

SOLOS E IRRIGAÇÃO

MANEJO DE IRRIGAÇÃO POR ASPERSÃO COM BASE NO “Kc” E ADUBAÇÃO MINERAL NA CULTURA DE ARROZ DE TERRAS ALTAS⁽¹⁾

CARLOS ALEXANDRE COSTA CRUSCIOL ^(2,5); ORIVALDO ARF ^(3,5); ROGÉRIO PERES
SORATTO ^(2,6); RICARDO ANTONIO FERREIRA RODRIGUES ⁽⁴⁾; JOSÉ RICARDO MACHADO ⁽²⁾

RESUMO

A irrigação por aspersão diminui bastante o risco de perda da lavoura por deficiência hídrica e aumenta a produtividade de grãos, incentivando maior uso de tecnologias como adubação mineral. Com o objetivo de avaliar o efeito de diferentes manejos da água da irrigação por aspersão com base no coeficiente de cultura (Kc) e da adubação mineral sobre a cultura do arroz cv. IAC 201, foram instalados dois experimentos em Latossolo Vermelho Distrófico, em Selvíria (MS). O delineamento foi em blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos constituíram-se de precipitação pluvial natural e três manejos de água fornecidos por aspersão. O manejo (M2) foi realizado com base no Kc do arroz de terras altas. Os manejos M1 e M3 foram definidos como 0,5 e 1,5 vezes os Kcs utilizados em M2 respectivamente. Em 1995/96, utilizou-se o esquema de parcelas subdivididas, sendo as subparcelas constituídas por dois níveis de adubação: AD1 - 12 kg de N, 90 kg de P₂O₅ e 30 kg de K₂O ha⁻¹, e AD2 - 24 kg de N, 180 kg de P₂O₅ e 60 kg de K₂O ha⁻¹. A deficiência hídrica da emergência da plântula até a diferenciação do primórdio da panícula provocou aumento do ciclo e redução do porte da planta. A deficiência hídrica entre os estádios de diferenciação do primórdio da panícula e os de emborrachamento reduziu o número de espiguetas por panícula. A utilização de 1,5 vezes os valores de Kc recomendados, no manejo da irrigação por aspersão proporcionou maior produtividade de grãos. Os níveis de adubação utilizados não influenciaram a resposta da cultura ao manejo da irrigação por aspersão.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., lâminas de água, componentes da produção, níveis de fertilizante.

ABSTRACT

SPRINKLER IRRIGATION MANAGEMENT STRATEGIES AS A FUNCTION OF “Kc” AND MINERAL FERTILIZATION ON UPLAND RICE CROP

The use of the sprinkler irrigation to reduce the risk of forfeit production, by water deficiency, and increase yield, encouraging to use of the technologies like mineral fertilizer. With the objective of evaluate the effects at sprinkler irrigation management strategies based on crop coefficient (Kc) and mineral fertilizers on the performance upland rice, cv. IAC 201, two experiments were conducted. The experimental design was a randomized blocks and treatments consisted of five water management strategies: natural rain and four water supplied by sprinkler irrigation. Irrigation management were

⁽¹⁾ Projeto financiado pela FAPESP. Recebido para publicação em 11 de novembro de 2002 e aceito em 20 de agosto de 2003.

⁽²⁾ Departamento de Produção Vegetal, Faculdade de Ciências Agrárias - UNESP - Campus Botucatu, Fazenda Experimental Lageado, Caixa Postal 237, 18603-970 Botucatu (SP), Brasil. E-mail: crusciol@fca.unesp.br, soratto@fca.unesp.br

⁽³⁾ Departamento de Fitotecnia, Tecnologia de Alimentos e Sócio-Economia, Faculdade de Engenharia - UNESP, Caixa Postal 31, 15385-000 Ilha Solteira (SP).

⁽⁴⁾ Departamento de Fitossanidade, Engenharia Rural e Solos, Faculdade de Engenharia - UNESP, Ilha Solteira (SP).

⁽⁵⁾ Com bolsa de produtividade em pesquisa do CNPq.

⁽⁶⁾ Bolsista FAPESP.

based on Kc for dryland rice that resulted in water management 2 (M2). Water management M1 and M3 were then defined as 0.5 and 1.5 Kcs used in M2, respectively. In 1995/96 same treatments were applied in a split-plot scheme, where subplots consisted of two NPK-fertilization levels (AD1 – 12 kg ha⁻¹ of N, 90 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 30 kg ha⁻¹ of K₂O kg ha⁻¹, and AD2 – 24 kg ha⁻¹ of N, 180 kg ha⁻¹ of P₂O₅ and 60 kg ha⁻¹ of K₂O ha⁻¹). Low water availability during the vegetative phase increased plant cycle and reduced plant height. Low water availability among panicle primordial differentiation and booting stages decreased number of spikelet for panicle. The highest grain yield was obtained under water management using 1,5 of the recommended Kc value. Nutrient levels did not affect the crop response for sprinkler irrigation management strategies.

Key words: *Oryza sativa* L., water levels, yields components, levels fertilization.

1. INTRODUÇÃO

O arroz (*Oryza sativa* L.) constitui importante fonte de calorías e de proteínas na alimentação do povo brasileiro. Entretanto, no Brasil, o sistema de produção de arroz de terras altas ocupa aproximadamente 60% da área cultivada com este cereal, e grande parte das lavouras sob esse ecossistema está localizada em regiões onde é comum a ocorrência de períodos de estiagem durante a estação das chuvas. Esse fato tem provocado oscilação na produção, de ano para ano e, eventualmente, não tem sido suficiente para atender o consumo interno, sendo necessário importar o produto.

O sistema irrigado por aspersão tem-se mostrado como alternativa para solucionar o problema de veranicos, reduzindo a instabilidade cíclica na produção da cultura, o que também pode aumentar a produtividade de grãos no ecossistema de terras altas. Dessa forma, o cultivo de arroz irrigado por aspersão tem estimulado o uso de práticas de maior nível tecnológico, com conseqüente aumento na produtividade (ARF et al., 2001). Contudo, a falta de variedades específicas e o manejo inadequado da água de irrigação têm levado as cultivares utilizadas ao acamamento e à produtividade insatisfatória (RODRIGUES, 1998). Assim, estudos desenvolvidos por CRUSCIOL (1995), no município de Selvíria (MS), mostraram que o uso de irrigação por aspersão até a tensão de água no solo de -0,035 MPa provocou acamamento de aproximadamente 15% das plantas da cultivar IAC 201. Ademais, há carência de informações sobre o manejo da adubação, o que leva a utilizar as recomendações existentes para o cultivo de sequeiro.

