

Scientific Electronic Archives

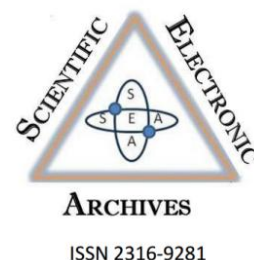
Issue ID: Sci. Elec. Arch. Vol. 10 (5)

October 2017

Article link

<http://www.seasinop.com.br/revista/index.php?journal=SEA&page=article&op=view&path%5B%5D=425&path%5B%5D=pdf>

Included in DOAJ, AGRIS, Latindex, Journal TOCs, CORE, Discoursio Open Science, Science Gate, GFAR, CIARDRING, Academic Journals Database and NTHRYS Technologies, Portal de Periódicos CAPES.



Atributos químicos do solo decorrentes da aplicação em superfície de gesso e calcário

Chemical soil attributes as affected by lime and gypsum surface application

A. Mantovani, T. P. Felício, M. Zilio, A. Menosso, P. Bulla, D. P. Mecabô, P. C. M. Miotto

Universidade do Oeste de Santa Catarina

Author for correspondence: analu.mantovani@unoesc.edu.br

Resumo. O gesso agrícola é um condicionante de solos e pode eliminar ou reduzir o alumínio presente no solo em profundidade. Ainda, pode contribuir para a distribuição de nutrientes no perfil do solo de maneira mais homogênea e assim incrementar a produtividade de culturas. Este trabalho objetivou avaliar a influência da aplicação de gesso agrícola, com e sem calcário, nos atributos químicos do solo e na produtividade de soja, em sistema plantio direto. O experimento foi realizado em Campos Novos-SC, com delineamento em blocos casualizados e parcelas subdivididas com quatro repetições, na parcela principal foi distribuído as doses de gesso (1.000, 2.000, 4.000 e 6.000 kg ha⁻¹ sem incorporação), e nas parcelas subdivididas (com e sem calcário) sendo que a dose de calcário foi de 2.000 kg ha⁻¹. Foram avaliados os componentes do rendimento, a produtividade de grãos de soja e os teores de pH do solo, Ca, Mg, S e Al nas camadas de 0-20 e 20-40 cm. As doses de gesso agrícola testadas em superfície com e sem calcário não influenciou nos componentes de rendimento e a produtividade de soja. Na camada de 0-20 cm de profundidade do solo a aplicação de calcário aumentou o pH em 0,3 unidades na média das doses de gesso, mas na camada de 20-40 cm não foi encontrado efeito do calcário e do gesso no pH do solo em função do curto período de tempo entre a aplicação e a avaliação. Nas áreas com e sem calcário os teores de Ca e S nas duas camadas avaliadas aumentaram com o aumento das doses de gesso, já o Mg teve diferença com a aplicação de calcário na camada 0-20 cm até a dose de 4000 kg ha⁻¹ e com a aplicação de calcário nas doses de gesso e o Al diminuiu com o aumento da dose de gesso na média na camada de 20-40 cm de profundidade. A aplicação de gesso e calcário amenizou os efeitos negativos da acidez do solo e o aumento principalmente de cálcio e enxofre na camada de 0-20 cm, com efeitos menos eficientes na camada 20-40 cm devido ao solo ser argiloso e pelo período entre a aplicação e a avaliação ser de 120 dias. Palavras-chaves: Cálcio, enxofre, sistema plantio direto, acidez do solo.

Abstract. The gypsum is a soil conditioner and it has to function contribute to the elimination or reduction of aluminum in the soil in depth. Still, it can contribute to the distribution of nutrients in the soil profile more uniformly and thus increasing the productivity of crops. This study aimed to evaluate the influence of gypsum application, with and without lime, on soil chemical properties and soybean yield, in a no-till system. The experiment was carried in Campos Novos, Santa Catarina State, Brazil, with a randomized block design and split plot design with four replications, the main portion was distributed gypsum doses (1000, 2000, 4000 and 6000 kg ha⁻¹ without incorporation), and the split plot (with and without lime) and the liming was 2,000 kg ha⁻¹. We evaluated the performance of components and productivity of soybeans. It was also analyzed the soil pH and Ca, Mg, S and Al at 0-20 and 20-40 cm. The application of gypsum at the rates tested surface with and without lime did not affect the yield components and soybean productivity. At 0-20 cm soil depth lime application increased soil pH by 0.3 units on the average rates of gypsum, but in the 20-40 cm layer was not found effect of lime and gypsum in pH ground due to the short time between application and evaluation. In areas with and without lime contents of Ca and S in the two layers evaluated increased with increasing rates of gypsum, since Mg has difference with the lime application on a 0-20 cm to dose 4000 kg ha⁻¹ and the lime in the gypsum rates and Al decreased with increasing dose gypsum average in the 20-40 cm layer depth. The application of gypsum and limestone softened the negative effects of soil acidity and the increase mainly of calcium and sulfur at 0-20 cm, with less efficient effects in the 20-40 cm layer due to the soil is clayey and the period between the implementation and evaluation be 120 days.

Keywords: Cálcio, sulphur, no tillage, soil acidity.

Introdução

Com a difusão do Sistema de Plantio Direto (SPD) na década de 70 e sua ampla utilização pelo país a partir daí, houve a impossibilidade do revolvimento do solo para a incorporação de corretivos em subsuperfície ao longo dos anos, onde muitos solos agrícolas começaram a apresentar toxidez por alumínio e/ou deficiência de cálcio (Ca), provocando uma barreira química ao desenvolvimento normal de raízes em profundidade, afetando a absorção de água e nutrientes (Michalovicz, 2012).

