



## **XIII SIMPÓSIO DE RECURSOS HÍDRICOS DO NORDESTE**

### **PRODUTIVIDADE DO ARROZ IRRIGADO POR ASPERSÃO EM FUNÇÃO DOS ATRIBUTOS DO SOLO**

Marília Alves Brito Pinto<sup>1</sup>, José Maria Barbat Parfitt<sup>2</sup>, Luís Carlos Timm<sup>1</sup>, Lessandro Coll Faria<sup>3</sup>,  
Aryane Araújo Rodrigues<sup>3</sup>

**RESUMO:** O objetivo deste estudo foi determinar a produtividade do arroz irrigado por aspersão no sul do Rio Grande do Sul em diferentes tensões de água no solo e em função de atributos físicos e químicos do solo. O estudo foi conduzido na safra agrícola 2012/2013, sendo avaliado os efeitos das tensões de 10, 20 e 40 kPa durante todo o ciclo de cultivo do arroz, e tensão de 40 kPa na fase vegetativa e 10 kPa na fase reprodutiva da cultura. No monitoramento da tensão de água no solo foram utilizados sensores Watermark. Os resultados permitiram inferir que a produtividade de arroz irrigado por sistema mecanizado de irrigação do tipo lateral móvel em terras baixas no Rio Grande do Sul diminui à medida que se aumenta a tensão de água e a saturação por alumínio no solo. Quanto maior a porcentagem de microporos no solo, maior a produtividade da cultura do arroz irrigada por aspersão.

**Palavras-chave:** *Oryza sativa* L., tensão de água no solo, sistema mecanizado de irrigação tipo lateral móvel.

### **RICE YIELD IRRIGATED BY SPRINKLERS AS A FUNCION OF SOIL ATTRIBUTES**

<sup>1</sup> Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Departamento de Engenharia Rural, Campus Universitário, s/nº, Caixa Postal 354, CEP 96010-900 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: ma.agro@gmail.com, lctimm@ufpel.edu.br

<sup>2</sup> Embrapa Clima Temperado, Rodovia BR 392, km78, Caixa Postal 403, CEP 96010-971 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: jose.parfitt@embrapa.br

<sup>3</sup> Universidade Federal de Pelotas (UFPel), Centro de Desenvolvimento Tecnológico, Campus Porto, Rua Gomes Carneiro, 01, CEP 96010-610 Pelotas, RS, Brasil. E-mail: lessandro.faria@ufpel.edu.br, aryane\_03.2@hotmail.com

**ABSTRACT:** This study aimed to determine the influence of soil water tension and physico-chemical soil attributes on rice yield irrigated by sprinkler in the Rio Grande do Sul lowlands. In the 2012/2013 harvest soil water tensions of 10 kPa, 20 kPa and 40 kPa during crop cycle; and 40 kPa during the vegetative stage and 10kPa at the reproductive stage were evaluated. The soil water tension was monitored by using Watermark sensors. The results showed that the rice yield irrigated by sprinkler in lowland areas in the Rio Grande do Sul state decreases as it increases the soil water tension and saturation of aluminum in the soil. The bigger the percentage of micropores in the soil, the greater the productivity of irrigated rice crop by sprinkler.

**Key Words:** *Oryza sativa* L., soil water tension, mechanical lateral-move irrigation system.

## 1 - INTRODUÇÃO

O Brasil é um dos maiores produtores mundiais de arroz, sendo o Rio Grande do Sul (RS) o principal estado brasileiro produtor deste cereal, com aproximadamente 60% da produção nacional. Ressalta-se que as áreas de arroz no RS, assim como nos principais países produtores, são predominantemente irrigadas por inundação, utilizando elevados volumes de água.

Considerando as atuais necessidades de conservação dos recursos hídricos e energéticos disponíveis, bem como a constante busca por sistemas produtivos eficientes quanto ao uso da água, a busca por tecnologias que otimizem o uso de água na agricultura deve ser considerada.

