

**Gesso em terras baixas: alterações químicas do solo e resposta do arroz irrigado e da soja**

Gian Ghisleni<sup>1</sup>, Amanda Posselt Martins<sup>1</sup>, Luciano Pinzon Brauwiers<sup>1</sup>, Mateus Westerhofer Goulart<sup>1</sup>, Jeniffer Berté Valer<sup>1</sup>, Lóren Pacheco Duarte<sup>2</sup>, Luiz Gustavo de Oliveira Denardin<sup>3</sup>, Felipe de Campos Carmona<sup>4</sup>

**Resumo** - Estudos que avaliam a resposta dos cultivos agrícolas às modificações do solo com a gessagem são relativamente abundantes, mas concentrados majoritariamente em terras altas. Este trabalho objetivou avaliar a acidez e a disponibilidade de fósforo (P) e potássio (K) do solo e a produtividade do arroz irrigado e da soja, cultivados em terras baixas, com aplicação de doses de gesso agrícola. Os experimentos foram conduzidos em um Planossolo Háplico (Triunfo/Rio Grande do Sul). Os tratamentos consistiram em seis doses de gesso agrícola (0,00; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; e 4,00 t ha<sup>-1</sup>) e o delineamento experimental foi o de blocos casualizados. O solo foi coletado após a colheita das lavouras, nas camadas de 0–5, 5–10, 10–20 e 20–40 cm. O pH em água, a acidez potencial (H+Al) e o P disponível (Mehlich 1) não foram alterados com a aplicação de gesso agrícola. Após o cultivo de arroz irrigado e na camada de 0–5 cm, houve aumento do teor de K disponível (Mehlich 1) para doses até 1,00 t ha<sup>-1</sup> e diminuição do teor para doses maiores (2,00 e 4,00 t ha<sup>-1</sup>). Após o cultivo de soja, o teor de K disponível não foi alterado com a gessagem. A aplicação de gesso agrícola não influenciou a produtividade do arroz irrigado e da soja na safra avaliada, onde não houve déficit hídrico.

**Palavras-chave:** Várzea. Fertilidade do solo. Gessagem.

**Gypsum application in lowlands: soil chemical alterations and response of irrigated rice and soybean**

**Abstract** - Studies that evaluate the crop responses to the soil modifications intermediated by gypsum application are relatively abundant, but most of them are performed in highlands. Such studies are still scarce in lowlands. The objective of our study was to evaluate soil acidity and phosphorus (P) and potassium (K) availability, as well as crop (irrigated rice and soybean) yields, as a function of different rates of gypsum application in lowland. The experiments were conducted in a Planosol (Triunfo, Rio Grande do Sul, Brazil). The treatments consisted of six gypsum rates (0.00, 0.25, 0.50, 1.00, 2.00 and 4.00 t ha<sup>-1</sup>) and the experimental design was in randomized blocks with four replications. The soil was sampled after crop harvests, in the 0–5, 5–10, 10–20 and 20–40 cm layers. The soil pH (in water), the potential acidity (H+Al) and the available P (Mehlich 1) were not affected by gypsum application. After the irrigated rice cropping and in the soil layer of 0–5 cm, the available K (Mehlich 1) contents was impacted by the gypsum application, with increase in content for rates up to 1.00 t ha<sup>-1</sup> and decrease in content for higher rates (2.00 and 4.00 t ha<sup>-1</sup>). After the soybean cropping, the available K content was not affected by gypsum application. The gypsum application did not impact irrigated rice and soybean yields in the evaluated season, which did not present water deficit.

**Keywords:** Paddy field. Soil Fertility. Calcium sulfate.

<sup>1</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Departamento de Solos. Avenida Bento Gonçalves, 7712 - CEP 91540-000, Porto Alegre – RS, Brasil. Autor para correspondência: [gianghisleni@gmail.com](mailto:gianghisleni@gmail.com)

<sup>2</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Departamento de Zootecnia. Avenida Bento Gonçalves, 7712 - CEP 91540-000, Porto Alegre – RS, Brasil.

<sup>3</sup> Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Faculdade de Agronomia, Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo. Avenida Bento Gonçalves, 7712 - CEP 91540-000, Porto Alegre – RS, Brasil.

<sup>4</sup> Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária. Estrada Sinval, s/n - CEP 95552-000, Capivari do Sul – RS, Brasil.



## Introdução

As terras baixas, caracterizadas pela altitude de até 50 m e declividade de até 5%, ocupam cerca de 23% do território do Rio Grande do Sul (RS) (ANGHINONI; CARLOS, 2018). Nessas áreas, o cultivo agrícola predominante é o arroz (*Oryza sativa*) irrigado por alagamento do solo. A cultura do arroz irrigado ocupa, anualmente, cerca de 1 milhão de hectares, fazendo do RS o principal produtor do grão no Brasil (CONAB, 2020). Aproximadamente 98% do arroz é cultivado em sistemas com revolvimento anual do solo (IRGA, 2019), o que traz malefícios do ponto de vista da fertilidade do solo, pela diminuição do teor de matéria orgânica (MO), da capacidade de troca de cátions (CTC) e da disponibilidade de nutrientes (DENARDIN et al., 2019).