A deficiência hídrica, na fase vegetativa, prolonga o ciclo da cultura (OLIVEIRA, 1994; CRUSCIOL, 1995), reduz a altura da planta (STONE et al., 1984; CARVALHO JÚNIOR, 1987; OLIVEIRA, 1994;) e, principalmente, o número de colmos por área (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993) refletindo posteriormente no número de panículas (STONE et al., 1984; OLIVEIRA, 1994;). Na fase reprodutiva pode reduzir o número de panículas (PINHEIRO et al., 1985), o número total de

espiguetas (DABNEY e HOFF, 1989; PRASERTSAK e FUKAI, 1997) e a fertilidade das espiguetas (STONE et al., 1984; OLIVEIRA, 1994; PRASERTSAK e FUKAI, 1997). Já na fase de maturação reduz a massa dos grãos (STONE et al., 1984; OLIVEIRA, 1994; PRASERTSAK e FUKAI, 1997) e diminui o ciclo.

A irrigação por aspersão apresenta resultados expressivos em solos de alta permeabilidade e de baixa capacidade de retenção de água, como a maioria dos solos da região dos cerrados. Esses solos requerem irrigações freqüentes, com menor quantidade de água por aplicação, mais fácil de ser conseguido com irrigação por aspersão do que em superfície (STONE e SILVEIRA, 1989). Acréscimos na produtividade do arroz em solos sob vegetação original de cerrado foram obtidos por PINHEIRO et al. (1985), RODRIGUES (1998) e ARF et al. (2001), com a utilização de irrigação por aspersão.

Com a diminuição do risco de deficiência hídrica, mediante irrigação por aspersão, torna-se viável utilizar um nível mais elevado de adubação em relação ao usado no sistema de sequeiro. Uma adubação adequada pode aumentar em média 40% na produtividade de grãos do arroz de sequeiro em solo de cerrado, se outros fatores não forem limitantes (SANTOS et al., 1982). A recomendação, quando se utiliza irrigação por aspersão, é aumentar a adubação fosfatada em cerca de 50%, e a potássica em 30% (STONE e PEREIRA, 1994). Desse modo, o incremento da adubação tem proporcionado aumento na produtividade de grãos (BARBOSA FILHO e SILVA, 1994; STONE e PEREIRA, 1994).

Com relação à adubação nitrogenada na cultura do arroz, as respostas estão condicionadas às características genéticas das cultivares. Altos níveis de adubação nitrogenada em cultivares do grupo tradicional (DINIZ et al., 1976; ARF 1993; OLIVEIRA, 1994) e intermediário (ARF, 1993; OLIVEIRA, 1994) provocam acamamento parcial ou total das plantas, principalmente com o uso da irrigação por aspersão (ARF, 1993; OLIVEIRA, 1994). Plantas do tipo moderno, entretanto, nas mesmas condições, não sofrem acamamento, mesmo com altos níveis de adubação nitrogenada (DINIZ et al., 1976).

Dessa forma, o presente trabalho teve por objetivo estudar o efeito de diferentes manejos da água de irrigação por aspersão, com base no coeficiente de cultura (Kc), sobre a fenologia da planta, componentes da produção e produtividade de grãos do arroz cv. IAC 201, sob dois níveis de adubação.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O trabalho de pesquisa foi realizado nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96, em área experimental pertencente à Faculdade de Engenharia – UNESP, Campus de Ilha Solteira, localizada no Município de Selvíria (MS), apresentando como coordenadas geográficas 51° 22' de longitude Oeste e 20° 22' de latitude Sul, com altitude de 335 metros. A precipitação pluvial média anual é de 1.370 mm, a temperatura média anual é de 23,5° C e a umidade relativa do ar está entre 70% e 80% (variação anual).

As características químicas do Latossolo Vermelho Distrófico típico argiloso (EMBRAPA, 1999), do local do experimento, foram determinadas antes da instalação do experimento, segundo método proposto

por RAI e QUAGGIO (1983), cujos resultados estão contidos no quadro 1.

O delineamento utilizado, em cada experimento, foi o de blocos ao acaso, com quatro repetições. O experimento desenvolvido no ano agrícola de 1994/95 constituiu-se de quatro manejos de água, um dos quais foi a precipitação pluvial natural, ou seja, cultivado sob condições de sequeiro; as demais, fornecidas por meio de irrigação por aspersão e definidas com base no coeficiente de cultura (Kc) (Quadro 2). Os Kcs apresentados por REICHARDT (1987) para a cultura do arroz-de-sequeiro, com algumas adaptações, resultaram no manejo 2 (M2). O manejo 1 (M1) foi definido com base em 50% dos Kcs utilizados no manejo 2, enquanto o manejo 3 (M3) foi 1,5 vezes. O experimento realizado no ano 1995/96 foi instalado em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pelos cinco manejo de água estudados no ano agrícola anterior (Quadro 2), e as subparcelas por dois níveis de adubação NPK: AD1 - 12 kg.a⁻¹ de N, 90 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg.ha⁻¹ de K₂O, e AD2 - 24 kg.ha⁻¹ de N, 180 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 60 kg.ha⁻¹ de K₂O, utilizando como fonte uréia, superfosfato simples e cloreto de potássio.

Quadro 1. Características químicas do solo na profundidade de 0-20 cm, em Selvíria (MS)

Ano	M.O. g.kg ⁻¹	pH CaCl ₂	P resina mg.dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
				mmolc.dm						%
1994/95	26	5,4	24	1,3	24	15	29	40,3	69,3	58
1995/96	23	5,1	26	1,9	28	8	28	37,9	65,9	58

Quadro 2. Manejos de água e respectivos Kc (Coeficiente de cultura) utilizados em diversas fases de desenvolvimento da cultura do arroz, em Selvíria (MS)

Manejos (dias)	E ⁽¹⁾		DF				F		
	Fase vegetativa		Fase reprodutiva				Fase de maturação		
	P1 ⁽³⁾		P2	P3	P4	P5	P6		
			-30	-19	-11	-3	+5	+12	
Sequeiro ⁽²⁾	-		-	-	-	-	-	-	
0,5 do Kc recomendado (M1)	0,20		0,35	0,50	0,65	0,50	0,35		
Kc recomendado (M2)	0,40		0,70	1,00	1,30	1,00	0,70		
1,5 Kc recomendado (M3)	0,60		1,05	1,50	1,95	1,50	1,05		

⁽¹⁾ E- Emergência; DF- Diferenciação floral; F- Florescimento.

