

Consumo de água e perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial do arroz irrigado

Water use and nutrients and sediments losses on the initial water drainage on flooded rice

Sérgio Luiz de Oliveira Machado¹ Enio Marchezan² Afrânio Almir Righes³
Reimar Carlesso⁴ Silvio Carlos Cazarrotto Villa⁵ Edinalvo Rabaiolli Camargo⁵

RESUMO

No Rio Grande do Sul (Brasil), a lavoura arrozeira é grande consumidora de água e apresenta potencial de contaminação de mananciais hídricos quando a drenagem inicial é realizada. Este trabalho teve como objetivo quantificar o consumo de água do arroz irrigado submetido a sistemas de cultivo (Experimento I) bem como verificar a concentração de nutrientes e de sedimentos em suspensão na água de drenagem inicial no pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas (Experimento II). Os experimentos foram conduzidos em 2000/01 e 2001/02 (Experimento I) e 1999/00, 2000/01 e 2001/02 (Experimento II) em área de várzea em Planossolo Hidromórfico Eutrófico, arênico na Universidade Federal de Santa Maria (UFSM), Santa Maria (RS). No experimento I, o consumo de água no sistema convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas foi analisado no delineamento experimental em blocos ao acaso, com quatro repetições. O consumo de água não foi afetado pelos sistemas de cultivo variando de 5.431 a 6.422 e de 5.374 a 5.852 m³ ha⁻¹, respectivamente para 2000/01 e 2001/02. A quantidade de água necessária para o preparo inicial do solo no pré-germinado e transplante de mudas ou para a formação da lâmina d'água no mix de pré-germinado foi de 1.285 m³ ha⁻¹. No experimento II, os três anos agrícolas (1999/00, 2000/01 e 2001/02) com os três sistemas de cultivo (pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas) foram comparados para quantificar as perdas de nutrientes e de sedimentos na água de drenagem inicial. As concentrações de nitrato, fósforo e magnésio na água foram similares entre os sistemas de cultivo. No mix de pré-germinado, a concentração de amônio e potássio foram maiores que no pré-germinado e transplante de mudas, com 3,85 e 7,70 mg L⁻¹ respectivamente. Contudo as perdas de nutrientes verificadas

estiveram dentro de limites aceitáveis de acordo com a legislação vigente. A turbidez e a presença de sedimentos na água de drenagem inicial foi menor no mix de pré-germinado em comparação com o pré-germinado e transplante de mudas, indicando que a manutenção da água na lavoura nestes sistemas de cultivo é importante para sustentabilidade do ecossistema arroz irrigado e manutenção do potencial produtivo da cultura.

Palavras-chave: *Oryza sativa* L., sistemas de cultivo, meio ambiente.

ABSTRACT

In Rio Grande do Sul, Brazil, irrigated rice fields use large amount of water and have the potential of contaminate surface water bodies when drainage is performed. The objective of this experiment was to quantify the amount of water in flooded rice fields under different cropping systems (Experiment I) and to measure the concentration of nutrients in the initial drainage water of pre-germinated, pre-germinated mix and seedling transplanting systems (Experiment II). The research was conducted during 2000/01 and 2001/02 (Experiment I) and during 1999/00, 2000/01 and 2001/02 (Experiment II) in a lowland area of a Planossolo located at the Federal University of Santa Maria-RS, Brazil. In the years 2000/01 and 2001/02 (Experiment I) five cropping systems (conventional, minimum tillage, pre-germinated, mix of pre-germinated and seedling transplanting) randomized block experimental design with four replications. Were used the cropping systems did not influence the use of water by flooded rice, varying from 5,431 to 6,422 and 5,347 to 5,852 m³ ha⁻¹ for the years 2000/01 and 2001/02, respectively. The amount of water used for flooding the soil in the pre-germinated and

¹Departamento de Defesa Fitossanitária, UFSM, CEP: 97105-970 – Santa Maria, RS, Brasil. Autor para correspondência. Email: smachado@ccr.ufsm.br.

²Departamento de Fitotecnia da UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

³Centro Universitário Franciscano (UNIFRA), Santa Maria, RS, Brasil.