Outra cultura agrícola relevante nas terras baixas do RS é a soja (*Glycine max*), que apresentou um aumento considerável de área nos últimos anos, passando de 11 mil hectares na safra 2009/2010 para cerca de 320 mil ha na safra 2018/2019 (IRGA, 2019). A inserção da soja, no ambiente que é tipicamente orizícola, surge como alternativa para proporcionar uma maior viabilidade econômica dos sistemas de produção de arroz irrigado, através da facilitação no controle de plantas daninhas, diversificação de renda e redução de custos (SOSBAI, 2018; IRGA, 2019). No entanto, sabe-se que as terras baixas podem ser um ambiente hostil para a soja, devido à ocorrência frequente de estresses hídricos. Tais estresses ocorrem tanto por excesso hídrico, ocasionado pela má drenagem, quanto por déficit hídrico, pela baixa capacidade de armazenamento dos solos, em função de sua textura arenosa e de seus baixos teores de MO (MARCHESAN, 2016). Isso resulta em baixos patamares produtivos da soja em terras baixas, quando comparados a lavouras em terras altas (IRGA, 2019).

Diante do exposto, presume-se que manejos de solo que promovam uma melhor distribuição radicular das plantas podem auxiliar na busca por maior rendimento de grãos em terras baixas, sobretudo com a adoção de sistemas conservacionistas, como o plantio direto. De acordo com Dalla Nora et al. (2017), a utilização do gesso agrícola ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) pode promover a melhoria das características químicas das camadas mais profundas do solo. Por apresentar maior solubilidade do que o calcário, o gesso diminui a atividade do alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) tóxico em subsuperfície, além de fornecer cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e enxofre (S), na forma de sulfato ( $\text{SO}_4^{2-}$ ). Isso torna o ambiente mais favorável ao desenvolvimento das raízes, aumentando a absorção de água e nutrientes, especialmente em períodos de seca (CAIRES et al., 2004).

Além disso, quando aplicado em altas quantidades, o gesso pode ser fonte de fósforo (P) para as culturas, visto que pode conter até 1,5% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  em sua composição (FONTOURA et al., 2019). Entretanto, doses elevadas podem favorecer a lixiviação de importantes nutrientes catiônicos da zona de alcance das raízes, como o potássio ( $\text{K}^+$ ), pela alta concentração de  $\text{Ca}^{2+}$  fornecida pela gessagem (RAMPIM et al., 2011). Apesar do gesso não atuar na correção da acidez do solo, há relatos também de pequenos aumentos no pH do solo com



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

a gessagem, por meio de reações de troca de  $\text{OH}^-$  de coloides do solo pelo  $\text{SO}_4^{2-}$  fornecido pelo gesso (COSTA e CRUSCIOL, 2016; CRUSCIOL et al., 2016).

Estudos que avaliam a resposta dos cultivos agrícolas e as modificações do solo após gessagem são relativamente abundantes, mas concentrados majoritariamente em terras altas, sendo ainda escassos os trabalhos em terras baixas. Além disso, muitos estudos são focados nas alterações diretas (adição de Ca e S) no solo após gessagem, não considerando alterações indiretas, como a acidez e a disponibilidade de nutrientes, como o P e o K. Nesse contexto, este estudo objetivou avaliar a acidez e a disponibilidade de P e K do solo e a produtividade do arroz irrigado e da soja, cultivados em terras baixas, após aplicação de diferentes doses de gesso agrícola.

### Material e Métodos

Os experimentos foram conduzidos na Estação Experimental da Integrar, no município de Triunfo (RS), durante a safra 2017/2018, em um Planossolo Háptico com histórico de cultivo de arroz irrigado. O clima da região é classificado como subtropical úmido (Cfa), segundo a classificação de Köppen. No inverno de 2017, a área foi preparada e houve o cultivo de aveia preta como cultura de cobertura, com posterior semeadura do arroz irrigado e da soja em plantio direto.

A caracterização do solo das áreas experimentais na camada de 0–20 cm, previamente à semeadura do arroz e da soja, é apresentada na Tabela 1. De acordo com a CQFS RS/SC (2016), o teor de MO e a CTC, para ambas as áreas, são interpretados como baixa e média, respectivamente; K disponível e Mg trocável são considerados médios, para ambas as culturas; P disponível é muito baixo para a soja e médio para o arroz; e Ca trocável é médio para a soja e alto para o arroz irrigado.

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados, com quatro repetições. Os tratamentos consistiram de seis diferentes doses de gesso agrícola (0,00; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00; e 4,00 t ha<sup>-1</sup>), totalizando 24 unidades experimentais em cada experimento. As doses de gesso foram aplicadas na superfície do solo, anteriormente à semeadura das culturas, sendo realizada em 25/10/2017 na área cultivada com arroz e em 15/11/2017 na área cultivada com soja. O gesso agrícola utilizado foi *in natura* (sulfato de cálcio di-hidratado, com fórmula química  $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ). A concentração mínima de Ca e S garantida pelo fabricante era de 13 e 16%, respectivamente; e, a concentração máxima de  $\text{P}_2\text{O}_5$ , de 1,5%.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

**Tabela 1.** Caracterização do teor de argila e de atributos químicos (acidez e disponibilidade de nutrientes) da camada de 0–20 cm do Planossolo Háplico das áreas experimentais, previamente à aplicação de gesso e da implantação das culturas agrícolas. Triunfo, RS, 2017.

