

# EXPORTAÇÃO DE NUTRIENTES E QUALIDADE INDUSTRIAL DE GRÃOS DO ARROZ DE TERRAS ALTAS EM FUNÇÃO DA DISPONIBILIDADE HÍDRICA E DO ESPAÇAMENTO ENTRE FILEIRAS<sup>1</sup>

CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL<sup>2,5</sup>, ROGÉRIO PERES SORATTO<sup>2</sup>, ORIVALDO ARF<sup>3,5</sup>, MARCELO ANDREOTTI<sup>4</sup>

<sup>2</sup>Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrônômicas/UNESP, Fazenda Experimental Lageado s/n, Caixa Postal 237, CEP 18603-970, Fax: (14) 6821-3438, Botucatu-SP. E-mail: crusciol@fca.unesp.br; <sup>3</sup>Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia/UNESP, Ilha Solteira-SP; <sup>4</sup>Departamento Agronomia, Centro de Ciências Agrárias/UNIOESTE, Rua Pernambuco, 1777, CEP: 85.960-000, Marechal Cândido Rondon-PR. <sup>5</sup>Bolsista CNPq.

## RESUMO

O conhecimento e o controle dos fatores que interferem na qualidade do grão do arroz, sob o ecossistema de terras altas, é de extrema importância, pois um produto de melhor qualidade terá um maior valor de mercado. Com o objetivo de estudar o efeito de três espaçamentos entre fileiras (30, 40 e 50 cm) e diferentes condições hídricas do solo (sequeiro e, irrigação por aspersão até as tensões de reposição de água de -0,070 MPa e de -0,035 MPa) na qualidade industrial, no teor e exportação de nutrientes na cv. IAC 201 foi instalado um experimento em condições de campo, em um LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso, em Selvíria, MS. Adotou-se a densidade de 100 sementes viáveis. m<sup>-2</sup>. A qualidade industrial de grãos do cv. IAC 201 não foi afetada pela condição hídrica do solo ou pelo espaçamento entre fileiras. A menor disponibilidade hídrica no sistema de sequeiro causa redução na exportação de nutrientes pelos grãos. O menor espaçamento entre fileiras (30 cm) proporcionou acréscimos nos teores e na exportação de nutrientes pelos grãos.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L., arranjo espacial de plantas, rendimento de benefício.

## ABSTRACT

### NUTRIENT EXPORTATION AND GRAIN QUALITY OF UPLAND RICE AS AFFECTED BY WATER AVAILABILITY AND ROW SPACING

The knowledge and control of the factors affecting grain quality in the aerobic rice ecosystem is important, because a better quality product will assure greater economic value. The experiment was carried out on a Typic Haplustox, in Selvíria, MS, Brazil, to study the effect of three row spacings (30, 40 and 50 cm) and different soil water conditions (natural rain and sprinkler irrigation, with water replacement tension of -0,070 MPa and -0,035 MPa) on grain quality, content and exportation of nutrients. A population of 100 viable seeds m<sup>-2</sup> was used. Sprinkler irrigation and row spacing did not affect grain quality of rice cv. IAC 201. The low water availability reduced nutrient exportation. The lower row spacing (30 cm) increased the concentration and exportation nutrients on grain.

**Key words :** *Oryza sativa* L., spatial distribution of plant, milling yield.

## INTRODUÇÃO

O cultivo do arroz no sistema de sequeiro tradicional apresenta baixa estabilidade produtiva, pois grande parte das lavouras está localizada em regiões onde é comum a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação das chuvas, quando o arroz é cultivado. Uma das alternativas para reduzir o risco de perda da lavoura, podendo também aumentar a produtividade de grãos em terras altas e a qualidade dos grãos, é o cultivo no sistema irrigado por aspersão.