⁽²⁾ Tratamento sem irrigação, que recebeu apenas a precipitação pluvial natural.

⁽³⁾ Período (em dias) de utilização dos coeficientes de cultura em relação ao florescimento. P1: período compreendido entre a emergência e 30 dias antes do florescimento; P2: compreendido entre 30 e 19 dias antes do florescimento; P3: período entre 19 e 11 dias antes do florescimento; P4: período entre 11 e 3 dias do florescimento; P5: período entre 3 dias antes e 5 dias após o florescimento; P6: período entre 5 e 12 dias após o florescimento.

Cada unidade experimental continha seis fileiras de plantas com 6 m de comprimento espaçadas em 40 cm. Consideram-se as quatro fileiras centrais como área útil, sendo 0,50m da extremidade de cada fileira de plantas e as duas fileiras externas, como bordadura.

A cultivar IAC 201, proveniente do Instituto Agrônomo, de Campinas, é a denominação comercial da linhagem de arroz-de-sequeiro obtida do cruzamento entre a cultivar IAC 165 de ampla adaptação e 'Labelle', de excelente qualidade de grão, realizado em Campinas (SP), no agrícola 1977/78. Apresenta como características principais nas condições de São Paulo: porte médio (100 cm), ciclo precoce (110-120 dias), 78-90 dias da emergência ao florescimento, glumelas amarelo-palha e glabras, espiguetas místicas ou microaristadas, grãos tipo longo fino (agulhinha), suscetível ao brusone (*Pyricularia oryzae* Cav.) (SÃO PAULO, 1992).

A capacidade de retenção de água no solo foi determinada utilizando-se uma unidade de sucção, segundo GROHMANN (1960) na faixa de 0,002 a 0,01 MPa, aparelhos de pressão de placa porosa, recomendados por RICHARDS e FIREMAN (1943), na faixa de 0,033 a 0,101 MPa, e a membrana de RICHARDS (1947), na faixa de 0,101 a 1,52 MPa. O quadro 3 contém as tensões utilizadas para determinar a curva de retenção de água no solo nas profundidades de 0-15 cm e 15-30 cm, com seus respectivos conteúdos de água apresentados em porcentagem da massa.

A capacidade de água disponível (CAD), em mm, foi calculada segundo a expressão: $CAD = [(CC - PMP) / 100] \cdot d \cdot h$, onde CC é a capacidade de campo (%); PMP é o ponto de murcha permanente (%), d é a densidade do solo ($1.250 \text{ kg} \cdot \text{m}^{-3}$); h é a profundidade efetiva do sistema radicular (0,20 m). Assim, a CAD do solo utilizada ficou estabelecida em 14,80 mm.

Durante a realização do experimento foram registradas, 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 pluvial foi determinada em um pluviômetro Ville de Paris instalado na área experimental. Todos os dados dos elementos climáticos estão contidos na figura 1.

As irrigações foram realizadas assim que a evapotranspiração máxima (ETm) da cultura atingiu 8,25 mm, ou seja, 45% da CAD. A ETm foi estimada pela expressão: $ETm = Kc \cdot ETo$, em que: ETm = evapotranspiração máxima da cultura ($\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$); ETo = evapotranspiração de referência ($\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$) e Kc = coeficiente de cultura. A evapotranspiração de referência foi estimada pela expressão $ETo = Kp \cdot ECA$, em que ETo = evapotranspiração de referência ($\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$); ECA = evaporação do tanque classe A ($\text{mm} \cdot \text{dia}^{-1}$) e Kp = coeficiente do tanque classe A.

Obteve-se a evaporação de água (mm) diariamente de um Tanque Classe A. O coeficiente do Tanque Classe A (Kp) utilizado foi o proposto por DOORENBOS e PRUITT (1976), o qual é função da área circundante, velocidade do vento e umidade relativa do ar. As irrigações foram realizadas por um sistema de aspersão convencional fixo, com vazão de 3,3 mm/hora/aspersor.

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. No ano agrícola de 1994/95, a adubação constou de aplicação nos sulcos de semeadura de 12 kg de N, 90 kg de P_2O_5 e 30 kg de K_2O por hectare. No ano agrícola de 1995/96, a adubação NPK tornou-se parte dos tratamentos, conforme descrito acima. Também foram aplicados, nos dois anos, 40 $\text{kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de FTE BR-12 como fonte de micronutrientes (2,17% de B, 9,2% de Zn, 0,8% de Cu, 3,82% de Fe, 3,47% de Mn e 0,132% de Mo).

As semeaduras foram realizadas em 24/11/94 e 13/11/95, utilizando-se a densidade de 100 sementes viáveis por metro quadrado. Juntamente com as sementes aplicou-se $1,5 \text{ kg} \cdot \text{ha}^{-1}$ de carbofuran 5G (i.a.) visando, sobretudo, o controle de cupins (*Syntermes molestus*, *Procornitermes striatus* e *Cornitermes lespeii*) e lagarta elasma (*Elasmopalpus lignosellus*).