Análise do solo <sup>(1)</sup>	Cultura agrícola implantada	
	Arroz irrigado	Soja
Argila (%)	28	16
pH em água (relação 1:1)	4,9	5,0
Índice SMP	6,1	6,2
Fósforo disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	5,6	7,9
Potássio disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	64	74
Matéria orgânica (%)	1,5	1,2
Alumínio trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,5
Cálcio trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	4,1	3,6
Magnésio trocável (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	0,6	0,6
Enxofre disponível (mg dm <sup>-3</sup> )	21	17
Acidez potencial (H+Al) (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,9	3,5
Capacidade de troca de cátions a pH 7,0 (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	8,7	7,9
Saturação por Al (%)	11	10
Saturação por bases (%)	56	56
Saturação por K (%)	1,9	2,4
Relação Ca/Mg	6,9	5,8
Relação Ca/K	24,9	19,2
Relação Mg/K	3,6	3,3

<sup>(1)</sup> Metodologia de Tedesco et al. (1995).

A semeadura da cultura do arroz foi realizada no dia 15/11/2017, com espaçamento de 17 cm entrelinhas e densidade de semeadura de 80 kg ha<sup>-1</sup>, com a cultivar IRGA 424 RI. A adubação de base foi realizada na linha, com 20, 80 e 80 kg ha<sup>-1</sup> de N, P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> e K<sub>2</sub>O, respectivamente, com a aplicação de 400 kg ha<sup>-1</sup> do adubo formulado 5-20-20. A entrada de água na lavoura e a primeira adubação de cobertura, com 80 kg N ha<sup>-1</sup> (via ureia com 45% de N) e 40 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (via cloreto de potássio, com 58% de K<sub>2</sub>O), ocorreram no estágio fenológico de V4 (COUNCE et al., 2000). A segunda adubação de cobertura foi realizada apenas para o N, no estágio de diferenciação da panícula, com 50 kg N ha<sup>-1</sup> (via ureia com 45% de N).

A semeadura da cultura da soja foi realizada no dia 1º/12/2017, com espaçamento de 45 cm entrelinhas e 11 plantas m<sup>-1</sup>, com a cultivar Brasmax Garra IPRO. A adubação de P foi realizada na linha de semeadura, com a aplicação de 110 kg P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> ha<sup>-1</sup> (via superfosfato triplo com 41% de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). A adubação de K foi realizada a lanço, imediatamente após a semeadura, com a aplicação de 120 kg K<sub>2</sub>O ha<sup>-1</sup> (via cloreto de potássio, com 58% de K<sub>2</sub>O).

Ambas as culturas agrícolas tiveram as sementes tratadas com inseticidas e fungicidas específicos. Os manejos foram realizados seguindo as indicações técnicas para o sul do Brasil (RPSRS, 2016; SOSBAI, 2016).



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

Não houve déficit hídrico durante o ciclo das culturas, com pluviosidade aproximada de 760 mm entre os meses de novembro e abril, dentro da normal climatológica da região (WREGE, 2012). A produtividade do arroz e da soja foi estimada com o corte de 1 metro linear em cinco locais representativos das parcelas, nos dias 30/03/2018 e 21/04/2018, respectivamente. As plantas foram trilhadas e os grãos foram pesados. Posteriormente, a umidade dos grãos foi ajustada para a umidade padrão de 13%.

Após as colheitas, foram coletadas amostras de solo no dia 22/04/2018, com trado calador (3 subamostras por parcela, sendo uma na linha de semeadura e duas nas entrelinhas), estratificadas em quatro camadas (0–5, 5–10, 10–20 e 20–40 cm). As amostras foram secas ao ar e moídas (2 mm), para análise de pH em água (relação 1:1); acidez potencial (H+Al por método indireto, via índice SMP); e P e K disponíveis (Mehlich 1), de acordo com a metodologia proposta por Tedesco et al. (1995). Os dados obtidos em cada um dos dois experimentos foram submetidos à análise de variância (ANOVA) ( $p < 0,05$ ). Os dados de solo foram ainda submetidos ao teste de comparação de médias de Tukey ( $p < 0,05$ ) e os dados de produtividade das culturas à análise de regressão ( $p < 0,05$ ). Os modelos estatísticos utilizados na ANOVA foram os seguintes:

a) Análises do solo:

$$Y_{ijk} = \mu + B_i + C_j + \text{Erro a (ij)} + G_k + C_j G_k + \text{Erro b (ijk)}$$

Onde:  $\mu$  = média geral do experimento; B = bloco ( $i = 1, 2, 3, 4$ ); C = camada de solo ( $j = 1, 2, 3, 4$ ); G = doses de gesso ( $k = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ) e Erro = erro experimental.

b) Produtividade das culturas agrícolas:

$$Y_{ij} = \mu + B_i + G_j + \text{Erro (ij)}$$

Onde:  $\mu$  = média geral do experimento; B = bloco ( $i = 1, 2, 3, 4$ ); G = doses de gesso ( $j = 1, 2, 3, 4, 5, 6$ ) e Erro = erro experimental.

## Resultados e Discussão

A significância dos efeitos dos fatores de variação, de acordo com a ANOVA, estão apresentados na Tabela 2, indicando ausência de interação entre camada de solo e dose de gesso aplicada para os atributos químicos de solo em ambos os experimentos (arroz irrigado e soja), com exceção do K disponível na cultura do arroz, onde observou-se um efeito de interação entre a camada do solo e a dose de gesso aplicada. Quanto à produtividade do arroz irrigado e da soja, o efeito não foi significativo em função da gessagem. Os resultados serão apresentados a seguir, de acordo com as significâncias obtidas.

