

# SUCESSÃO ARROZ-FEIJÃO IRRIGADOS POR ASPERSÃO EFEITOS DE ESPAÇAMENTO ENTRE LINHAS, ADUBAÇÃO E CULTIVAR NO CRESCIMENTO, DESENVOLVIMENTO RADICULAR E CONSUMO D'ÁGUA DO ARROZ<sup>1</sup>

LUIS FERNANDO STONE<sup>2</sup> e ANA LÚCIA PEREIRA<sup>3</sup>

RESUMO - Estudaram-se, durante dois anos, os efeitos de espaçamentos entre linhas (20, 35 e 50 cm), adubações (250, 400 e 550 kg/ha de 4-30-16) e cultivares/linhagens (Rio Paranaíba, Araguaia, CNA 6874 e CNA 6889), e o efeito residual de adubações aplicadas ao feijoeiro (*Phaseolus vulgaris* L.) (300 e 500 kg/ha de 4-30-16) sobre o crescimento, desenvolvimento radicular e consumo d'água do arroz (*Oryza sativa* L.) cultivado em sucessão ao feijão, sob pivô central. No segundo ano, as duas últimas linhagens de arroz de sequeiro favorecido foram substituídas pelas 'CNA 6881' e 'CNA 6891'. Em geral, aumento na adubação promoveu aumento no índice (L) e na duração (D) da área foliar, e no peso da matéria seca (W). Redução no espaçamento também promoveu aumento em L e D. O seu efeito sobre W<sub>p</sub>, entretanto, dependeu da adubação aplicada. A produtividade das cultivares de sequeiro tradicional (Rio Paranaíba e Araguaia), em condições de limitado desenvolvimento das plantas, e das linhagens de arroz de sequeiro favorecido, correlacionou-se positivamente com D. A distribuição relativa do sistema radicular foi pouco afetada pelos tratamentos. Em geral, o consumo d'água aumentou com o aumento em L.

Termos de indexação: *Oryza sativa*, pivô central, índice de área foliar, produção de matéria seca, coeficiente de cultura.

RICE-COMMON BEAN ROTATION UNDER SPRINKLER IRRIGATION:  
EFFECTS OF ROW SPACING, FERTILIZATION AND CULTIVAR ON GROWTH, ROOT DEVELOPMENT  
AND WATER CONSUMPTION OF RICE.

ABSTRACT - The effects of row spacings (20, 35, and 50 cm), fertilizer levels (250, 400, and 550 kg/ha of formula 4-30-16), and cultivars/lines (Rio Paranaíba, Araguaia, CNA 6874, and CNA 6889), and the residual effects of previous common bean (*Phaseolus vulgaris* L.) crop fertilization (300 and 500 kg/ha of 4-30-16) on the growth, root development, and water consumption of rice (*Oryza sativa* L.), planted in rotation with common bean under center pivot were studied during two years. The last two favorable upland rice lines were replaced by CNA 6881 and CNA 6891 lines, in the second year. In general, increasing fertilization resulted in leaf area index (L), leaf area duration (D), and dry matter yield (W), increase. Reducing row spacing also increased L and D. Its effect on W<sub>p</sub>, however, varied with the fertilizer level applied. The grain yield of the upland traditional cultivars (Rio Paranaíba and Araguaia) under limited plant development, and that of favorable upland rice lines was positively correlated to D. Relative root distribution was little affected by the treatments. In general, water consumption increased as L increased.

Index terms: *Oryza sativa*, center pivot, leaf area index, dry matter yield, crop coefficient.

## INTRODUÇÃO

A interação entre as plantas de culturas anuais se dá pela competição por luz que se instala rapi-

damente, sendo, portanto, desejável rápido crescimento da área foliar e arquitetura foliar que reduza ao máximo o auto-sombreamento (Bernardes, 1987).

Com a criação de cultivares de arroz específicas para as condições de irrigação por aspersão, denominadas de sequeiro favorecido, que apresentam menor tamanho e ângulo das folhas em relação às cultivares de sequeiro tradicionais, é possí-

<sup>1</sup> Accito para publicação em 25 de maio de 1994.

<sup>2</sup> Eng.-Agr., Dr., EMBRAPA/Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO. Bolsista do CNPq.

<sup>3</sup> Enga.-Agra. Bolsista do CNPq.

vel reduzir o espaçamento entre linhas. Isto propicia aumento no índice de área foliar (L) e concomitante acréscimo na produtividade.

Stone et al. (1984) observaram que, quando a umidade do solo não é limitante, à medida que a área foliar cresce, aumenta o número e a superfície de folhas fotossinteticamente ativas, resultando em aumento na produtividade do arroz, até chegar a um ponto crítico, em que começa a haver sombreamento mútuo e decréscimo da produtividade.

Santos (1990) verificou que a redução no espaçamento entre linhas aumentou o L e a duração da área foliar (D) das cultivares de arroz Araguaia e Guarani. Para esta última cultivar, a redução no espaçamento aumentou ainda o peso da matéria seca. O aumento em D esteve associado com o aumento na produtividade das duas cultivares.

A adubação também aumenta a área foliar do arroz (Stone & Steinmetz, 1979). O aumento da área foliar, entretanto, não significa necessariamente aumento da matéria seca, visto que há uma relação inversa entre L e a taxa de assimilação líquida, em altos níveis de L, em decorrência do sombreamento mútuo (Takeda, 1961). Pinheiro et al. (1990), trabalhando com a cultivar de arroz de sequeiro tradicional, IAC 47, afirmaram que alto índice de área foliar não é garantia de alta produtividade, quando associado a condições de alta pluviosidade e dias encobertos no período reprodutivo. Este tipo de cultivar apresenta folhas longas e decumbentes, o que resulta em alto coeficiente de falta de luz, tornando possível a ocorrência de auto-sombreamento mesmo a baixos valores de L (Pinheiro & Guimarães, 1990).

O conhecimento dos efeitos de práticas agrônomicas que alterem a área foliar sobre o consumo d'água e o desenvolvimento radicular é de grande importância para o adequado planejamento da irrigação. Brunini et al. (1981) verificaram que a cultivar de arroz IR 665, de folhas eretas e pequenas, apresentou maior consumo d'água em relação à 'IAC 1246', de folhas maiores e decumbentes. Ambas as cultivares apresentaram maior consumo d'água no espaçamento que propiciou maior área foliar, 30 cm entre linhas, em relação ao de 60 cm entre linhas. Stone et al. (1979) e Talha et al. (1980) também verificaram que aumento na área foliar do arroz provoca aumento no consumo

d'água. O tipo de planta também afeta o desenvolvimento radicular do arroz. Jones et al. (1979) observaram que, em condições de sequeiro, cultivares de arroz irrigado apresentaram menor desenvolvimento radicular que as de sequeiro tradicional.

O objetivo deste trabalho foi determinar como a adubação e o espaçamento entre linhas afetam o crescimento, o desenvolvimento radicular e o consumo d'água de cultivares e linhagens de arroz com diferentes tipos de planta.

## MATERIAL E MÉTODOS

Em experimento conduzido com a cultura do arroz sob pivô central, na Fazenda Capivara, do Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão, no município de Santo Antônio de Goiás, GO, em um Latossolo Vermelho-Escuro distrófico, foi feita, por dois anos (1990 e 1991), análise de crescimento das plantas. Nesses dois anos também foi determinado o consumo d'água, e, em 1990, a densidade radicular das plantas.

No primeiro ano, os tratamentos consistiram da combinação de três espaçamentos entre linhas (20, 35 e 50 cm), três adubações (250, 400 e 550 kg/ha da fórmula 40-30-16) e quatro cultivares/linhagens (Rio Paranaíba, Araguaia, CNA 6874 e CNA 6889). As duas primeiras são cultivares de arroz de sequeiro, com altura média em torno de 125 cm. A primeira, apresenta perfilhos semi-abertos e folhas inferiores decumbentes; a segunda, apresenta perfilhos mais fechados e folhas mais estreitas e ligeiramente mais curtas e menos decumbentes do que a 'Rio Paranaíba'. As linhagens de arroz de sequeiro favorecido, CNA 6874 e CNA 6889, apresentam perfilhos semicompactos, folhas mais curtas e mais eretas do que a 'Araguaia'. A 'CNA 6874' apresenta altura de planta em torno de 90 cm e a 'CNA 6889', em torno de 75 cm. No segundo ano, as linhagens CNA 6874 e CNA 6889 foram substituídas pelas linhagens CNA 6881 e CNA 6891, respectivamente, que apresentam o mesmo tipo e altura de planta que as anteriores. Neste ano, o arroz foi plantado sobre parcelas anteriormente adubadas de maneira diferenciada e cultivadas com feijão. Isto gerou mais um tratamento denominado adubação da cultura anterior, com as doses de 300 e 500 kg/ha da fórmula 4-30-16. A linhagem CNA 6874 foi eliminada do estudo, em virtude da elevada incidência de brusone, que a dizimou totalmente.