Nesse sentido, estudos têm sido realizados para avaliar a adaptação e a viabilidade do cultivo de arroz irrigado em sistemas que proporcionem redução no consumo de água, destacando-se a irrigação por aspersão (Kahlow *et al.*, 2007; Vories *et al.*, 2013; Kato e Katsura, 2014). A maior vantagem da aspersão na cultura do arroz é a estabilidade da produção, que estimula o uso de práticas de maior nível tecnológico, como maior nível de adubação, com consequente aumento de produtividade (Crusciol *et al.*, 2000). De acordo com Silva e Heckler (1980), a irrigação suplementar por aspersão garante a estabilidade da produtividade e aumenta o rendimento do arroz, independente das condições climáticas do período.

Além da economia substancial de água, a substituição da irrigação por inundação na cultura do arroz por um sistema mecanizado de aspersão acarreta em mudanças no ambiente e no sistema de cultivo, exigindo adequações no manejo da cultura. Os efeitos benéficos da submersão sobre as plantas de arroz, em sua maioria, podem ser obtidos pela manutenção do solo sob condições de saturação. Entretanto, na prática, é utilizada uma lâmina de água, em decorrência das dificuldades de se conservar o solo saturado. Uma vez que a submersão do solo é benéfica à fisiologia da planta

de arroz durante todo o seu ciclo faz-se necessária a avaliação da produção das cultivares de arroz em ambiente aeróbico (Kato e Okami, 2011, Villa *et al.*, 2011, Adekoya *et al.*, 2014).

Na irrigação do arroz por inundação, os atributos físicos do solo não são limitantes ao cultivo, pois o solo encontra-se em forma “fluida”. Porém, de acordo com Bamberg *et al.* (2009), quando os Planossolos são cultivados com culturas de sequeiro, há dificuldade no crescimento e desenvolvimento das plantas. Suas condições físicas naturalmente desfavoráveis são apontadas como as maiores causas. Como exemplos, podem ser citados a baixa porosidade, a alta relação micro/macroporos do solo e a falta de aeração às raízes, além de encharcamento nos períodos chuvosos e elevada energia de retenção da água no solo nas estiagens (Pauletto *et al.*, 2004).

Sendo assim, o objetivo deste estudo foi determinar a produtividade do arroz irrigado por aspersão no sul do Rio Grande do Sul, safra 2012/2013, em diferentes tensões de água no solo e em função de atributos físicos e químicos do solo.

## 2 - MATERIAL E MÉTODOS

### 2.1 - Área experimental

Neste estudo foi utilizado um sistema mecanizado de irrigação por aspersão do tipo lateral móvel, estando este instalado no Campo Experimental de Terras Baixas (ETB) da Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária (Embrapa), Centro de Pesquisa Agropecuária de Clima Temperado (CPACT), no município de Capão do Leão, RS.

O equipamento é de fabricação da empresa Valley, e possui, em 5 vãos, 265 m de comprimento, equipados com emissores de água marca Senninger, modelo I-Wob, bocal número 16 (6,35 mm e 1313 L h<sup>-1</sup>) e placa oscilante de 9 jatos. Os emissores I-Wob estão instalados em tubos flexíveis de descida (pendurais), com contrapeso, permanecendo a uma distância de 2,8 m da superfície do solo, espaçados uniformemente entre si de 2,3 m, equipados com reguladores de pressão de 68,9 kPa (10 psi), de acordo com as especificações técnicas do fabricante.

O conjunto motobomba equipado com um motor a diesel, é capaz de fornecer uma potência de 43,4 cv no eixo acoplado a uma bomba centrífuga com vazão nominal de 180 m<sup>3</sup> h<sup>-1</sup> e altura manométrica de 30 mca.

O clima da região, segundo a classificação Köppen, é "Cfa", ou seja, temperado úmido com verões quentes. O solo da área experimental é classificado como Planossolo Háplico (Streck *et al.*, 2008), sendo característico das terras baixas tradicionalmente cultivados com arroz irrigado por inundação.

## 2.2 - Tratos culturais

As avaliações foram realizadas na safra agrícola 2012/2013, em área distinta em relação a safras anteriores, sob o equipamento mecanizado de irrigação tipo lateral móvel, evitando-se assim o monocultivo de arroz. A área foi previamente cultivada com consorciação das pastagens de inverno azevém (*Lolium multiflorum*) e cornichão (*Lotus corniculatus*).

