

CONSUMO E EFICIÊNCIA DO USO DA ÁGUA E COMPONENTES DO RENDIMENTO DO ARROZ IRRIGADO¹

WATER USE EFFICIENCY, WATER CONSUMPTION AND RICE YIELD COMPONENTS

Marcos Gregório Ramos Hernandez² Reimar Carlesso³ Adroaldo Dias Robaina⁴
Sidnei Osmar Jadoski⁵ Carlos Renan Denardin Dotto⁶

RESUMO

Este trabalho teve como objetivo avaliar o efeito de dois níveis de manejo da água, preparo do solo e de herbicidas no rendimento de grãos, consumo de água, eficiência do uso da água e nos componentes do rendimento do arroz irrigado. O experimento foi conduzido no ano agrícola 1993/1994 em área da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. A cultivar de arroz BR-IRGA-414 foi semeada em linhas, em 22 de dezembro de 1993. O delineamento experimental foi de blocos ao acaso, trifatorial (2³), constituído de duas épocas do início da irrigação (15 e 30 dias após a emergência - DAE), dois sistemas de preparo do solo (preparo convencional e cultivo mínimo) e controle de plantas invasoras (com e sem uso de herbicidas). Os resultados demonstraram que o consumo de água não diferiu significativamente entre os tratamentos. A associação entre o início da irrigação aos 30 DAE e o cultivo mínimo promoveu menor eficiência do uso da água. O início da irrigação aos 15 DAE proporcionou maior índice de colheita com maior número de panículas por metro quadrado e também menor esterilidade de espiguetas em relação à irrigação com início aos 30 DAE.

Palavras-chave: irrigação, herbicidas, preparo do solo.

SUMMARY

The objective of this experiment was to study the effect of two water managements, tillage systems and weed control on rice yield, water use and water use efficiency and crop yield components. The experiment was conducted in 1993/94 crop growing season in the experimental field of the Federal University of Santa Maria, Santa Maria - RS. Rice cultivar BR-IRGA-414 was sowed in rows in December 22, 1993. A factorial (2³) experiment in a completely randomized block design was used with two irrigation dates (15 and 30 days after emergency - DAE), two soil tillage system (minimum and conventional) and two weed control levels (with and without herbicide application). The results indicate that the water consumption was similar among all treatments. The interaction between irrigation at 30 DAE and minimum tillage results in lower water use efficiency. The number of panicles is higher for irrigation started at 15 DAE than 30 DAE. Irrigation starting at 15 DAE presents plants with higher harvest index, larger panicle number per area and lower spikelet sterility.

Key words: irrigation, herbicides, soil tillage.

¹ Parte da Dissertação de mestrado do primeiro autor apresentada ao Curso de Pós-graduação em Engenharia Agrícola da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

² Engenheiro Agrônomo, aluno do Curso de Pós-Graduação em Engenharia Agrícola, UFSM.

³ Engenheiro Agrônomo, PhD., Bolsista do CNPq, Professor do Departamento de Engenharia Rural, Centro de Ciências Rurais, UFSM, 97119-900 - Santa Maria, RS.

⁴ Engenheiro Agrônomo, Doutor, Professor do Departamento de Engenharia Rural, UFSM.

⁵ Engenheiro Agrônomo, Bolsista de Aperfeiçoamento do CNPq, UFSM.

⁶ Engenheiro Agrônomo, MsC., Departamento de Engenharia Rural, UFSM.

INTRODUÇÃO

A utilização mais racional do solo e da água para implantação da lavoura do arroz irrigado tem sido fundamental. GOMES *et al.* (1987) comprovaram que é possível reduzir o período de irrigação do arroz de 90 para 60 dias, com conseqüente redução no custo de produção. O início da irrigação está na dependência de vários fatores, dentre eles o crescimento e concorrência de plantas invasoras. GOMES *et al.* (1987) constataram que o rendimento de grãos e a emergência de plântulas não foram afetados quando a irrigação iniciou aos 15 ou 30 dias após a emergência (DAE).