O pH do solo não foi influenciado pela aplicação de diferentes doses de gesso agrícola (Tabela 3). Devido aos seus produtos de solubilização não gerarem  $\text{OH}^-$  ou consumirem  $\text{H}^+$ , já é sabido amplamente que o gesso não possui efeito direto na correção da acidez do solo (FONTOURA et al., 2019). Apesar disso, há



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

relatos de pequenos aumentos no pH do solo com a gessagem, em função da ocorrência de reações de troca de  $\text{OH}^-$  de coloides do solo pelo  $\text{SO}_4^{2-}$  fornecido pelo gesso (COSTA e CRUSCIOL, 2016; CRUSCIOL et al., 2016). Porém, esse efeito é ainda desconhecido em terras baixas, uma vez que ocorre principalmente nos óxidos de ferro, minerais menos abundantes nos solos de várzea. Independentemente das doses de gesso, verificou-se menor acidez ativa (pH) na camada superficial do solo (0–10 cm), resultado esperado pela baixa mobilidade da maioria dos corretivos de acidez e pela implantação de ambas as culturas em plantio direto. Os valores de pH de 4,9 e 5,3, para as áreas de soja (0–10 cm) e arroz irrigado (0–20 cm), respectivamente, são considerados restritivos ao desenvolvimento das culturas, pois são inferiores a 5,5 (CQFS RS/SC, 2016).

**Tabela 2.** Resultado da análise de variância (significância dos efeitos dos fatores de variação e suas interações) nos atributos químicos do solo e na produtividade do arroz irrigado e da soja em função de doses de gesso aplicadas superficialmente em um Planossolo, previamente às suas semeaduras. Triunfo, RS, 2018/2019.

Variável	Arroz irrigado			Soja		
	Dose de gesso (D)	Camada de solo (C)	D×C	D	C	D×C
pH	ns	0.0000	ns	ns	0.0000	ns
H + Al	ns	0.0006	ns	ns	0.0027	ns
P disponível	ns	0.0033	ns	ns	0.0000	ns
K disponível	ns	0.0000	0.0283	ns	0.0000	ns
Produtividade	ns	-	-	ns	-	-

ns = diferença não significativa ( $p > 0,05$ ).

Da mesma forma, não houve alteração da acidez potencial (H+Al) do solo após a gessagem (Tabela 3). O gesso é reconhecido por reduzir a atividade do  $\text{Al}^{3+}$  tóxico, através da formação de complexos com  $\text{SO}_4^{2-}$ . Portanto, poderia se esperar uma redução na acidez potencial do solo. Entretanto, alguns autores relatam a diminuição do teor de  $\text{Al}^{3+}$  trocável apenas 12 meses após a aplicação do gesso (CRUSCIOL et al., 2016; SORATTO e CRUSCIOL, 2008), o que pode explicar o resultado encontrado neste estudo. Soratto e Crusciol (2008) observaram efeitos na diminuição da acidez potencial apenas na camada de 10–20 cm, após 12 meses, e na camada de 40–60 cm, após 18 meses da aplicação de gesso.

A aplicação de gesso agrícola também não alterou a disponibilidade de P do solo (Figura 1A e 1B). O resultado está de acordo com o verificado por Michalovicz et al. (2014). Porém, diverge dos estudos realizados por Caires et al. (2011a), Crusciol et al. (2014) e Fontoura et al. (2019). Estes autores observaram aumento na disponibilidade de P do solo, possivelmente pelo gesso apresentar pequena quantidade do nutriente em sua composição (até 1,5% de  $\text{P}_2\text{O}_5$  para a maioria dos produtos comerciais). Adicionalmente, esse resultado pode estar relacionado com o incremento de  $\text{SO}_4^{2-}$ , que compete pelos sítios de adsorção da fase sólida do solo,



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

tornando o P mais disponível na solução do solo (GEELHOED et al., 1997). Segundo Michalovicz et al. (2014), a divergência entre os estudos deve ser resultado dos teores distintos de P na composição dos gessos utilizados em cada experimento, que depende essencialmente do seu material de origem. Diferenças na amostragem do solo, pela proporção de subamostras que foram realizadas na linha e entrelinhas, também são apontadas como possível explicação, visto que a amostragem na linha tem forte efeito da fertilização de P no sulco de semeadura. Neste estudo, como dois terços das subamostras de cada parcela foram coletadas nas entrelinhas, uma maior disponibilidade de P promovida pelo gesso pode não ter sido verificada na linha de semeadura.

**Tabela 3.** Acidez ativa (pH em água) (A) e potencial (H+Al) (B) ao longo do perfil de um Planossolo após a colheita das culturas agrícolas (arroz irrigado e soja), na média da aplicação de diferentes doses de gesso agrícola (0,00; 0,25; 0,50; 1,00; 2,00 e 4,00 t ha<sup>-1</sup>), de forma superficial e previamente às suas semeaduras. Triunfo, RS, 2018.