No primeiro ano, as cultivares/linhagens receberam um total de 833,5 mm de água ao longo do ciclo, sendo 528,5 mm provenientes da chuva, e os restantes, da irrigação. No segundo ano, o total foi igual a 1.014,6 mm

de água, sendo 951,7 mm provenientes da chuva. A irrigação foi conduzida de maneira que o potencial de água do solo a 15 cm de profundidade não ultrapassasse - 0,025 MPa (Stone et al., 1986).

Na análise do crescimento, foram considerados, com relação à adubação, apenas os dois tratamentos extremos. No primeiro ano, 250 e 550 kg/ha de 4-30-16 e, no segundo ano, estas mesmas doses associadas a 300 e 500 kg/ha de 4-30-16, respectivamente, aplicadas à cultura precedente. Foram feitas 17 amostragens semanais de plantas, com duas repetições, começando aos oito dias após a emergência, no primeiro ano, e nove amostragens começando aos 13 dias após a emergência, no segundo ano. Neste ano, as amostragens foram feitas a cada duas semanas, até os 80 dias após a emergência, e depois foram feitas semanalmente. Em cada uma delas coletavam-se dez perfilhos por tratamento. Determinou-se a área foliar com medidor de área marca LI-COR, modelo LI 3000. Após a secagem dos perfilhos em estufa a 75°C, determinou-se o peso da matéria seca ( $W_t$ ). O índice de área foliar (L) foi obtido pela multiplicação da área foliar média de um perfilho, em  $m^2$ , pelo número de perfilhos por  $m^2$ . As curvas de  $W_t$  e L em função do tempo foram ajustadas pelas seguintes equações:

$$W_t = ea^{(bt+ct^2)}$$

$$L = ea_1^{(b_1t+c_1t^2)}$$

Os coeficientes foram estimados através de análise de regressão, após transformação das equações para a forma logarítmica. A duração da área foliar (D), expressa em dias, foi obtida pela integração da curva de L em função do tempo.

Para a obtenção das curvas de  $W_t$  e L foram considerados, na linhagem CNA 6889, os dados obtidos no primeiro ano e, para as linhagens CNA 6881 e CNA 6891, os dados obtidos no segundo ano. Para as cultivares Rio Paranaíba e Araguaia, foram consideradas duas situações: na primeira, com grande desenvolvimento das plantas, usaram-se os dados obtidos no segundo ano; na segunda, com menor desenvolvimento das plantas, usaram-se os dados obtidos no primeiro ano.

No primeiro ano, também foi determinada, para a linhagem CNA 6889 e para as cultivares Rio Paranaíba e Araguaia, em todos os tratamentos, a densidade radicular, em  $g.dm^{-3}$ . Para tanto, foram coletadas, por tratamento, com um trado de 8 cm de diâmetro, amostras de raízes mais solo até 80 cm de profundidade, em intervalos de 20 cm. As raízes foram separadas do solo por lavagem e peneiramento, conforme método descrito por Jones et al. (1979) e depois secadas em estufa a 75°C e

pesadas. As amostragens foram feitas por ocasião da floração, entre as linhas de plantas.

No primeiro ano, no período compreendido entre 43 e 57 dias após a emergência, foi determinado, em todos os tratamentos, o consumo d'água pelas plantas do arroz. No segundo ano, o consumo d'água foi determinado no período compreendido entre 60 e 75 após a emergência, nos mesmos tratamentos em que se efetuou a análise de crescimento. Para determinação do consumo d'água, considerou-se o perfil de solo até 80 cm de profundidade e utilizou-se o método do balanço hídrico de campo, conforme descrito em Silveira & Stone (1979), desprezando-se o escoamento superficial, porque o balanço foi feito em período de pouca ou nenhuma precipitação pluvial. Foram considerados os valores obtidos através do balanço hídrico como representativos da evapotranspiração máxima (ETm), uma vez que a cultura foi mantida em condições ótimas de umidade no solo. Através da relação entre ETm e a evapotranspiração de cultivo de referência (ETo), calculou-se o coeficiente de cultura (Kc). A ETo foi estimada por meio da evaporação do tanque Classe A (ECA). A ECA foi transformada em ETo através do coeficiente do tanque (Kp), que considera o clima e o meio circundante ao tanque. Assim:

$$ETo = ECA \times Kp$$

$$Kc = ETm/ETo$$

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

As curvas ajustadas de L e  $W_t$  em função da idade da planta, nos diversos tratamentos, são apresentadas nas Fig. 1 a 7. Em todos os tratamentos o ajuste foi significativo a 1%, sendo o menor valor de  $R^2$  igual a 0,82 para L e 0,95 para  $W_t$  (Tabelas 1 e 2).

A linhagem CNA 6881 apresentou os maiores valores de L em todos os tratamentos. O valor máximo foi igual a 10,6, no espaçamento de 20 cm entre linhas, na maior adubação. O valor mínimo foi igual a 1,5 e ocorreu com a linhagem CNA 6889, no espaçamento mais amplo e com a menor adubação. Esta linhagem e a cultivar Rio Paranaíba, no primeiro ano, apresentaram os menores valores de L.

De maneira geral, os valores máximos de L ocorreram mais tarde, no espaçamento mais amplo (Fig. 1 a 7). Isto é mais evidenciado nas cultivares/linhagens com maior área foliar. Assim, a dife-

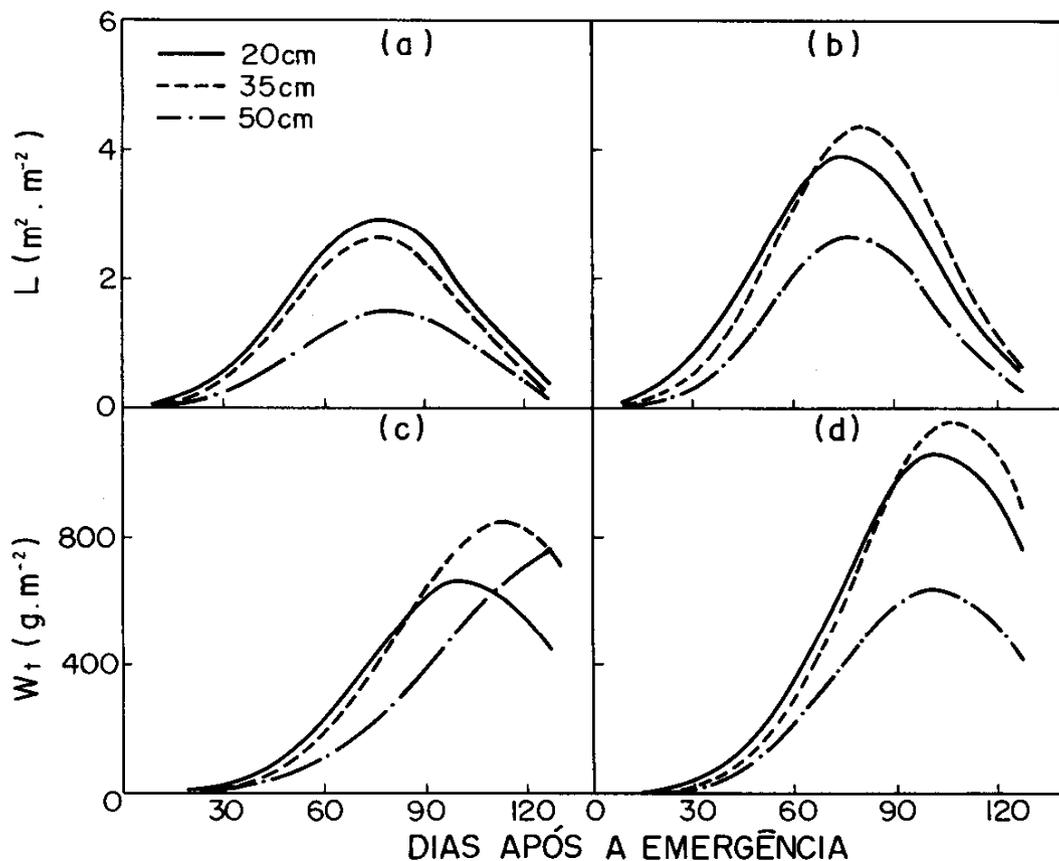


FIG. 1. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da linhagem de arroz CNA 6889 em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 250 kg/ha de 4-30-16, b e d - 550 kg/ha de 4-30-16).

rença entre o menor e o maior espaçamento, com relação à ocorrência do pico de  $L$ , foi igual a 15, 10, 12 e 10 dias para as cultivares/linhagens CNA 6881, CNA 6891, Rio Paranaíba (segundo ano) e Araguaia (segundo ano), respectivamente, quando utilizada a menor adubação. Com maior adubação, as diferenças foram iguais a 15, 7, 4 e 10 dias. Santos (1990) também verificou que os valores máximos de  $L$  ocorreram mais cedo nos tratamentos com maiores densidades de semeadura, em virtude da competição excessiva entre as plantas. Esta competição acelera a senescência das folhas mais velhas. Na linhagem CNA 6891, e, especi-

almente, na cultivar Rio Paranaíba (segundo ano), a adubação minimizou este efeito.

