

CRESCIMENTO DE ARROZ DE SEQUEIRO EM DIFERENTES POPULAÇÕES E IRRIGAÇÃO SUPLEMENTAR¹

ALBERTO BAËTA DOS SANTOS² e JOSÉ DIAS COSTA³

RESUMO - Visando determinar os efeitos do espaçamento entre linhas (0,3; 0,4 e 0,5 m) e da densidade de semeadura (50, 100 e 150 sementes.m⁻²) sobre o crescimento de duas cultivares de arroz (*Oryza sativa* L.) com e sem irrigação suplementar, foram conduzidos quatro experimentos em solo de cerrado, sendo dois com a cv. Araguaia, de ciclo médio, e os outros, com a 'Guarani', de ciclo curto. As curvas de crescimento do índice de área foliar (IAF) e da matéria seca total (MS) foram ajustadas por meio de funções matemáticas, com equações exponenciais quadráticas. A irrigação aumentou a MS, o IAF, a taxa de crescimento da cultura (TCC) e a duração da área foliar (DAF) nas duas cultivares. A cv. Guarani teve maior MS, apresentando maiores valores de TCC que a 'Araguaia', atingiu rapidamente o ponto de máximo IAF, com alta capacidade de aproveitamento da área disponível. À medida que o espaçamento aumentou, decresceram o IAF, a DAF e a TCC. O IAF e a MS por perfilho foram correlacionados positivamente com o rendimento de grãos, ocorrendo os maiores coeficientes de correlação aos 30 e 10 dias antes da floração das cvs. Araguaia e Guarani, respectivamente, sem irrigação, e no final da floração, em condições de boa disponibilidade de água para as plantas.

Termos para indexação: *Oryza sativa*, espaçamento, densidade de semeadura, cultivares de arroz, área foliar, matéria seca, índices fisiológicos.

GROWTH OF UPLAND RICE IN DIFFERENT POPULATIONS AND SUPPLEMENTAL IRRIGATION

ABSTRACT - Four experiments were carried out on cerrado soil in order to study the effects of three row spacings (0.3; 0.4 and 0.5 m) and three seed densities (50, 100, and 150 seed.m⁻²) on growth of two rice (*Oryza sativa* L.) varieties with and without sprinkler supplemental irrigation. Two experiments were carried out with the Araguaia variety (medium growth duration) and two with the Guarani variety (short growth duration). The growth rates of leaf area index (LAI) and total dry matter (DM) were adjusted to quadratic and exponential regressions. Irrigation increased DM, LAI, crop growth rate (CGR) and leaf area duration (LAD) in both varieties. The Guarani variety had higher DM, showing higher values of CGR, and reached fastly the maximum LAI, with high capacity to exploit the available surface than the variety Araguaia. The increasing of the spacing showed a decrease in LAI, LAD, and CGR in both varieties. LAI and DM per tiller were positively correlated with the grain yield with higher coefficient correlation in 30 and 10 day before flowering in the varieties Araguaia and Guarani respectively, without irrigation and in the final flowering under supplemental irrigation.

Index terms: *Oryza sativa*, row spacing, seed density, rice cultivars, leaf area, dry matter, physiological indexes.

¹ Aceito para publicação em 6 de novembro de 1996.

Extraído da Tese apresentada pelo primeiro autor à ESALQ/USP para obtenção do título de Doutor em Fitotecnia. Parcialmente financiado pelo CNPq.

² Eng. Agr., Dr., Embrapa-Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), Caixa Postal 179, CEP 74001-970 Goiânia, GO.

³ Eng. Agr., Dr., Dep. Agric., ESALQ/USP, Caixa Postal 9, CEP 13418-900 Piracicaba, SP.

INTRODUÇÃO

As estratégias para a obtenção de maiores produções das culturas geralmente envolvem a otimização da interceptação da luz pela cobertura completa do solo, mediante a manipulação da densidade de semeadura e do arranjo espacial e promover a rápida expansão da folha. O índice de área foliar (IAF) é freqüentemente considerado como indicador da intensidade de competição por luz entre plantas individuais, dentro de uma população (Watson, 1958).

A produção por unidade de área constitui-se em fator determinante do rendimento econômico para a sustentação dos produtores na atividade agrícola. A competição intra-específica determina, em cada cultivar, a

população de plantas que propicia maior rendimento e melhor aproveitamento dos recursos disponíveis (Pereira, 1989).

Em populações suficientemente baixas, a produção por planta é máxima. Aumentando-se a população, a produção por planta decresce, havendo, no entanto, aumento no rendimento. O decréscimo individual é compensado pelo aumento do número de indivíduos por área. A curva da produção por unidade de área passa por um máximo onde a população é ideal. A partir daí, o decréscimo na produção individual não é compensado pelo aumento da população de plantas (Pereira, 1989).