A cultivar de arroz utilizada foi BRS Pampa, de ciclo precoce, a qual adapta-se melhor ao cultivo irrigado por aspersão. A densidade de plantio utilizada foi de 100 kg ha<sup>-1</sup> de sementes viáveis, espaçamento entrelinhas de 17,5 cm e sistema de semeadura direta.

A adubação básica seguiu o recomendado pela Sociedade Sul-Brasileira de Arroz Irrigado (SOSBAI, 2010), sendo aplicado de forma localizada no sulco de semeadura, 350 kg ha<sup>-1</sup> da formulação 5-20-20. Ainda seguindo recomendações da SOSBAI (2010), o controle de plantas daninhas incluiu a aplicação de herbicidas pré e pós-emergentes, considerando as espécies ocorrentes e seguindo as indicações da pesquisa para a cultura.

A semeadura foi realizada em 15/10/2012, e em 06/11/2012 ocorreu a emergência; as adubações nitrogenadas em cobertura foram realizadas em 23/11/2012 (130 kg ha<sup>-1</sup> de ureia) e em 09/01/2013 (66 kg ha<sup>-1</sup> de ureia), respectivamente nos estádios V4 e R1. A colheita foi realizada em 25/03/2013. Para o acompanhamento dos estádios de desenvolvimento da cultura, utilizou-se, como referência, a escala de Counce *et al.* (2000).

## 2.3 - Tensão de água no solo

Foram utilizados sensores Watermark, instalados a 0,10 m de profundidade, estabelecida a partir da consideração da profundidade efetiva do sistema radicular do arroz, sendo as leituras de tensão de água no solo realizadas ao longo de todo o ciclo da cultura e armazenadas em *dataloggers*.

As parcelas experimentais foram confeccionadas com 7 m de largura por 40 m de comprimento, sendo instalados 14 sensores Watermark. Os manejos de irrigação para a cultura do arroz, safra 2012/2013, irrigado por um sistema mecanizado de irrigação do tipo lateral móvel foi:

– 10 kPa: irrigação quando a leitura média da tensão de água no solo era de 10 kPa durante todo o ciclo da cultura;

– 20 kPa: irrigação quando a leitura média da tensão de água no solo era de 20 kPa durante todo o ciclo da cultura;

– 40 kPa: irrigação quando a leitura média da tensão de água no solo era de 40 kPa durante todo o ciclo da cultura; e

– 40/10 kPa: irrigação quando a leitura média da tensão de água no solo era de 40 kPa,

durante a fase vegetativa (E a R1), e quando a leitura média da tensão de água no solo era de 10 kPa, durante a fase reprodutiva (R1 a R9).

Para evitar a influência da água de irrigação ou do escoamento superficial entre parcelas dos diferentes tratamentos, as parcelas foram espaçadas em, aproximadamente, 10 m. Em cada parcela o ponto de instalação dos sensores Watermark correspondeu ao centro de uma unidade experimental, a qual foi considerada como sendo de 4 m<sup>2</sup> de área. Nestas unidades foram coletadas amostras de solo para a realização das análises físicas e químicas, totalizando 56 amostras (14 para cada manejo), na safra 2012/2013. Para a determinação da produtividade do arroz, foram colhidos os 4 m<sup>2</sup> de cada unidade experimental.

## **2.4 - Atributos do físicos e químicos do solo**

Para a determinação dos atributos físicos do solo foram coletadas amostras com a estrutura preservada, utilizando-se anéis volumétricos de 0,03 m de altura por 0,047 m de diâmetro, na profundidade de 0,03 m, para representar a camada de 0,00-0,10 m. Estas amostras foram utilizadas para a determinação da densidade do solo, porosidade total e macro e microporosidade, segundo metodologia descrita por Donnagema *et al.* (2011).

Para determinação dos atributos químicos, amostras de solo com estrutura não preservada foram coletadas na camada de 0,00-0,10 m, com auxílio de um trado de rosca. As determinações seguiram as metodologias descritas por Tedesco *et al.* (1995). Os atributos químicos analisados foram: pH<sub>água</sub> e os teores de alumínio (Al), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) trocáveis, fósforo (P) e potássio (K) disponíveis.