A comercialização do arroz no Brasil é levada a

efeito, basicamente, pela classe, que é a classificação dos grãos inteiros pelas suas dimensões após o descasque e polimento, e pelo tipo, que é a classificação de acordo com o percentual de ocorrência de defeitos (matérias estranhas, impurezas mofados, ardidos, danificados) e com percentual de grãos quebrados e quirera. Assim, os grãos longos e finos, inteiros e sem defeitos, alcançam maiores cotações no mercado. No entanto, o tipo de grão é uma característica genética que não sofre influência do ambiente, porém, o rendimento de grãos inteiros está relacionado às condições ambientais e às características genéticas do cultivar. Para o produtor de arroz de terras

altas é muito importante o conhecimento e o controle dos fatores que interferem na qualidade física do grão, pois um produto que proporciona maior percentual de grãos inteiros reverterá em maior benefício ao agricultor.

Os processos de descascamento e de brunimento dos grãos são os principais causadores da quebra de grãos. Essa quebra é causada por fissuras e/ou regiões de menor resistência dos grãos. Embora as causas que determinam essas injúrias não estejam bem elucidadas, sabe-se que o manejo inadequado da lavoura (adubação, densidade e espaçamento de semeadura, e colheita), assim como os elementos do clima (temperatura, umidade do ar e precipitação pluvial) e características varietais contribuem para a formação dessas injúrias (Kunze & Choudhury, 1972; Bhattacharya, 1980; Chen & Kunze, 1983; Srinivas & Bhashyan, 1985; Crusciol, 1995).

Qualquer fator que favoreça a rápida absorção de água pelos grãos, principalmente durante a fase de maturação, contribui para a formação de fissuras e conseqüente quebra dos grãos (Chen & Kunze, 1983), sendo que, o gradiente de umidade produz maior percentual de grãos fissurados que o gradiente de temperatura (Kunze & Hall, 1965).

A qualidade do grão oriundo do arroz cultivado sob o sistema de sequeiro, geralmente é inferior ao grão proveniente da cultura irrigada por inundação. Este fato é atribuído, principalmente, a períodos de deficiência hídrica que ocorrem durante a emissão da panícula e o enchimento das espiguetas, resultando em maior percentagem de espiguetas chochas e grãos gessados (Sant'ana, 1989). A utilização de irrigação por aspersão reduz a possibilidade de deficiência hídrica na planta de arroz, propiciando um processo contínuo de enchimento, aumentando a massa e a percentagem de espiguetas granadas por panícula (Pinheiro et al., 1985; Oliveira, 1994). Além do que, a deficiência hídrica afeta a nutrição da planta, reduzindo a absorção de potássio (Stone, 1985), nitrogênio (Stone et al., 1984) e fósforo (Stone, 1985), além de diminuir a exportação de macro e micronutrientes (Carvalho Junior, 1987), afetando diretamente a qualidade nutricional dos grãos.

Quanto ao efeito da população de plantas de arroz e do arranjo espacial sobre a qualidade industrial do grão, tanto no sistema tradicional de sequeiro quanto no irrigado por aspersão, a literatura é escassa (Arf, 1993; Oliveira, 1994; Crusciol, 1995). O presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito da variação do espaçamento entre fileiras, em diferentes disponibilidades hídricas, sobre a qualidade industrial dos grãos, teores e exportação de nutrientes pelo cv. IAC 201.

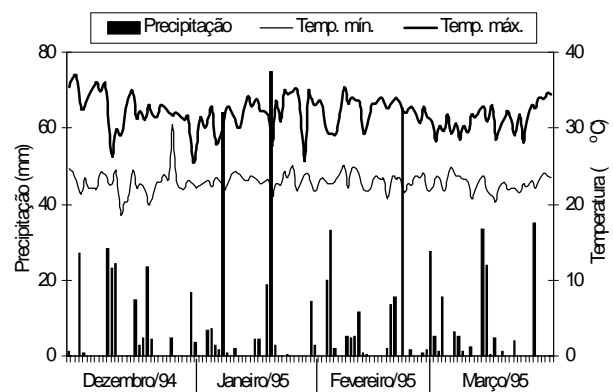
## MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi instalado em uma área experimental localizada no município de Selvíria, Estado do Mato Grosso do Sul, pertencente à Faculdade de Engenharia - UNESP, Campus de Ilha Solteira, apresentando como coordenadas geográficas 51°22' de

Longitude Oeste de Greenwich e 20°22' de Latitude Sul, com altitude de 335 metros. O solo do local é do tipo LATOSSOLO VERMELHO Distrófico típico argiloso (Embrapa, 1999). A precipitação média anual é 1.370 mm, com temperatura média anual ao redor de 23,5 °C e umidade relativa do ar entre 70 e 80% (variação anual).