Nas áreas sob SPD, a correção da acidez do solo se dá a partir da superfície, pois com a incorporação do corretivo ocorre perdas fundamentais do sistema (Amaral; Anghinoni, 2001), como a manutenção de resíduos vegetais no solo, ocorre maiores níveis de acúmulo de matéria orgânica melhorando a agregação do solo (Ciotta et al., 2004). Neste sistema sem incorporação, por outro lado, a calagem passa a ter efeitos mais restritos às camadas mais superficiais do solo (Sá, 1993), devido à baixa solubilidade em água das espécies neutralizantes do calcário (Alcarde, 2005), principal corretivo de acidez em uso no Brasil.

A maioria dos solos catarinenses apresentam algumas das características citadas acima, situação parecida ao do Rio Grande do Sul, sendo motivos de limitações do aumento do rendimento vegetal (Ernani et al., 2001). Uma alternativa de melhor distribuição do corretivo melhorando as condições do solo para melhor crescimento radicular e aproveitamento dos nutrientes do solo e dos fertilizantes, é o uso de gesso agrícola, o qual aumenta os teores de Ca^{2+} e sulfato (SO_4^{2-}) e reduz a atividade tóxica do Al^{3+} (Caires et al., 1999). Tais efeitos ocorrem desde a superfície até o subsolo, o que se deve à solubilidade do sulfato de cálcio presente no gesso, que é cerca de 145 vezes mais solúvel que o carbonato de cálcio do calcário (Leite, 2005). A maior disponibilidade de S (enxofre), favorecem a cultura da soja, devido este nutriente ser de grande exportação pela cultura, cerca de 5 kg por tonelada de grãos (Gelain et al., 2011).

Zandoná et al. (2015), após aplicação de gesso em Latossolo muito argiloso sob 13 anos de SPD, em Barra Funda (RS), verificou aumento no teor de Ca^{2+} e redução no teor de Al^{3+} nas camadas de solo entre de 10-20 cm e 20-40 cm. O autor também observou redistribuição dos teores de Mg^{2+} , entre de 10-20 cm e 20-40 cm, significando mobilização para camadas mais profundas no perfil. Resultados semelhantes foram encontrados em outros trabalhos com gesso em SPD, observando-se, aumento no teor de S-SO_4^{2-} no perfil solo e aumento de produtividade em função do gesso (Caires et al., 1999; 2003; 2004; Marques, 2008; Soratto e Crusciol, 2008; Rampim, 2008),

guardadas as particularidades de solo, clima e cultivo.

Em trabalho realizado por Cardoso et al. (2014) para avaliar a influência da aplicação de calcário e gesso no desenvolvimento de plantas e na produtividade de grãos na cultura da soja, observaram que a aplicação de gesso aumentou a produtividade de grãos de soja. Além disso, Cardoso et al. (2014), observaram que o gesso proporciona melhor desenvolvimento radicular, condicionando as plantas de soja a melhor capacidade de absorção de água de camadas subsuperficiais, dando a estas melhores condições de atravessar os períodos de stress por falta de água, explicando assim as melhores produtividades obtidas para os tratamentos que continham gesso. Essa tecnologia pode ser uma solução eficiente e atrativa para que os produtores rurais tornem ainda mais sustentável todo seu processo produtivo (Maluf et al., 2009).

O gesso agrícola é considerado um importante condicionador químico e físico-hídrico do solo pois, além de promover a diminuição dos efeitos tóxicos causados pelo alumínio e elevar os teores de cálcio e enxofre no solo, também favorecer a sua agregação. Com a melhoria das condições do solo em profundidade ocorre o aprofundamento do sistema radicular, resultando em melhor aproveitamento de água e nutrientes para o desenvolvimento das culturas e, com isso, reduzir os efeitos da deficiência hídrica às culturas em anos de estiagem. Estes fatores contribuem no aumento da produtividade das lavouras, bem com a melhoria da qualidade de sementes de soja produzidas. Desta forma, o trabalho objetivou avaliar a influência da aplicação de gesso agrícola, com e sem calcário, nos atributos químicos do solo e na produtividade de soja, em sistema plantio direto.

Métodos

O experimento foi conduzido em área experimental situada no município de Campos Novos, SC, localizada na coordenadas geográficas de 27° 24' 06" S e 51° 13' 30" W, com altitude de 934m. Clima da região, segundo a classificação climática de Köppen, é do tipo Cfa subtropical úmido.

O solo da área experimental é classificado como em um Nitossolo Vermelho Distrófico (Embrapa 2013), relevo pouco ondulado e textura argilosa. A área experimental é manejada em sistema de semeadura direta, sendo que a cultura anterior à implantação do experimento foi aveia preta.

Previamente à instalação do experimento foi realizada coleta de amostras de solo para a determinação dos atributos químicos nas camadas de 0 a 20 e de 20 a 40 cm (Tabela 1).

Tabela 1. Caracterização dos atributos químicos e do teor de argila do solo da área experimental antes da aplicação do calcário e do gesso.

| Prof. | pH água | Argila | MO | V | Al | Ca | Mg | K | P | S | B | Cu | Zn | Mn |
|-------|------------|---------------|-----|----|-----|-----|--|-----|------|------|------|---------------------------------|-----|------|
| cm | | ----- % ----- | | | | | -- cmol _c dm ⁻³ -- | | | | | ----- mg dm ⁻³ ----- | | |
| 0-20 | 5,3 | 63 | 4,0 | 57 | 0,4 | 6,0 | 2,1 | 142 | 17,7 | 20,8 | 0,37 | 7,4 | 2,1 | 29,1 |
| 20-40 | 5,0 | 73 | 2,7 | 37 | 1,7 | 2,5 | 1,4 | 57 | 7,3 | 33,3 | 0,10 | 8,1 | 0,9 | 11,7 |

Fonte: Laboratório solos Unoesc – Campos Novos (2015).