Watson (1952) considerou a variação e a duração da área foliar como as principais causas nas diferenças da produção biológica das culturas, e a variação da taxa de assimilação líquida (TAL), como de menor importância. Assim, o valor do índice de área foliar foi amplamente aceito como determinante da produção de matéria seca, e, portanto, do rendimento. 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 o IAF e a TAL, em altos níveis de IAF, em decorrência do sombreamento mútuo (Takeda, 1961) e, este sendo aumentado, a taxa fotossintética média por unidade de área foliar é reduzida (Yoshida, 1972). Ademais, em culturas sujeitas a deficiência hídrica, a maximização da capacidade fotossintética passa a ser de menor importância, pois nessas condições a produção potencial é raramente atingida. Portanto, as observações de Watson (1952) são válidas tratando-se de cultivares de arroz com pequeno IAF (Murata, 1961), e em condições favoráveis em relação à disponibilidade de água.

A produção de grãos aumenta com incrementos na duração da área foliar (DAF), quando o conteúdo de água no solo não é limitante, porém, em condições de deficiência hídrica, pode haver redução no rendimento de arroz (Stone & Steinmetz, 1979; Stone et al., 1979; Pinheiro & Guimarães, 1990). No entanto, valores muito baixos do IAF (inferiores a 2,0), apesar de minimizarem o risco de perda por deficiência hídrica, restringem o potencial produtivo (Pinheiro & Guimarães, 1990).

O IAF afeta a produção de grãos pela relação negativa com a fertilidade das espiguetas, quando há deficiência hídrica no período reprodutivo do arroz (Pinheiro et al., 1990). Na ausência de deficiência hídrica, um alto IAF não é garantia de alto rendimento. Quando associado a condições de alta pluviosidade e a dias encobertos, no período reprodutivo, a depressão do rendimento se dá via redução do número de espiguetas.

O objetivo deste estudo foi determinar os efeitos do espaçamento entre linhas e da densidade de semeadura sobre o crescimento das cultivares de arroz Araguaia e Guarani, com e sem irrigação suplementar por aspersão.

MATERIAL E MÉTODOS

Efetivou-se análise de crescimento de plantas de arroz de sequeiro em dois experimentos com a cv. Araguaia, de ciclo médio, e, em outros dois, com a 'Guarani', de ciclo curto, no Centro Nacional de Pesquisa de Arroz e Feijão (CNPAP), em solo de cerrado. As análises químicas, granulométricas e classificação textural na camada de 0 - 0,2 m de profundidade do solo na área experimental, revelaram as seguintes características: pH em água (1:2,5) = 5,8; $Ca^{2+}+Mg^{2+}=2,7$ meq/100 cc; $P=1,3$ ppm; $K^+=64$ ppm; $Al^{3+}=0,3$ meq/100 cc; MO = 2,1%; argila = 45%; silte = 23%; areia = 32%; classificação textural = argiloso. Com cada cultivar foi conduzido um experimento sem irrigação, cujo fornecimento de água foi proveniente apenas das precipitações pluviais, e no outro, foi empregada irrigação por aspersão, possibilitando suplementar a necessidade de água nos períodos de estiagem. Os tratamentos consistiram da combinação de três espaçamentos entre linhas (0,3; 0,4 e 0,5 m), com três densidades de semeadura (50, 100 e 150 sementes.m⁻²), no delineamento de blocos ao acaso, com quatro repetições. Os efeitos dos espaçamentos entre linhas e das densidades de semeadura foram avaliados mediante as análises individuais dos experimentos, ao passo que os da irrigação mediante a análise conjunta, juntando-se, assim, os experimentos de uma mesma cultivar com e sem irrigação suplementar.

Nas análises de crescimento, realizaram-se amostragens semanais da parte aérea de dez perfilhos em cada parcela, em todos os experimentos, a partir do vigésimo dia após a emergência das plântulas até a colheita. A área foliar foi determinada nesses perfilhos com um medidor automático modelo LI 3000 da "Lambda Instruments Corporation". Ao mesmo tempo, foi contado o número de perfilhos em 2 m, previamente demarcados em cada parcela. Após a secagem a 75°C em estufa com circulação forçada de ar, avaliou-se a massa da parte aérea dos perfilhos para a determinação da produção de matéria seca total (MS). O IAF foi obtido pela multiplicação da área foliar média de um perfilho, em m², pelo número de perfilhos.m⁻². As curvas de crescimento do IAF e da MS foram ajustadas por equações de regressão, testando-se modelos lineares, quadráticos e cúbicos. Os melhores ajustes em função do tempo foram obtidos pelas equações exponenciais quadráticas. Os modelos selecionados mostraram-se bem ajustados, sendo os menores valores de R² iguais a 0,95 e 0,97 em relação a MS, e 0,93 e 0,92 em relação ao IAF nas cultivares Araguaia e Guarani, respectivamente; esses valores mostraram-se altamente significativos pelo teste de F, e biologicamente explicaram as variações ocorridas nestes parâmetros, em relação ao tempo, o que se exprime por:

$$MS = e^{(a+bt+ct^2)}, e$$

$$IAF = e^{(a_1 + b_1 t + c_1 t^2)}$$

Os coeficientes foram estimados por análise de regressão, após transformação das equações para a forma logarítmica.