Com exceção das linhagens CNA 6881 e CNA 6891, em que a maior adubação, por ter aumentado a incidência de doenças, diminuiu a área foliar em alguns espaçamentos entre linhas, ela propiciou aumento da área foliar para as demais cultivares/linhagens, em todos os espaçamentos estudados. A redução do espaçamento, de maneira geral, também propiciou aumento do índice e da duração da área foliar (Tabela 3). O aumento de  $L$  com a adubação e com a redução do espaçamento entre linhas também foi verificado em arroz por Stone

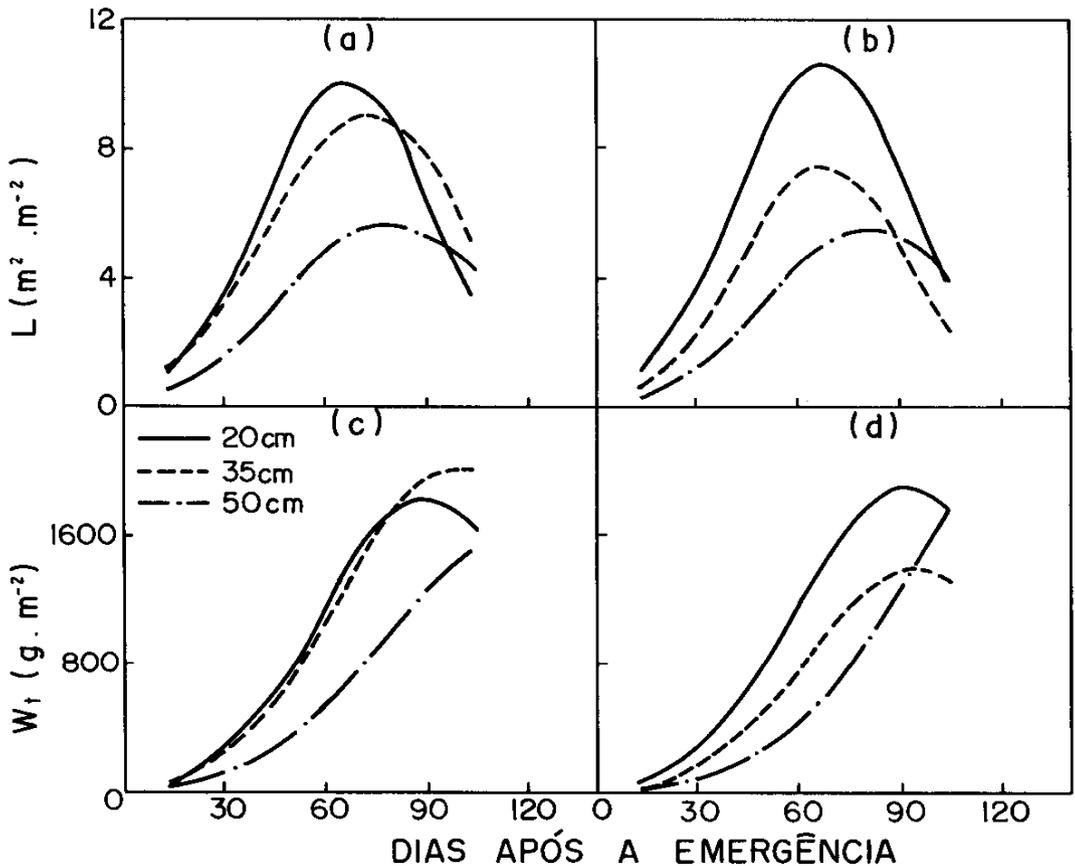


FIG. 2. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da linhagem de arroz CNA 6881 em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 250 kg/ha de 4-30-16, b e d - 550 kg/ha de 4-30-16).

& Steinmetz (1979), Brunini et al. (1981) e Santos (1990).

A maior adubação propiciou maior peso da matéria seca em todas as cultivares/linhagens, com exceção da linhagem CNA 6889, no espaçamento de 50 cm entre linhas, e da linhagem CNA 6881, no de 35 cm entre linhas (Fig. 1 a 7). A redução no espaçamento, por sua vez, aumentou  $W_t$ , em todos os tratamentos, apenas na linhagem CNA 6891 e na cultivar Araguaia (nos dois anos). Nas demais cultivares/linhagens, o efeito do espaçamento sobre  $W_t$  dependeu da adubação considerada. Santos (1990), ao contrário deste estudo, não

observou efeito significativo do espaçamento entre linhas sobre o peso da matéria seca da cultivar Araguaia. Este mesmo autor, entretanto, verificou que o peso da matéria seca da cultivar Guarani aumentou com a redução do espaçamento de 50 para 30 cm.

A correlação entre D e o peso final da matéria seca foi significativa e positiva em todas as cultivares/linhagens (Tabela 4), com exceção da 'CNA 6881'. Watson (1952) considerou a variação e a duração da área foliar as principais causas nas diferenças na produção biológica das culturas e a variação na taxa assimilatória líquida ( $E_A$ ) de me-

**TABELA 1. Equações ajustadas do índice de área foliar ( $m^2 \cdot m^{-2}$ ) em função de dias após a emergência do arroz, para os diversos tratamentos.**

Cultivar/ Linhagem (cm)	Espaçamento entre linhas	Adubação 1 <sup>1</sup>		Adubação 2	
		Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
CNA 6889	20	$L=0,03 \text{ EXP}(0,12t-8,08 \text{ E-}4t^2)$	0,94	$L=0,06 \text{ EXP}(0,11t-7,38 \text{ E-}4t^2)$	0,82
	35	$L=0,02 \text{ EXP}(0,12t-8,19 \text{ E-}4t^2)$	0,92	$L=0,02 \text{ EXP}(0,14t-8,56 \text{ E-}4t^2)$	0,94
	50	$L=0,02 \text{ EXP}(0,10t-6,49 \text{ E-}4t^2)$	0,90	$L=0,01 \text{ EXP}(0,14t-9,07 \text{ E-}4t^2)$	0,90
CNA 6881	20	$L=0,30 \text{ EXP}(0,10t-7,80 \text{ E-}4t^2)$	0,91	$L=0,35 \text{ EXP}(0,10t-7,51 \text{ E-}4t^2)$	0,88
	35	$L=0,44 \text{ EXP}(0,08t-5,71 \text{ E-}4t^2)$	0,97	$L=0,17 \text{ EXP}(0,11t-8,29 \text{ E-}4t^2)$	0,97
	50	$L=0,19 \text{ EXP}(0,08t-5,34 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$L=0,10 \text{ EXP}(0,10t-6,35 \text{ E-}4t^2)$	0,97
CNA 6891	20	$L=0,03 \text{ EXP}(0,15t-9,80 \text{ E-}4t^2)$	0,96	$L=0,05 \text{ EXP}(0,13t-8,24 \text{ E-}4t^2)$	0,91
	35	$L=0,01 \text{ EXP}(0,15t-9,36 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$L=0,005 \text{ EXP}(0,17t-1,06 \text{ E-}3t^2)$	0,99
	50	$L=0,01 \text{ EXP}(0,14t-8,06 \text{ E-}4t^2)$	0,97	$L=0,004 \text{ EXP}(0,17t-1,02 \text{ E-}3t^2)$	0,99
R. Paranaíba (1º ano)	20	$L=0,02 \text{ EXP}(0,14t-9,49 \text{ E-}4t^2)$	0,91	$L=0,04 \text{ EXP}(0,13t-8,80 \text{ E-}4t^2)$	0,94
	35	$L=0,03 \text{ EXP}(0,12t-7,74 \text{ E-}4t^2)$	0,92	$L=0,02 \text{ EXP}(0,15t-1,04 \text{ E-}3t^2)$	0,92
	50	$L=0,03 \text{ EXP}(0,11t-7,19 \text{ E-}4t^2)$	0,89	$L=0,02 \text{ EXP}(0,13t-8,72 \text{ E-}4t^2)$	0,96
Araguaia (1º ano)	20	$L=0,06 \text{ EXP}(0,11t-7,16 \text{ E-}4t^2)$	0,96	$L=0,04 \text{ EXP}(0,12t-8,46 \text{ E-}4t^2)$	0,94
	35	$L=0,01 \text{ EXP}(0,18t-1,35 \text{ E-}3t^2)$	0,86	$L=0,01 \text{ EXP}(0,16t-1,07 \text{ E-}3t^2)$	0,96
	50	$L=0,02 \text{ EXP}(0,11t-7,13 \text{ E-}4t^2)$	0,95	$L=0,01 \text{ EXP}(0,15t-1,06 \text{ E-}3t^2)$	0,94
R. Paranaíba (2º ano)	20	$L=0,07 \text{ EXP}(0,11t-8,14 \text{ E-}4t^2)$	0,92	$L=0,21 \text{ EXP}(0,10t-7,32 \text{ E-}4t^2)$	0,90
	35	$L=0,18 \text{ EXP}(0,08t-5,60 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$L=0,04 \text{ EXP}(0,14t-9,47 \text{ E-}4t^2)$	0,96
	50	$L=0,07 \text{ EXP}(0,09t-5,48 \text{ E-}4t^2)$	0,93	$L=0,04 \text{ EXP}(0,13t-9,29 \text{ E-}4t^2)$	0,97
Araguaia (2º ano)	20	$L=0,06 \text{ EXP}(0,11t-7,03 \text{ E-}4t^2)$	0,86	$L=0,07 \text{ EXP}(0,10t-5,96 \text{ E-}4t^2)$	0,99
	35	$L=0,04 \text{ EXP}(0,12t-8,38 \text{ E-}4t^2)$	0,95	$L=0,06 \text{ EXP}(0,12t-8,53 \text{ E-}4t^2)$	0,96
	50	$L=0,05 \text{ EXP}(0,10t-5,76 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$L=0,02 \text{ EXP}(0,14t-8,94 \text{ E-}4t^2)$	0,98