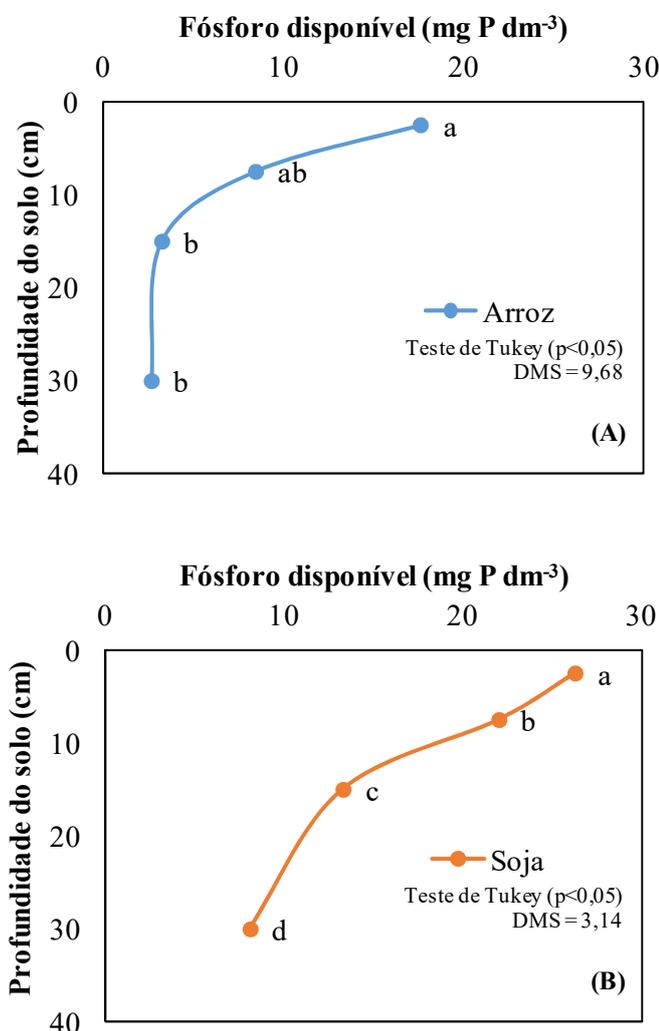
Atributo de acidez do solo	Camada de solo (cm)			
	0-5	5-10	10-20	20-40
----- Arroz irrigado -----				
pH (em água)	5,42 ab	5,62 a	5,21 b	4,89 c
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,13 b	2,86 b	4,44 b	12,59 a
----- Soja -----				
pH (em água)	4,99 a	4,90 a	4,57 b	4,36 b
H+Al (cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> )	3,09 b	3,28 b	4,35 a	4,47 a

Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as camadas de solo, dentro de cada cultura agrícola.

Independentemente da gessagem, houve maior teor de P disponível na camada superficial do solo (0–5 cm), tanto para a cultura do arroz irrigado quanto para a soja. Isso pode ser explicado pela baixa mobilidade do nutriente no perfil, permanecendo próximo do local onde é aplicado, em sistemas onde não há revolvimento do solo (RHENHEIMER e ANGHINONI, 2001). A interpretação do teor de P disponível mudou de muito baixo (pré-semeadura) para baixo (18 mg dm<sup>-3</sup>, no pós-colheita), na área com soja; e de médio (pré-semeadura) para alto (8 mg dm<sup>-3</sup>, no pós-colheita), na área com arroz irrigado; resultado da adubação de correção realizada na semeadura das culturas (CQFS RS/SC, 2016).



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>



**Figura 1.** Disponibilidade de fósforo ao longo do perfil de um Planossolo após a colheita das culturas agrícolas de arroz irrigado (A) e soja (B), após a aplicação de diferentes doses de gesso, de forma superficial e previamente às suas semeaduras. Triunfo, RS, 2018. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as camadas de solo, dentro de cada cultura agrícola. DMS = diferença mínima significativa.

Na área cultivada com arroz irrigado, foi observada interação entre as doses de gesso e as camadas do solo para o teor de K disponível (Figura 2A). Na camada de 0–5 cm, o teor de K no solo aumentou com a aplicação de 0,25 a 1,00 t ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, em relação ao tratamento sem aplicação de gesso (0,00 t ha<sup>-1</sup>). Isso pode ter ocorrido pela maior dessorção do K<sup>+</sup> para a solução do solo, em virtude da competição do Ca<sup>2+</sup>, proveniente da gessagem, pelas cargas negativas (CTC) da fase sólida do solo. Porém, em doses maiores de gesso agrícola aplicado, o teor de K disponível tendeu a diminuir, especialmente na dose de 4,00 t ha<sup>-1</sup>,



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

sendo inclusive menor do que a área testemunha (sem aplicação de gesso agrícola). É provável que, com essa dose, o excesso de  $\text{Ca}^{2+}$  oriundo da alta dose tenha favorecido a perda de  $\text{K}^+$  por lixiviação para profundidades abaixo dos 40 cm, uma vez que as demais camadas avaliadas (5–10, 10–20 e 20–40 cm) não sofreram alteração do teor de K disponível pela gessagem (Figura 2A).

Apesar de alguns autores relatarem lixiviação de K após a aplicação de gesso (CAIRES et al., 2011a; CRUSCIOL et al., 2014; RAMPIM et al., 2011), perdas do nutriente por esse motivo costumam ser baixas ou inexistentes, variando de acordo com a dose de gesso aplicada, o tipo de solo, a pluviosidade e o teor de K disponível do solo (CAIRES et al., 2011b; CRUSCIOL et al., 2016; MICHALOVICZ et al., 2014; PAULETTI et al., 2014). Nesses estudos, Crusciol et al. (2014) observaram redução no teor de K, na camada de 0–40 cm do solo, com aplicação de  $1,7 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, enquanto Rampim et al. (2011) e Caires et al. (2011a) verificaram reduções lineares na disponibilidade do nutriente, na camada de 0–10 cm, com doses de 1,00 a  $12,00 \text{ t ha}^{-1}$ . Cabe ressaltar que a totalidade desses trabalhos foram realizados em Latossolos, solos argilosos e que geralmente possuem uma maior CTC. Em solos mais arenosos, como o Planossolo deste experimento, poderia se esperar uma maior movimentação do K no perfil com a gessagem, pela menor capacidade de retenção do nutriente.