Antes da instalação do experimento foram coletadas amostras de solo da área experimental e realizadas as análises químicas, segundo metodologia proposta por Raij & Quaggio (1983), cujos resultados foram os seguintes: pH(CaCl<sub>2</sub>) 6,0; 33 g dm<sup>-3</sup> de M.O.; 27 mg dm<sup>-3</sup> de P (resina); 18 mg. dm<sup>-3</sup> Al e 3,0 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de K; 33 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Ca; 18 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de Mg; 20 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup> de H+Al e saturação por bases de 73%.

Durante a condução do experimento foram determinadas, diariamente, a temperatura mínima e máxima do ar no Posto Meteorológico da Fazenda de Ensino e Pesquisa da Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira - UNESP, distante, aproximadamente 500 m do local. A precipitação foi determinada em um pluviômetro instalado na área do experimento. Os dados



**Figura 1.** Precipitação pluvial (mm) e temperaturas máxima e mínima (°C) registradas durante a condução do experimento. Fazenda de Ensino e Pesquisa, Unesp, Selvíria, MS.

dos elementos climáticos estão representados na Figura 1.

O trabalho foi realizado no ano agrícola de 1994/95. O delineamento experimental utilizado foi o de blocos ao acaso em esquema de parcelas subdivididas, com seis repetições. As parcelas constituíram três condições hídricas: 1 - cultivo sob condições de sequeiro, 2 - cultivo sob irrigação por aspersão até a tensão de reposição de água no solo de -0,070 MPa e, 3 - cultivo sob irrigação por aspersão até a tensão de reposição de água no solo de -0,035 MPa. As subparcelas foram constituídas por três espaçamentos entre fileiras (30, 40 e 50 cm), com seis repetições. Adotou-se a densidade de 100 sementes viáveis por metro quadrado.

As subparcelas mediram seis metros de comprimento, contando cinco, seis e oito fileiras, nos espaçamentos de 50, 40 e 30 cm, respectivamente, das quais duas fileiras laterais e 50 cm nas extremidades constituíram a bordadura.

Como indicativo do momento de realizar as irrigações foram instalados tensiômetros, constituídos de colunas de mercúrio, a 10 e 20 cm de profundidade (Faria, 1987). As irrigações foram realizadas quando as médias das leituras nas colunas de mercúrio indicaram os valores correspondentes às tensões estudadas. Foram realizadas durante o ciclo da cultura, cinco irrigações na tensão de -0,070 MPa, nas seguintes datas: 27/12/94, 18/01/95, 25/01/95, 26/02/95 e 03/03/95, e oito irrigações na tensão de -0,035 MPa, nas seguintes datas: 27/12/94, 15/01/95, 18/01/95, 25/01/95, 16/02/95, 26/02/95, 01/03/95 e 03/03/95, num total de água aplicada de 56,6mm e 64,96mm, respectivamente.

O cultivar utilizado no experimento foi a IAC 201 proveniente do Instituto Agronômico de Campinas e recomendado para condições de baixo risco climático ou com irrigação suplementar. Possui porte médio (100 cm), ciclo precoce (110 - 120 dias) e grãos tipo longo fino (agulhinha) (São Paulo, 1992).

O solo foi preparado através de uma aração e duas gradagens, sendo a primeira gradagem levada a efeito logo após a aração e a segunda, às vésperas da semeadura. A adubação constou da aplicação nos sulcos de semeadura, de 250 kg. ha<sup>-1</sup> da formulação 4-30-10. A semeadura foi realizada no dia 06/12/94 e junto com as sementes aplicou-se 1,5 kg. ha<sup>-1</sup> de i.a. de carborufan 5G visando principalmente o controle de cupins (*Syntermes molestus*, *Procorniterms striatus* e *Cornitermes lespeyii*) e lagarta elasmó (*Elasmopalpus lignosellus*). A emergência das plântulas ocorreu sete dias após a semeadura, ou seja, em 13/12/94.