## **2.5 - Função de produtividade**

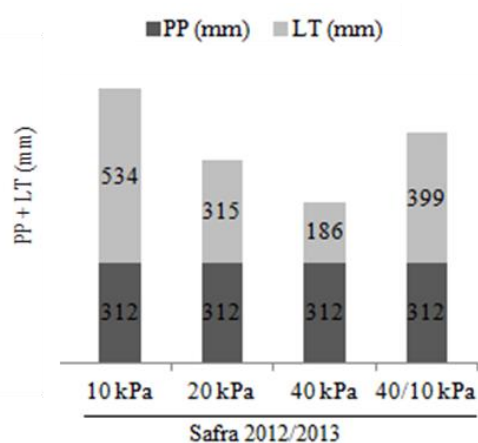
Para determinação dos atributos do solo com influência na produtividade do arroz, foram ajustados modelos de regressão linear múltipla, tomando-se como variável dependente a produtividade da cultura e, como variáveis independentes, a tensão média de água no solo e os atributos físicos e químicos medidos.

## **3 - RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Na Figura 1 são apresentados os totais de precipitação (precipitação pluvial e lâmina d'água total). Pode-se observar na Figura 1 que, em geral, os totais de precipitação representam um valor próximo de 50% da água utilizada pela cultura do arroz, indicando que sistemas e/ou manejos da

irrigação que aproveitem água da chuva representam redução no uso da água em lavouras de arrozeiras.

Observa-se ainda na Figura 1 que a lâmina de água total aplicada (LT) pelo sistema mecanizado de irrigação do tipo lateral móvel, no manejo de irrigação correspondente à tensão de água no solo de 10 kPa foi igual a 534 mm, tensão de 20 kPa foi de 315 mm, tensão de 40 kPa foi de 186 mm, estes valores foram, respectivamente, 12%, 48% e 69% inferiores ao observado por Buss (2012), para irrigação por inundação em solo e área semelhante ao deste estudo. Tais resultados corroboram com os obtidos por Kahlow *et al.* (2007), em estudo realizado no Paquistão, em um solo argiloso, onde o manejo utilizado baseou-se na reposição de 100% da evapotranspiração da cultura (ETc) para arroz irrigado por aspersão com um canhão hidráulico.



**Figura 1.** Totais de precipitação pluvial (PP) e de lâmina d'água total (LT) aplicada ao arroz nas safras 2012/2013, para os diferentes manejos da irrigação implantados.

Na Tabela 1 são apresentados os valores obtidos para a caracterização física e química do solo na área experimental para a safra 2012/2013. Os valores médios de densidade do solo nas áreas relativas a todos os manejos de irrigação adotados estiveram muito próximos ao limite crítico adequado ao desenvolvimento radicular da cultura (Reichert *et al.*, 2003).

Conforme preconizado pela CQFSRS/SC (2004), os valores de pH<sub>água</sub> do solo foram médios nas áreas relativas aos quatro manejos de irrigação adotados na safra 2012/2013 o teor de Ca foi baixo na área referente ao manejo 20 kPa, e médio, nas demais áreas; os valores de Mg foram altos na área referente ao manejo de 40/10 kPa, e médio nas demais áreas (tensões 10 kPa, 20 kPa e 40 kPa); o teor de P foi baixo na área com manejo de irrigação de 10kPa, e médio nas demais áreas; os valores de K foram baixos na área com manejo de irrigação 40/10 kPa, e médio, nas demais áreas; os valores de saturação por bases foram baixos em todas as áreas e os de saturação por alumínio (m) foram baixos nas áreas referentes aos manejos de irrigação de 10 kPa e 40/10 kPa, e médios, nas de 20 kPa e 40 kPa (Tabela 1). Os valores de CTC<sub>pH7</sub> foram médios em todas as áreas avaliadas.

Cabe ressaltar que as variações dos atributos químicos e físicos observadas em todos os manejos em ambas as safras podem estar associadas à variabilidade natural do solo, visto que o manejo da adubação foi único para todos os tratamentos.