Para determinação dos valores instantâneos da taxa de crescimento da cultura (TCC), em $g.m^{-2}.dia^{-1}$, empregou-se a derivada da equação ajustada da matéria seca em relação ao tempo, pois a $TCC = dMS/dt$, ou seja:

$$TCC = (b + 2ct)e^{(a + bt + ct^2)}$$

A duração da área foliar (DAF), expressa em $m^2.m^{-2}.dia$ foi obtida pela integração da curva do IAF em função do tempo, ou seja:

$$DAF = \int_{t_1}^{t_2} IAF . dt$$

RESULTADOS E DISCUSSÃO

A suplementação hídrica propiciou maiores valores de MS, IAF, TCC e DAF nas duas cultivares. Isto mostra que, no sistema de cultivo de sequeiro, a maior disponibilidade de água proporcionou condições para que as plantas de arroz expressassem melhor o seu potencial produtivo. Assim, com o uso de irrigação suplementar, áreas sujeitas à ocorrência de estiagens tornam-se aptas à exploração agrícola intensiva, possibilitando a adoção de níveis mais elevados de tecnologias.

De modo geral, a evolução do acúmulo da MS em relação às mudanças ontogenéticas mostrou que as diferenças entre os tratamentos aumentaram com o desenvolvimento das plantas de arroz (Figs. 1 e 2). Maiores diferenças na produção biológica ocorreram com a cv. Guarani, especialmente nos menores espaçamentos. Nas duas cultivares, a MS aumentou à medida que a densidade de semeadura cresceu, independentemente do espaçamento entre linhas empregado, quando não se usou irrigação. Em condições irrigadas, a cv. Araguaia teve maior MS no menor espaçamento com a menor densidade de semeadura, e nos demais espaçamentos, com a maior densidade. A 'Guarani' apresentou maior MS no espaçamento de 0,30 m com 100 sementes. m^{-2} , e nos espaçamentos maiores, com as densidades de 100 e de 150 sementes. m^{-2} .

A cv. Araguaia foi mais influenciada pela deficiência hídrica que a 'Guarani', por ser esta de ciclo curto, o que possibilitou o escape ao déficit hídrico, e conseqüentemente, maior produção de MS (Figs. 1 e 2). Sob irrigação, a menor produção de MS total apresentada pela cv. Araguaia no menor espaçamento deve-se, provavelmente, à menor concentração do fertilizante no sulco de semeadura nesta distância entre linhas, visto que a adubação foi baseada por área, e não por metro de sulco, e essa cultivar é mais exigente de níveis elevados de fertilidade do solo, em comparação com a 'Guarani'.

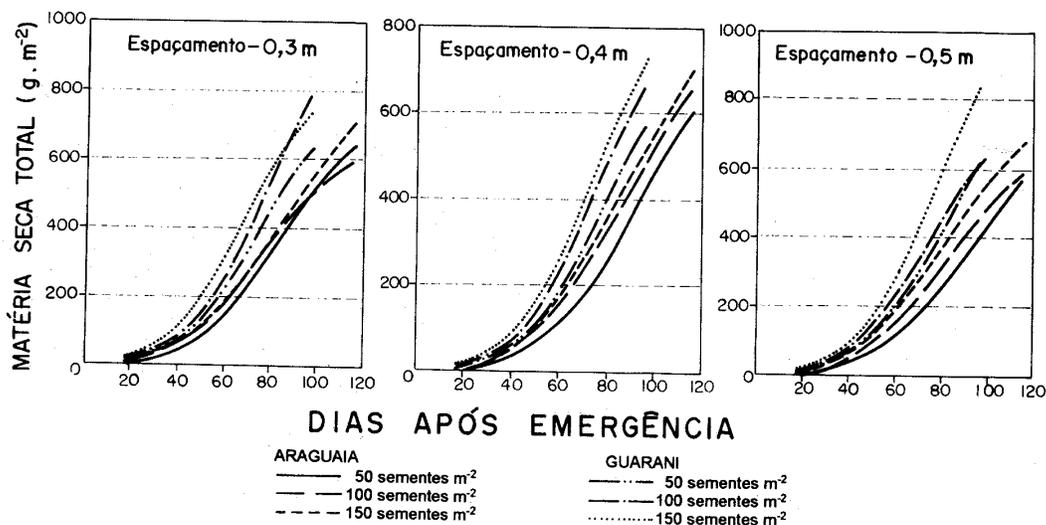


FIG. 1. Evolução da produção da matéria seca total das duas cultivares, em relação aos diferentes espaçamentos e densidades, sem irrigação.