No controle de plantas daninhas foi utilizado o herbicida oxadiazon (1 kg. ha<sup>-1</sup> de i.a.) em pré-emergência, um dia após a semeadura e, 2,4-D (670 g. ha<sup>-1</sup> de i.a.) em pós-emergência no dia 04/01/95.

A adubação de cobertura foi realizada 50 dias após a emergência das plantas, utilizando-se 30 kg ha<sup>-1</sup> de N na forma de sulfato de amônio.

A colheita do arroz foi efetuada manualmente por sub-parcela, quando os grãos dos 2/3 superiores de 50% das panículas apresentaram-se duros e os do terço inferior, semi-duros. A trilha foi realizada manualmente, seguido por secagem à sombra e limpeza do material, separando-se a palha e as espiguetas chochas com auxílio de uma peneira, através de abanação manual. Após isso, determinou-se a produtividade de grãos em kg ha<sup>-1</sup> (umidade a 13%). De cada subparcela, foram retiradas quatro amostras de 100 gramas de grãos de arroz para a realização das operações de beneficiamento e determinação do rendimento de engenho. Também, foram determinados os teores de macronutrientes segundo metodologia descrita por Bataglia et al. (1983).

As variáveis avaliadas foram as seguintes: teores de N, P, K, Ca, Mg e S, quantidade exportada desses elementos, rendimento de grãos no benefício e rendimento de grãos inteiros e quebrados. Os valores obtidos foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos foram comparadas pelo Teste de Tukey, a 5% de probabilidade.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produtividade de grão sofreu efeito tanto do espaçamento quanto da disponibilidade hídrica (Tabela 1). A maior produtividade obtida no espaçamento de 30 cm entre fileiras pode ser atribuída ao maior número de panícula m<sup>-2</sup> alcançado nesse espaçamento. Estes resultados são semelhantes aos obtidos por Arf (1993) e Crusciol et al. (2000). Quanto às condições hídricas do solo, a maior produtividade obtida nos tratamentos irrigados, foi devido, principalmente, ao maior número de panícula m<sup>-2</sup> e fertilidade de espiguetas alcançada nesse sistema. Crusciol (1998) e Arf et al. (2001) também conseguiram maior produtividade com a utilização de irrigação por aspersão.

No que se refere a qualidade industrial dos grãos (Tabela 1), pode-se observar que não houve efeito dos tratamentos sobre nenhuma das variáveis. Todos os tratamentos de irrigação proporcionaram rendimentos de benefício próximo ao observado por Crusciol (1998), para o cultivar IAC 201 em sistema irrigado por aspersão. Contudo, este autor verificou que o tratamento de sequeiro provocou um rendimento de benefício 6,6% inferior aos tratamentos irrigados por aspersão, entretanto também não obteve efeito da irrigação no rendimento de quebrados, em dois anos de cultivo. Quanto ao espaçamento entre fileiras, este também não teve influência significativa sobre a qualidade industrial dos grãos, concordando com os resultados obtidos por Crusciol et al. (1999b).

Os resultados referentes aos teores de nutrientes nos grãos com casca estão contidos na Tabela 2. O teor de N nos grãos foi influenciado pelo espaçamento entre fileiras e pela interação condição hídrica x espaçamento. Por meio do desdobramento da interação (Tabela 3), pode verificar que o teor de N nos grãos foi significativamente maior apenas quando se utilizou o espaçamento de 30 cm entre fileiras com irrigação por aspersão até a tensão de reposição de água no solo de -0,035 MPa. No entanto todos os tratamentos apresentaram teores de N nos grãos acima do citado por Cantarella & Rajj (1997) para a cultura do arroz.