⁴Departamento de Engenharia Rural da UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

⁵Curso de Pós-graduação em Agronomia, UFSM, Santa Maria, RS, Brasil.

seedling transplanting systems or form establishing a layer of water in the mix pre-germinated was 1,285m³ ha⁻¹. In Experiment II, three cropping systems (pre-germinated, mix of pre-germinated and seedling transplanting) were compared. Nitrate, phosphorus and magnesium concentrations in the initial drainage water were similar in the different cropping systems. In the mix of pre-germinated system, ammonium and potassium concentrations were higher when compared with the pre-germinated and seedling transplanting systems with averages of 3.85 and 7.70mg L⁻¹, respectively. Recorded nutrient losses were within the range allowed by the current legislation. The concentration of sediments in the drainage water was lower in the mix of pre-germinated system when compared to pre-germinated and seedling transplanting systems. These suggest that the maintenance of water in the rice field in these cropping systems is important to achieve the sustainability of the flooded rice fields and maintenance of high potential of crop yield.

Key words: *Oryza sativa* L., crop systems, environment.

INTRODUÇÃO

No Rio Grande do Sul, a orizicultura constitui-se em uma das atividades do setor primário da mais alta e estável produtividade, sendo o Estado o maior produtor nacional de arroz irrigado (CONAB, 2000). A lavoura arrozeira irrigada é citada como grande consumidora de água. Os dados disponíveis de consumo são variáveis, e o volume aplicado chega a ultrapassar 15.000m³ ha⁻¹ por ano agrícola (BELTRAME & LOUZADA, 1991).

O volume de água usualmente drenado de uma área cultivada com arroz irrigado por inundação, considerando-se uma lâmina média de 10cm de altura, fica em aproximadamente 1.000m³ ha⁻¹. Resultados obtidos por MACHADO et al. (2002) demonstraram que, para os sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de mudas há, por ocasião da formação da lâmina de água, um consumo ao redor de 1.300m³ ha⁻¹, o que representa de 15 a 20% do volume consumido durante o ciclo da cultura, sem contabilizar as precipitações pluviais ocorridas no período.

A drenagem inicial após o preparo do solo é prejudicial tanto para a rentabilidade do setor orizícola, quanto para o ambiente, pois, além da perda de considerável volume de água, recurso limitante em algumas regiões produtoras e principal item na composição do custo de produção, participando com cerca de 11,5%, são carreados sedimentos em suspensão na água e, por conseqüência, são perdidos os nutrientes adsorvidos a estes ou presentes na solução (LICHTENBERG & SHAPIRO, 1997; WEBER et al., 2003).

Nesse sentido, cresce a demanda por sistemas de cultivo que proporcionem maior economia

de água, sem afetar o rendimento e a qualidade dos grãos. Em sua maioria, as pesquisas para determinação do consumo de água foram realizadas no sistema convencional, havendo com isto a necessidade de se estender estes estudos para os outros sistemas de estabelecimento da lavoura arrozeira. As possíveis diferenças no consumo de água fundamentam-se pelas alterações nas características físicas e hidráulicas do solo nos sistemas pré-germinado e transplante, nos quais, pela prática do preparo do solo na água, ocorre a desestruturação da camada superficial, selamento dos poros e redução da taxa de infiltração de água (KUKAL & AGGARWAL, 2002).

Os nutrientes, principalmente nitrogênio (N) e fósforo (P), presentes na água de drenagem provenientes de lavouras de arroz irrigado provocam eutrofização da água favorecendo o desenvolvimento de algas, porém quando se utiliza um sistema de drenagem controlada com redução do fluxo, pode-se minimizar os problemas ambientais (LALONDE et al., 1996). Na água drenada de lavouras de arroz irrigado foram encontradas concentrações de 200mg L⁻¹ de N-NO₃ e 20mg L⁻¹ de P (HARRIS et al., 1997), de 0,2 a 1,4mg L⁻¹ de P (COALE et al., 1998) e, de 4,9; 1,90; 11,1; 6,3 e 3,6mg L⁻¹ para N, P, potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg), respectivamente, quando uma lâmina de água de 10cm de altura foi drenada (WEBER et al., 2003). No pré-germinado, autores como MARCHEZAN et al. (2002), após três anos de estudo, obtiveram perdas de 3,78; 0,10 e 4,83kg ha⁻¹, respectivamente para N, P e K, valores considerados aceitáveis de acordo com os padrões vigentes. Estudos realizados por MACEDO et al. (2001) relatam que podem ocorrer perdas de sedimentos em suspensão na água e de nutrientes, chegando a atingir valores equivalentes a 32kg ha⁻¹ de N, 5kg ha⁻¹ de P e até 48kg ha⁻¹ de K se a água for drenada antes de dois dias após o preparo final do solo.