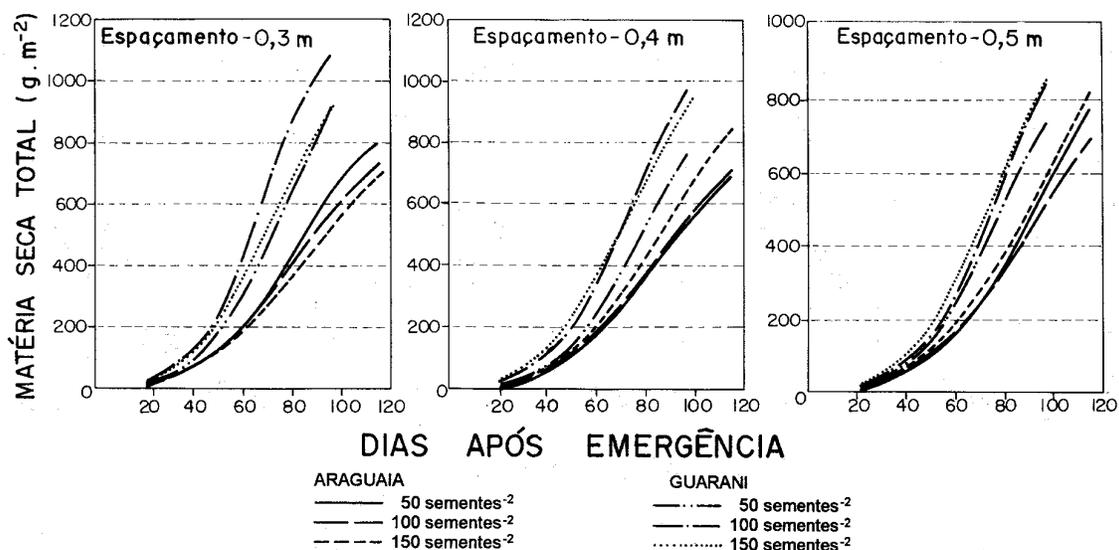


FIG. 2. Evolução da produção da matéria seca total das duas cultivares, em relação aos diferentes espaçamentos e densidades, com irrigação.

Verificou-se efeito significativo da interação entre espaçamento e densidade de semeadura sobre a produção de matéria seca total da cv. Araguaia quando a irrigação foi empregada. Desdobrando o efeito da interação dos tratamentos sobre a MS da cv. Araguaia em condições irrigadas, verificou-se que no espaçamento de 0,3 m a MS se reduziu à medida que as densidades de semeadura cresciam ($Y = 972,36 - 2,736X$), no espaçamento de 0,4 m aumentou linearmente ($Y = 531,14 + 1,8370X$), e no de 0,5 m não houve efeito significativo. Na densidade de 150 sementes.m⁻², o aumento do espaçamento entre linhas resultou em resposta quadrática da MS ($Y = -2631,04 + 164,149X - 1,958X^2$), e obteve-se um valor máximo estimado de 809 g.m⁻² com o espaçamento de 0,42 m entre linhas.

Na análise conjunta, os espaçamentos e as densidades de semeadura influenciaram significativamente a MS da cultivar Guarani. As análises de regressão mostraram que houve correlação negativa entre a MS e os espaçamentos ($Y = 1307,43 - 7,9749X$), e positiva entre a MS e as densidades de semeadura ($Y = 843,01 + 1,4541X$).

Efetuararam-se as análises da variância da MS por perfilho obtida por ocasião da floração e na colheita. Na cv. Araguaia, com irrigação, houve efeito significativo da densidade sobre a MS por perfilho na floração ($Y = 2,4670 - 0,0039X$) e na colheita ($Y = 4,3096 - 0,075X$). Na análise conjunta, efeito significativo foi observado só em relação à densidade na determinação da MS, efetuada por ocasião da colheita da cv. Araguaia. Nesta análise, o aumento da densidade também propiciou redução na MS por perfilho ($Y = 3,750 - 0,0047X$).

Os IAF das duas cultivares apresentaram valores maiores nos tratamentos com irrigação (Figs. 3 e 4). Seus valores máximos ocorreram oito e três dias antes, respectivamente, nas cvs. Araguaia e Guarani, em relação aos não-irrigados. Isto mostra que a maior disponibilidade de água possibilita às plantas das duas cultivares cobrir o espaço para elas disponível com maior rapidez, em comparação com as plantas não-irrigadas, e aproveitou, desta maneira, mais eficientemente, o terreno, por maior período de tempo.