O delineamento experimental utilizado foi o de blocos casualizados com 4 repetições, distribuídos na parcela principal (doses de gesso), com área de 30 m² e as parcelas subdivididas (com e sem calcário), com área de 15 m². Nas subparcelas que receberam a aplicação de calcário a dose utilizada foi de 2.000 kg ha⁻¹ aplicado no dia 02/10/2015, sem incorporação. As doses de gesso agrícola foram de 1.000, 2.000, 4.000 e 6.000 kg ha⁻¹ sem incorporação, aplicadas no dia 03/11/2015 (Tabela 2).

Tabela 2. Tratamentos utilizados no experimento

| Tratamento | Descrição |
|------------|--|
| T 1 | Sem gesso agrícola e sem de calcário |
| T 2 | Somente calcário |
| T 3 | Gesso agrícola 1000 kg ha ⁻¹ |
| T 4 | Gesso agrícola 1000 kg ha ⁻¹ + Calcário |
| T 5 | Gesso agrícola 2000 kg ha ⁻¹ |
| T 6 | Gesso agrícola 2000 kg ha ⁻¹ + calcário |
| T 7 | Gesso agrícola 4000 kg ha ⁻¹ |
| T 8 | Gesso agrícola 4000 kg ha ⁻¹ + calcário |
| T 9 | Gesso agrícola 6000 kg ha ⁻¹ |
| T 10 | Gesso agrícola 6000 kg ha ⁻¹ + calcário |

A semeadura foi realizada no dia 21/11/2015, com a cultivar NA 5909 RG tratada com Fipronil 250 g L⁻¹, Piraclostrobina 25 g L⁻¹ e Thiophanate methyl 225 g L⁻¹, sem inoculação das sementes. A adubação de semeadura foi de 450 kg ha⁻¹ da fórmula 2-20-10 (N-P₂O₅-K₂O), sendo realizada na linha de semeadura conforme recomendação do manual de adubação e calagem do Rio Grande do Sul e Santa Catarina (CQFS, 2004). O controle de plantas daninhas e os tratamentos fitossanitários obedeceram às indicações técnicas da cultura.

Após a maturação, a soja foi colhida manualmente e trilhada. Foram colhidas as plantas das 3 linhas centrais, percorrendo 4m linear, perfazendo área útil de 6m². O rendimento de grãos foi avaliado em gramas, pesando-se a produção total de cada parcela útil, a qual foi transformada para kg ha⁻¹ e corrigida para 13% de umidade. Para a avaliação dos componentes de produção, massa de 100 grãos, número de vagens por planta, número de grãos por vagem e número de grãos por planta foram coletadas 10 plantas da 4 linha dentro dos 4m linear de cada parcela.

Após a colheita da soja aproximadamente 120 dias após a aplicação do gesso foi realizada a coleta do solo para avaliar as alterações nos atributos químicos nas camadas de até 20cm e de 20 a 40cm. A coleta do solo foi realizada com trado tipo rosca, coletando cinco subamostras por parcela

nas camadas até 20cm e de 20 a 40cm de profundidade. Após a coleta, as amostras foram secadas ao ar, destorroadas, passadas em peneira com malha de 2mm de diâmetro e acondicionadas em saco plástico à temperatura ambiente até a realização das análises. Nas amostras foram determinados o pH em água, cálcio, magnésio, alumínio e enxofre, utilizando-se métodos descritos em Tedesco et al. (1995).

Foram realizadas análises de variância e de regressão. Na análise de variância quando observada diferença, aplicou-se o teste de comparação de médias (Tukey) ao nível de 5% de probabilidade de erro. Na regressão usou-se como critério para escolha das equações os coeficientes de determinação significativos a 1% e 5%.

Resultados e discussão

O pH do solo teve alteração apenas na camada de 0-20 cm na média de todas as doses com aplicação de calcário (Tabela 3). A aplicação do calcário na superfície do solo aumentou o pH na camada superficial, em comparação à área sem aplicação de calcário. E nas doses de gesso não se observou aumento do pH, isso é em função de que o gesso é um sal neutro, e não possui capacidade de consumir prótons H⁺ e aumentar o pH do solo (Maschietto 2009).

O teor de Al³⁺ trocável na camada de 20-40 cm, é superior ao da camada de 0 – 20 cm. Na camada de 0 – 20 cm mesmo com a aplicação de calcário não se observou diferença significativa, em função de que os teores antes da implantação do experimento já eram baixos (Tabela 3). Mesmo sem diferenças nos tratamentos com calcário, a partir da dose de 1000 kg ha⁻¹ de gesso não se tem mais Al³⁺ trocável na solução do solo, já nos tratamentos sem calcário apenas na dose de 6000 kg ha⁻¹ o Al³⁺ não estava mais presente na solução do solo. A aplicação de gesso diminuiu o teor de Al³⁺, na camada de 20-40 cm na média de com e sem calcário, porém em pequenas quantidades, possivelmente em razão do curto período de apenas 120 dias da aplicação do gesso. Resultados semelhantes foram encontrados por Zandoná et al. (2015), em Latossolo Vermelho distrófico típico de textura argilosa, que observou diminuição dos teores de Al³⁺, na camada de 20 - 40 cm. A redução nos teores de Al³⁺ tóxico, em decorrência da aplicação de gesso, ocorre pela precipitação de Al e formação de minerais (Adams & Rawayfih 1977), ou, também, pela lixiviação de Al com o gesso, na forma de pares iônicos ou complexos AlSO₄⁺ (Pavan et al. 1984).