<sup>1</sup> Adubação 1 e 2 = 250 e 550 kg/ha da fórmula 4-30-16, respectivamente.

nor importância. Assim, L foi amplamente aceito como determinante da produção de matéria seca. No entanto, tem sido demonstrado que o aumento da área foliar não significa necessariamente aumento da matéria seca, visto que há uma relação inversa entre L e  $E_A$ , em altos níveis de L, em decorrência do sombreamento mútuo (Takeda, 1961). Este parece ser o caso da linhagem CNA 6881, que apresentou os maiores valores de L.

A produção de grãos apresentou correlação significativa e positiva com a duração da área foliar, em todas as cultivares/linhagens, com exceção da 'Araguaia' e da 'Rio Paranaíba', no segundo ano de cultivo (Tabela 4). Nestas cultivares, de folhas mais longas e decumbentes, o grande desenvolvimento foliar que ocorreu neste ano, causando inclusive acamamento, provavelmente afetou a dis-

tribuição da luz na comunidade vegetal, aumentando o coeficiente de extinção e causando auto-sombreamento. Nestas condições ocorre alteração na relação fotossíntese/respiração e queda na produtividade. Pinheiro et al. (1990) afirmaram que alto L não é garantia de alta produtividade, quando se trata de cultivares tradicionais de arroz de sequeiro. Por outro lado, as linhagens de sequeiro favorecido, dada a sua arquitetura de planta, mesmo com altos valores de L apresentaram correlação positiva com a produção de grãos, especialmente a linhagem CNA 6891, de porte baixo. No primeiro ano de cultivo, dado o seu menor desenvolvimento, as cultivares Rio Paranaíba e Araguaia apresentaram correlação entre D e produção de grãos. Santos (1990), trabalhando com as cultivares Araguaia e Guarani, em condições de L me-

TABELA 2. Equações ajustadas do peso da matéria seca ( $\text{g.m}^{-2}$ ) em função de dias após a emergência do arroz, para os diversos tratamentos.

Cultivar/ Linhagem (cm)	Espaçamento entre linhas	Adubação 1 <sup>1</sup>		Adubação 2	
		Equação	R <sup>2</sup>	Equação	R <sup>2</sup>
CNA 6889	20	$W_i=1,34 \text{ EXP}(0,12t-5,90 \text{ E-}4t^2)$	0,97	$W_i=2,37 \text{ EXP}(0,12t-5,72 \text{ E-}4t^2)$	0,97
	35	$W_i=1,41 \text{ EXP}(0,11t-4,99 \text{ E-}4t^2)$	0,95	$W_i=0,84 \text{ EXP}(0,14t-6,40 \text{ E-}4t^2)$	0,97
	50	$W_i=1,34 \text{ EXP}(0,10t-3,58 \text{ E-}4t^2)$	0,95	$W_i=0,74 \text{ EXP}(0,13t-6,52 \text{ E-}4t^2)$	0,98
CNA 6881	20	$W_i=22,50 \text{ EXP}(0,10t-5,52 \text{ E-}4t^2)$	0,96	$W_i=30,57 \text{ EXP}(0,09t-4,96 \text{ E-}4t^2)$	0,97
	35	$W_i=28,43 \text{ EXP}(0,11t-4,31 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$W_i=15,05 \text{ EXP}(0,10t-5,16 \text{ E-}4t^2)$	0,99
	50	$W_i=14,77 \text{ EXP}(0,08t-3,54 \text{ E-}4t^2)$	0,99	$W_i=11,39 \text{ EXP}(0,08t-2,87 \text{ E-}4t^2)$	0,98
CNA 6891	20	$W_i=3,18 \text{ EXP}(0,14t-7,82 \text{ E-}4t^2)$	0,99	$W_i=6,70 \text{ EXP}(0,11t-5,14 \text{ E-}4t^2)$	0,97
	35	$W_i=0,95 \text{ EXP}(0,15t-7,90 \text{ E-}4t^2)$	0,99	$W_i=0,50 \text{ EXP}(0,16t-8,72 \text{ E-}4t^2)$	0,99
	50	$W_i=0,73 \text{ EXP}(0,14t-7,44 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$W_i=0,76 \text{ EXP}(0,14t-6,69 \text{ E-}4t^2)$	0,99
R. Paranaíba (1º ano)	20	$W_i=1,54 \text{ EXP}(0,12t-5,94 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$W_i=2,64 \text{ EXP}(0,12t-5,88 \text{ E-}4t^2)$	0,96
	35	$W_i=1,60 \text{ EXP}(0,11t-4,88 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$W_i=1,24 \text{ EXP}(0,13t-5,99 \text{ E-}4t^2)$	0,97
	50	$W_i=1,46 \text{ EXP}(0,10t-4,45 \text{ E-}4t^2)$	0,97	$W_i=0,66 \text{ EXP}(0,13t-6,12 \text{ E-}4t^2)$	0,97
Araguaia (1º ano)	20	$W_i=2,43 \text{ EXP}(0,12t-6,20 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$W_i=2,31 \text{ EXP}(0,12t-6,22 \text{ E-}4t^2)$	0,96
	35	$W_i=1,26 \text{ EXP}(0,12t-6,07 \text{ E-}4t^2)$	0,97	$W_i=0,68 \text{ EXP}(0,15t-7,41 \text{ E-}4t^2)$	0,96
	50	$W_i=1,45 \text{ EXP}(0,10t-4,28 \text{ E-}4t^2)$	0,96	$W_i=0,98 \text{ EXP}(0,13t-5,95 \text{ E-}4t^2)$	0,97
R. Paranaíba (2º ano)	20	$W_i=4,18 \text{ EXP}(0,12t-6,96 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$W_i=19,32 \text{ EXP}(0,09t-4,90 \text{ E-}4t^2)$	0,98
	35	$W_i=14,37 \text{ EXP}(0,08t-3,56 \text{ E-}4t^2)$	0,99	$W_i=6,28 \text{ EXP}(0,11t-5,74 \text{ E-}4t^2)$	0,99
	50	$W_i=5,65 \text{ EXP}(0,09t-3,71 \text{ E-}4t^2)$	0,98	$W_i=3,51 \text{ EXP}(0,12t-6,15 \text{ E-}4t^2)$	0,99
Araguaia (2º ano)	20	$W_i=6,42 \text{ EXP}(0,10t-4,45 \text{ E-}4t^2)$	0,96	$W_i=12,93 \text{ EXP}(0,10t-5,96 \text{ E-}4t^2)$	0,99
	35	$W_i=5,57 \text{ EXP}(0,10t-5,32 \text{ E-}4t^2)$	0,97	$W_i=7,15 \text{ EXP}(0,11t-6,06 \text{ E-}4t^2)$	0,96
	50	$W_i=4,05 \text{ EXP}(0,10t-4,69 \text{ E-}4t^2)$	0,99	$W_i=2,63 \text{ EXP}(0,12t-6,69 \text{ E-}4t^2)$	0,99

<sup>1</sup> Adubação 1 e 2 = 250 e 550 kg/ha da fórmula 4-30-16, respectivamente.

nor do que 3,5, obteve correlações lineares e positivas entre D e produção de grãos. Stone et al. (1984) também observaram aumento na produtividade do arroz com o aumento da área foliar.