De modo geral, houve uma tendência de se reduzirem os valores máximos de IAF com o aumento do espaçamento com exceção da cv. Araguaia na densidade de 150 sementes.m⁻². Como era de se esperar, em cada espaçamento os maiores índices sempre estiveram associados com as maiores densidades de semeadura, exceto na cv. Araguaia, no espaçamento de 0,30 m, com irrigação. O comportamento observado no IAF nas duas cultivares se deve aos maiores números de perfilhos por área registrados nas maiores densidades de semeadura. Nas duas cultivares, independentemente do espaçamento usado e da irrigação, verificou-se que os valores máximos do IAF dos tratamentos com maiores densidades de semeadura ocorreram até seis dias mais cedo que os índices obtidos com menores densidades de semeadura. Isto pode ser atribuído à competição

excessiva que ocorre em populações mais densas de plantas. Os valores máximos de IAF foram de 2,39 e 2,89 na cv. Araguaia e 2,53 e 3,37 na 'Guarani', sem e com irrigação, respectivamente, e ocorreram durante a fase de floração. Após este estágio, houve decréscimo no IAF, o que era esperado, pois a área foliar verde vai se reduzindo, sobretudo em virtude da senescência das folhas mais velhas. Aumentando-se o IAF, há aumento da interceptação da luz, e, portanto, da fotossíntese, mas essa relação não é contínua indefinidamente, porque o auto-sombreamento provoca uma diminuição na taxa de fotossíntese média por unidade de área foliar (Yoshida, 1972; Murata & Matsushima, 1975).

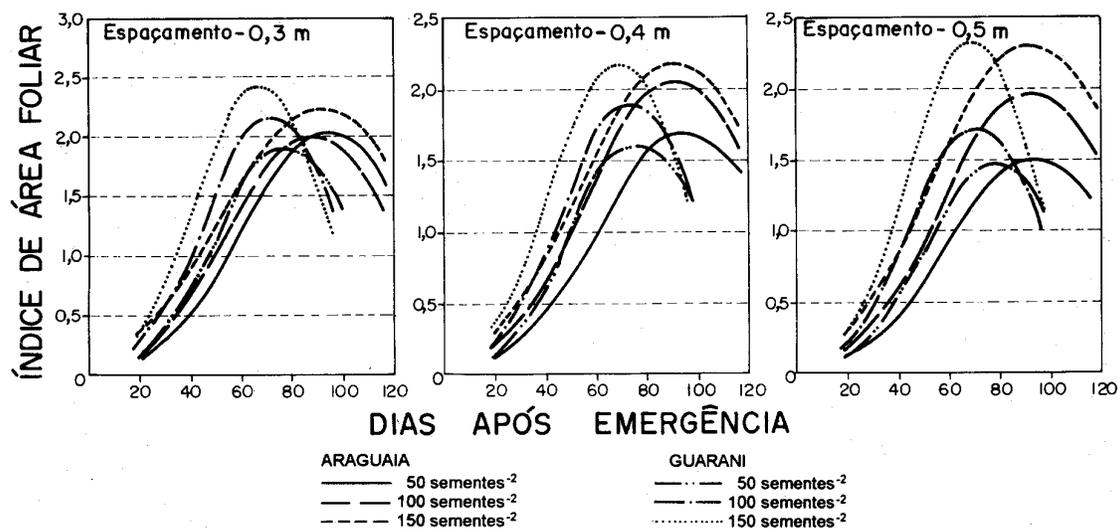


FIG. 3. Evolução do índice de área foliar das duas cultivares, em relação aos diferentes espaçamentos e densidades, sem irrigação.

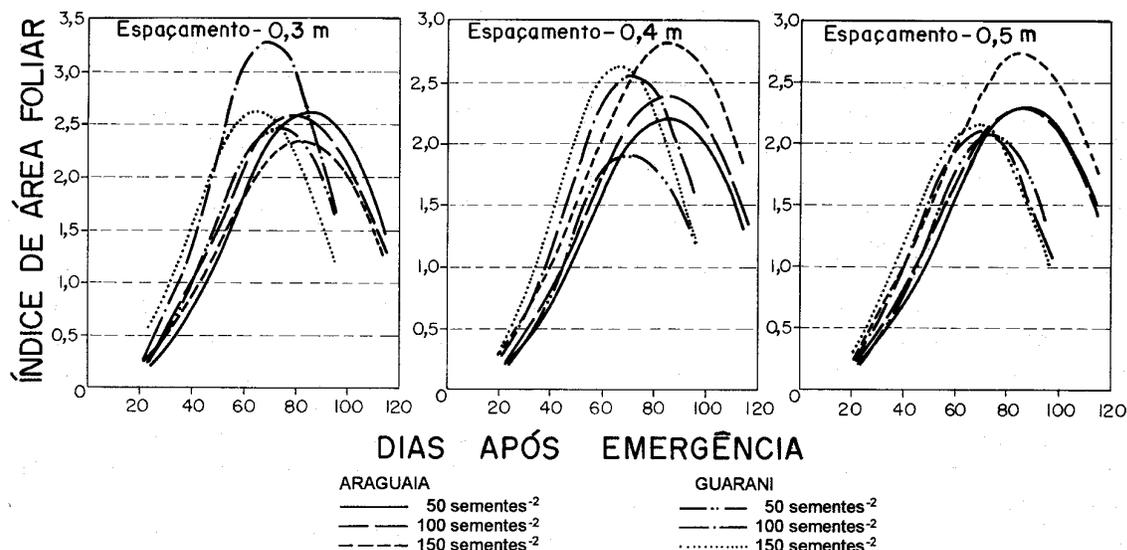


FIG. 4. Evolução do índice de área foliar das duas cultivares, em relação aos diferentes espaçamentos e densidades, com irrigação.