Mais recentemente, o plantio direto e/ou cultivo mínimo são empregados como medida de controle de invasoras nas áreas arrozeiras para diminuir os custos. Neste sistema, oito dias antes da semeadura do arroz, realiza-se a aplicação de herbicida de ação total e, posteriormente, realiza-se a semeadura do arroz, com semeadora de plantio direto. De acordo com ANDRADE (1982) ocorre uma redução de até 70% na emergência de plantas de arroz vermelho e preto, principalmente, devido a menor mobilização do solo.

O cultivo mínimo, de acordo com PEDROSO (1985), diferencia-se do plantio direto, basicamente porque o solo é preparado no sistema convencional (arado + grade) de dois a quatro meses anteriores a semeadura, possibilitando o estabelecimento de pastagem natural densa que, posteriormente é dessecada antes da semeadura. PEDROSO (1982) encontrou acréscimo de 16% no rendimento do arroz irrigado com a utilização do cultivo mínimo em relação ao cultivo convencional. Por outro lado, GOMES *et al.* (1993) verificaram que, em condições de manejo semelhante, o rendimento de grãos no cultivo mínimo equívaleu-se àquele obtido no sistema convencional, reduzindo a infestação de invasoras a níveis que não afetaram o rendimento da cultura.

A antecipação do início da irrigação não ocasiona efeitos no número de panículas de arroz por metro quadrado (ALVES & MACHADO, 1991). Entretanto, quando a irrigação é iniciada logo após a emergência das plantas ocorre redução no número de panículas devido ao menor número de colmos e menor produção de afilhos, em função da menor aeração do solo durante o seu desenvolvimento.

A esterilidade de espiguetas afeta a produtividade do arroz e aumenta com a redução do conteúdo de água no solo. Segundo CRUZ *et al.* (1975), a diminuição brusca e acentuada do conteúdo de água no solo a partir da diferenciação do primórdio floral

não reduz o número de espiguetas por panícula porém aumenta o número de espiguetas estéreis. O objetivo deste experimento foi avaliar o efeito de dois níveis de manejos de água, sistemas de preparo do solo e controle de plantas invasoras no rendimento de grãos, no consumo e eficiência do uso da água e nos componentes do rendimento da cultura do arroz irrigado.

MATERIAIS E MÉTODOS

O experimento foi realizado em área do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, Santa Maria, RS. O solo pertence a unidade de mapeamento Vacacaí, classificado como Planossolo ou Abaqualf (BRASIL, 1973).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso, trifatorial 2^3 , com três repetições. Os tratamentos constituíram-se de duas épocas de início da irrigação (15 e 30 DAE), dois sistemas de preparo do solo (preparo convencional e cultivo mínimo) e controle de plantas invasoras (com herbicida e sem herbicida - testemunha). Os herbicidas utilizados foram o propanil na dose de 10,0 l ha⁻¹ mais quinclorac (Facet 50PM) na dose de 0,750kg ia ha⁻¹.

O preparo do solo no sistema convencional foi efetuado através de uma gradagem aradora e duas gradagens de nivelamento e, no cultivo mínimo, através de uma gradagem realizada 45 dias antes da semeadura seguida de pousio e de uma aplicação de herbicida de ação total (Glyphosate - 1,08kg ia ha⁻¹ ("Roundup" - 3,0 l ha⁻¹)) anterior à realização da semeadura. No tratamento em que as plantas invasoras foram controladas os herbicidas propanil e quinclorac foram aplicados no dia 29 de dezembro de 1993, independentemente da época de início de irrigação.

O experimento foi instalado em 22 de dezembro de 1993, utilizando-se a cultivar de arroz irrigado BR-IRGA-414. A semeadura foi realizada com a semeadora TD-300A (SEMEATO), com densidade de semeadura de 124 sementes por metro linear e espaçamento entre linhas de 0,16m. A dimensão de cada parcela experimental foi de 10x12m.