Pelo exposto, pode-se estabelecer que, em condições de adequada disponibilidade de água no solo, as linhagens de sequeiro favorecido devem ser conduzidas de maneira a maximizar a sua área foliar, o que pode ser obtido pela redução no espaçamento entre linhas e/ou aumento na adubação. No caso das cultivares de sequeiro tradicional, isto também é verdadeiro em situações de estresses outros que não a deficiência hídrica, que contribuam para reduzir o seu desenvolvimento, tais como compactação do solo, baixa fertilidade, cultivo contínuo, alta ocorrência de cupins, entre outros. Por outro lado, em condições favoráveis ao

desenvolvimento, estas cultivares devem ser conduzidas em espaçamentos mais amplos para minimizar o auto-sombreamento e evitar acamamento.

No primeiro ano, o coeficiente de cultura (Kc) das cultivares/linhagens estudadas foi significativamente menor nos maiores espaçamentos entre linhas (Fig. 8). No segundo ano, este efeito somente se verificou nas linhagens CNA 6881 e CNA 6891. O grande desenvolvimento das plantas das cultivares Rio Paranaíba e Araguaia, neste ano, e o seu tipo de planta, devem ter aumentado o auto-sombreamento, especialmente nos menores espaçamentos, reduzindo a exposição das folhas à radiação solar e, conseqüentemente, a transpiração. Assim, apesar de apresentarem maior área foliar nos menores espaçamentos, não houve dife-

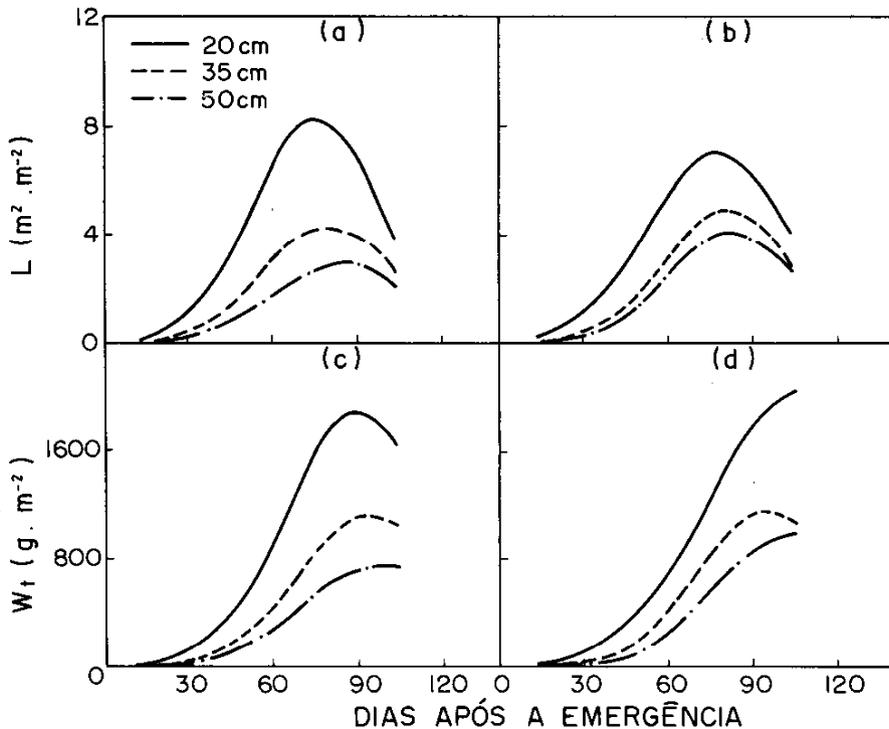


FIG. 3. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da linhagem de arroz CNA 6891 em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 250 kg/ha de 4-30-16, b e d - 550 kg/ha de 4-30-16).

TABELA 3. Duração da área foliar do arroz, em dias, em diversos tratamentos.

Cultivar/ Linhagem	Adubação <sup>1</sup>			Adubação <sup>2</sup>		
	Espaçamento entre linhas (cm)			Espaçamento entre linhas (cm)		
	20	35	50	20	35	50
CNA 6889	181,2	162,0	100,9	248,0	262,1	157,5
CNA 6881	576,1	562,5	343,8	620,4	430,0	315,2
CNA 6891	427,2	216,9	142,5	374,8	233,9	189,5
R. Paranaíba (1º ano)	183,0	149,6	102,4	231,5	196,9	121,5
Araguaia (1º ano)	222,7	172,7	95,6	232,2	190,0	151,8
R. Paranaíba (2º ano)	215,7	259,9	164,7	381,1	315,2	249,8
Araguaia (2º ano)	216,3	175,8	135,1	352,3	253,9	227,3

<sup>1</sup>Adubação 1 e 2 = 250 e 550 kg/ha da fórmula 4-30-16, respectivamente.

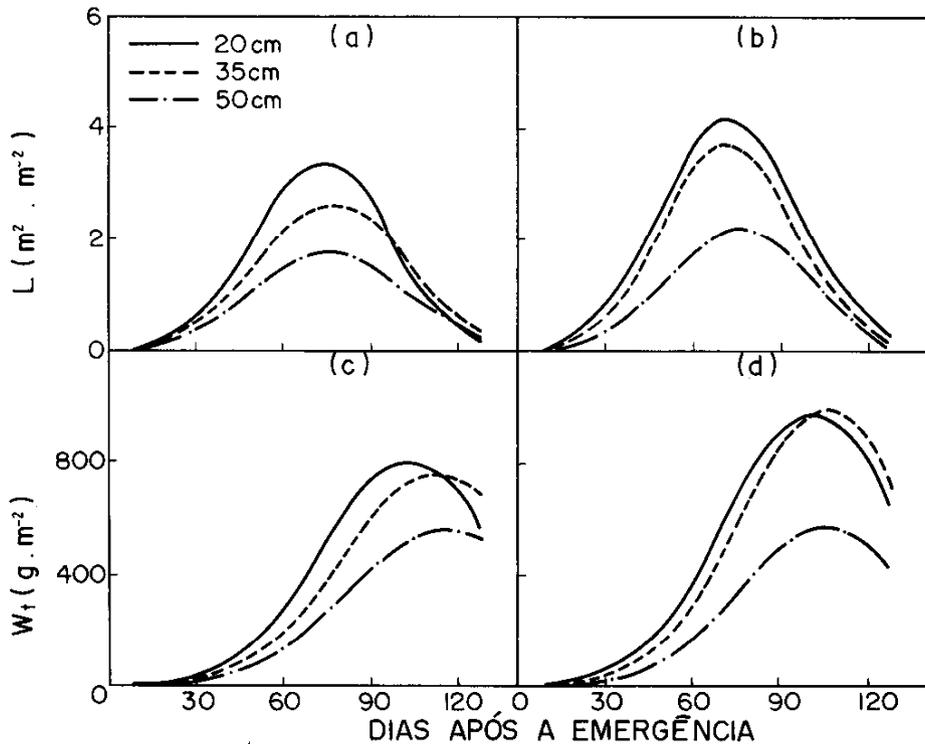


FIG. 4. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de arroz Rio Paranaíba, no primeiro cultivo, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 250 kg/ha de 4-30-16, b e d - 550 kg/ha de 4-30-16).

TABELA 4. Coeficientes de correlação linear ( $r$ ) entre o peso final da matéria seca ( $W_t$ ,  $g \cdot m^{-2}$ ) e a duração da área foliar ( $D$ , dia) e entre a produção de grãos ( $PROD$ ,  $kg \cdot ha^{-1}$ ) e  $D$ , para as diversas cultivares/linhagens.

Cultivar/Linhagem	$r$	
	$W_t \times D$	$PROD \times D$
CNA 6889	0,92**	0,78**
CNA 6881	0,38	0,60*
CNA 6891	0,92**	0,90**
Rio Paranaíba (1º ano)	0,94**	0,96**
Araguaia (1º ano)	0,92**	0,71**
Rio Paranaíba (2º ano)	0,88**	0,22
Araguaia (2º ano)	0,78**	0,18

rença significativa no consumo d'água. Tanto no primeiro como no segundo ano, houve tendência do  $K_c$  aumentar com o incremento da adubação (Tabelas 5 e 6). A exceção foi a linhagem CNA 6891, dado que a maior adubação reduziu a sua área foliar no espaçamento de 20 cm entre linhas, pelos motivos já discutidos.