Quadro 3. Capacidade de retenção de água do solo da área experimental expressa em porcentagem de peso (%), em Selvíria (MS)

Profundidade m	Tensão (MPa)							
	1,520	0,507	0,101	0,033	0,010	0,006	0,004	0,002
	Teor de água (base gravimétrica)							
0-0,15	14,58	15,15	16,95	18,51	20,50	26,24	27,78	44,22
0,15-0,30	16,94	17,88	19,49	20,35	22,55	27,61	31,45	47,80

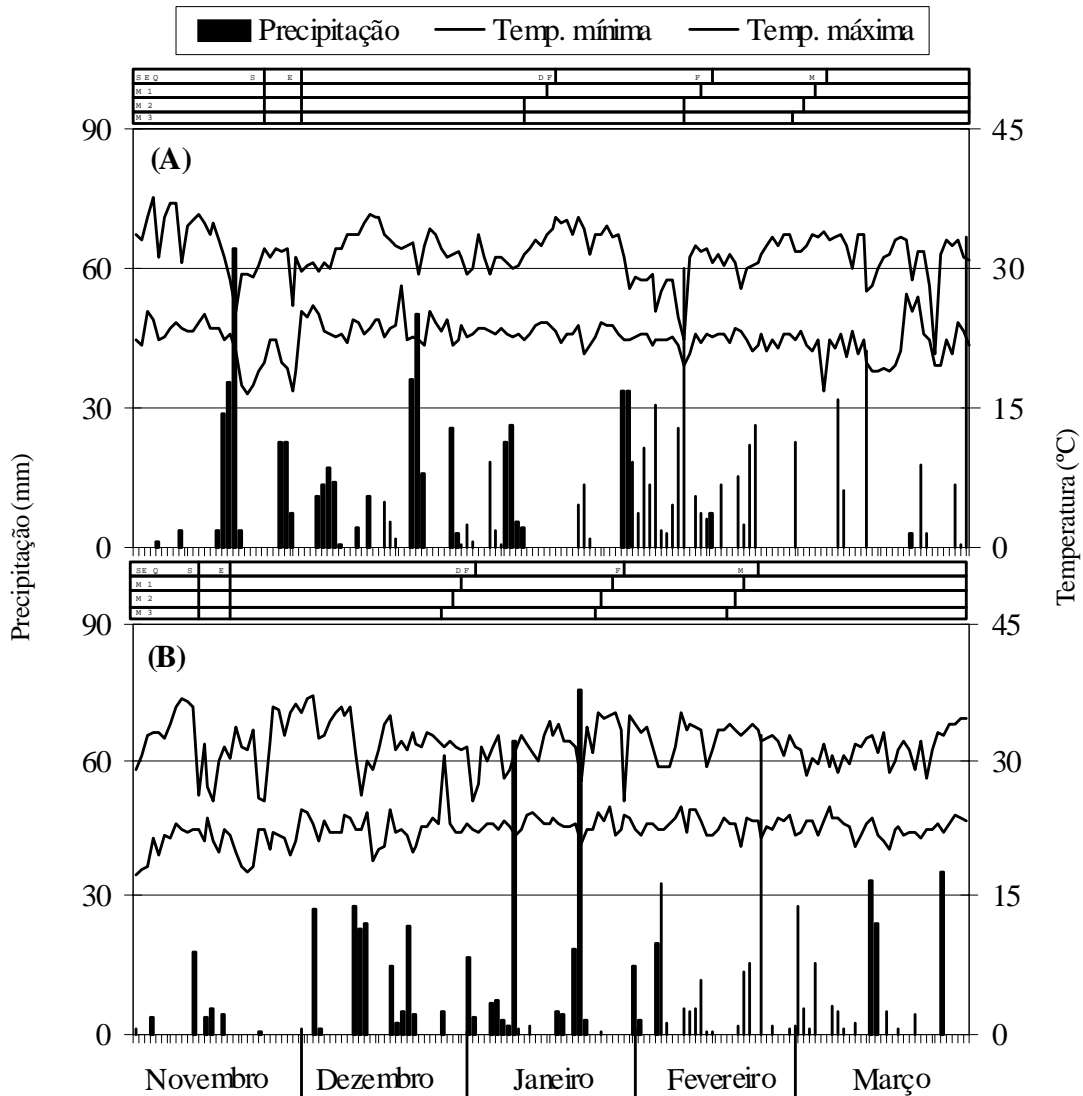


Figura 1. Precipitação pluvial ($\text{mm}\cdot\text{dia}^{-1}$), temperatura máxima e mínima ($^{\circ}\text{C}$), obtidas na área do experimento, durante o período de novembro a março, nos anos agrícolas de 1994/95 (A) e 1995/96 (B), em Selvíria (MS). SEQ: tratamento sem irrigação, que recebeu apenas a precipitação pluvial natural; M2: manejo com base no coeficiente de cultura (K_c) do arroz de terras altas (Quadro 2); M1 e M3: definidos como 0,5 e 1,5 vez o K_c utilizado em M2 respectivamente. S: Semeadura; E: Emergência; DF: Diferenciação floral; F: Florescimento; M: Maturação.

As emergências das plântulas ocorreram em 2/12/94 e 21/11/95 respectivamente. O controle de plantas daninhas foi realizado através da utilização do herbicida oxadiazon ($1 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de i.a.) em pré-emergência, um dia após a semeadura e, 2,4D ($670 \text{ g}\cdot\text{ha}^{-1}$ de i.a.) em pós-emergência. A adubação de cobertura foi realizada na época de perfilhamento das plantas, com aplicação de $30 \text{ kg}\cdot\text{ha}^{-1}$ de N na forma de uréia.

A colheita do arroz foi efetuada manual e individualmente por unidade experimental, quando os grãos de 2/3 superiores de 50% das panículas apresentaram-se duros e os do terço inferior, semiduros. A seguir, realizou-se a trilha manual, secagem à sombra e limpeza do material, separando-se a palha e as

espiguetas chochas, com auxílio de uma peneira, por meio de abanação manual. Em seguida, determinou-se a massa dos grãos colhidos e calculou-se a produtividade de grãos ($\text{kg}\cdot\text{ha}^{-1}$) (13% base úmida).

As avaliações realizadas foram: florescimento (número de dias transcorridos entre a emergência das plântulas e a floração de 50% das plantas das parcelas); ciclo total (número de dias transcorridos entre a emergência e a maturação de 90% das panículas); altura média das plantas (m); acamamento (obtida por meio de observações visuais na fase de maturação); número de colmos e de panícula por metro quadrado, número total de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1.000 grãos.

Os dados de cada variável foram submetidos à análise de variância e as médias dos tratamentos de adubação foram comparadas pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e o manejo de água, pela análise de regressão.

