível de IAF, em localidades com alta probabilidade de ocorrência de veranicos no período reprodutivo, tende a acentuar o grau de risco da cultura.

Por outro lado, valores de IAF inferiores a 2,0 minimizam as chances de perda por deficiência hídrica, mas também restringem o potencial produtivo a valores inferiores a 1.500 kg/ha. Portanto, mesmo na ausência dos fatores ambientais limitantes, o simples estabelecimento de um baixo IAF já torna inviável a superação da média nacional para a cultura.

Para regiões favorecidas quanto à distribuição pluvial, a aplicação de fertilizantes e defensivos para incremento do IAF em cultivares tradicionais poderá não trazer o retorno esperado, em decorrência do acamamento e da baixa eficiência de absorção de luz. As alterações no tipo de planta tradicional de sequeiro, para localidades com adequada distribuição pluvial, sugeridas por Pinheiro et al. (1985), permitiriam viabilizar esse retorno.

CONCLUSÕES

1. Ao estabelecer o nível de crescimento desejado para a cultura do arroz de sequeiro, devem ser levadas em consideração as peculiaridades climáticas da localidade em questão.
2. Devem-se adequar a essas peculiaridades a época e densidade de semeadura, assim como o espaçamento e o nível de fertilizantes e defensivos a serem aplicados.

REFERÊNCIAS

- BROUGHAN, R.W. The relationship between the critical leaf area, total chlorophyll content and maximum growth rate of some pasture and crop plants. *Ann Bot.*, 24:463-74, 1960.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Departamento Técnico Científico, Brasília, DF. Programa nacional de pesquisa de arroz. Brasília, EMBRAPA-DID, 1981. 69p.
- HANCOCK, J.K.; HILL, R.W.; HARGREAVES, G.H. Potential evapotranspiration and precipitation deficits for Tropical America. Cali, CIAT, 1979. p.22-106.
- HEATH, O.V.S. & GREGORY, F.G. The constancy of the mean net assimilation rate and its ecological importance. *Ann. Bot.*, 2:811-8, 1938.
- HIAO, T.C. The soil-plant-atmosphere continuum in relation to drought and crop production. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE, Los Baños, Filipinas. *Drought resistance in crops with emphasis on rice*. Los Baños, 1982. p.39-52.
- JONES, C.A. & GUIMARÃES, C.M. The field water balance of a Red Yellow Latosol under upland rice: effect of leaf area index on drought stress. In: LAL, R. & GREENLAND, D.J., eds. *Soil physical properties and crop production in the tropics*. New York, John Wiley, 1979. p.139-47.
- JONES, C.A.; ZIMMERMANN, F.J.P.; DALL'ACQUA, F.M. Light penetration in wide-row upland rice. *Trop. Agric.*, 56(4):367-69, 1979.

- MURATA, Y. & MATSUSHIMA, S. Rice. In: EVANS, L.J., ed. **Crop Physiology**; some cases stories. Cambridge, Cambridge University Press, 1975. p.73-99.
- PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L.F.; GUIMARÃES, E.P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **20**(1):87-95, 1985.
- REYNIERS, F.N.; STEINMETZ, S.; FOREST, F. **Impact de l'enracinement et de la reserve en eau utile sur la productivité du riz pluvial en Brésil.** s.n.t. 10p. Trabalho apresentado no Seminário Impacto das Relações Solo x Água x Planta sobre a Intensificação da Agricultura de Sequeiro nos Cerrados, Planaltina, DF, 1983.
- STEINMETZ, S.; MORAES, J.F.V.; OLIVEIRA, I.P. de; MORAIS, O.P.; MOREIRA, J.A.A.; PRABHU, A.S.; FERREIRA, E.; SILVEIRA FILHO, A. Upland rice environments in Brazil and the fitness of improved technologies. In: **INTERNATIONAL UPLAND RICE CONFERENCE, 2.**, Jakarta, 1985. **Proceedings.** Los Baños, IRRI, 1986. p.15-24.
- STONE, L.F. & STEINMETZ, S. Índice de área foliar e adubação nitrogenada em arroz. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **14**(1):25-8, 1979.
- STONE, L.F.; OLIVEIRA, A.B. da; STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao nitrogênio. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, **14**(3):295-301, 1979.
- TAKEDA, T. Studies on the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. **Jap. J. Bot.**, **17**(3):403-7, 1961.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Adv. Agron.**, **4**:101-45, 1952.
- YOSHIDA, S.; FORNO, D.A.; COCK, J.H.; GOMEZ, K.A. **Laboratory manual for physiological studies of rice.** Los Baños, IRRI, 1976. 83p.