Com relação aos teores dos outros macronutrientes (Tabela 2), nota-se que as condições hídricas do solo influenciaram somente os teores de enxofre, que apresentou maior valor no sistema de sequeiro em relação ao sistema irrigado por aspersão, independente da tensão de reposição de água utilizada. Apesar dos teores em todos os tratamentos estarem de acordo com os mencionados por Cantarella & Rajj (1997), o maior teor de S observado no sistema de sequeiro foi devido, provavelmente, a menor produtividade conseguida nesse sistema, que provocou uma maior concentração do nutriente nos grãos. Crusciol (1998) também observou maiores teores de S nos grãos de arroz produzidos sob sistema de sequeiro em relação ao irrigado por aspersão. No entanto, os demais nutrientes (N, P, K, Ca e Mg) não tiveram seus teores afetados pelas condições hídricas do solo, ou seja, a translocação

**Tabela 1.** Efeito das condições hídricas do solo e do espaçamento entre fileiras sobre a produtividade e a qualidade industrial dos grãos do arroz, cv. IAC 201, sob cultivo irrigado por aspersão e sequeiro.

Tratamentos	Produtividade (kg. ha <sup>-1</sup> )	Rendimento (%)		
		Benefício	Inteiros	Quebrados
Condições hídricas				
sequeiro	2779b	67,5 <sup>1</sup>	43,9	23,6
-0,070 MPa	3760a	66,6	43,2	23,4
-0,035 MPa	3842a	66,7	42,8	23,9
CV (%)	4,9	1,5	4,6	5,3
Espaçamento (cm)				
30	4173a	66,7	42,7	24,0
40	3163b	66,4	42,3	24,1
50	3044b	67,6	44,8	22,8
CV (%)	6,5	2,2	7,4	10,3
Valores de F				
Condições Hídricas (C)	19,63**	1,28ns	0,40ns	0,22ns
Espaçamento (E)	33,02**	3,21ns	3,24ns	1,70ns
C x E	0,38ns	0,33ns	0,15ns	0,48ns

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade.

\*\*, \* e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

de nutrientes não foi influenciada por esses tratamentos mantendo, mesmo no sistema de sequeiro, que proporcionou menor produtividade, a mesma composição dos grãos produzidos no sistema de irrigação por aspersão.

Os resultados obtidos para os espaçamentos entre fileiras (Tabela 2), permitem constatar um maior teor de todos os nutrientes nos grãos obtidos no cultivo com menor espaçamento, 30 cm. O maior teor de nutrientes, obtido nesse espaçamento, pode ser explicado pelo melhor arranjo espacial proporcionado, já que a densidade de semeadura foi a mesma para todos os espaçamentos (100 sementes. m<sup>-2</sup>). O melhor arranjo possibilita maior aproveitamento, por parte das raízes, do adubo aplicado, que também é mais bem distribuído, e da fertilidade do solo, além de um melhor aproveitamento da radiação solar. A competição por luz nas plantas desenvolvidas em menores espaçamentos é maior, devido ao maior número de plantas por metro linear, assim, no menor espaçamento há uma maior produção de fotossintetizados, resultando em maior produtividade de grãos e produção de energia, utilizada na absorção de nutrientes e translocação desses para os grãos (Crusciol et al., 1999a).

Quanto à quantidade de macronutrientes exportadas pelos grãos (Tabela 2), verifica-se que houve efeito significativo tanto para condições hídricas do solo quanto para espaçamento. Houve maior exportação de nutrientes nos tratamentos irrigados por aspersão, diferindo significativamente do sistema de sequeiro, com exceção do enxofre que não apresentou diferenças, provavelmente devido ao seu teor ter sido maior nesse último sistema. Com relação aos demais nutrientes a maior exportação obtida no sistema irrigado por aspersão é reflexo da maior produtividade. Resultados semelhantes, quanto à exportação de macronutrientes

influenciada pela deficiência hídrica, também, foram constatados por Carvalho Junior (1987) e Crusciol (1998).

No que se refere aos espaçamentos utilizados, a quantidade de nutrientes exportada, assim como nos tratamentos de disponibilidade hídrica do solo, também foi, provavelmente, um reflexo dos resultados obtidos para produtividade de grãos (Tabela 2), obtida no menor espaçamento (30 cm), onde houve uma maior remoção de nutrientes da área, diferindo significativamente dos espaçamentos maiores.