A hipótese desenvolvida é de que consumo de água entre os sistemas de cultivo são variáveis e quantitativamente altos; e que a drenagem inicial praticada em determinados sistemas de cultivo é contaminante potencial de recursos hídricos à jusante da lavoura arrozeira. Para atender esta hipótese, este estudo teve por objetivos: (i) estimar o consumo de água do arroz irrigado estabelecido no sistema convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de muda; e (ii) quantificar a concentração de nutrientes e de sedimentos em suspensão na água da drenagem inicial nos sistemas pré-germinado, mix de pré-germinado e transplante de muda.

MATERIAL E MÉTODOS

Os experimentos foram conduzidos em área de várzea sistematizada do Departamento de Fitotecnia da Universidade Federal de Santa Maria, em Santa Maria (RS), em um Planossolo Hidromórfico Eutrófico arênico em 2000/01 e 2001/02 (Experimento I) e em 1999/00, 2000/01 e 2001/02 (Experimento II). No experimento I, o consumo de água nos sistemas convencional (SC), cultivo mínimo (CM), pré-germinado (PRÉ), mix de pré-germinado (MIX) e transplante de muda (TM) foi analisado no delineamento experimental de blocos casualizados, com quatro repetições. As parcelas mediram 160m² (16 x 10m) e a cultivar reagente foi EL PASO 144, que destaca pela adaptação, resistência ao acamamento e estabilidade produtiva em todos os sistemas de cultivo do arroz (WEBER et al, 2003).

O preparo do solo para o estabelecimento do SC, PRÉ e TM foi realizado com equipamento tratorizado, grade niveladora e enxada rotativa. Após, foram construídas as taipas para separação da irrigação de cada parcela. No PRÉ e TM, o aplainamento do solo foi realizado com lâmina de água, objetivando a formação do lodo. No cultivo mínimo (10 dias antes da sementeira) e MIX (10 dias antes da entrada de água) fez-se a dessecação do azevém (*Lolium multiflorum* Lam.) com glyphosate (0,720kg do equivalente-ácido ha⁻¹). A adubação de base foi realizada utilizando-se 10kg ha⁻¹ de N, 40kg ha⁻¹ de P₂O₅ e 40kg ha⁻¹ de K₂O seguindo-se a análise do solo e a recomendação. No SC e CM, o adubo foi incorporado ao solo em torno de 5,0cm de profundidade pelo equipamento de sementeira. No PRÉ, MIX e TM, o fertilizante foi aplicado manualmente três dias antes da sementeira e/ou transplante sobre a lâmina de água. O N em cobertura foi distribuído manualmente, 25kg ha⁻¹ de N no início do perfilhamento, aproximadamente 20 dias após a emergência do arroz e os outros 25kg ha⁻¹ de N no início de diferenciação da panícula (IDP).

No SC e CM, a sementeira do arroz foi realizada mecanicamente com uma sementeira-adubadora em 30 de outubro de 1999, 03 de novembro de 2000 e de 2001, respectivamente, no espaçamento de 0,18 m entrelinhas e na densidade de 180kg ha⁻¹. No PRÉ e MIX, a sementeira foi realizada manualmente, com sementes pré-germinadas, em 30 de outubro de 1999 e 01 de novembro de 2000 e de 2001, na densidade de 130kg ha⁻¹. Para estabelecimento do TM, inicialmente, fez-se a sementeira do arroz em caixas de madeira, as quais continham 2,0cm de terra seca ao ar e peneirada. O transplante foi realizado manualmente em 30 de outubro de 1999 e em 01 de novembro de 2000 e de 2001, quando as plantas apresentavam cerca de

15cm de estatura, sendo colocadas duas a três mudas por cova, distanciadas de 20 x 25cm.

O consumo de água foi monitorado diariamente através de hidrômetros instalados em cada parcela. A água foi conduzida por tubulações fechadas de 100mm de diâmetro pressurizada com auxílio de uma motobomba conectada a um reservatório com prestostato que mantinha a pressão de serviço entre 1,0 e 1,5 atmosferas. A altura da lâmina de água nas parcelas foi mantida por uma bóia acoplada a cada hidrômetro e regulada para suspender a irrigação quando a lâmina alcançasse 10cm (Experimento I). Com a finalidade de evitar as perdas de água por infiltração lateral, foi construída uma taipa ampla ficando um canal mantido com água entre os blocos, e também ao redor do experimento, com a mesma carga hidráulica da parcela em que estava sendo monitorado o consumo de água.