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

No Quadro 4 estão apresentados o número de dias transcorridos da emergência das plantas até o florescimento, o ciclo e a distribuição das lâminas de água, de acordo com o tratamento, durante o desenvolvimento da cultura nos dois anos de experimento. Observa-se que o ciclo da cultivar IAC 201 variou de 90 a 96 dias no primeiro ano e 87 a 97 no segundo; o cultivo de sequeiro apresentou os maiores valores e o tratamento com maior disponibilidade hídrica (M3), os menores. Essa variação no ciclo da cultura é devido à ocorrência de deficiência hídrica na fase vegetativa, que acaba aumentando o período de sua duração, refletindo no aumento do ciclo. Dessa forma, os resultados podem ser explicados pelos veranicos que ocorreram durante a fase vegetativa da cultura (Figura 1). Resultados semelhantes foram obtidos por STONE et al. (1984); CAMPELO JÚNIOR (1985), CARVALHO JÚNIOR (1987), OLIVEIRA (1994), CRUSCIOL (1995) e ARF et al. (2001).

Na Figura 2, estão contidos os resultados de todas as variáveis analisadas em vista das diferentes proporções de Kc utilizadas no manejo da irrigação por aspersão na cultura do arroz de terras altas.

A altura das plantas foi influenciada pelos diferentes manejos de água (Figura 2). A diminuição na disponibilidade de água reduziu a altura da planta nos dois anos agrícolas. Contudo, em todos os tratamentos essa variável foi maior no primeiro ano agrícola; nesse ano, a redução na altura das plantas, provocada pelo déficit hídrico, foi de 10,8 cm em média, enquanto no segundo ano agrícola, de 13,8 cm. A menor altura verificada no segundo ano está diretamente relacionada com a menor quantidade e distribuição irregular das chuvas (Figura 1), explicando a maior diferença constatada entre os tratamentos nesse ano agrícola.

Esse comportamento no desenvolvimento, mais precisamente na altura da planta em vista da disponibilidade de água, refletiu em acamamento (Figura 2), fazendo com que no primeiro ano a utilização da maior proporção de Kc acarretasse em acamamento total das plantas. No segundo, em razão da menor altura, apesar de ter ocorrido o acamamento com a irrigação por aspersão, esse foi menor em comparação ao ano anterior. O acamamento de plantas da cultivar IAC 201 sob irrigação por aspersão foi observado por CRUSCIOL (1995) e ARF et al. (2001). A ocorrência de acamamento sob esse sistema de cultivo está relacionada ao manejo da água quanto à quantidade e a fase de desenvolvimento da planta em que a água é aplicada. O fornecimento adequado de água possibilita a obtenção de boa produtividade sem acamamento de plantas, mesmo quando da utilização de cultivares dos grupos tradicional e intermediário sob irrigação por aspersão, como verificado por OLIVEIRA (1994).

Quadro 4. Número de dias após a emergência para o florescimento, ciclo e distribuição dos manejos de água, em Selvíria (MS)

Avaliações	Tratamentos			
	Sequeiro	M1	M2	M3
	1994/95			
Florescimento (DAE) ⁽¹⁾	76	73	68	68
Ciclo (dias)	96	95	92	90
Irrigação (mm)	-	37,4	73,9	133,2
Totais de água (mm)	813,0	842,5	849,5	908,8
	1995/96			
Florescimento (DAE)	75	72	69	67
Ciclo (dias)	97	94	91	87
Irrigação (mm)	-	28,9	100,0	183,9
Totais de água (mm)	598,8	626,7	687,8	760,5

⁽¹⁾ DAE = Dias Após Emergência.