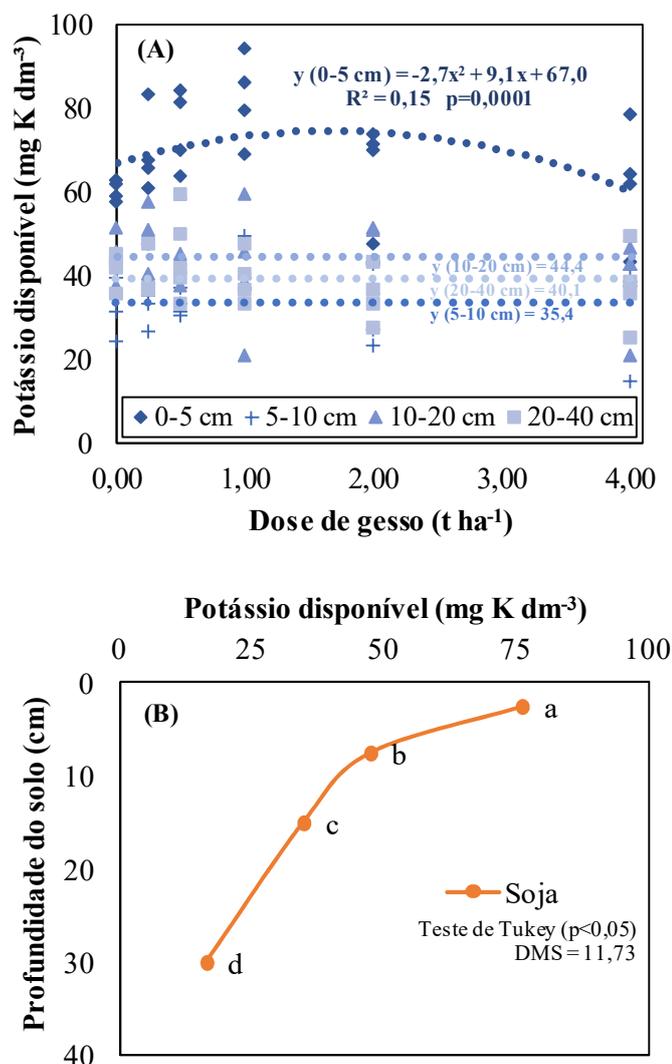
Não se verificou alteração no teor de K disponível do solo em função da aplicação de doses de gesso, após o cultivo da soja (Figura 2B). Isso pode ser resultado da maior extração e exportação do nutriente pela cultura ( $20 \text{ kg K}_2\text{O t}^{-1}$  de grãos), quando comparada ao arroz irrigado ( $3 \text{ kg K}_2\text{O t}^{-1}$  de grãos) (CQFS RS/SC, 2016). Apesar de uma produção de grãos cerca de três vezes menor do que o arroz, a cultura da soja exporta aproximadamente o dobro de K do que o arroz. Independentemente dos tratamentos, os teores de K disponível do solo passaram de disponibilidade média, na pré-semeadura, para baixa, na pós-colheita, e foram superiores na camada de 0–5 cm do solo, para ambas as culturas. Na camada de 0–20 cm do solo, os teores de K disponíveis foram de  $48 \text{ mg dm}^{-3}$ , após o cultivo de soja e arroz irrigado.

Por fim, em relação à resposta das plantas à gessagem, a produtividade de grãos do arroz e da soja não foi influenciada pela aplicação de diferentes doses de gesso agrícola (Figura 3). A média de produtividade do arroz irrigado ( $12,3 \text{ t ha}^{-1}$ ) (Figura 3A) do experimento foi superior à média estadual ( $7,8 \text{ t ha}^{-1}$ ) na safra 2017/2018 (CONAB, 2020). A ausência de déficit hídrico, o aumento do pH do solo e a diminuição da fitotoxidez por  $\text{Al}^{3+}$ , devido à condição de irrigação por alagamento, diminuem a expectativa de resposta do arroz irrigado à gessagem. Segundo a CQFS RS/SC (2016), pode-se esperar resposta positiva da cultura à aplicação de baixas doses de gesso quando o teor de S do solo for inferior a  $10 \text{ mg dm}^{-3}$  ou quando o teor de Ca for inferior a  $4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ , na camada de 0–20 cm. Como observado na caracterização química do solo