O comportamento de  $K_c$ , aumentando com a redução do espaçamento entre linhas e com o aumento da adubação, está ligado à área foliar (Fig. 9 e 10). Quanto maior ela for, maior o consumo d'água e o  $K_c$ . Observa-se na Fig. 9, que a cultivar Rio Paranaíba, do tipo tradicional de sequeiro, apresentou o menor coeficiente de regressão, e a linhagem CNA 6889, desenvolvida para o sistema de sequeiro favorecido, o maior. Dessa maneira, com o incremento da área foliar, a linha-

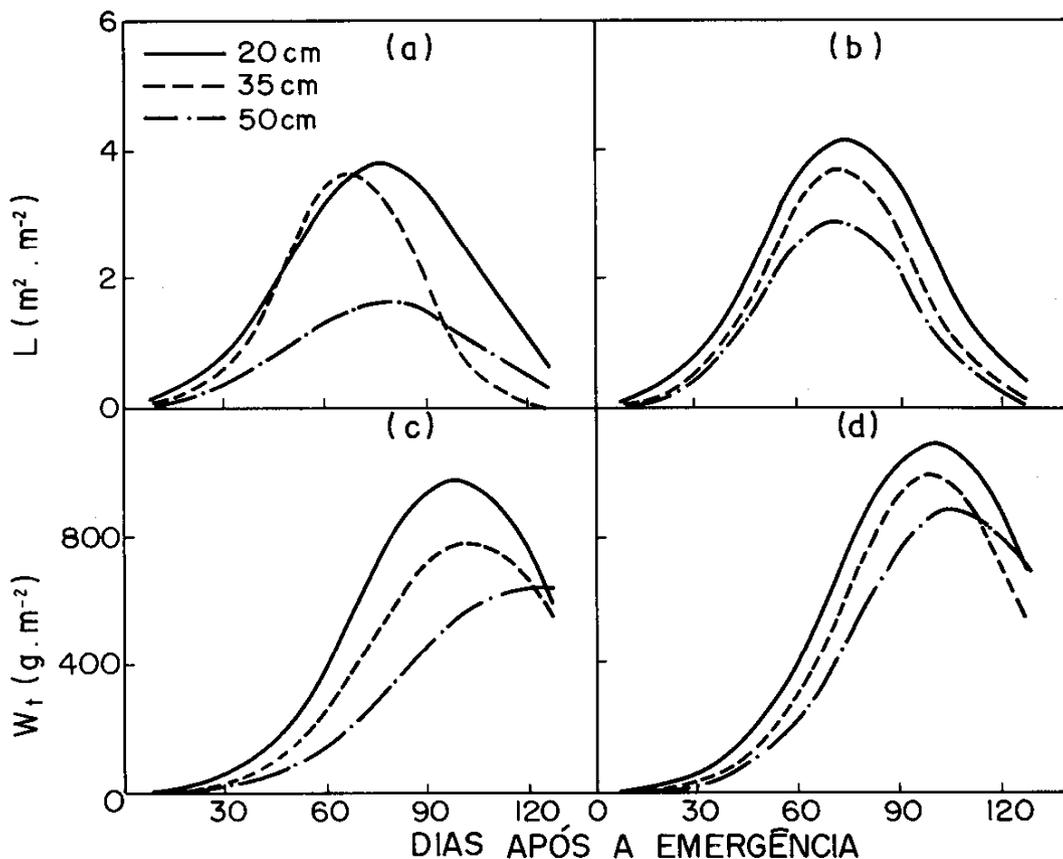


FIG. 5. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de arroz Araguaia, no primeiro cultivo, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 250 kg/ha de 4-30-16, b e d - 550 kg/ha de 4-30-16).

TABELA 5. Valores médios do coeficiente de cultura, obtidos no período compreendido entre 43 e 57 dias após a emergência, em três adubações (1º ano).

Cultivar/ Linagem	Coeficiente de cultura		
	Adubação 1 <sup>1</sup>	Adubação 2 <sup>1</sup>	Adubação 3 <sup>1</sup>
CNA 6889	1,10	1,26	1,27
Rio Paranaíba	1,16	1,24	1,28
Araguaia	1,25	1,34	1,37

<sup>1</sup> Adubação 1, 2 e 3 = 250, 400 e 550 kg/ha da fórmula 4-30-16, respectivamente.

TABELA 6. Valores médios do coeficiente de cultura, obtidos no período compreendido entre 60 e 75 dias após a emergência, em duas adubações (2º ano).

Cultivar/Linagem	Coeficiente de cultura	
	Adubação 1 <sup>1</sup>	Adubação 2 <sup>1</sup>
CNA 6881	1,15	1,27
CNA 6891	1,38	1,13
Rio Paranaíba	1,22	1,48
Araguaia	1,13	1,14

<sup>1</sup> Adubação 1 e 2 = 250 e 550 kg/ha da fórmula 4-30-16, respectivamente

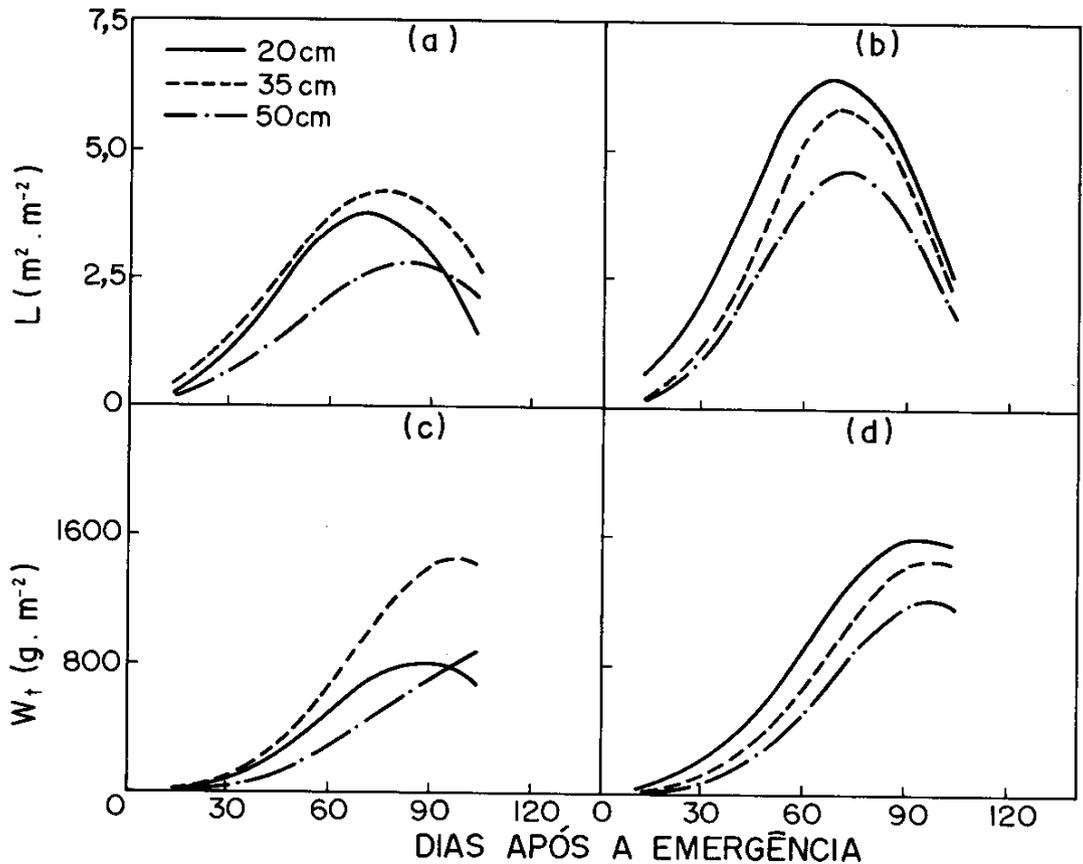


FIG. 6. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de arroz Rio Paranaíba, no segundo cultivo, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 250 kg/ha de 4-30-16, b e d - 550 kg/ha de 4-30-16).

gem CNA 6889 necessitará de maior lâmina de irrigação do que a 'Rio Paranaíba'. Isto era de se esperar, uma vez que no desenvolvimento desta última foi considerada o aspecto da resistência à seca. No segundo ano, apenas as linhagens de sequeiro favorecido apresentaram correlação significativa entre o índice de área foliar e o  $K_c$ . Para as demais cultivares, o auto-sombreamento deve ter interferido nesta relação. Stone et al. (1979), Talha et al. (1980) e Brunini et al. (1981) também observaram aumento no consumo de água pelo arroz com o incremento da área foliar.

Os valores de  $K_c$  obtidos com a cultivar Rio Paranaíba neste estudo, com o espaçamento de 50 cm entre linhas, são compatíveis com os obtidos por Rocha (1989), para esta mesma cultivar.