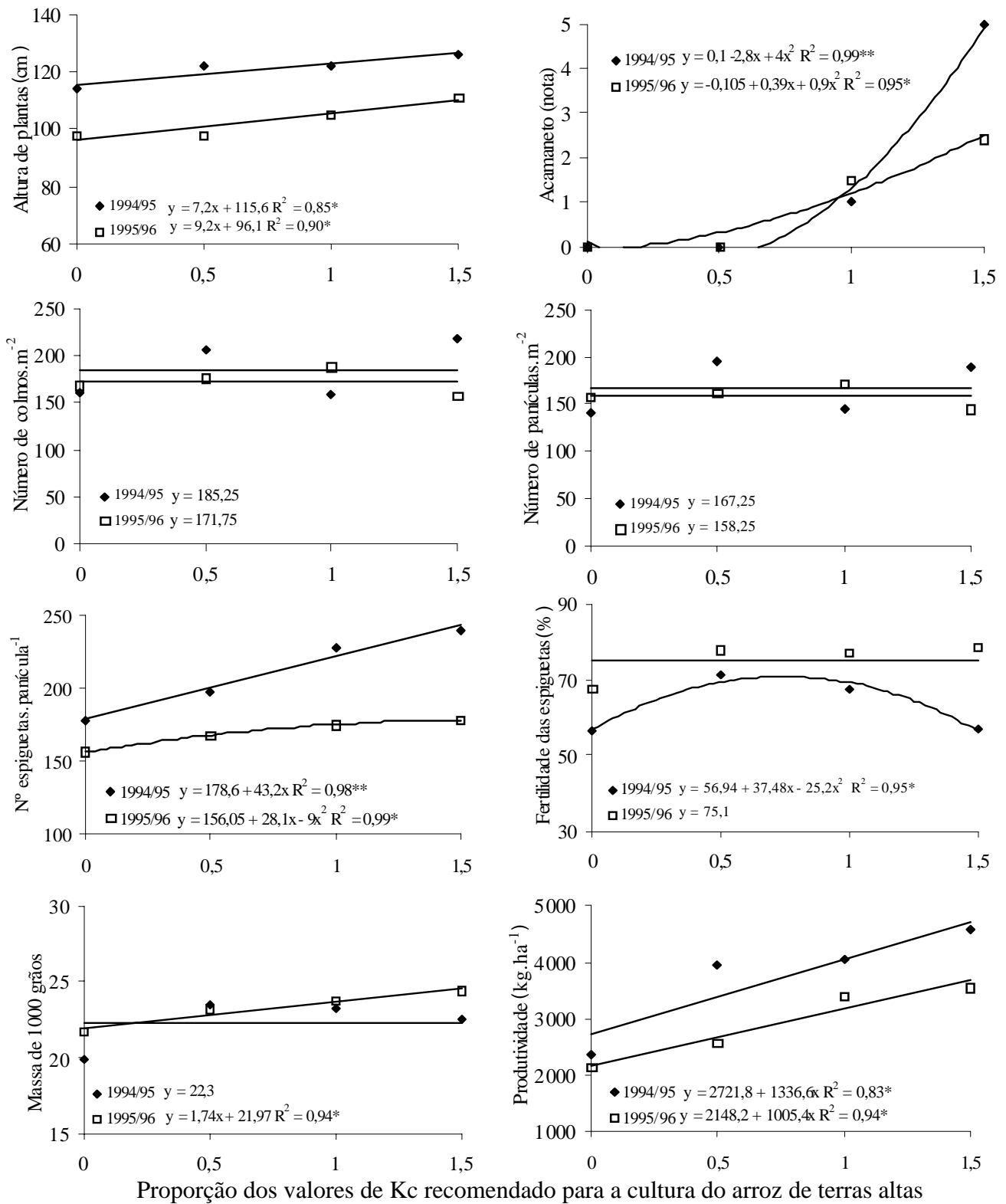


Figura 2. Resposta do arroz de terras altas, cv. IAC 201, ao manejo da irrigação por aspersão, em função de diferentes proporções do Kc recomendado para a cultura do arroz de terras altas, nos anos agrícolas de 1994/95 e 1995/96, em Selvíria (MS). No segundo ano foi utilizada a média dos dois tratamentos de adubação. Escala de valores para acamamento: 0 = sem acamamento, 1 = 1 a 5% de plantas acamadas, 2 = 5 a 25%, 3 = 25 a 50%, 4 = 50 a 75% e 5 = 75 a 100% de plantas acamadas.

Quanto aos níveis de adubação sobre a altura da planta, não houve efeito significativo dos tratamentos (Quadro 5). Observa-se que as plantas analisadas no maior nível de adubação apresentaram 2 cm a mais que as do nível de adubação 1. O nutriente que mais afeta a altura da planta é o nitrogênio. Vários trabalhos relatam o aumento da altura da planta provocado pelo fornecimento de nitrogênio. CAMPELO JÚNIOR (1985) e CARVALHO JÚNIOR (1987) verificaram esse mesmo comportamento da planta com a aplicação de potássio.

O número de colmos por metro quadrado (Figura 2) não foi influenciado significativamente pelos tratamentos. A intensidade da deficiência hídrica pode diminuir o perfilhamento, afetando o número de colmos por metro quadrado (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993), pois leva à dormência as gemas axilares. Se a deficiência hídrica persiste até a transformação da gema vegetativa em reprodutiva, momento da passagem da fase vegetativa para a reprodutiva, o número de panículas por área também é afetado mais ainda, pois o número de panículas por área é afetado tanto pela densidade de semeadura, porcentagem de germinação e emergência, perfilhamento, como também pela fertilidade dos colmos. Dessa forma, ao analisar o número de panículas por metro quadrado (Figura 2), constata-se que não houve diferença significativa entre os tratamentos. Contudo, vários autores relatam a redução do número de panículas por área pela ação da deficiência hídrica (STONE et al., 1979; OLIVEIRA, 1994).

Os níveis de adubação, também, não afetaram o número de colmos e de panículas (Quadro 5), apesar de haver vários relatos sobre a elevação do número de perfilhos mediante fornecimento de nitrogênio (CAMPELO JÚNIOR, 1985; FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993) e de fósforo (FAGERIA, 1990; FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993), do número de panículas por área

pelo fornecimento de nitrogênio (FORNASIERI FILHO e FORNASIERI, 1993), de fósforo (FAGERIA, 1991) e pelo aumento da dose de NPK (STONE e PEREIRA, 1994). O não-efeito das doses de adubo sobre tais características pode ser atribuído aos teores de nutrientes iniciais do solo (Quadro 1), que se encontravam na faixa considerada média (RAJ et al., 1996).

O número de espiguetas por panícula foi afetado significativamente pelos tratamentos de manejo de água (Figura 2). No primeiro ano agrícola houve resposta linear, enquanto no segundo, a resposta foi quadrática. A deficiência hídrica ocorrida durante a fase reprodutiva, no período de iniciação do primórdio da panícula até o emborrachamento (Figura 1), reduziu o número de espiguetas total por panícula à medida que diminuiu a disponibilidade de água para a cultura, que foi menor no tratamento de sequeiro. As diferentes respostas entre os dois anos podem ser atribuídas à pior distribuição das chuvas no período entre a diferenciação do primórdio da panícula e o emborrachamento, no ano agrícola 1994/95, o que acarretou resposta linear com utilização de maiores proporções dos valores de Kc. A redução do número de espiguetas total por panícula como consequência da deficiência hídrica foi relatado por FAGERIA (1980), CAMPELO JÚNIOR (1985). De acordo com YOSHIDA (1981a,b), o número total de espiguetas é influenciado por fatores genéticos e condições externas vigentes durante a fase reprodutiva, mais precisamente do início da fase reprodutiva até cinco dias que antecedem o florescimento. Os diferentes níveis de adubação não afetaram o número de espiguetas por metro quadrado.

A fertilidade das espiguetas foi influenciada pelo manejo de água apenas no primeiro ano do experimento (Figura 2), com resposta quadrática, atingindo valor máximo com a utilização de um valor estimado para a proporção de Kc igual a 0,7.

Quadro 5. Altura da planta, número de colmos e panícula por m² na cultura do arroz de terras altas, cv. IAC 201, sob dois níveis de adubação. Ano agrícola 1995/96, em Selvíria (MS)

Adubação	Altura da planta	Colmos	Paniculas
	cm	número.m ⁻²	
AD1	103a	166a	156a
AD2	105a	175a	160a
CV (%)	6,32	6,81	7,13

AD1: 12 kg de N, 90 kg P₂O₅ e 30 kg de K₂O ha⁻¹, e AD2: 24 kg de N, 180 kg P₂O₅ e 60 kg de K₂O ha⁻¹. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

Várias condições adversas decorrentes do desenvolvimento da meiose da célula-mãe do grão de pólen e no florescimento, ou seja, 10 dias antes e após o início do florescimento, podem influenciar a porcentagem de espiguetas granadas. Entre as condições climáticas desfavoráveis, constam as altas e baixas temperaturas do ar, baixa radiação solar, deficiência hídrica e ventos fortes (YOSHIDA e PARAO, 1976). Quanto ao efeito da adubação não houve diferença significativa entre os tratamentos (Quadro 6).