O manejo da água de irrigação foi realizado de acordo com as peculiaridades de cada sistema, sendo que, no SC e CM, a irrigação foi iniciada aos 20 dias após a emergência do arroz mantendo-se a lâmina com aproximadamente em 10cm de altura, e a água não foi drenada até a colheita. No TM, a drenagem foi realizada no dia anterior enquanto que, no PRÉ e MIX, a água foi drenada três dias após a sementeira reiniciando-se a irrigação nestes três sistemas a partir do quarto dia após a drenagem com a lâmina de água sendo elevada conforme o desenvolvimento do arroz, estabilizando-se em 10cm de altura.

No experimento II, o delineamento experimental foi de blocos casualizados, dispostos em fatorial 3 x 3, com quatro repetições. O fator "A" refere-se aos anos agrícolas (1999/00, 2000/01 e 2001/02) e o fator "B" aos sistemas de cultivo (PRÉ, MIX e TM). Em cada parcela (160m² = 16 x 10m), a drenagem foi realizada abrindo-se um pequeno canal na taipa e com auxílio de um bequer fez-se a coleta de subamostras de água, durante o período de duração da drenagem até completar o volume de um litro. Posteriormente, procedeu-se a análise química da água no laboratório de rotina do Departamento de Solos da UFSM, quando se determinaram as concentrações de N (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), P, K, Ca e Mg, de acordo com metodologia descrita por TEDESCO et al. (1995). Os sedimentos em suspensão, a turbidez e a condutividade elétrica da água foram determinados no Laboratório de Controle Ambiental da UFSM seguindo metodologia descrita pela EMBRAPA (1997).

O rendimento de grãos foi determinado colhendo-se manualmente as plantas da área útil de 3 x 2m da área central das parcelas, as quais foram trilhadas, determinado-se a massa dos grãos, corrigindo-se a

umidade para 13%. A produção de matéria seca foi obtida pelas plantas contidas em área de 1m², secas em estufa a temperatura de 65°C até obter-se massa constante, e o resultado expresso em gramas por m².

As variáveis determinadas foram submetidas à análise de variância, através do teste F, adotando-se como limites de aceitação o nível de 5% de probabilidade para significância de efeitos individuais dos fatores estudados e o de 10% para efeitos da interação de fatores (RIBOLDI, 1993). As médias dos tratamentos foram comparadas aplicando-se o teste de Tukey, adotando-se o nível de 5% de probabilidade de erro.

RESULTADOS E DISCUSSÃO

O consumo de água (Experimento I) não foi influenciado pelos sistemas de cultivo variando de 5.431 a 6.422 e de 5.374 a 5.852m³ ha⁻¹, respectivamente em 2000/01 e 2001/02 (Tabela 1). Os valores encontrados estão dentro da faixa da necessidade de água para o arroz irrigado, que segundo MOTTA et al. (1990) variam de 5.130 a 8.016m³ ha⁻¹. A similaridade do consumo de água pode ser atribuída ao aplainamento do solo, evitando-se o escoamento superficial contínuo de água para os drenos, a menor perda de água por infiltração através das taipas por já estarem consolidadas conforme reporta WOPEREIS et al. (1994) e, também, pela presença de um canal com lâmina de água permanente entre os blocos e ao redor do experimento evitando-se o fluxo lateral da água pela inexistência de gradiente hidráulico entre as parcelas e o canal de contorno. Com estes procedimentos, acredita-se que não ocorreram perdas por infiltração lateral nas taipas proporcionando condições semelhantes para todos os sistemas de cultivo, refletindo-se assim na economia de água. É importante salientar que a caracterização físico-hídrica do perfil do solo da área experimental destaca uma zona de maior macroporosidade nas camadas de 30 a 45cm e de 45 a 60cm de profundidade, com maiores valores relativos de condutividade hidráulica saturada do perfil quando comparadas com as camadas superficiais (RIGHES, 1984).