**Tabela 1.** Produtividade do arroz, safra 2012/2013 e atributos físicos e químicos do solo das áreas experimentais.

Varáveis	Manejos da irrigação											
	(10 kPa)			(20 kPa)			(40kPa)			(40/10 kPa)		
	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo	Média	Máximo	Mínimo
Produtividade (kg ha <sup>-1</sup> )	5904	7525	4500	3302	4128	2691	4175	4768	3091	5809	6638	4175
Tensão (kPa)	10,9	17,7	7,6	19,4	26,7	14,4	20,5	27,7	13,9	13,8	19,5	9,0
Ds (kg dm <sup>-3</sup> )	1,7	1,8	1,5	1,6	1,7	1,5	1,6	1,8	1,5	1,6	1,7	1,5
Ma (%)	11,2	15,4	7,8	11,9	18,5	9,8	9,0	12,3	4,0	8,4	12,8	2,6
Mi (%)	31,4	34,5	29,9	32,7	36,0	29,6	34,5	41,5	30,0	36,4	38,4	32,5
Pt (%)	42,6	46,5	39,3	44,5	48,5	41,0	43,4	52,4	37,5	44,8	49,6	37,7
pH (H <sub>2</sub> O)	5,9	6,2	5,7	5,5	5,9	5,1	5,4	5,9	5,0	5,8	6,2	5,2
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,2	2,7	1,7	2,8	3,2	2,4	3,1	3,8	2,8	2,9	3,7	2,1
Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,2	0,3	0,2	0,5	0,7	0,2	0,5	0,9	0,2	0,3	0,6	0,1
Ca (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	2,2	2,6	1,8	1,8	2,3	1,5	2,0	2,5	1,4	2,5	3,2	1,7
Mg (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	1,0	1,4	0,9	0,7	0,9	0,5	0,8	1,1	0,5	1,1	1,5	0,8
P (mg dm <sup>-3</sup> )	12,5	28,7	5,4	16,3	35,0	7,2	25,7	42,8	13,1	15,1	20,3	11,1
K (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,1	0,2	0,1	0,1	0,2	0,08	0,1	0,2	0,1	0,1	0,1	0,1
Na (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,09	0,14	0,06	0,10	0,17	0,06	0,11	0,16	0,06	0,16	0,21	0,12
S (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,4	4,3	2,9	2,7	3,4	2,3	3,1	3,9	2,2	3,9	5,0	2,7
CTCe (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,7	4,5	3,1	3,2	3,9	2,7	3,6	4,1	3,0	4,2	5,2	3,2
CTC <sub>pH7</sub> (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	5,7	6,0	5,1	5,5	5,8	5,2	6,2	6,6	5,5	6,8	7,9	5,7
V (%)	60,5	70,8	51,6	49,4	58,5	42,5	49,1	58,0	39,0	56,5	69,9	43,0
m (%)	6,8	8,8	4,1	15,9	24,0	7,2	14,8	28,6	6,0	8,4	15,3	3,8

Ds: densidade do solo; Ma: macroporosidade; Mi: microporosidade; Pt: porosidade total; S: soma de bases; CTCe: capacidade de troca de cátions efetiva; CTC<sub>pH7</sub>: capacidade de troca de cátions a pH 7,0; V: saturação de bases; m: saturação por alumínio.

Na Tabela 2 é apresentado o modelo de regressão linear múltipla para estimativa da produtividade do arroz irrigado por aspersão, em função da tensão de água e de atributos químicos e físicos do solo, observados na safra 2012/2013.

**Tabela 2.** Modelos de regressão linear múltipla para estimativa da produtividade do arroz irrigado por aspersão, em função da tensão de água e de atributos químicos e físicos do solo.

Modelo	R <sup>2</sup>	Valor p
PROD = 4347,9 - (60,9m*) + (112,8Mi*) - (166,5τ***)	0,66	<0,001

PROD: produtividade (kg ha<sup>-1</sup>); τ: tensão de água de solo (kPa); m: saturação por alumínio (%); Mi: microporosidade (%). \*\*\* Parâmetro significativo a 0,1%; \* Parâmetro significativo a 5%.