Os resultados obtidos para massa de 1.000 grãos foram afetados pelo manejo de água estudado apenas no segundo ano agrícola, quando houve incremento linear com a utilização de maiores valores de Kc (Figura 2). A ausência de resposta para essa variável, no ano agrícola 1994/95, deve-se ao elevado acamamento proporcionado pelos maiores valores de Kc. Por esse motivo, o processo de enchimento de grãos foi prejudicado, uma vez que ocorreram pequenos períodos de estiagem (Figura 1) durante a fase de maturação da cultura, em ambos os anos, principalmente, nos quatorze dias posteriores ao florescimento, período em que ocorrem as translocações de carboidratos para o preenchimento da casca (MATSUSHIMA, 1970), bem como durante as duas semanas que antecedem a antese, quando ocorre a definição do tamanho da casca (YOSHIDA, 1981b).

A produtividade de grãos, em ambos os anos, aumentou linearmente com a utilização de maiores valores de Kc (Figura 2). Contudo, as maiores produtividades foram obtidas no primeiro ano agrícola, decorrentes, principalmente, da maior quantidade de espiguetas por panícula. Os acréscimos proporcionados pela irrigação, em relação ao cultivo de sequeiro, foram, em média, de 74% no ano agrícola de 1994/95 e de 70% no de 1995/96.

De modo geral, considerou-se a precipitação pluvial, durante o experimento, suficiente para o

desenvolvimento da cultura. Os efeitos benéficos, porém, proporcionados pela irrigação por aspersão na formação da panícula, notadamente a quantidade de espiguetas, resultou em maior produtividade. Segundo SANT'ANA (1989), tem-se observado, em áreas comerciais, aumento de aproximadamente 70% na produtividade. MANZAN (1984), PINHEIRO et al. (1985), OLIVEIRA (1994), NAKAO (1995), CRUSCIOL (1995), RODRIGUES (1998) e ARF et al. (2001) também obtiveram incremento na produtividade do arroz de terras altas, com o uso da irrigação por aspersão. Ainda quanto à produtividade de grãos, verifica-se que não houve efeito da adubação (Quadro 6).

Como não houve influência da adubação sobre os componentes da produção, era de se esperar que a produtividade de grãos não fosse alterada. Contudo, tem-se constatado aumento na produtividade de grãos pelo fornecimento, principalmente, de fósforo (FAGERIA, 1980; FAGERIA, 1991), e de potássio (CARVALHO JÚNIOR, 1987; FAGERIA et al., 1990) assim como de nitrogênio (CAMPELO JÚNIOR, 1985).

Com base nos resultados, é possível inferir algumas sugestões para serem pesquisadas visando ao bom manejo da água de irrigação, tais como: utilizar na fase vegetativa o Kc empregado no manejo M1, possibilitando menor desenvolvimento, resultando em plantas menores, para reduzir o acamamento; na fase reprodutiva, até oito dias de antecedência à fase de emborrachamento, utilizar o Kc do manejo M1.

Até o emborrachamento, passar para o Kc do manejo M2. Nos oito dias seguintes, empregar o Kc do manejo M3, e após esse período, retornar ao Kc do manejo M2 até cinco dias após o florescimento; na fase de maturação, após cinco dias do florescimento, utilizar o Kc do manejo M2 por doze dias; posteriormente, a irrigação cessaria, já que o período necessário para o enchimento da casca, teria sido completado.

Quadro 6. Número de espiguetas por panícula, fertilidade das espiguetas, massa de 1.000 grãos e produtividade de grãos na cultura do arroz de terras altas, cv. IAC 201, sob dois níveis de adubação. Ano agrícola 1995/96, em Selvíria (MS)

Adubação	Espiguetas por panícula	Fertilidade das espiguetas	Massa de 1.000 grãos	Produtividade de grãos
	n.º	%	g	kg.ha ⁻¹
AD1	180a	77,2a	23,7a	2879a
AD2	164a	75,2a	24,1a	3115a
CV (%)	10,70	9,02	4,02	12,07

AD1: 12 kg de N, 90 kg P₂O₅ e 30 kg ha⁻¹ de K₂O, e AD2: 24 kg de N, 180 kg de P₂O₅ e 60 kg ha⁻¹ de K₂O. Médias seguidas de mesma letra não diferem entre si, pelo teste de Tukey, ao nível de 5%.

CONCLUSÕES

1. A deficiência hídrica da emergência até a diferenciação do primórdio da panícula, fase vegetativa, provocou aumento do ciclo e a redução do porte da planta.

2. A deficiência hídrica entre os estádios de diferenciação do primórdio da panícula e os de emborrachamento reduziu o número de espiguetas por panícula.

3. A utilização de 1,5 vezes os valores de Kc recomendados por REICHARDT (1987), no manejo da irrigação por aspersão, proporcionou maior produtividade de grãos, com incremento médio de 72% em relação ao sistema de cultivo de sequeiro.