Variações no consumo de água entre o SC, plantio direto e PRÉ foram encontrados por MARCOLIN et al. (1999), registrando maior consumo no SC (7.415 m³ ha⁻¹). No PRÉ, os autores reportam que, se a água utilizada no preparo do solo fosse acumulada da precipitação pluvial durante a entressafra, haveria redução no consumo da ordem de 16,1 a 24,0% em relação ao plantio direto e SC, respectivamente. Pesquisa anterior (MACEDO et al., 1997) evidenciou que, no PRÉ, a possibilidade do menor consumo de

água é decorrente da desestruturação da camada superficial durante o preparo com lâmina de água, pois promove a redução de macrosporos e da condutividade hidráulica, tendo como conseqüência menores perdas de água por percolação e infiltração lateral.

Na tabela 1, verifica-se que o rendimento de grãos não diferiu entre os sistemas de cultivo, independentemente do ano agrícola (2000/01 e 2001/02). A relação entre rendimento de grãos e volume de água consumida, que representa a eficiência do uso da água, evidencia que os cinco sistemas de cultivo utilizaram a água de forma eficiente (Tabela 1). Esses valores seriam ainda maiores, se a água (1.285m³) usada no preparo do solo no PRÉ e TM ou para formação da lâmina d'água inicial no MIX fosse da precipitação pluvial acumulada na entressafra.

Não houve diferença significativa entre os anos agrícolas e nem interação entre anos agrícolas e sistemas de cultivo para o teor de nutrientes, pH, turbidez, condutividade elétrica e sedimentos em suspensão na água de drenagem inicial (Experimento II). Os resultados mostraram que, na água de drenagem inicial, são perdidos nutrientes, sendo as maiores concentrações de Ca e K, seguidas das de Mg e N (N-NH₄⁺ + N-NO₃⁻), e em quantidade menor, do P (Tabela 2). Deve-se destacar que a água da fonte de irrigação continha 1,40mg L⁻¹ de K, 4,08mg L⁻¹ de Ca e 2,83mg L⁻¹ de Mg (Tabela 2). No MIX, K, Ca e N-NH₄⁺ foram os nutrientes presentes em maior concentração, confirmando resultados encontrados por WEBER et al. (2003). Neste sistema, o fertilizante aplicado na base não foi incorporado ao solo, e isto proporcionou maior concentração destes nutrientes na água drenada. Autores como MARCHEZAN et al., (2001) reportam perdas da ordem de 3,65mg L⁻¹, quando o K foi aplicado 20 dias antes da semeadura, independentemente da incorporação ou não do fertilizante. No pré-germinado, MACEDO et al. (2003) verificaram que, quando o solo foi preparado no seco e a drenagem realizada cinco dias após a semeadura, a concentração de K na água, foi de 6,63mg L⁻¹, quantidade esta inferior se comparada quando o K foi incorporado com lâmina de água. Para P, a quantidade média encontrada foi 0,10mg L⁻¹ (Tabela 2), confirmando resultados reportados por DANIEL et al. (1993) que preconizam a incorporação do fertilizante para reduzir perdas na água drenada.

A concentração de nutrientes na água drenada (Tabela 2) está dentro das especificações exigidas pela legislação estadual, que são respectivamente de 10,0; 1,0 e 200,0 mg L⁻¹ para N, P e carbonato de cálcio, respectivamente (RIO GRANDE DO SUL, 1989), porém, deve-se ressaltar que resultados de perdas de nutrientes através da água da drenagem

Tabela 1 - Consumo de água, rendimento de grãos, eficiência do uso da água, início e período de irrigação de diferentes sistemas de cultivo do arroz irrigado, em dois anos agrícolas (Experimento I). Santa Maria, RS. 2005.

Determinações	Sistemas de cultivo ¹					CV(%)
	SC	CM	PRÉ ³	MIX ³	TM ³	
Ano agrícola 2000/01						
Consumo de água (m ³ ha ⁻¹)	5.998 ^{ns}	5.431	6.216	6.308	6.422	6,42
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	8.134 ^{ns}	7.963	8.283	7.851	8.019	7,32
Eficiência do uso da água (kg m ⁻³)	1,35	1,46	1,33	1,24	1,25	----
Início da irrigação ²	23	23	3	3	3	----
Período de irrigação (dias)	103	103	124	124	124	----
Ano agrícola 2001/02						
Consumo de água (m ³ ha ⁻¹)	5.487 ^{ns}	5.374	5.852	5.716	5.581	5,31
Rendimento de grãos (kg ha ⁻¹)	8.134 ^{ns}	7.992	8.181	7.792	7.897	8,34
Eficiência do uso da água (kg m ⁻³)	1,48	1,48	1,39	1,36	1,41	----
Início da irrigação ²	21	21	3	3	3	----
Período de irrigação (dias)	101	101	121	121	121	----

^{ns}Não significativo pelo teste F a 5% de probabilidade de erro.