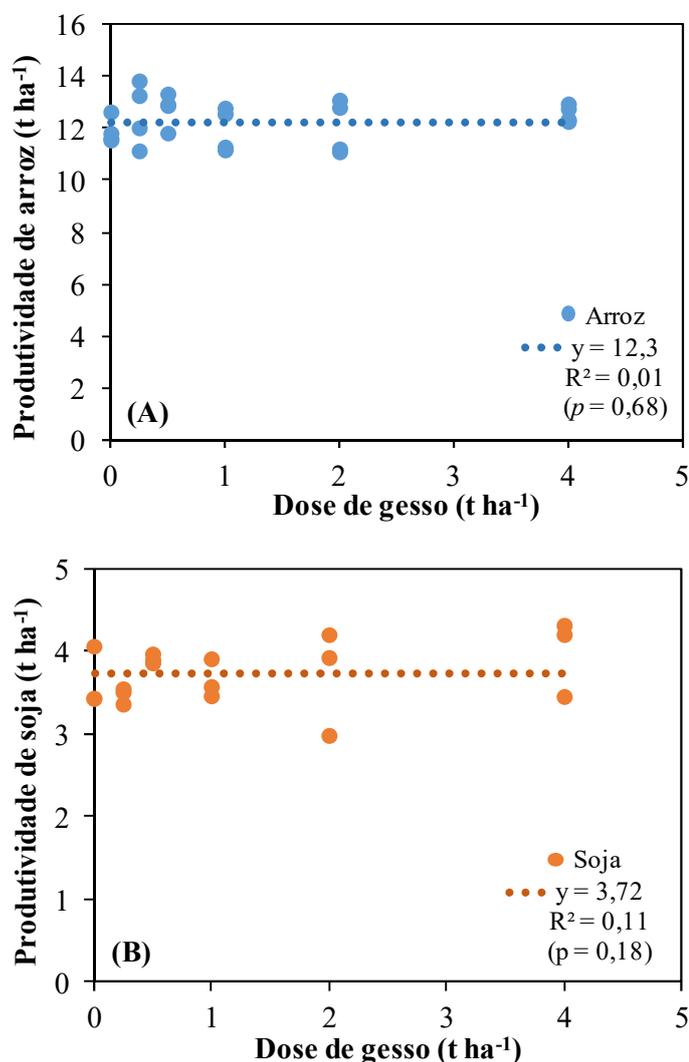


doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

previamente à aplicação de gesso (Tabela 1), as disponibilidades de Ca e S já não eram limitantes à produção, o que pode explicar a ausência de resposta do arroz.



**Figura 2.** Disponibilidade de potássio ao longo do perfil de um Planossolo após a colheita das culturas agrícolas de arroz irrigado (A) e soja (B), após a aplicação de diferentes doses de gesso, de forma superficial e previamente às suas semeaduras. Triunfo, RS, 2018. Letras minúsculas diferentes indicam diferença significativa entre as camadas de solo, dentro de cada cultura agrícola. DMS = diferença mínima significativa.



**Figura 3.** Produtividade do arroz irrigado (A) e da soja (B) em função de doses de gesso aplicadas superficialmente previamente às suas semeaduras, em um Planossolo. Triunfo, RS, 2017/2018.

A média de produtividade da soja ficou em 3,7 t ha<sup>-1</sup> (Figura 3B), superior à média encontrada nas terras baixas (2,4 t ha<sup>-1</sup>) e no RS (3,0 t ha<sup>-1</sup>) na safra 2017/2018 (CONAB, 2020; IRGA, 2018). O resultado encontrado neste estudo corrobora o observado por Tiecher et al. (2018), em uma meta-análise que reuniu 73 cultivos de terras altas, onde não se constatou resposta da cultura da soja à aplicação de gesso, exceto na ocorrência simultânea de alta acidez subsuperficial e de déficit hídrico – que não foi o caso da presente safra. Em terras baixas, após a aplicação de doses de gesso agrícola (0,00; 0,50; 1,00 e 1,50 t ha<sup>-1</sup>), Marchesan et al. (2017) também não verificaram resposta na produtividade da soja, na produção de matéria seca do azevém em sucessão e na safra de soja subsequente. De acordo com os autores, esses resultados estão relacionados com a



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

disponibilidade adequada de Ca e S e a baixa saturação por  $Al^{3+}$  na camada de 0–20 cm do Planossolo do experimento. Assim como para o arroz irrigado, pode haver resposta da soja à aplicação de gesso pelo suprimento de S quando o teor desse nutriente no solo for baixo ( $< 10 \text{ mg dm}^{-3}$ ), pela maior exigência das leguminosas pelo nutriente em comparação com as demais culturas (CQFS RS/SC, 2016).

Este estudo abordou mudanças indiretas do solo pela gessagem, ainda pouco conhecidas, e a resposta das plantas. Estudos futuros que contemplem distintos tipos de solo e classes de fertilidade, principalmente quanto aos teores de Ca e S, devem ser realizados para compreendermos melhor a dinâmica do gesso nos solos de terras baixas e a resposta das culturas, sobretudo objetivando maior adoção de manejos conservacionistas nesses ambientes.

### Conclusões

O pH em água, a acidez potencial (H+Al) e o P disponível não foram alterados com a aplicação de gesso agrícola, após o cultivo de arroz irrigado e soja em terras baixas.

Após o cultivo de arroz irrigado e na camada de 0–5 cm, o teor de K disponível (Mehlich 1) do solo foi influenciado pela aplicação de gesso agrícola, com aumento do teor para doses até  $1,00 \text{ t ha}^{-1}$  e diminuição do teor para doses maiores ( $2,00$  e  $4,00 \text{ t ha}^{-1}$ ). O teor de K disponível não foi alterado com aplicação de doses de gesso agrícola, após o cultivo de soja.

A aplicação de gesso agrícola, em doses de  $0,25$  a  $4,00 \text{ t ha}^{-1}$ , não influenciou a produtividade do arroz irrigado e da soja cultivados em terras baixas na safra avaliada, onde não houve déficit hídrico.

### Agradecimentos

Agradecemos a: 1) a Integrar – Gestão e Inovação Agropecuária pela disponibilização de área para a realização dos experimentos a campo e execução da colheita das culturas agrícolas; 2) a Universidade Federal do Rio Grande do Sul (UFRGS), pelo apoio de infraestrutura e logística, bem como a concessão de bolsas de iniciação científica; 3) o Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico e a Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado do Rio Grande do Sul pelo fomento financeiro; e 4) o técnico de laboratório Adão Luís Ramos dos Santos pelo auxílio nas análises de solo.