Tabela 3. Análise de solo nos perfis de 0-20 e 20-40 cm em área com e sem calcário e com doses de gesso aplicadas em superfície sem incorporação.

| Perfil (cm) | Calcário | Gesso (kg ha ⁻¹) | | | | | Média |
|--|----------|------------------------------|---------|---------|---------|---------|--------|
| | | 0 | 1.000 | 2.000 | 4.000 | 6.000 | |
| pH | | | | | | | |
| 0-20 | Com | 5,53 | 5,65 | 5,59 | 5,78 | 5,60 | 5,63 A |
| | Sem | 5,26 | 5,25 | 5,23 | 5,25 | 5,44 | 5,29 B |
| | Média | 5,40 | 5,45 | 5,41 | 5,51 | 5,52 | |
| 20-40 | Com | 5,10 | 5,04 | 5,13 | 5,11 | 5,15 | 5,11 |
| | Sem | 5,04 | 5,00 | 4,89 | 4,99 | 5,13 | 5,01 |
| | Média | 5,07 | 5,02 | 5,01 | 5,05 | 5,14 | |
| Al (cmol _c dm ⁻³) | | | | | | | |
| 0-20 | Com | 0,03 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,00 | 0,01 |
| | Sem | 0,37 | 0,39 | 0,29 | 0,15 | 0,00 | 0,24 |
| | Média | 0,37 | 0,20 | 0,14 | 0,07 | 0,00 | |
| 20-40 | Com | 1,65 | 1,09 | 1,06 | 1,07 | 0,98 | 1,17 |
| | Sem | 1,50 | 1,40 | 1,37 | 1,21 | 0,93 | 1,28 |
| | Média | 1,58 a | 1,24 ab | 1,22 ab | 1,14 ab | 0,96 b | |
| Mg (cmol _c dm ⁻³) | | | | | | | |
| 0-20 | Com | 2,64 bA | 3,24 aA | 2,64 bA | 2,62 bA | 2,47 bA | 2,72 A |
| | Sem | 2,19 aB | 2,33 aB | 2,18 aB | 1,93 aB | 2,38 aA | 2,20 B |
| | Média | 2,41 b | 2,79 a | 2,41 b | 2,27 b | 2,42 b | |
| 20-40 | Com | 1,44 | 1,51 | 1,69 | 1,66 | 1,50 | 1,56 |
| | Sem | 1,39 | 1,54 | 1,30 | 1,46 | 1,69 | 1,48 |
| | Média | 1,42 | 1,52 | 1,50 | 1,56 | 1,59 | |

Médias seguidas de mesma letra minúscula na linha e maiúscula na coluna não diferem significativamente pelo teste de tukey a 5% de probabilidade.

Os teores de Mg²⁺ no solo aumentaram com a aplicação de calcário na camada de 0 – 20 cm de profundidade na média dos tratamentos e até a dose de 6000 kg ha⁻¹ de gesso, já na camada 20 – 40 cm não se observou diferença significativa (Tabela 3). Isso provavelmente ocorreu devido ao curto espaço de tempo entre a aplicação dos tratamentos e a amostragem do solo.

Entre as doses de gesso na média dos tratamentos na camada de 0-20 cm e nos tratamentos com aplicação de calcário o magnésio aumentou apenas na dose de 1000 kg ha⁻¹ de gesso, com menor teor nas doses mais elevadas de gesso. Resultados com menores teores de magnésio na camada superficial do solo também foram obtidos por Silva et al. (1997) e Caires et al. (2003). Quando se adiciona concentrações maior de gesso no solo o Mg²⁺ forma complexos com carga neutra com o sulfato, promovendo a sua descida para camadas mais profundas do solo. No entanto, não se observou diferenças nas camadas mais profundas pelo tempo de avaliação entre a aplicação e a amostragem.

A aplicação de gesso resultou em acréscimos nos teores de Ca²⁺ no solo, na camada

de 0-20 e 20-40 cm de profundidade, aos 120 dias após a aplicação (Figura 1), com diferenças significativas nas equações lineares aplicadas (Tabela 4). Nos teores de Ca²⁺, houve incremento expressivo na camada de 0-20 cm, nos tratamentos com a aplicação de calcário com os teores mais altos, isso é em função do cálcio do corretivo somado ao cálcio do gesso. No entanto, sem aplicação calcário a diferença entre a testemunha sem gesso para a dose de 6000 kg ha⁻¹ foi mais expressiva, com aumento de 2,9 cmol_c dm⁻³, enquanto para a diferença entre a testemunha e a dose de 6000 kg ha⁻¹ com aplicação do calcário foi de 2,3 cmol_c dm⁻³, uma diferença de 0,6 cmol_c dm⁻³. Resultados semelhantes foram encontrados por Costa (2011), onde a aplicação de gesso agrícola promoveu aumentos nos teores de Ca trocável. Estes resultados são respostas de que o sulfato e o cálcio se ligam a outros elementos, formando várias espécies químicas na solução do solo. A formação de complexos de um íon com outros de valência oposta (pares de íons) altera a função biológica do elemento químico (CHAVES et al., 1991).