*Nas linhas, médias não seguidas da mesma letra diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

¹SC - sistema convencional, CM - cultivo mínimo, PRÉ - pré-germinado, MIX - mix de pré-germinado, TM - transplante de mudas.

²Dias após a semeadura (PRÉ e MIX), emergência (SC e CM) ou do transplante das mudas (TM).

³Volume de água gasto no preparo do solo (1.285m³ ha⁻¹).

inicial devem ser analisadas com cautela, pois fatores como intensidade de preparo do solo, tempo decorrido entre preparo final do solo e semeadura do arroz, época de aplicação do fertilizante, conteúdo de nutrientes na água fonte de irrigação, textura e a composição química do solo influenciam a quantidade de nutrientes perdidos. As perdas serão menores se houver pouco nutrientes em suspensão e dissolvidos na água por ocasião da drenagem, devendo-se evitar a aplicação de fertilizantes em períodos próximo à semeadura do arroz.

A incorporação do fertilizante antes da semeadura, poderá minimizar a perda de nutrientes na água drenada e também pode favorecer o desenvolvimento das raízes amenizando o acamamento das plantas. Outra alternativa é a utilização de lâmina contínua de água durante todo o ciclo do arroz e com diferentes épocas de aplicação de P e K. MARCHEZAN et al. (2001) ressaltam que a adubação, com estes nutrientes, até 25 dias após a semeadura do arroz, não reduz o rendimento de grãos e, caso fosse necessário realizar a drenagem da área, os recursos hídricos seriam menos contaminados.

Na tabela 1, verifica-se que não houve diferença no rendimento de grãos entre os sistemas PRÉ, MIX e TM, entretanto, quantidade considerável de nutrientes e sedimentos em suspensão foram carregados na água de drenagem (Tabela 2). No PRÉ e TM, as perdas de sedimentos foram maiores do que no

Mix (Tabela 2), confirmando resultados de ALTHOFF & KLEVESTON (1996), que apontaram que as perdas de sedimentos na água drenada foram maiores que 500mg L⁻¹. Os autores enfatizam ainda que as perdas de sedimentos variam com a textura do solo, e quantitativamente, as perdas são maiores em solo franco argilo-arenoso, podendo com o tempo causar empobrecimento do solo e assoreamento dos recursos hídricos (MACEDO et al., 2001).

A condutividade elétrica, intimamente associada com as concentrações de K, Ca e Mg, não diferiu entre os sistemas de cultivo (Tabela 2). O pH foi o parâmetro que apresentou diferenças mínimas entre as médias observadas, enquanto que a turbidez da água foi menor no MIX (Tabela 2). Este parâmetro ultrapassou a 40NTUs no PRÉ e TM, que é o limite do CONAMA (1986) para águas da classe 3. A partir dos resultados encontrados, pode-se depreender que é importante desenvolver técnicas de manejo no arroz irrigado que compatibilizem a preservação do solo com o uso racional e eficiente da água e de fertilizantes. O preparo do solo nos sistemas PRÉ e TM, o qual foi realizado antes da semeadura para incorporação do fertilizante, se fosse realizado com pouco intensidade, ou dado tempo necessário para precipitar a maior parte dos sedimentos em suspensão, certamente, reduziria a perda de nutrientes por ocasião da drenagem inicial. Enquanto isso, no MIX, o fertilizante aplicado na base não foi incorporado, e isto proporcionou maior

Tabela 2 – Teor médio de nutrientes perdidos, pH, condutividade elétrica e turbidez da água de drenagem inicial de três sistemas de cultivo do arroz irrigado em três anos agrícolas (Experimento II). Santa Maria, RS. 2005.