A densidade radicular das cultivares/linhagens estudadas (Tabela 7) foi menor no espaçamento de 50 cm entre linhas, e não houve diferenças significativas entre as demais. Como a amostragem foi feita entre as linhas, na metade da distância entre elas, é possível que naquele espaçamento as raízes não se tenham desenvolvido o suficiente para explorar completamente todo o espaço entre linhas,

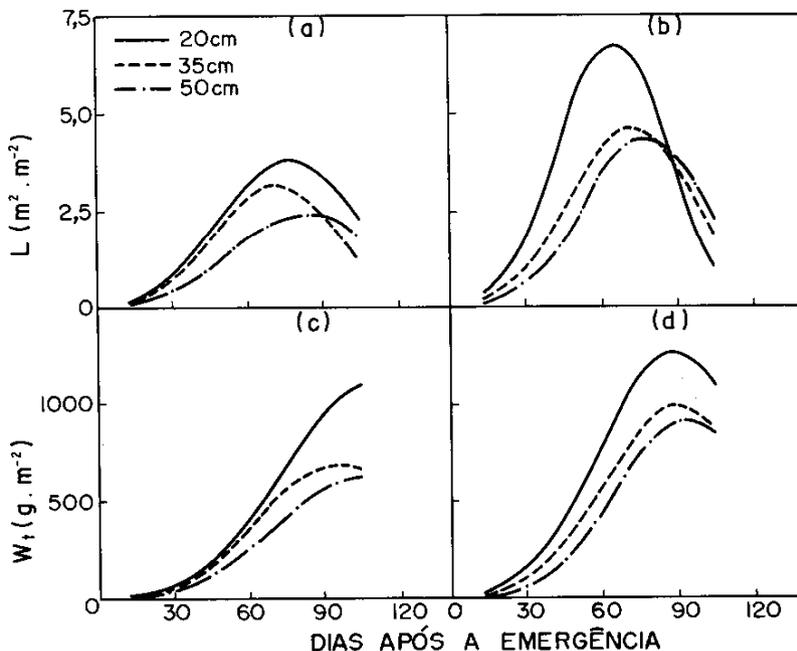


FIG. 7. Curvas ajustadas do índice de área foliar e do peso da matéria seca da cultivar de arroz Araguaia, no segundo cultivo, em três espaçamentos entre linhas e duas adubações (a e c - 250 kg/ha de 4-30-16, b e d - 550 kg/ha de 4-30-16).

TABELA 7. Densidade radicular do arroz ( $\text{g}\cdot\text{dm}^{-3}$ ), em função da profundidade do solo, nos diversos tratamentos.

Tratamentos	Profundidade do solo (cm)				Total
	0-20	20-40	40-60	60-80	
Adubação (kg 4-30-16/ha)					
250	0,360	0,059	0,016	0,019	0,454
400	0,377	0,090	0,038	0,022	0,527
550	0,196	0,043	0,029	0,018	0,286
Espaçamento entre linhas (cm)					
20	0,353	0,054	0,028	0,021	0,456
35	0,353	0,083	0,029	0,021	0,486
50	0,226	0,055	0,024	0,016	0,321
Cultivares/linhagens					
Rio Paranaíba	0,369	0,066	0,034	0,023	0,492
Araguaia	0,316	0,074	0,023	0,020	0,433
CNA 6889	0,248	0,051	0,024	0,016	0,339

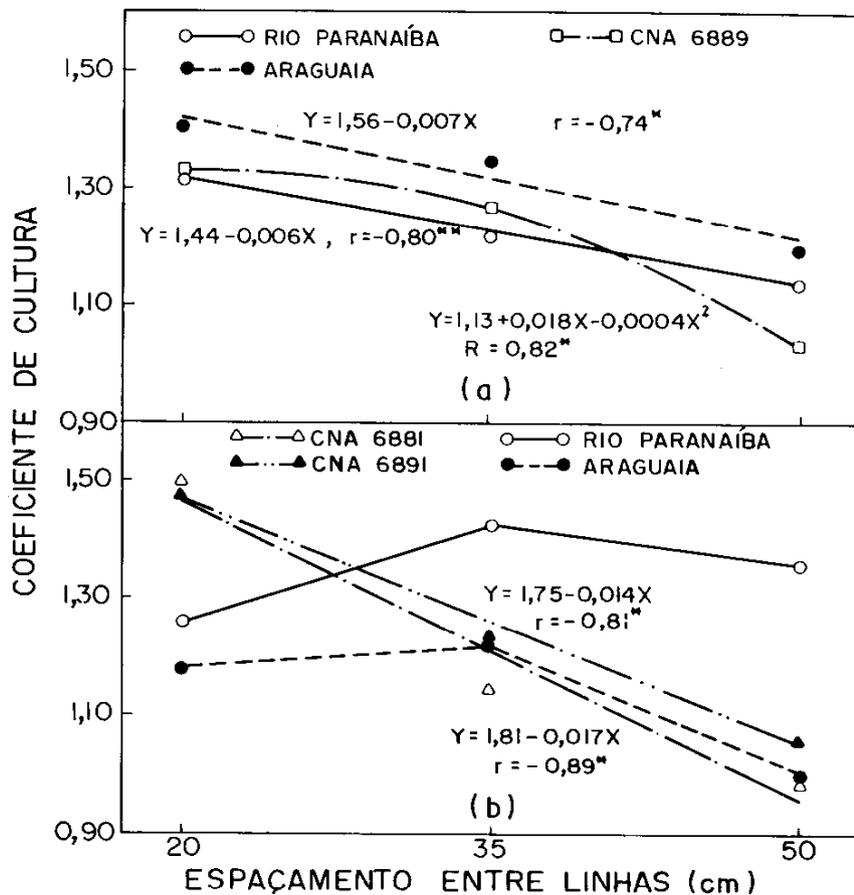
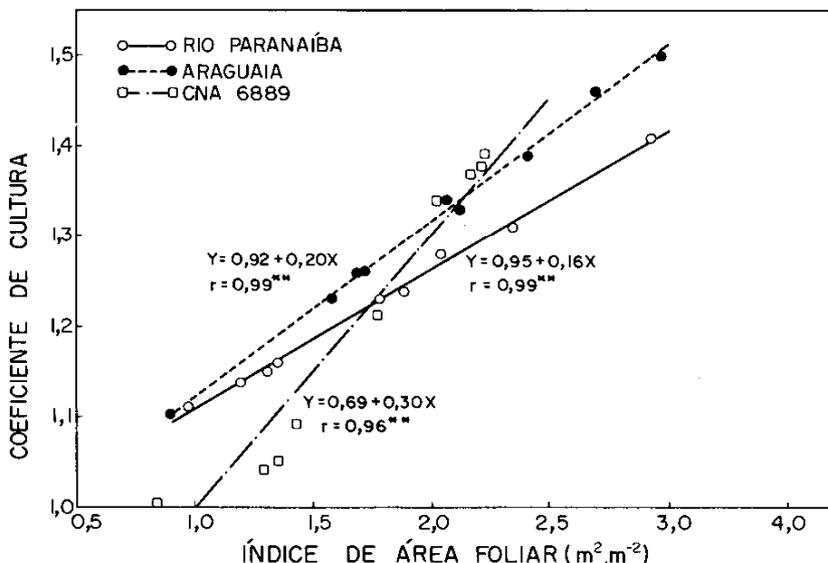


FIG. 8. Coeficiente de cultura de cultivares/linhagens de arroz em função do espaçamento entre linhas, em dois períodos do ciclo (a- 43 a 57 dias após a emergência, primeiro ano e b- 60 a 75 dias após a emergência, segundo ano).

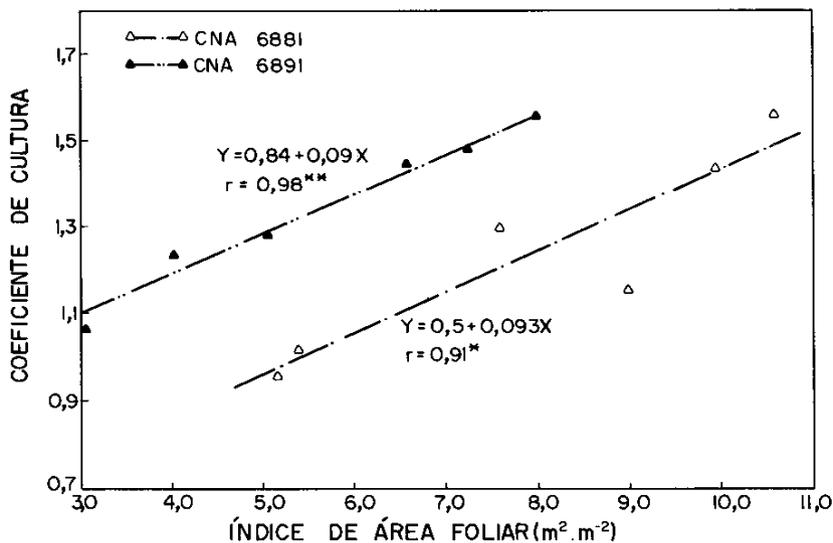
especialmente na camada mais superficial. A cultivar Rio Paranaíba, do tipo tradicional de sequeiro, apresentou a maior densidade radicular, e a linhagem CNA 6889, desenvolvida para as condições de sequeiro favorecido, a menor. A densidade radicular no tratamento com maior adubação foi menor do que nos demais. Há inconsistência, na literatura, com relação aos efeitos da adubação sobre o crescimento radicular; entretanto, Nanagara et al. (1976), em milho, e Roder et al. (1989), em soja e sorgo, observaram reduções no

desenvolvimento radicular com o aumento na adubação.