4. Os níveis de adubação utilizados não influenciaram a resposta da cultura ao manejo da irrigação por aspersão.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ARF, O. *Efeitos de densidades populacionais e adubação nitrogenada sobre o comportamento de cultivares de arroz irrigado por aspersão*. 1993. 63f. Tese (Livre Docência) – Faculdade de Engenharia de Ilha Solteira, 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.
- BARBOSA FILHO, M.P., SILVA, O.F. Aspectos agro-econômicos da calagem e da adubação nas culturas de arroz e feijão irrigados por aspersão. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.11, p.1657-1667, 1994.
- CAMPELO JÚNIOR, J.O. *Avaliação da capacidade de extração de água do solo pelo arroz de sequeiro (Oryza sativa L.) sob diferentes doses de nitrogênio*. 1985. 127f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas) - Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.
- CARVALHO JÚNIOR, A.G. *Efeito da adubação potássica em cultivares de arroz (Oryza sativa L.) de sequeiro sob déficit hídrico, em solos sob cerrados*. Lavras, 1987. 165f. Dissertação (Mestrado em Fitotecnia) - Escola Superior de Agricultura de Lavras.
- CRUSCIOL, C.A.C. *Espaçamento e densidade de semeadura do arroz, cv. IAC 201, sob condições de sequeiro e irrigado por aspersão*. 1995. 104f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- DABNEY, S.M.; HOFF, B.J. Influence of water management on growth and yield of no-till planted rice. *Crop Science*, Madison, v.29, p.746-752, 1989.
- DINIZ, J.A.; BRANDÃO, S.S.; GIUDICE, R.M.; SEDIYAMA, C.S.; LOUREIRO, B.T. Comportamento de variedades de arroz, em terras, altas, sob regime de irrigação por aspersão em diferentes níveis de adubação nitrogenada. *Experientiae*, Viçosa, v.22, p.235-262, 1976.
- DOORENBOS, J.; PRUITT, W.O. *Las necesidades de agua de los cultivos*. Roma: FAO, 1976. 194 p. (Estudios FAO : Riego e Drenaje, 24).
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. *Sistema Brasileiro de Classificação dos Solos*. Rio de Janeiro: EMBRAPA/CNPQ, 1999. 41p.
- FAGERIA, N.K. Resposta de cultivares de arroz a fertilizante fosfatado em latossolo vermelho-escuro do Brasil Central. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.15, n.1, p.63-7, 1991.
- FAGERIA, N.K. Deficiência hídrica em arroz de cerrado e resposta ao fósforo. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.15, n.3, p.259-265, 1980.
- FAGERIA, N.K.; BARBOSA FILHO, M.P. Potassium fertilization increase upland rice yield in cerrado soil. *Better Crops International*, Atlanta v.6, p.12-3, 1990.
- FORNASIERI FILHO, D.; FORNASIERI, J.L. *Manual da cultura do arroz*. Jaboticabal: FUNEP, 1993. 221p.
- GROHMANN, F. Distribuição e tamanho de poros em três tipos de solos do Estado de São Paulo. *Bragantia*, Campinas, v.21, n.18, p.285-295, 1960.
- MANZAN, R.J. Irrigação por aspersão na cultura do arroz. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.10, p.35-40, 1984.
- MATSUSHIMA, S. *Crop science in rice: Theory of yield determination and its application*. Tokyo: Fuji, 1970. 379p.
- NAKAO, W.S. *Manejo de água na cultura do arroz (Oryza sativa L.) irrigado por aspersão*. 1995. 44f. Monografia (Graduação em Agronomia) - Faculdade de Engenharia, Universidade Estadual Paulista, Ilha Solteira.
- 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. 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, 1985.
- PRASERTSAK, A.; FUKAI, S. Nitrogen availability and water stress interaction on rice growth and yield. *Field Crop Research*, Amsterdam, v.52, p.249-260, 1997.
- RAIJ, B. van; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A.M.C. *Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo*. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo e Fundação IAC, 1996. 285p. (Boletim técnico, 100)

- RAIJ, B. van; QUAGGIO, J.A. *Métodos de análise de solo para fins de fertilidade*. Campinas: Instituto Agrônomo, 1983. 31p. (Boletim Técnico, 81)
- REICHARDT, K. Relações solo-água-plantas para algumas culturas. In: REICHARDT, K. *A água em sistemas agrícolas*. São Paulo: Manole, 1987, p.157-71.
- RICHARDS, L.A. Pressure membrane apparatus construction and use. *Agricultural Engineering*, Saint Joseph, v. 28, p. 451-454, 1947.
- RICHARDS, L.A.; FIREMANN, M. pressure-plate apparatus for measuring moisture sorption and transmission by soils. *Soil Science*, Baltimore, v.56, p.395-404, 1943.
- RODRIGUES, R.A.F. *Efeitos do manejo de água nas características fenológicas e produtivas do arroz (Oryza sativa L.) cultivado em condições de sequeiro sob irrigação por aspersão*. 1998. 75f. Tese (Doutorado em Irrigação e Drenagem) – Faculdade de Ciências Agrônomicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.
- SANT'ANA, E.P. Cultivo de arroz irrigado por aspersão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.14, n.161, p.71-5, 1989.
- SANTOS, A.B.; STONE, L.F.; FAGERIA, N.K.; PRABHU, A.S.; MAH, M.G.C.; AQUINO, A.R.L.; AJIMURA, G.M.; BARBOSA FILHO, M.P.; ZIMMERMANN, F.J.P.; CARVALHO, J.R.P.; OLIVEIRA, A.B.; SILVEIRA FILHO, A. Efeito do conjunto de técnicas aplicadas ao sistema de produção do arroz de sequeiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.17, p. 835-845, 1982.
- SÃO PAULO (Estado). Secretaria de Agricultura e Abastecimento. Coordenadoria da Pesquisa Agropecuária. Instituto Agrônomo. *Agulhinha de Sequeiro: IAC 201-Cultivar de arroz para o Estado de São Paulo*. Campinas, 1992. n.p. (Fôlder)
- STONE, L.F.; LIBARDI, P.L.; REICHARDT, K. Deficiência hídrica, vermiculita e cultivares. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.19, n.6, p.695-707, 1984.
- STONE, L.F.; PEREIRA, A.L. Sucessão arroz-feijão irrigado por aspersão: Efeitos do espaçamento entre linhas, adubação e cultivar na produtividade e nutrição do arroz. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.29, n.11, p.1701-13, 1994.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M. Irrigação do arroz por aspersão. *Informe Agropecuário*, Belo Horizonte, v.14, n.161, p.76-8, 1989.
- STONE, L.F.; SILVEIRA, P.M.; OLIVEIRA, A.B.; AQUINO, A.R.L. Efeitos da supressão de água em diferentes fases do crescimento na produção do arroz irrigado. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, Brasília, v.14, n.2, p.105-9, 1979.
- YOSHIDA, S. Climatic environment and its influence. In: YOSHIDA, S. *Fundamentals of rice crop science*. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981a. cap. 2, p.65-110.
- YOSHIDA, S. Growth and development of the rice plant. In: YOSHIDA, S. *Fundamentals of rice crop science*. Los Baños: International Rice Research Institute, 1981b. cap.1, p.1-65.
- YOSHIDA, S.; PARAÓ, F.T. Climatic influence on yield and yield components of lowland rice in the tropics. In: INTERNATIONAL RICE RESEARCH INSTITUTE. *Climate and rice*. Los Baños, 1976. p.471-91.