Parâmetros Analisados	Água do reservatório	Sistemas de cultivo				CV (%)
		PRÉ ¹	MIX ²	TM ³	Média	
N-NH ₄ ⁺ (mg L ⁻¹)	0,36	2,54 b*	3,85 a	2,52 b	2,97	3,85
N-NO ₃ ⁻ (mg L ⁻¹)	0,54	1,24 ^{ns}	0,90	1,21	1,12	1,05
P-total (mg L ⁻¹)	0,05	0,10 ^{ns}	0,11	0,10	0,10	0,97
K (mg L ⁻¹)	1,40	4,83 b	7,70 a	4,26 b	5,59	4,11
Ca (mg L ⁻¹)	4,08	6,01 ab	6,83 a	5,72 b	6,19	4,53
Mg (mg L ⁻¹)	2,83	3,81 ^{ns}	3,79	3,89	3,83	3,29
PH	6,32	6,74 ^{ns}	6,95	6,94	6,89	0,15
Turbidez (UNT)	22	159 a	32 b	157 a	116	6,44
Condutividade elétrica (µS cm ⁻¹)	150	453 ^{ns}	567	439	486	6,53
Sólidos em suspensão (mg L ⁻¹)	100	626 a	245 b	595 a	489	8,94

^{ns}Não significativo pelo teste F, a 5% de probabilidade de erro.

*Nas linhas, médias não seguidas da mesma letra diferem pelo teste de Tukey, a 5% de probabilidade de erro.

¹Pré-germinado

²Mix de pré-germinado

³Transplante de mudas

concentração de nutrientes na água de drenagem inicial, hipótese comprovada neste estudo, podendo comprometer a qualidade da água à jusante da lavoura arrozeira. A aplicação do fertilizante, após a drenagem inicial, é uma possibilidade a ser considerada e que poderia ser viabilizada junto com a adubação nitrogenada em cobertura.

CONCLUSÕES

Os sistemas convencional, cultivo mínimo, pré-germinado, mix de pré-germinado, e transplante de muda apresentam consumo de água similares durante o ciclo do arroz quando estabelecidos em áreas niveladas em sua superfície. A intensidade do preparo do solo, o tempo decorrido entre o preparo final do solo e a semeadura do arroz são fatores que influenciam na quantidade de nutrientes e sedimentos perdidos junto com a água de drenagem inicial. As perdas serão menores se houver poucos nutrientes em suspensão e dissolvidos na água por ocasião da retirada da mesma, devendo-se evitar a aplicação de fertilizantes em momento próximo à semeadura do arroz. A aplicação do fertilizante, após a drenagem inicial, é uma possibilidade a ser considerada e que poderia ser viabilizada junto com a adubação nitrogenada em cobertura.

AGRADECIMENTOS E APRESENTAÇÃO

À FAPERGS pelo apoio financeiro.
Ao Conselho Nacional de Desenvolvimento

Científico e Tecnológico (CNPq) pela concessão de bolsa de pesquisa aos pesquisadores Marchezan, Righes e Camargo.

Parte da Tese de Doutorado do primeiro autor apresentada ao Programa de Pós-graduação em Agronomia da Universidade Federal de Santa Maria (UFSM).

REFERÊNCIAS

- ALTHOFF, D.A.; KLEVESTON, R. Sólidos suspensos e perdas de nutrientes no preparo do solo para o arroz irrigado. *Agropecuária Catarinense*, Florianópolis, v.9, n.2, p.44-46, 1996.
- BELTRAME, L.S.; LOUZADA, J.A. Water use rationalization in rice irrigation by flooding. In: INTERNATIONAL SEMINAR ON EFFICIENT WATER USE, 1., 1991, Cidade do México. *Anais...* Cidade do México: IWRA. 1991. p.337-345.
- COALE, F.J. et al. Phosphorus loss in agricultural drainage. *Journal Environmental Quality*, Madison, v.27, p.277-293, 1998.
- CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Indicadores da Agropecuária**, Brasília, v.9, n.2, p.8, 2000.
- CONAMA (CONSELHO NACIONAL DO MEIO AMBIENTE). Resolução nº 20, de 18 de junho de 1986. Classificação das águas doces, salobras e salinas essencial à defesa de seus níveis de qualidade. *Diário Oficial da União*, Brasília, 30 de julho de 1986.
- DANIEL, T.C. et al. Effect on extractable soil surface phosphorus on runoff water quality. *American Society of Agricultural Engineers*, Fayetteville, v.36, n.4, p.1079-1085, 1993.
- EMBRAPA. Centro de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). **Manual de métodos de análise de solo**. 2.ed. Rev. Atual. Rio de Janeiro: EMBRAPA, 1997. 212p.