A interação entre as plantas de culturas anuais se dá principalmente pela competição por luz, a qual se instala rapidamente, sendo desejável rápido crescimento da área foliar e uma arquitetura foliar que reduza ao máximo o auto-sombreamento (Bernardes, 1987).

Houve efeito significativo dos tratamentos sobre o IAF determinado por ocasião da floração apenas da cv. Guarani. O IAF foi correlacionado negativamente com o espaçamento, independentemente de as plantas serem irrigadas ($Y = 3,8505 - 0,0306X$) ou não ($Y = 3,2210 - 0,0292X$). A relação entre IAF e a densidade de semeadura foi linear e positiva ($Y = 1,3078 + 0,0074X$), sem irrigação, e quadrática ($Y = 1,0700 + 0,0329X - 0,0001X^2$), com irrigação, sendo o valor de IAF máximo estimado de 3,48 com 110 sementes.m⁻².

Com isso, a 'Guarani' mostrou ser mais influenciada pelas condições de ambiente, portanto uma cultivar menos competitiva que a 'Araguaia'. O IAF e a MS por perfilho foram correlacionados positivamente com a produção de grãos, ocorrendo maiores coeficientes 30 e 10 dias antes da floração das cvs. Araguaia e Guarani, respectivamente, sem irrigação, e no final da floração, em condições de boa disponibilidade de água para as plantas das duas cultivares de arroz. Na ausência de deficiência hídrica, Pinheiro et al. (1985) também obtiveram correlação positiva entre rendimento de grãos e o IAF na floração.

A magnitude e a persistência da área foliar durante o período de crescimento (DAF) das duas cultivares foram maiores quando o espaçamento foi reduzido, e a densidade de semeadura, aumentada. As correlações entre DAF e rendimento de grãos da cv. Guarani foram positivas, independentemente do emprego da irrigação, ao passo que em relação à 'Araguaia', nas análises individuais, não foram significativas. Observa-se, na Fig. 5, que sem irrigação o coeficiente angular da reta é o dobro do obtido em condições irrigadas. Pequeno aumento na DAF da cv. Guarani sem irrigação proporciona grande incremento no rendimento de grãos, e com irrigação o rendimento de grãos apresenta acréscimos menores com o aumento da DAF. A correlação entre estas variáveis foi maior nas condições irrigadas ($r = 0,905$) que naquelas sem irrigação ($r = 0,833$). Assim, nos tratamentos irrigados, onde a área foliar foi maior e as folhas perduraram por mais tempo, apresentando, conseqüentemente, maior DAF, os rendimentos foram maiores.

Na análise conjunta, as produções das duas cultivares foram altamente correlacionadas com a DAF (Fig. 5). A relação entre rendimento de grãos e DAF pode ser explicada em função da proporção da radiação interceptada, pois maior área foliar, folhas mais eretas e abundantes e que permaneçam verdes por mais tempo interceptam mais radiação, desde que não haja auto-sombreamento. A produção biológica total pode ser estimada pelo produto da DAF pela taxa de fotossíntese média da cultura por unidade de área foliar (Machado, 1985).

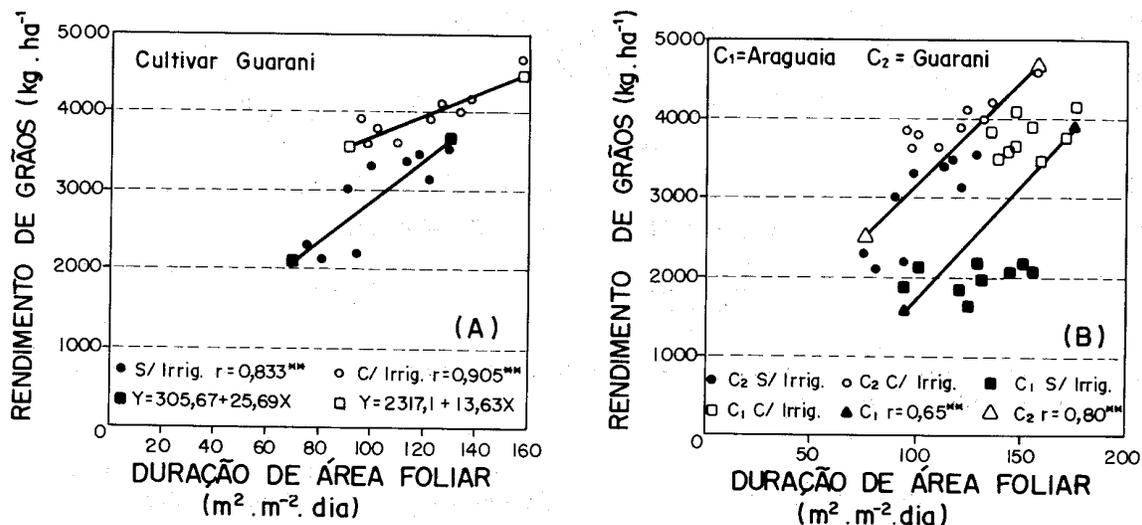


FIG. 5. Relação entre duração de área foliar e rendimento de grãos da cultivar Guarani, sem e com irrigação (A) e das cultivares Araguaia ($C_1 Y = 1139,9 + 28,5X$) e Guarani ($C_2 Y = 550,2 + 26,01X$), na análise conjunta (B).