A adubação de manutenção foi baseada na análise do solo, seguindo a recomendação da COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO-RS/SC (1989). Utilizou-se 10kg N ha⁻¹, 20kg P₂O₅ ha⁻¹ e 60kg K₂O ha⁻¹ aplicados por ocasião da semeadura e 35kg N ha⁻¹ em cobertura na forma de uréia, aplicada a lanço aos 54 DAE.

A irrigação do experimento foi por inundação contínua, mantendo-se uma lâmina média de água de 10cm. A manutenção do nível de água, em cada parcela, foi realizada através de válvulas bóias e o

volume de água aplicado foi controlado através de hidrômetros. A água proveniente das precipitações pluviais foi eliminada através de vertedouros instalados com borda superior a 1,0cm acima do nível da água mantido pelas válvulas bóias, sendo, portanto, considerada para efeito de consumo de água pela cultura as precipitações inferiores a 10mm. A leitura dos hidrômetros foi realizada, diariamente, às 18:00 horas.

Após a retirada da água das parcelas, procedeu-se a colheita das panículas das plantas de arroz em uma área de 4,0m² de cada unidade experimental. As amostras foram trilhadas e os grãos secos ao sol. A determinação da umidade dos grãos foi realizada com o auxílio do determinador de umidade de grãos "DOLE 400 - Moisture Tester E.T.N."

A eficiência do uso da água foi obtida através da razão entre o rendimento de grãos (kg ha⁻¹) e o consumo de água durante o ciclo (m³ ha⁻¹). Na colheita determinou-se a massa seca da parte aérea das plantas e o rendimento de grãos. Além disso, foram colhidas ao acaso 20 panículas por parcela para as determinações do número de grãos por panícula e porcentagem de esterilidade. Para obtenção do peso de mil grãos foi feita a pesagem em balança de precisão das amostras com três repetições de 100 sementes por parcela. O índice de colheita foi determinado através da relação entre o rendimento de grãos de arroz, corrigido para 13% de umidade e a massa seca da parte aérea das plantas coletadas aos 112 DAE e secas em estufa a 65°C até peso constante.

O rendimento de engenho de grãos foi obtido através do processamento de uma amostra de 100 gramas, de cada unidade experimental, em um

aparelho processador de amostras marca Kepler Weber, obtendo-se a percentagem de grãos inteiros e de quebrados. A determinação do número de panículas/m² da cultura do arroz foi através da contagem das panículas, por unidade de área, no período final da floração.

Os resultados foram submetidos a análise estatística, utilizando-se o programa Statistical Analysis System (SAS) e o Sistema para Análises Estatísticas - SAEG V 4.0. Aplicou-se o teste de Tukey para comparação das médias.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados do quadrado médio da análise da variância para o consumo de água, rendimento de grãos, eficiência do uso de água, peso de mil grãos, número de panículas/m², número de grãos/panícula, esterilidade de espiguetas, índice de colheita, rendimento de engenho de grãos e matéria seca das plantas são apresentados na Tabela 1. O consumo de água, rendimento de engenho e a matéria seca da planta do arroz não foram influenciados significativamente pelos tratamentos.

Na Tabela 2 são apresentados os valores do rendimento de grãos de arroz das interações significativas entre os tratamentos de épocas de início da irrigação x sistemas de preparo do solo, épocas de início da irrigação x níveis de controle de plantas invasoras e sistemas de preparo do solo x controle de plantas invasoras. Com a utilização do preparo convencional do solo e irrigação aos 15 DAE observou-se um aumento no rendimento de grãos de 29% do que com o início da irrigação aos 30 DAE. No tratamento

Tabela 1 - Valores do quadrado médio da análise da variância em função das épocas de início da irrigação, dos sistemas de preparo do solo, dos níveis de controle de plantas invasoras e de suas interações. Santa Maria, RS, 1994.