### Referências

ANGHINONI, I.; CARLOS, F. S. O cenário para a diversificação. In: CARMONA, F. C. et al. (Ed.). **Sistemas integrados de produção agropecuária em terras baixas: a integração lavoura-pecuária como o caminho da intensificação sustentável da lavoura arroseira**. Porto Alegre: edição dos autores, 2018. cap.2, p. 25-30.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E. F. et al. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 209-216, Mar./Abr. 2011a.

CAIRES, E. F. et al. Use of Gypsum for Crop Grain Production under a Subtropical No-Till Cropping System. **Agronomy Journal**, v. 103, n. 6, p. 1804-1814, nov. 2011b.

CONAB – Companhia Nacional de Abastecimento. **Portal de Informações Agropecuárias**. Disponível em: <<https://portaldeinformacoes.conab.gov.br/safra-serie-historica-dashboard>>. Acesso em: 13 abr. 2020.

COSTA, C. H. M.; CRUSCIOL, C. A. C. Long-term effects of lime and phosphogypsum application on tropical no-till soybean–oat–sorghum rotation and soil chemical properties. **European Journal of Agronomy**, v. 74, p. 119-132, 2016.

COUNCE, P. et al. A uniform, objective, and adaptive system for expressing rice development. **Crop Science**, Madison, v. 40, n. 2, p. 436-443, 2000.

CQFS-RS/SC - Comissão de Química e Fertilidade do Solo - RS/SC . **Manual de calagem e adubação para os Estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina**. Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2016. 376 p.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Effects of surface application of calciummagnesium silicate and gypsum on soil fertility and sugarcane yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 38, p. 1843-1854, 2014.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. Soil fertility, plant nutrition, and grain yield of upland rice affected by surface application of lime, silicate, and phosphogypsum in a tropical no-till system. **Catena**, v. 137, p. 87-99, 2016.

DALLA NORA, D. et al. Mitigation of the gradient of chemical properties in the rooting zone of dystrophic Oxisols by gypsum and lime inputs under a no-till system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

41, e0150541, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0100-06832017000100517&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-06832017000100517&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 Abr. 2020.

DENARDIN, L. G. O. et al. No-tillage increases irrigated rice yield through soil quality improvement along time. **Soil & Tillage Research**, v. 186, p. 64–69, mar. 2019.

FONTOURA, S. M. V. et al. Effect of gypsum rates and lime with different reactivity on soil acidity and crop grain yields in a subtropical Oxisol under no-tillage. **Soil & Tillage Research**, v. 193, p. 27–41, out. 2019.

GEELHOED, J. S. et al. Phosphate and sulfate adsorption on goethite: single anion and competitive adsorption. **Geochimica et Cosmochimica Acta**, v. 61, n. 12, p. 2389–2396, jun. 1997.

IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz. **Boletim de resultados da lavoura - Safra 2018/19** – Arroz irrigado e soja em rotação. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/safras-2>>. Acesso em: 13 abr. 2020.

IRGA – Instituto Rio-Grandense do Arroz. **Safras: Soja, 2018**. Disponível em: <<https://irga.rs.gov.br/safras-2>>. Acesso em: 13 abr. 2020.

MARCHESAN, E et al. Soil management and application of agricultural gypsum in a Planosol for soybean cultivation. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 47, n. 11, e20161102, 2017. Disponível em: <[http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0103-84782017001100201&lng=en&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0103-84782017001100201&lng=en&nrm=iso)>. Acesso em: 13 Abr. 2020.

MARCHESAN, E. Desenvolvimento de tecnologias para cultivo de soja em terras baixas. **Revista Eletrônica Competências Digitais para Agricultura Familiar**, Tupã, v. 2, n. 1, p. 4-19, jan./jun. 2016.

MICHALOVICZ, L. et al. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 1496-1505, 2014.

PAULETTI, V. et al. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, p. 495-505, 2014.



doi: <https://doi.org/10.36812/pag.2020261332-346>

RAMPIM et al. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, p. 1687-1698, 2011.

RHENHEIMER, D. S.; ANGHINONI, I. Distribuição do fósforo inorgânico em sistemas de manejo de solo. **Pesq. agropec. bras.**, Brasília, v. 36, n. 1, p. 151-160, jan. 2001.

RPSRS – Reunião de Pesquisa de Soja da Região Sul. **Indicações técnicas para a cultura da soja no Rio Grande do Sul e Santa Catarina, safras 2016/2017 e 2017/2018**. Passo Fundo: Ed. Universidade de Passo Fundo, 2016. 128 p.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de calcário e gesso em sistema plantio direto recém-implantado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, p. 675-688, 2008.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Pelotas: SOSBAI, 2016. 200 p.

SOSBAI – Sociedade Sul-Brasileira do Arroz Irrigado. **Arroz irrigado: Recomendações Técnicas da Pesquisa para o Sul do Brasil**. Cachoeirinha: SOSBAI, 2018. 205 p.

TEDESCO, M. J. et al. **Análises de solo, plantas e outros materiais**. Porto Alegre: Departamento de Solos/UFRGS, 1995. 174 p.

TIECHER, T. et al. Crop response to gypsum application to subtropical soils under no-till in Brazil: a systematic review. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 42, e0170025, 2018.

WREGGE, M. S. et al. **Atlas climático da região sul do Brasil**: Estados do Paraná, Santa Catarina e Rio Grande do Sul. 2. ed Pelotas: Embrapa Clima Temperado; Colombo: Embrapa Florestas, 2012. 333 p.