A TCC avalia o crescimento do vegetal relacionando a quantidade de material orgânico acumulado graças à área de solo disponível por unidade de tempo. Inicialmente, as taxas de crescimento da cultura foram

pequenas, e aumentaram rapidamente até atingir o máximo entre 85 e 100 dias após a emergência das plântulas da cv. Araguaia, e entre 70 e 80 dias, na 'Guarani', declinaram posteriormente até a maturação (Figs. 6 e 7). A irrigação proporcionou maiores valores da TCC, o que indica que ambas as cultivares foram mais precoces quanto ao desenvolvimento e acúmulo de matéria seca, em condições favorecidas, em relação à disponibilidade de água para as plantas. Os valores máximos foram obtidos no início e no final da floração das cvs. Araguaia e Guarani, respectivamente, e as maiores diferenças da TCC em função dos espaçamentos e das densidades foram atingidas nesse estágio. Independentemente do uso da irrigação, os valores máximos da TCC da cv. Araguaia foram observados no espaçamento de 0,30 m com a densidade menor, e no espaçamento de 0,4 m com 150 sementes.m⁻². Na 'Guarani', os valores máximos da TCC foram obtidos com o espaçamento e densidade maiores sem irrigação, e no menor espaçamento e densidade de 100 sementes.m⁻² com irrigação.

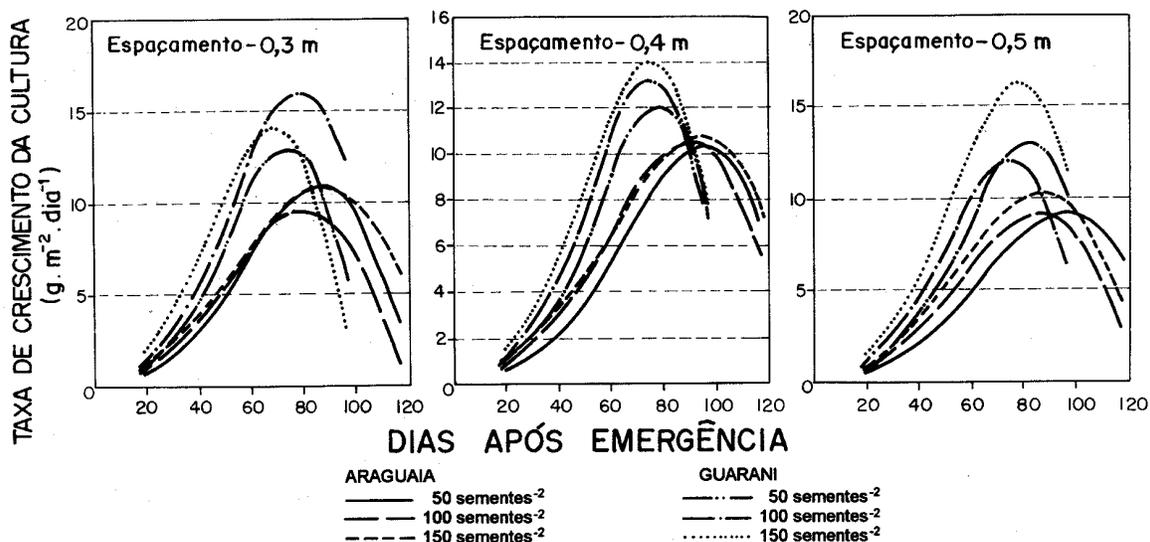


FIG. 6. Evolução da taxa de crescimento da cultura das duas cultivares, em relação aos diferentes espaçamentos e densidades, sem irrigação.