Causas da Variação	GL	Consumo de água	Rendimento de grãos	Eficiência do uso da água	Peso de mil grãos	Número de partícula/m ²	Número de grãos/panícula	Esterilidade de espiguetas	Rendimento de engenho	Massa seca total aos 112 DAE	Índice de colheita
Bloco	2	68615,31 ns	00946,19 ns	0,005 ns	0,0019 ns	4953,13 *	86,44 ns	26,73 ns	0,88 ns	34018940,0 ns	0,01622 *
Irrigação(I)	1	2853179,00 ns	4845958,00 *	0,005 ns	0,0013 ns	10437,51 *	69,77 ns	112,36 *	0,17 ns	1468477,0 ns	0,01042 *
Preparo solo (P)	1	4206458,00 ns	252636,30 ns	0,226 ns	0,0081 ns	17523,01 *	6,22 ns	1,51 ns	0,04 ns	2596362,0 ns	0,00015 ns
Herbicidas (H)	1	56310,46 ns	345,01 ns	0,005 ns	0,0193 *	110,51 ns	701,78 *	42,11 ns	1,50 ns	992927,3 ns	0,00002 ns
I*P	1	4668589,00 ns	1271356,00 *	0,263 *	0,0280 *	518,01 ns	0,28 ns	1,64 ns	0,17 ns	1458461,0 ns	0,00807 ns
I*H	1	272502,10 ns	1577416,00 *	0,072 ns	0,0008 ns	94,01 ns	204,05 ns	12,48 ns	2,04 ns	15410830,0 ns	0,00007 ns
P*H	1	2703556,00 ns	1127565,00 *	0,155 ns	0,0024 ns	1544,01 ns	121,86 ns	5,11 ns	0,00 ns	20011,0 ns	0,00327 ns
I*P*H	1	958082,60 ns	76415,88 ns	0,065 ns	0,0008 ns	858,01 ns	279,35 ns	7,07 ns	0,38 ns	124,88 ns	0,00002 ns
Resíduo	14	1627529,00	244870,50	0,054	0,0040	841,24	95,89	16,31	0,76	4255328,0	0,00206
CV (%)		24,61	9,03	24,71	1,72	9,98	11,62	24,15	1,43	11,5	14,15

ns- não significativo

* - significativo estatisticamente pelo teste de Tukey (P<0,05)

CV - Coeficiente de variação

GL - Grau de liberdade

Tabela 2 - Valores do rendimento de grãos da cultura de arroz, cultivar BR-IRGA-414, das interações entre épocas de início da irrigação, sistemas de preparo do solo e níveis de controle de plantas invasoras. Santa Maria, RS, 1994.

Tratamento	Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	
	Mínimo	Convencional
15 DAE	5801 aA	6056 aA
30 DAE	5363 aA	4697 bB
	Com herbicida	Sem herbicida
15 DAE	5668 aA	6189 aA
30 DAE	5282 aA	4777 bB
	Mínimo	Convencional
C/herbicida	5361,75 aA	5590,06 aA
S/herbicida	5802,84 aA	5164,14 aB

Os valores seguidos da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$).

DAE - Dias após a emergência.

sem o uso de herbicidas e com início irrigação aos 15 DAE, o rendimento de grãos foi 29,5% superior do que com o início da irrigação aos 30 DAE. No cultivo mínimo do solo, o rendimento de grãos não foi afetado significativamente quando associado as épocas de início da irrigação e aos níveis de controle de plantas invasoras, indicando que, somente a utilização do cultivo mínimo possibilita uma redução na quantidade de herbicida a ser utilizada na cultura do arroz. O início da irrigação aos 30 DAE associada ao cultivo mínimo do solo proporcionou um rendimento de grãos 14,2% maior do que associado ao preparo convencional do solo e, o rendimento de grãos foi superior com a utilização de herbicidas no controle das plantas invasoras. É importante, entretanto, salientar que a infestação de plantas invasoras observadas na área experimental foi inferior à normalmente observada em áreas cultivadas com arroz na região. Não se observaram diferenças no rendimento de grãos com a utilização ou não de herbicidas associada ao preparo convencional ou mínimo do solo. Entretanto, o rendimento de grãos foi inferior com a utilização do preparo convencional do solo sem o uso de herbicidas. Isto, provavelmente, está associado ao maior revolvimento do solo por ocasião da semeadura, favorecendo, assim, a maior emergência de plantas invasoras.