Em média, o arroz em casca exportou as seguintes quantidades de macronutrientes, em ordem decrescente: N (50 kg. ha<sup>-1</sup>) > K (14,4 kg. ha<sup>-1</sup>) > Ca (9,2 kg. ha<sup>-1</sup>) > P (9,0 kg. ha<sup>-1</sup>) > Mg (5,9 kg. ha<sup>-1</sup>) > S (2,6 kg. ha<sup>-1</sup>). Tais resultados, são bastante semelhantes aos observados por Fageria et al. (1995), principalmente no que diz respeito à exportação de N e P, pelo arroz de sequeiro cultivado em solo de alta fertilidade.

## CONCLUSÕES

- A qualidade industrial de grãos do cv. IAC 201 não foi afetada pela condição hídrica do solo e pelo espaçamento entre fileiras.
- A menor disponibilidade hídrica, no sistema de sequeiro, causa redução na exportação de nutrientes pelos grãos.
- A redução no espaçamento entre fileiras proporcionou acréscimos nos teores e na exportação de nutrientes pelos grãos.

**Tabela 2.** Efeito das condições hídricas do solo e do espaçamento entre fileiras sobre os teores e exportação de nutrientes nos grãos do arroz, cv. IAC 201, sob cultivo irrigado por aspersão e sequeiro.

Tratamentos	Teores de nutrientes nos grãos de arroz (g kg <sup>-1</sup> )						Exportação de nutrientes nos grãos (kg ha <sup>-1</sup> )					
	N	P	K	Ca	Mg	S	N	P	K	Ca	Mg	S
Condições Hídricas												
sequeiro	14,7	2,5	4,0	2,7	1,6	0,9 a	40,8 b	7,2 b	11,2 b	7,5 b	4,4 b	2,5
0,070 MPa	14,1	2,7	4,4	2,7	1,8	0,7 b	53,3 a	10,2 a	16,5 a	10,2 a	6,8 a	2,5
0,035 MPa	14,8	2,5	3,9	2,6	1,6	0,7 b	57,6 a	9,5 ab	15,1 a	10,0 a	6,2 ab	2,7
CV (%)	2,9	5,1	3,2	1,5	5,1	1,5	6,6	7,7	5,4	5,0	7,0	5,0
Espaçamento (cm)												
30	15,6	3,2 a	5,0 a	2,8 a	2,1 a	0,9 a	65,5 a	13,2 a	20,6 a	11,6 a	8,9 a	3,6 a
40	13,6	2,2 b	3,8 b	2,6 b	1,5 b	0,7 b	43,0 b	7,0 b	11,8 b	8,1 b	4,6 b	2,1 b
50	14,4	2,4 ab	3,6 b	2,6 b	1,5 b	0,7 b	43,8 b	7,2 b	11,1 b	8,0 b	4,3 b	2,1 b
CV (%)	7,4	15,8	14,2	3,7	17,5	8,4	9,5	16,2	13,7	7,3	19,5	11,8
	Valores de F											
Condições Hídricas (C)	1,16ns	0,94ns	3,04*	1,91ns	1,62ns	67,24**	10,61**	7,33*	18,84**	15,47**	12,60**	0,81ns
Espaçamento (E)	3,64*	4,93*	5,38*	3,53*	4,34*	4,30*	29,57**	21,99**	28,27**	35,91**	17,50**	24,45**
C x E	3,01*	1,07ns	0,28ns	0,15ns	0,49ns	1,71n	2,17ns	1,31ns	0,41ns	0,46ns	0,63ns	2,43ns

Médias seguidas de letras distintas diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5% de probabilidade. \*\*, \* e ns são respectivamente, significativo a 1%, 5% e não significativo pelo teste F.

**Tabela 3.** Efeito da interação entre condições hídricas e espaçamento entre fileiras, sobre o teor de N (g kg<sup>-1</sup>) nos grãos do arroz, cv. IAC 201, sob cultivo irrigado por aspersão e sequeiro.