- HARRIS, C.L. et al. Impact of hardy ornamental nurse systems on the environmental: losses of nutrients and agrochemicals. **Agricultural Water Management**, Columbus, v.34, p.95-110, 1997.
- KUKAL, S.S.; AGGAWARD, G.C. Percolation losses of water in relation to puddling intensity and depth in sandy loam rice field. **Agricultural Water Management**, Columbus, v.57, p.49-59, 2002.
- LALONDE, V. et al. Effects of controlled drainage on nitrate concentrations in subsurface drain discharge. **Agricultural Water Management**, Columbus, v. 29, p.187-199, 1996.
- LICHTENBERGER, E.; SHAPIRO, L.K. Agriculture and nitrate concentrations in Maryland Community water system wells. **Journal Environmental Quality**, Madison, v.26, n.1, p.145-152, 1997.
- MACEDO, V.R.M. et al. Rendimento de grãos, características físicas e consumo da água num solo sob sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 20., 1997, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 1997. p.184-186.
- MACEDO, V.R.M. et al. Perdas de solo e nutrientes na água de drenagem durante o preparo do solo para o sistema de cultivo de arroz pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 2.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 24., 2001, Porto Alegre, RS. **Anais...** Porto Alegre: IRGA, 2001. p.247-249.
- MACEDO, V.R.M. et al. Perdas de nutrientes e solo em diferentes manejos da água no sistema pré-germinado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO, 3.; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 25., 2003, Balneário Camboriú, SC. **Anais...** Itajaí: EPAGRI, 2003. p.184-186.
- MACHADO, S.L.O. et al. Determinação do consumo de água em cinco sistemas de cultivo do arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.336-339.
- MARCHEZAN, E. et al. Manejo da adubação do arroz irrigado em sistema pré-germinado no rendimento de grãos e perda de nutrientes através da água de drenagem inicial. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.31, n.5, p.877-879, 2001.
- MARCHEZAN, E. et al. Perda de nutrientes na água de drenagem inicial na cultura do arroz irrigado. In: CONGRESSO DA CADEIA PRODUTIVA DE ARROZ; REUNIÃO NACIONAL DE PESQUISA DE ARROZ, 7., 2002, Florianópolis, SC. **Anais...** Santo Antônio de Goiás: EMBRAPA Arroz e Feijão, 2002. p.680-683.
- MARCOLIN, E. et al. Determinação do consumo de água em três sistemas de cultivo de arroz irrigado. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE ARROZ IRRIGADO; REUNIÃO DA CULTURA DO ARROZ IRRIGADO, 23., 1999, Pelotas, RS. **Anais...** Pelotas: EMBRAPA Clima Temperado, 1999. p.263-265.
- MOTA, F.S. et al. Informação climática para planejamento da necessidade de água para irrigação do arroz no Rio Grande do Sul. **Lavoura Arrozeira**, Porto Alegre, v.43, n.392, p.3-6, 1990.
- RIBOLDI, J. **Delineamentos experimentais de campo**. Porto Alegre: Instituto de Matemática da UFRGS, 1993. 71p.
- RIGHES, A.A. Drenagem: irrigação e drenagem em várzeas. In: SIMPÓSIO SOBRE ALTERNATIVAS AO MANEJO TRADICIONAL DE UTILIZAÇÃO DAS VÁRZEAS DO RS, Porto Alegre, RS, 1984. **Anais...** Goiânia, Porto Alegre: EMBRAPA/CNPAF, 1984. p.129-151.
- RIO GRANDE DO SUL. Portaria nº 05/89 de 16 de março de 1989-SSMA. Aprova as normas técnicas que dispõem sobre critérios e efluentes líquidos. **Diário Oficial**, Porto Alegre, 29 de março de 1989.
- TEDESCO, M.J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. 2.ed. Porto Alegre: UFRGS, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos, 1995. 174p. (Boletim Técnico de Solos, 5).
- WEBER, L. et al. Cultivares de arroz irrigado e nutrientes na água de drenagem em diferentes sistemas de cultivos. **Ciência Rural**, Santa Maria, v.33, n.1, p.27-33, 2003.
- WOPEREIS, M.C.S. et al. Water use efficiency of flooded rice fields. I-Validation of the soil-water balance model SAWAH. **Agricultural Water Management**, Columbus, v.26, p.277-289, 1994.