Na Tabela 3 são apresentados os resultados da eficiência do uso da água e do peso de mil grãos das interações significativas entre as épocas de início da irrigação e os sistemas de preparo do solo. A eficiência do uso da água durante o ciclo da cultura do arroz irrigado foi menor, quando o sistema de preparo do solo foi associado com o início de irrigação aos 30 DAE. O peso de mil grãos foi maior para o preparo convencional do solo e início da irrigação aos 15 DAE. Entretanto, maior peso de mil sementes foi observado com a utilização do cultivo mínimo do solo associada ao início da irrigação aos 30 DAE. Estes resultados também evidenciam que o cultivo convencional não deve ser utilizado em áreas onde possa ocorrer atrasos no início da irrigação.

Os resultados demonstraram que o índice de colheita (Tabela 4) foi maior quando a irrigação iniciou aos 15 DAE, estando associado, diretamente, ao rendimento de grãos mais elevados. Estes resultados estão de acordo com as observações realizadas por DOTTO (1990). Diferenças no índice de colheita podem ser parcialmente explicadas pelos valores de esterilidade de espiguetas e estas foram estatisticamente diferentes para as duas épocas de início de irrigação, apresentando a maior esterilidade de grãos quando a irrigação iniciou aos 30 DAE.

Tabela 3 - Valores da eficiência do uso da água e do peso de mil grãos da cultura do arroz, cultivar BR-IRGA-414, das interações entre sistemas de preparo do solo e épocas de início da irrigação. Santa Maria, RS, 1994.

Épocas de início da irrigação	Sistemas de preparo do solo	
	Mínimo	Convencional
	Eficiência do uso da água (Kg m ⁻³)	
15 DAE	0,92 aA	0,93 aA
30 DAE	1,15 aA	0,75 aB
	Peso de mil grãos	
15 DAE	36,22 bB	37,25 aA
30 DAE	37,05 aA	36,70 aA

Os valores seguidos da mesma letra minúscula na vertical e maiúscula na horizontal não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \leq 0,005$).

DAE - Dias após a emergência.

Tabela 4 - Valores do índice de colheita, percentagem de esterilidade de grãos, número de grãos/panícula e número de panículas/m² da cultura do arroz BR-IRGA-414, das interações entre épocas de início da irrigação, sistemas de preparo do solo e controle de plantas invasoras. Santa Maria, RS, 1994.

Tratamento	Índice de colheita	Esterilidade de espiguetas (%)	Número de grãos/panícula	Número de panículas/m ²
Épocas de início da irrigação				
15 DAE	0,33a	14,56 b	82,59ns	311,50a
30 DAE	0,28 b	18,88a	86,00ns	269,79 b
Sistemas de preparo do solo				
Mínimo	0,32 ns	16,47 ns	83,79ns	317,67a
Convencional	0,30 ns	16,97 ns	86,55 ns	282,63 b
Controle de plantas invasoras				
C/herbicida	0,31 ns	15,40 ns	78,89 b	292,79 ns
S/herbicida	0,31 ns	18,04 ns	89,71 a	288,50 ns

Os valores seguidos da mesma letra minúscula na vertical não diferem estatisticamente pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$)
DAE - Dias após a emergência.

O número de grãos por panícula de arroz apresentou diferenças significativa com a utilização ou não de herbicidas, sendo que a utilização de herbicida proporcionou menor número de grãos por panícula, porém, com peso de mil grãos mais elevado.

O início da irrigação aos 15 DAE proporcionou maior número de panículas por metro quadrado, explicando, portanto, o maior rendimento de grãos observado com o início da irrigação aos 30 DAE e utilização do sistema convencional (Tabela 2). Os resultados do número de panículas por metro quadrado com o início da irrigação aos 15 DAE contrapõem os resultados obtidos por ALVES & MACHADO (1991), onde a antecipação da irrigação não ocasionou diferenças no número de panículas por metro quadrado. Além disso, o número de panículas por metro quadrado também foi superior quando o sistema de cultivo mínimo foi utilizado. Estes resultados contrastam com os apresentados por SILVA *et al.* (1995), que observaram menor número de panículas por metro quadrado no cultivo mínimo.