Tabela 4. Equações ajustadas para a relação de cálcio do solo nos perfis de 0-20 e 20-40 cm em área com e sem calcário e com doses de gesso aplicadas em superfície sem incorporação, 120 dias após aplicação dos tratamentos.

| Perfil (cm) | Calcário | Equação ajustada | r | R ² |
|-------------|----------|----------------------|------|----------------|
| 0 - 20 | Com | y = 7,088 + 0,381x** | 0,95 | 0,89 |
| | Sem | y = 6,018 + 0,481x** | 0,95 | 0,90 |
| 20 - 40 | Com | y = 2,520 + 0,227x* | 0,89 | 0,79 |
| | Sem | y = 2,670 + 0,254x** | 0,95 | 0,91 |

Coefficiente de correlação (r); Coeficiente de determinação (R²). *Significativo à 5%; ** Significativo à 1% de probabilidade.

Na camada de 20-40 cm foi observada redistribuição de Ca^{2+} em profundidade, com a utilização do gesso nos tratamentos com e sem aplicação de calcário (Figura 1), apesar de que o incremento nos teores foram baixos. O incremento dos teores de Ca^{2+} em profundidade está relacionado com a disponibilidade e aplicação do nutriente, com a movimentação do Ca^{2+} , que é influenciada pela infiltração de água no solo, e pela ligação com o ânion SO_4^{2-} , que permite a movimentação até a subsuperfície (Costa 2011). Em função do curto espaço de tempo entre a aplicação do gesso e a amostragem do solo se observou baixo incremento de cálcio na camada mais profunda do solo.

A aplicação de gesso agrícola provocou aumento linear e significativo nos teores de S-SO_4^{2-} nas duas camadas avaliadas (Tabela 5). Resultados semelhantes foram encontrados por Caires et al. (1998; 1999; 2003; 2004), Rampim (2008), Costa (2011) e Meert (2013). Esses resultados se devem ao fato do gesso agrícola possuir cerca de 17% de S-SO_4^{2-} , que se distribui facilmente em profundidade no perfil do solo pela baixa retenção nas cargas do solo (Sousa, Ritchey, 1986). O aumento no teor de S-SO_4^{2-} foi maior na camada de 0-20 cm em função do curto período de tempo de avaliação, no entanto, os teores na camada de 20-40 cm ficaram próximos a camada superficial (Figura 2).

Quando avaliado a camada de 0-20 cm com a aplicação de calcário a dose de gesso de 6000 kg ha^{-1} foi semelhante à dose de 4000 kg ha^{-1} , não se observando aumento nos teores de S-SO_4^{2-} com o aumento da dose aplicada (Figura 2). Esses resultados podem ser devidos ao aumento do pH do solo com o calcário na camada superficial, fazendo aumentar a quantidade de cargas negativas no solo, repelindo o S-SO_4^{2-} que fica na solução do solo, mais suscetível à mobilização ou lixiviação para camadas mais profundas (Quaggio et al., 1993), bem como à combinação do S-SO_4^{2-} com os cátions mobilizados para camadas mais profundas do solo (Albuquerque et al., 2000).

Mas no presente trabalho não se observou movimentação significativa do S-SO_4^{2-} para a camada mais profunda com a aplicação de calcário combinada com doses de gesso agrícola. Esses resultados estão de acordo com Caires et al. (1999), que não verificaram efeito do calcário na movimentação de S-SO_4^{2-} no solo. No entanto, Camargo e Rajj (1989), citam que a aplicação do calcário pode favorecer a movimentação do S-SO_4^{2-} no solo, resultados obtidos também por Costa (2011) que verificou maior movimentação do S-SO_4^{2-} no perfil do solo, quando utilizou-se a combinação calcário + gesso. Esses mesmos resultados poderão ser comprovados no presente trabalho com um período maior de avaliação.

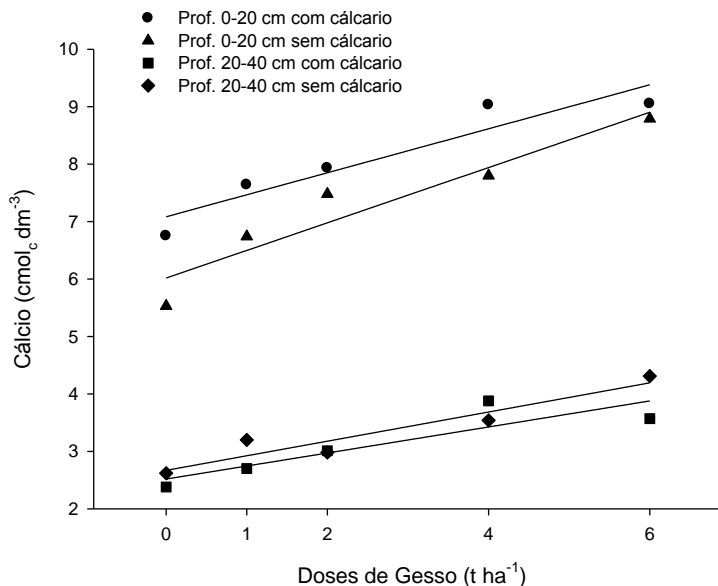


Figura 1. Equações linear de cálcio do solo nos perfis de 0-20 e 20-40 cm em área com e sem calcário e com doses de gesso aplicadas em superfície sem incorporação, 120 dias após aplicação dos tratamentos.