Pode-se observar na Tabela 2 um efeito negativo da tensão de água no solo sobre a produtividade do arroz. Observou-se que para o manejo da cultura onde a irrigação foi realizada quando a média da tensão de água no solo foi igual a 10 kPa, a tensão média variou de 7,6 a 17,7 kPa, refletindo-se diretamente na produtividade do arroz, que variou entre 4.500 e 7.525 kg ha<sup>-1</sup>

(Tabela 1).

Pode-se observar ainda na Tabela 2 uma relação positiva entre a microporosidade e a produtividade do arroz. Este resultado pode ser atribuído ao fato de que quanto maior a microporosidade, maior a retenção de água no solo e, conseqüentemente, maior a disponibilidade de água para as plantas.

A saturação por alumínio apresentou efeito negativo sobre a produtividade do arroz (Tabela 2). De acordo com Fageria e Zimmermann (1979), o excesso de alumínio inibe a formação normal da raiz, limitando o crescimento das raízes e restringindo a absorção de nutrientes e de água, afetando a produtividade da cultura, principalmente em solos com baixa fertilidade e sob restrição hídrica. Durigon *et al.* (2009) avaliaram a variabilidade espacial da saturação por alumínio e da produtividade de arroz irrigado por inundação no Rio Grande do Sul. Estes autores observaram correlação negativa e significativa entre esse atributo e a produtividade de grãos de arroz.

Em geral, houve efeito conjunto da tensão de água no solo e de atributos químicos sobre a produtividade do arroz irrigado por aspersão, o que pode ser atribuído, principalmente, ao fato de a água ser o meio de absorção dos nutrientes pelas plantas. A eficiência das adubações é maior quando as plantas não estão sob déficit hídrico (Sands e Mulligan, 1990). Entretanto, a irrigação é mais efetiva quando não há limitação nutricional no meio de cultivo. Quanto aos atributos físicos, constatou-se efeito significativo daqueles ligados diretamente à retenção de água no solo, e, conseqüentemente, à tensão de água no solo sobre a produtividade do arroz.

#### **4 - CONCLUSÕES**

A produtividade de arroz irrigado por sistema mecanizado de irrigação do tipo lateral móvel em terras baixas no Rio Grande do Sul diminui à medida que se aumenta a tensão de água e a saturação por alumínio no solo. Quanto maior a porcentagem de microporos no solo maior a produtividade da cultura do arroz irrigada por aspersão.

#### **5 - AGRADECIMENTOS**

Apoio financeiro do DECIT/SCTIE-MS, por intermédio do CNPq e da FAPERGS.

Ao CNPq pela concessão de bolsas de Doutorado e Iniciação Científica.

Às Empresas Valmont e Embrapa Clima Temperado, pela concessão de infraestrutura para a realização do trabalho.