O peso de mil grãos não foi influenciado pelos sistemas de preparo do solo. Resultados semelhantes foram encontrados por SILVA *et al.* (1993) testando cultivo mínimo e preparo convencional do

solo. O peso de mil grãos foi maior no preparo convencional do convencional do solo e início da irrigação aos 15 DAE. Entretanto, maior peso de mil sementes foi solo do que no cultivo mínimo quando a irrigação foi iniciada aos 15 DAE.

CONCLUSÕES

O cultivo mínimo pode ser utilizado tanto para o início da irrigação aos 15 e 30 dias após a emergência das plantas, como também com ou sem a utilização de herbicidas em áreas com baixa incidência de plantas invasoras. A antecipação do início da irrigação da cultura do arroz irrigado proporciona maior índice de colheita, com maior número de panículas/m² e menor esterilidade de espiguetas.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, M.C., MACHADO, J.R. Efeitos do manejo de água na cultura do arroz (*Oryza sativa* L.) irrigado por inundação. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 399, n. 44, p. 24-29, 1991.
- ANDRADE, V.A. de. Arroz irrigado no sistema de plantio direto. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, n. 35, v. 338, 1982.
- BERNARDES, B.C. Irrigação do arroz. *Lavoura Arrozeira*, Porto Alegre, v. 17, n. 10, p. 371-82, 1956.
- BRASIL. Levantamento de reconhecimento dos solos do estado do Rio Grande do Sul. Recife, PE: Ministério da Agricultura, Departamento de Pesquisa Agropecuária - Divisão de Pesquisa Pedológica, 1973. 431 p. (Boletim Técnico n. 30).
- COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO - RS/SC. *Recomendação da adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 2 ed. Passo Fundo: SBCS - Núcleo Regional Sul/EMBRAPA-CNPT, 1989. 128 p.
- CRUZ, J.C., BRANDÃO, S.S., DEL GIUDICE, R.M., *et al.* Efeito de diferentes tensões de umidade do solo em duas fases de desenvolvimento da planta, com relação ao crescimento e produção do arroz (*Oryza sativa* L.). *Experimentiae*, v. 9, n. 19, p. 187-209, 1975.
- DOTTO, C.R.D. *Consumo de Água e Produtividade do Arroz (Oryza sativa L.) Sob Três Sistemas Irrigação*. Dissertação (Mestrado em Engenharia Rural) - Universidade Federal de Santa Maria, Curso de Pós-graduação Engenharia Agrícola, Santa Maria, 1990.
- GOMES, A.S., VAHL, L.C., TUATTI, A.L., *et al.* Épocas de início e término de inundação do solo para cultivares de porte baixo no Rio Grande do Sul. In: REUNIÃO NACIONAL DE

- PESQUISA DE ARROZ, 3, Goiânia, 1987. Resumo... Brasília, DF, EMBRAPA, 1987. p. 37
- PEDROSO, B.A. **Obtenção de Manejo de Cultivares**. Porto Alegre: SAGRA, 1985. 175 p.
- PEDROSO, B.A. Semeadura direta em arroz irrigado. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v. 337, n. 35, 1982.
- SILVA, P.R.F. da, SOUZA, P.R. de, MENEZES, V.G., *et al.* Comparação de cultivares de arroz irrigado nos sistemas de semeadura convencional e em cultivo mínimo. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 21, 1995, Porto Alegre. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 1995. 333 p.
- SILVA, P.R.F., SOUZA, P.R. de, MENEZES, V. G., *et al.* Efeito do sistema de semeadura no rendimento de grãos e componentes de cultivares de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20, 1993, Pelotas. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA-CPACT, 1993. 305 p. p. 119-120.

Ciência Rural, v. 27, n. 3, 1997.