Tabela 5. Equações ajustadas para a relação de enxofre do solo nos perfis de 0-20 e 20-40 cm em área com e sem calcário e com doses de gesso aplicadas em superfície sem incorporação, 120 dias após aplicação dos tratamentos.

| Perfil (cm) | Calcário | Equação ajustada | r | R ² |
|-------------|----------|-----------------------------|------|----------------|
| 0 - 20 | Com | $y = 27,712 + 13,029x^{**}$ | 0,96 | 0,92 |
| | Sem | $y = 23,763 + 12,481x^{**}$ | 0,98 | 0,97 |
| 20 - 40 | Com | $y = 40,010 + 6,854x^{**}$ | 0,96 | 0,92 |
| | Sem | $y = 32,185 + 10,532x^{**}$ | 0,99 | 0,99 |

Coeficiente de correlação (r); Coeficiente de determinação (R²). ** Significativo à 1% de probabilidade

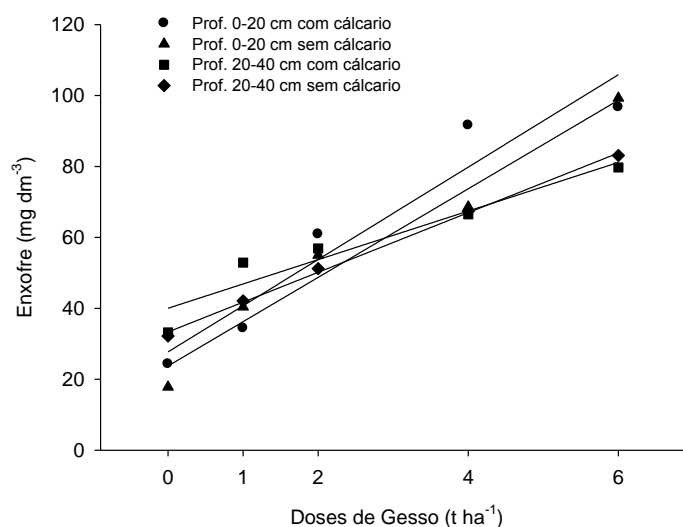


Figura 2. Equações linear de enxofre do solo nos perfis de 0-20 e 20-40 cm em área com e sem calcário e com doses de gesso aplicadas em superfície, 120 dias após aplicação dos tratamentos.

A adição de gesso agrícola em áreas com e sem calcário na cultura da soja, não diferiu nas variáveis do componente do rendimento e na produtividade (Tabela 6). A aplicação de doses de gesso também não exerceu influência sobre os componentes do rendimento, de acordo com a análise de regressão.

O número de vagens por planta, número de grãos por vagem, número de grãos por planta e massa de 100 grãos não apresentaram alteração com as aplicações de calcário e gesso. A produção de grãos de soja não foi influenciada pelos tratamentos com e sem calcário. Também não

houve aumento significativo na produção de grãos de soja (kg ha⁻¹), na média de tratamentos com e sem calagem, em função da aplicação de doses de gesso. A produção média de grãos foi de 2639,1 e 2.861,7 kg ha⁻¹, para os tratamentos com calcário e sem calcário na superfície (Tabela 7).

A ausência de resposta da soja à aplicação de gesso pode estar relacionada com o fato de o crescimento do sistema radicular da soja, na ausência de déficit hídrico (Figura 1), não ser influenciado pela redução da saturação por Al no subsolo (Caires et al., 2001).

Tabela 6. Análise de variância (teste F) para as variáveis componentes do rendimento e produtividade.

| Variáveis | G.L. | S.Q. | F. | C.V. |
|----------------------------------|------|------------|--------------------|-------|
| Produtividade | | | | |
| Gesso | 4 | 40342,9353 | 0,38 ^{ns} | |
| Calcário | 1 | 316643,388 | 2,80 ^{ns} | 12,28 |
| Gesso x Calcário | 4 | 257459,991 | 2,28 ^{ns} | |
| Número de vagens / planta | | | | |
| Gesso | 4 | 82,1803 | 1,55 ^{ns} | |
| Calcário | 1 | 658,5322 | 3,05 ^{ns} | 25,31 |
| Gesso x Calcário | 4 | 84,1078 | 0,39 ^{ns} | |
| Número de grãos / vagem | | | | |
| Gesso | 4 | 0,0331 | 2,77 ^{ns} | |
| Calcário | 1 | 0,0902 | 5,85 ^{ns} | 5,15 |
| Gesso x Calcário | 4 | 0,0034 | 0,22 ^{ns} | |
| Número de grãos / planta | | | | |
| Gesso | 4 | 824,59 | 2,18 ^{ns} | |
| Calcário | 1 | 6190,14 | 4,29 ^{ns} | 27,16 |
| Gesso x Calcário | 4 | 424,67 | 0,29 ^{ns} | |
| Peso de 100 grãos | | | | |
| Gesso | 4 | 0,1959 | 0,62 ^{ns} | |
| Calcário | 1 | 1,0240 | 2,67 ^{ns} | 3,84 |
| Gesso x Calcário | 4 | 0,2308 | 0,60 ^{ns} | |

Tabela 7. Número de vagens por planta (NVP), número de grãos por vagem (NGV), número de grãos por planta (NGP), massa de 100 grãos (P100) e produtividade (Prod.) de soja em área sob diferentes doses de gesso superficial, com e sem calcário.