## 6 - BIBLIOGRAFIA

- ADEKOYA, M. A.; ZAOCHANG, L.; VERED, E.; LIGUO, Z.; DEYAN, K.; JIANYING, Q.; RUIFANG, M.; XINQIAO, Y.; GUOLAN, L.; LIN, C.; LIJUN, L. Agronomic and Ecological Evaluation on Growing Water-Saving and Drought-Resistant Rice (*Oryza sativa* L.) Through Drip Irrigation. *Journal of Agricultural Science*, v. 6, p.110-119, 2014.
- BAMBERG, A. L.; PAULETTO, E. A.; GOMES, A. S.; TIMM, L. C.; PINTO, L. F. S.; LIMA, A. C. R.; SILVA, T. R. *Densidade de um Planossolo sob sistema de cultivo avaliada por meio da tomografia computadorizada de raios gama*. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.33, p.1079-1086, 2009.
- BUSS, G. L. *Emissões de Metano e Óxido Nitroso em Cultivo de Arroz Irrigado por Aspersão, Alagamento Contínuo e Intermitente*. 2012. 85p. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal de Pelotas, Pelotas.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO- CQFSRS/SC. *Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina*. 10.ed. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo -Núcleo regional Sul, 2004. 394p.
- COUNCE, P. A.; KEISLING, T. C.; MITCHELL, A. J. *A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development*. *Crop Science*, v. 40, p. 436-443, 2000.
- CRUSCIOL, C. A. C; MACHADO, J. R; ARF, O; RODRIGUES, R. A. F. *Produtividade do arroz irrigado por aspersão em função do espaçamento e da densidade de semeadura*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.35, p.1093-1100, 2000.
- DONNAGEMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B. de; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. (Org.). *Manual de métodos de análise de solos*. 2.ed. rev. Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2011. 230p.
- DURIGON, R.; SCHLOSSER, J.F.; RUSSINI, A.; DORNELLES, M.E.C.; PINHEIRO, E.D. *Correlações entre atributos químicos do solo e atributos da cultura e da produtividade de arroz irrigado determinadas com técnicas de manejo localizado*. *Ciência Rural*, v.39, p.2629-2633, 2009.
- FAGERIA, N.K.; ZIMMERMANN, F.J.P. *Seleção de cultivares de arroz para tolerância a toxidez de alumínio em solução nutritiva*. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.14, n.2, p.141-147, 1979.
- KAHLONN, M.A.; RAOOF, A.; ZUBAIR, M.; KEMPER, W.D. *Water use efficiency and economic feasibility of growing rice and wheat with sprinkler irrigation in the Indus Basin of Pakistan*. *Agricultural Water Management*, v.87, p.292-298, 2007.
- KATO, Y.; KATSURA, K. *Rice Adaptation to Aerobic Soils: Physiological Considerations and Implications for Agronomy*. *Plant Production Science*, v.17, p.1-12, 2014.

- KATO, Y.; OKAMI, M. *Root morphology, hydraulic conductivity and plant water relations of high-yielding rice grown under aerobic conditions*. *Annals of Botany*, v.108, p. 575-583, 2011.
- PAULETTO, E.A.; GOMES, A.S. & PINTO, L.F.S. *Física de solos de várzea cultivados com arroz irrigado*. In: GOMES, A.S. & MAGALHÃES JR., A.M., eds. *Arroz irrigado no sul do Brasil*. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p.119-142.
- REICHERT, J.M.; REINERT, D.J. & BRAIDA, J.A. *Qualidade dos solos e sustentabilidade de sistemas agrícolas*. *Ciência & Ambiente*, v.27, p.29-48, 2003.
- SANDS, R.; MULLIGAN, D.R. *Water and nutrient dynamics and tree growth*. *Forest Ecology and Management* v.30, p.91-111, 1990.
- SILVA, C.A.S.da & HECKLER, J.C. *Efeito da irrigação, espaçamento e época de semeadura sobre o rendimento de duas cultivares de arroz de sequeiro*. In: RESULTADOS DE PESQUISA COM A CULTURA DO ARROZ EM 1979/80. Dourados-MS, EMBRAPA-UEPAE, 1980. p. 29-46.
- SOCIEDADE SUL-BRASILEIRA DE ARROZ IRRIGADO - SOSBAI. *Arroz irrigado: recomendações técnicas da pesquisa para o Sul do Brasil*. Bento Gonçalves: SOSBAI, 2010. 188p.
- STRECK, E. V.; KÄMPF, N.; DALMOLIN, R. S. D.; KLAMT, E.; NASCIMENTO, P. C. do; SCHNEIDER, P.; GIASSON, E.; PINTO, L. F. S. *Solos do Rio Grande do Sul*. 2.ed. Porto Alegre: Emater/RS, 2008. 222 p.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H.; VOLKWEISS, S.J. *Análise de solo, plantas e outros materiais*. 2.ed. Porto Alegre: Departamento de Solos-UFRGS, 1995. 174 p.
- VILLA, E.J.; HENRY, A.; XIE, F.; SERRAJ, R. *Hybrid rice performance in environments of increasing drought severity*. *Field Crops Research*, v.125, p.14–24, 2011.
- VORIES, E. D.; STEVENS, W. E. TACKER, P. L.; GRIFFIN, T. W.; COUNCE, P. A. *Rice production with center pivot irrigation*. *Applied Engineering in Agriculture*, v.29, p.51-60, 2013.