Espaçamentos	Condições Hídricas		
	Sequeiro	-0,070	-0,035
30	14,4 aA	15,0 aA	17,6 aA
40	14,8 aA	12,3 aA	13,8 bA
50	14,9 Aa	15,1 aA	13,2 bA

Médias seguidas de mesma letra, minúscula na coluna e maiúscula na linha, não diferem entre si a 5% de probabilidade, pelo teste Tukey.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARF, O. *Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão*. 1993. 63 f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F.; SÁ, M.E.; CRUSCIOL, C.A.C. Resposta de cultivares de arroz de sequeiro ao preparo do solo e à irrigação por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 36, n. 6, p. 871-879, 2001.
- BATAGLIA, O.C.; FURLANI, A.M.C.; TEIXEIRA, J.P.F.; FURLANI, P.R.; GALLO, J.R. *Métodos de análises químicas de plantas*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 48 p.
- BHATTACHARYA, K.R. Breakage of rice during milling: a review. *Tropical Science*, London, v. 22, n. 3, p. 255-276, 1980.
- CANTARELLA, H.; RAIJ, B. van. Cereais In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2 ed. Campinas: Instituto Agrônomo, 1997. cap. 13, p. 45-71. (Boletim Técnico, 100).
- CARVALHO JÚNIOR, A.G. *Efeito da adubação potássica em cultivares de arroz (Oryza sativa L.) de sequeiro sob déficit hídrico, em solos sob cerrado*. 1987. 165f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) – Escola Superior de Agricultura de Lavras, Lavras.
- CHEN, Y.L.; KUNZE, O.R. Effect of environmental changes of yield and particle size of broken kernels. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v. 60, n.34, p. 238-241, 1983.
- CRUSCIOL, C.A.C. *Efeito de lâminas de água e da adubação mineral em dois cultivares de arroz-de-sequeiro sob irrigação por aspersão*. 1998. 129 f. Tese (Doutorado em Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. Matéria seca e absorção de nutrientes em função do espaçamento e da densidade de semeadura em arroz de terra alta. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 63-70, 1999a.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v. 35, n.6, p.1093-1100, 2000.
- CRUSCIOL, C.A.C.; MACHADO, J.R.; ARF, O.; RODRIGUES, R.A.F. Rendimento de benefício e de grãos inteiros em função do espaçamento e da densidade de semeadura do arroz de sequeiro. *Scientia Agricola*, Piracicaba, v. 56, n. 1, p. 47-52, 1999b.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação do Solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 41p.
- FAGERIA, N.K.; SANT'ANA, E.P.; CASTRO, E.M.; MORAES, O.P. Resposta diferencial de genótipos de arroz de sequeiro à fertilidade do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.19, p.261-267, 1995.
- FARIA, R.T. *Tensiômetro*: construção, instalação e utilização; um aparelho simples para se determinar quando irrigar. Londrina: Instituto Agrônomo do Paraná, 1987. 23p. (IAPAR, Circular Técnica, 56).
- KUNZE, O.R.; CHOUDHURY, M.S.U. Moisture adsorption related to the tensile strength of rice. *Cereal Chemistry*, St. Paul, v. 49, p. 684-697, 1972.
- KUNZE, O.R.; HALL, C.W. Relative humidity changes that cause brown rice to crack. *Transactions of the ASAE*, St. Joseph, v. 8, p. 396-399, 1965.
- OLIVEIRA, G.S. *Efeito de densidades de semeadura no desenvolvimento de cultivares de arroz (Oryza sativa L.) em condições de sequeiro e irrigado por aspersão*. 1994. 41 f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- PINHEIRO, B.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.85-87, jan. 1985.
- RAIJ, B. van, QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81).
- SANT'ANA, E.P. Cultivo de arroz irrigado por aspersão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.14, n.161, p. 71-75, 1989.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária. Instituto Agrônomo. *Agulhinha de Sequeiro*: IAC 201. Campinas, 1992. "n.p." (Cultivar de arroz para o Estado de São Paulo), 1992.
- SRINIVAS, T.; BHASHYAM, M.K. Effect of variety environment of milling quality of rice. In: INTERNACIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. *Rice grain quality and marketing*. Manila: IRRI, 1985. p. 49-59.
- STONE, L.F. Absorção de P, K, Mg, Ca, e S por arroz, influenciada pela deficiência hídrica, vermiculita e cultivar. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.20, n.11, p.1251-1258, 1985.
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. II. Efeito na utilização do nitrogênio pelo arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.11, p.1403-1416, 1984.