| Gesso (kg ha ⁻¹) | Calcário | NVP | NGV | NGP | P100 (g) | Prod. (kg ha ⁻¹) |
|------------------------------|--------------|------|-----|-------|----------|------------------------------|
| 0 | Com calcário | 57,6 | 2,4 | 139,3 | 16,3 | 2753,9 |
| 1.000 | Com calcário | 54,4 | 2,4 | 128,8 | 15,9 | 2732,7 |
| 2.000 | Com calcário | 53,2 | 2,3 | 121,6 | 16,0 | 2415,8 |
| 4.000 | Com calcário | 52,2 | 2,4 | 123,7 | 15,5 | 2539,8 |
| 6.000 | Com calcário | 52,6 | 2,3 | 123,6 | 16,0 | 2753,3 |
| Média | Com calcário | 54,0 | 2,4 | 127,4 | 15,9 | 2639,1 |
| 0 | Sem calcário | 65,7 | 2,6 | 168,7 | 16,3 | 2724,3 |
| 1.000 | Sem calcário | 55,3 | 2,4 | 134,5 | 16,1 | 2807,5 |
| 2.000 | Sem calcário | 55,9 | 2,4 | 135,9 | 16,6 | 2975,3 |
| 4.000 | Sem calcário | 68,7 | 2,4 | 164,9 | 16,3 | 3203,9 |
| 6.000 | Sem calcário | 64,9 | 2,4 | 157,4 | 16,1 | 2597,6 |
| Média | Sem calcário | 62,1 | 2,4 | 152,3 | 16,3 | 2861,7 |

Em adição, não foi encontrada resposta em rendimento de grãos de soja com as doses de gesso aplicadas, em nenhum dos dois manejos de calcário, pois os teores de Ca²⁺, Mg²⁺ e S encontravam-se acima do valor mínimo na camada de 0-20 cm e de 20-40 cm, mesmo nos tratamentos sem calcário e sem a aplicação de gesso. De acordo com Sousa e Lobato (2004), o teor mínimo de Ca²⁺ é de 0,5 cmol_c dm⁻³, nas camadas de 20-40 e 40-60 cm, e a saturação de Al³⁺, abaixo de 20 %. Ausência de resposta às doses de gesso foi encontrada em outros trabalhos realizados tanto em plantio direto como em áreas em plantio convencional (Caires et al., 2003). Segundo Neis et al. (2010), não houve resposta no rendimento de grãos de soja, às doses de gesso aplicadas tanto em plantio direto sem revolvimento quanto em plantio direto com revolvimento do solo.

Conclusões

A aplicação de gesso agrícola nas doses testadas em superfície com e sem calcário não influenciou nos componentes de rendimento e na produtividade de soja.

A aplicação de calcário na camada de 0-20 cm de profundidade aumentou o pH em 0,3 unidades na média das doses de gesso, mas na camada de 20-40 cm não foi encontrado efeito do calcário e do gesso no pH do solo em função do curto período de tempo entre a aplicação e a avaliação.

Nas áreas com e sem calcário os teores de Ca e S nas duas camadas avaliadas aumentaram com o aumento das doses de gesso, já o Mg teve diferença com a aplicação de calcário na camada 0-20 cm até a dose de 4000 kg ha⁻¹ e com a aplicação de calcário nas doses de gesso e o Al diminuiu com o aumento da dose de gesso na média na camada de 20-40 cm de profundidade.

A aplicação de gesso e calcário amenizou os efeitos negativos da acidez do solo e o aumento principalmente de cálcio e enxofre na camada de 0-20 cm, com efeitos menos eficientes na camada 20-40 cm devido ao solo ser argiloso e pelo período entre a aplicação e a avaliação ser de 120 dias.

Agradecimentos

Ao Fundo de Apoio à Pesquisa (FAPE), pela a disponibilização de recursos financeiros para realização do trabalho.

Referências

ADAMS, F.; RAWAYFIH, Z. Basalumite and alumite: a possible cause of sulfate retention by acid soils. *Soil Science Society of America Journal*, Madison, v. 41, n. 4, p. 686-692, 1977.

ALBUQUERQUE, J. A.; BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTANA, E. C. Propriedades físicas e eletroquímicas de um Latossolo Bruno afetadas pela calagem. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 24, p. 295-300, 2000.

ALCARDE, J. C. Corretivos da acidez dos solos: Características e interpretações técnicas. 2 ed. (Boletim Técnico, 6). São Paulo, ANDA; 26p. 1992.

AMARAL, A. S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial de calcário no sistema plantio direto. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, n. 36, p. 695-702, 2001.

CHAVES, J.C. et al. Especificação química da solução do solo para interpretação da absorção de cálcio e alumínio por raízes de caféiro. *Pesquisa Agropecuária Brasileira*, v.26, p.447- 453, 1991.

CAIRES, E. F.; KUSMAN, M. T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PADILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 125-136, 2004.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F.J. & KUSMAN, M.T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Campinas, v.27, p. 275-286, 2003.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J.

- Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. *Bragantia*, v. 60, n. 3, p. 213-223, 2001.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A. & MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 23:315-327, 1999.
- CAIRES, E. F.; CHUEIRI, W. A.; MADRUGA, E. F.; FIGUEIREDO, A. Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 22, p. 27-34, 1998.
- CAMARGO, O. A.; RAIJ, B. van. Movimento do gesso em amostras de Latossolos com diferentes propriedades eletroquímicas. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 13, p. 275-280, 1989.
- CARDOSO, J.A.E.; PERES, G.C.M.; LAMBERT, R.A. Influência da aplicação de calcário e gesso na cultura da soja (*Glycine Max* (L.) Merrill) *Enciclopédia Biosfera, Centro Científico Conhecer – Goiânia*, v.10, n.18, 2014.
- CIOTTA, M. N. BAYER, C.; ERNANI, P. R.; FONTOURA, S. M. V.; WOBETO, C.; ALBUQUERQUE, J. A. Manejo da calagem e os componentes da acidez de Latossolo Bruno em plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 28, p. 317-326, 2004.
- COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – RS/SC. Manual de adubação e de calagem para os estados do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina. 10a. ed. Porto Alegre, 2004.
- COSTA, C. H. M. Efeito residual da aplicação superficial de calcário e gesso nas culturas de soja, aveia-preta e sorgo granífero. 2011. 90 f. (Dissertação Mestrado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2011.
- EDMEADES, D.C. Effects of lime on effective cation exchange capacity and exchangeable cations on a range of New Zealand soils. *New Zealand Journal of Agricultural Research*, Hamilton, v.25, p.27-33, 1982.
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. Sistema brasileiro de classificação de solos. 3.ed. Brasília, 2013. 353p.
- ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.F.S. e BAYER, C. Chemical modifications caused by liming below the limed layer in a predominantly variable charge acid soil. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, v. 35, p. 889-901, 2004.
- GELAIN, E.; ROSA JUNIOR, E. J.; MERCANTE, F. M.; FORTES, D. G.; SOUZA, F. R.; ROSA, Y. B. C. J. Fixação biológica de nitrogênio e teores foliares de nutrientes na soja em função de doses de molibdênio e gesso agrícola. *Ciências Agrotécnicas*, v. 35, n. 2, p. 259-269, 2011.
- HOCHMAN, Z.; EDMEADES, D.C.; WHITE, E. Change in effective cation exchange capacity and exchangeable aluminum with soil pH in lime-amended field soils. *Australian Journal of Soil Research*, v.30, p.177-187, 1992.
- LEITE, E. M. Utilização de corretivos químicos em solos degradados por sódio usando milheto (*pennisetum americanum* L.) como planta teste. 62p. (Dissertação de Mestrado). UFPB, Areia, Brasil, 2005.
- MALUF, H. J. G. M.; CAMPOS, D. S.; MELO, P. F.; MALUF, G. E. G. M. Gesso agrícola em solos do Cerrado brasileiro. II Semana de Ciencia e Tecnologia IFMG Campus Bambui II Jornada Científica 19 a 23 de Outubro de 2009.
- MARQUES, R. R. Aplicação superficial de calcário e gesso em manejo conservacionista de solo para cultivo de amendoim e aveia branca. 142 f. (Tese de Doutorado) – UNESP, Botucatu, Brasil, 2008.
- MASCHIETTO, E. H. G. Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto. 56f. (Dissertação Mestrado em Agricultura) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, Brasil, 2009.
- MEERT, L. Propriedades químicas do solo e resposta da sucessão trigo-milho-trigo à calagem e à aplicação de doses de gesso em sistema plantio direto. 52f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Estadual do Centro-Oeste, Brasil, 2013.
- MICHALOVICZ, L. Atributos químicos do solo e resposta da sucessão milho-cevada-feijão-trigo influenciados por doses e parcelamento de gesso em plantio direto. 41f. (Dissertação de Mestrado) - UNICENTRO, Guarapuava, Brasil, 2012.
- NEIS, L. et al. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.
- PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium, and aluminum following lime and gypsum applications to a Brazilian Oxisol. *Soil*

- Science Society of America Journal, Madison, v. 48, n. 1, p. 33-38, 1984.
- QUAGGIO, J.A.; RAIJ, B. van; GALLO, P.B. & MASCARENHAS, H.A.A. Respostas da soja à aplicação de calcário e gesso e lixiviação de íons no perfil do solo. Pesquisa. Agropecuária Brasileira, v.28, n.1, p.375-383, 1993.
- RAMPIM, L. Atributos químicos de um Latossolo Bruno eutroférico submetido a gessagem e cultivado com trigo e soja em semeadura direta. 81p. (Dissertação de Mestrado) - UNIOESTE, Marechal Cândido Rondon, Brasil, 2008.
- SÁ, J. C. M. Manejo da Fertilidade do solo no plantio direto. Castro: Fundação ABC, 94p. 1993.
- SILVA, N. M.; RAIJ, B van; CARVALHO, L. H.; BATAGLIA, O. C. & KONDO, J. I. Efeitos do calcário e do gesso nas características químicas do solo e na cultura do algodão. Bragantia, Campinas, v. 56, n. 2, p.389-401, 1997.
- 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, v. 32, p. 675-688, 2008.
- SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; Correção da Acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G.; LOBATO, E.; eds. Cerrado: Correção do solo e adubação. Brasília, Embrapa Informação Tecnológica, 2004. p. 81-96.
- SOUZA, D. M. G.; RITCHEY, K. D. Uso do Gesso no solo de cerrado. In: Anais do I Seminário sobre o uso de fosfogesso na agricultura. Brasília, Embrapa-DDT, p.119-144, 1986.
- TEDESCO, M.J.; GIANELLO, C.; BISSANI, C.A.; BOHNEN, H. & VOLKWEISS, S.J. Análise de solo, plantas e outros materiais. 2.ed. (Boletim Técnico, 5). Porto Alegre, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 147p. 1995.
- ZANDONÁ, R.R.; BEUTLER, A.N.; BURG, G.M.; BARRETO, C.F.; SCHMIDT, M.R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v. 45, n. 2, p. 128-137, abr./jun. 2015.