Houve pouco efeito dos tratamentos na distribuição relativa do sistema radicular. Mais de 70% das raízes concentraram-se nos primeiros 20 cm de profundidade do solo (Fig. 11), e cerca de 90% delas situaram-se na camada de 0 a 40 cm. Germek et al. (1950) e Krupp et al. (1972) também observaram que as raízes do arroz de sequeiro concentraram-se na camada superficial.



**FIG. 9.** Coeficiente de cultura de cultivares/linhagens de arroz em função do índice de área foliar, no período compreendido entre 43 e 57 dias após a emergência (primeiro ano).



**FIG. 10.** Coeficiente de cultura de linhagens de arroz em função do índice de área foliar, no período compreendido entre 60 e 75 dias após a emergência (segundo ano).

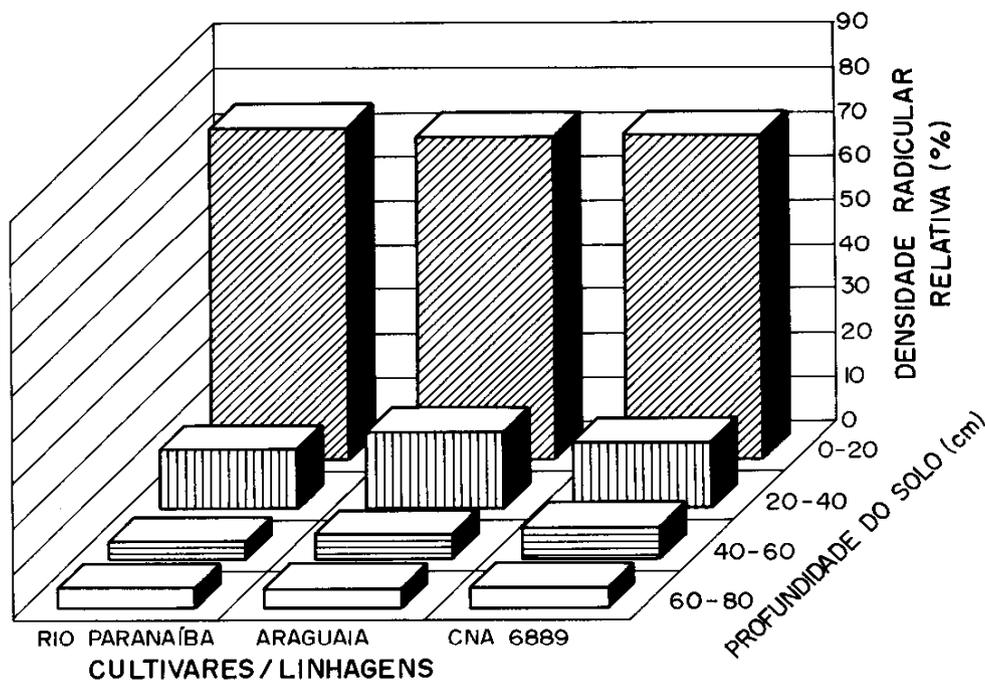


FIG. 11. Densidade radicular relativa de cultivares/linhagens de arroz, em diversas profundidades do solo.

### CONCLUSÕES

1. A redução do espaçamento entre linhas, por promover aumento na área foliar, incrementando a competição entre plantas, fez com que os valores máximos do índice de área foliar ocorressem mais cedo.

2. De maneira geral, aumento na adubação promoveu aumento no índice e na duração da área foliar, e no peso da matéria seca. A redução no espaçamento entre linhas, também, promoveu aumento em L e D. O seu efeito sobre  $W_0$ , entretanto, dependeu da adubação aplicada.

3. A correlação entre produção biológica e duração da área foliar foi positiva e significativa para a maioria das cultivares/linhagens.

4. Em condições de adequada disponibilidade de água no solo, cultivares de arroz de sequeiro favorecido devem ser conduzidas de maneira a

maximizar sua área foliar. Para cultivares de sequeiro tradicional isto também é verdadeiro em situações de estresse que causem redução no seu desenvolvimento. Por outro lado, em condições ótimas de desenvolvimento, estas cultivares devem ser conduzidas em espaçamentos mais amplos para minimizar o auto-sombreamento e o acamamento.

5. Devido ao incremento da área foliar, o consumo d'água aumentou com a redução do espaçamento entre linhas e com o incremento da adubação, na maioria das cultivares/linhagens.

6. A distribuição relativa do sistema radicular foi pouco afetada pelos diferentes tratamentos. Cerca de 90% das raízes do arroz concentraram-se nos primeiros 40 cm de profundidade do solo. A cultivar Rio Paranaíba, de sequeiro tradicional, apresentou maior densidade radicular do que a linhagem CNA 6889, de sequeiro favorecido.

## REFERÊNCIAS

- BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.C.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Eds.). *Ecofisiologia da produção agrícola*. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1987. p.13-48.
- BRUNINI, O.; GROHMANN, F.; SANTOS, J.M. dos. Balanço hídrico em condições de campo para dois cultivares de arroz sob duas densidades de plantio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.5, n.1, p.1-6, 1981.
- GERMEK, E.B.; INFORZATO, R.; FRANCO, C.M. Estudo sobre o sistema radicular do arroz. *Bragantia*, Campinas, v.10, p. 89-92, 1950.
- JONES, C.A.; TAN, N.V.; ZIMMERMANN, F.J.P. Root system development in upland rice on three brazilian latosols. In: LAL, R.; GREENLAND, D.J. (Eds.). *Soil physical properties and crop production in the tropics*. New York: John Wiley, 1979. p.385-392.
- KRUPP, H.K.; ABILAY, W.P.; ALVAREZ, E.I. Some water stress effects on rice. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE (Philippines). *Rice breeding*. Los Baños, 1972. p.663-675.
- NANAGARA, T.; PHILLIPS, R.E.; LEGGETT, J.E. Diffusion and mass flow of nitrate-nitrogen into corn roots grown under field conditions. *Agronomy Journal*, Madison, v. 68, p.67-72, 1976.
- PINHEIRO, B. da S.; GUIMARÃES, E.P. Índice de área foliar e produtividade do arroz de sequeiro. I. Níveis limitantes. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.6, p. 863-872, 1990.
- PINHEIRO, B. da S.; MARTINS, J.F. da S.; ZIMMERMANN, F.J.P. Índice de área foliar e produtividade do arroz de sequeiro. II. Manifestação através dos componentes da produção. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.25, n.6, p.873-879, 1990.
- ROCHA, I. de B. *Evapotranspiração (ETc) e coeficiente de cultura (Kc), para o arroz (Oryza sativa L.), cultivar Rio Paranaíba, irrigado por aspersão*. Viçosa: UFV, 1989. 57p. Tese de Mestrado.
- RODER, W.; MASON, S.C.; CLEGG, M.D.; KNIEP, K.R. Crop root distribution as influenced by grain sorghum-soybean rotation and fertilization. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 53, p.1464-1470, 1989.
- SANTOS, A.B. dos. *Comportamento de cultivares de arroz de sequeiro em diferentes populações de plantas, com e sem irrigação suplementar*. Piracicaba: ESALQ/USP, 1990. 94p. Tese de Doutorado.
- SILVEIRA, P.M. da; STONE, L.F. Balanço de água na cultura do feijão em Latossolo Vermelho-Amarelo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 14, n.2, p.111-115, 1979.
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. I. Efeito na produtividade do arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.6, p.695-707, 1984.
- STONE, L.F.; MOREIRA, J.A.A.; SILVA, S.C. da. *Tensão da água do solo e produtividade do arroz*. Goiânia: EMBRAPA-CNPAP, 1986. 6p. (EMBRAPA-CNPAP. Comunicado Técnico, 19).
- STONE, L.F.; OLIVEIRA, A.B. de.; STEINMETZ, S. Deficiência hídrica e resposta de cultivares de arroz de sequeiro, ao nitrogênio. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 14, n.3, p. 295-301, 1979.
- STONE, L.F.; STEINMETZ, S. Índice de área foliar e adubação nitrogenada em arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 14, n.1, p. 25-28, 1979.
- TAKEDA, T. Studies on the photosynthesis and production of dry matter in the community of rice plants. *Japanese Journal of Botany*, v.17, n.3, p.403-437, 1961.
- TALHA, M.; AZIZ, M.; MISHRIKI, G. The interaction between irrigation water depth and fertilization of rice on evapotranspiration and efficiency of water use. *Egyptian Journal of Soil Science*, Cairo, v.20, n.2, p.205-222, 1980.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. *Advances in Agronomy*, New York, v.4, p.101-145, 1952.