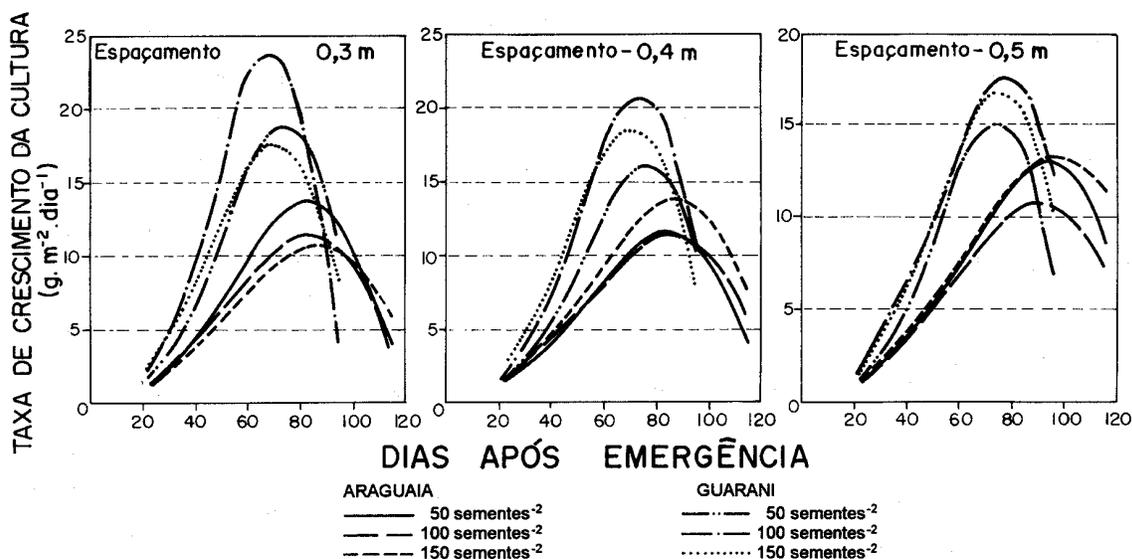


FIG. 7. Evolução da taxa de crescimento da cultura das duas cultivares, em relação aos diferentes espaçamentos e densidades, com irrigação.

Do estágio inicial de crescimento das culturas até a máxima interceptação da radiação pelas folhas, a TCC aumenta até um valor máximo, por causa do IAF. Maior será o rendimento da cultura quanto mais rápido a cultura atingir o IAF máximo e quanto mais tempo a área foliar permanecer ativa (Watson, 1952; Machado, 1985; Bernardes, 1987). A taxa de crescimento ou produção biológica de uma cultura pode ser alterada por fatores que afetam a eficiência ou a dimensão do sistema assimilador (Loomis & Willians, 1969).

CONCLUSÕES

1. A irrigação aumenta a matéria seca, o índice de área foliar, a taxa de crescimento da cultura e a duração da área foliar, nas duas cultivares.
2. Espaçamentos mais amplos propiciam decréscimo no índice de área foliar, na duração da área foliar e na taxa de crescimento da cultura, exceto na cv. Guarani, sem irrigação, onde os valores máximos da taxa de crescimento da cultura são obtidos com maiores espaçamentos.
3. O índice de área foliar e a matéria seca por perfilho são correlacionados positivamente com o rendimento de grãos, e ocorrem os maiores coeficientes aos 30 e 10 dias antes da floração das cvs. Araguaia e Guarani, respectivamente, sem irrigação, e no final da floração, com irrigação.
4. A cv. Guarani apresenta maior produção de matéria seca com maiores valores de taxa de crescimento da cultura que a 'Araguaia', atinge rapidamente o ponto de máximo índice de área foliar, com alta capacidade de aproveitamento da área disponível.

REFERÊNCIAS

- BERNARDES, M.S. Fotossíntese no dossel das plantas cultivadas. In: CASTRO, P.R.G.; FERREIRA, S.O.; YAMADA, T. (Eds.). **Ecofisiologia da produção agrícola**. Piracicaba: POTAFOS, 1987. p.13-48.
- LOOMIS, R.S.; WILLIAMS, W.A. Productivity and the morphology of crop stands: pattern with leaves. In: EASTIN, J.D.; HASKINS, F.A.; SULLIVAN, C.T.; BAVEL, C.H.M. van (Eds.). **Physiological aspects of crop yield**. Madison: American Society of Agronomy, 1969. p.27-47.
- MACHADO, E.C. Eficiência fotossintética. In: SEMINÁRIO DE BIOTECNOLOGIA AGRÍCOLA, 1985, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: FEALQ, 1985. p.175-200.
- MURATA, Y. Studies on the photosynthesis of rice plants and its culture significance. **Bulletin of the National Institute of Agricultural Science**, v.9, p.1-169, 1961.
- MURATA, Y.; MATSUSHIMA, S. Rice. In: EVANS, L.T. (Ed.). **Crop physiology**. London: Cambridge Univ. Press, 1975. p.73-99.
- PEREIRA, A.R. Competição intra-específica entre plantas cultivadas. **O Agrônomo**, Campinas, v.41, n.1, p.5-11, 1989.
- 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.
- PINHEIRO, B. da S.; STEINMETZ, S.; STONE, L.F.; GUIMARÃES, E.P. Tipo de planta, regime hídrico e produtividade do arroz de sequeiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.20, n.1, p.87-95, 1985.
- 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.
- WATSON, D.J. The dependence of net assimilation rate on leaf area index. **Annals of Botany**, Oxford, v.22, p.37-54, 1958.
- WATSON, D.J. The physiological basis of variation in yield. **Advances in Agronomy**, New York, v.4, p.101-145, 1952.
- YOSHIDA, S. Physiological aspects of grain yield. **Annual Review of Plant Physiology**, Palo Alto, v.23, p.437-464, 1972.