

## **CONDICIONADORES ALTERNATIVOS APLICADOS EM UM LATOSSOLO VERMELHO**

Mestrando em Tecnologia e Gestão da Inovação  
Universidade Comunitária da Região de Chapecó – Unochapecó

Nilmar Borges do Amaral, Gean Lopes da Luz, Luciano Luiz Silva, Sideney Becker Onofre.

Um dos grandes problemas enfrentados pelos setores da construção civil e avicultura é a destinação final de resíduos, principalmente os resíduos de gesso e cascas de ovos que têm sua aptidão para reciclagem restringida e quando descartados de maneira inadequada são prejudiciais ao meio ambiente. No entanto, tais resíduos possuem altos teores de cálcio, em sua composição, podendo ser uma alternativa ao uso de gesso de jazida, na recuperação de solos. Esta pesquisa objetivou avaliar a eficiência do uso de resíduos de gesso provenientes da construção civil e (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) de bateria + casca de ovo e gesso de jazida, sobre as propriedades químicas do solo. Como tratamentos para condicionador de solo o experimento utilizou, gesso agrícola, sulfato de cálcio (CaSO<sub>4</sub>) obtido com ácido sulfúrico (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub>) extraído de baterias automotivas + cascas de ovo, resíduo de gesso da construção civil e testemunha. O experimento utilizou o delineamento inteiramente casualizado (DIC), distribuídos em esquema fatorial (4 x 3), sendo quatro níveis do fator condicionador de solo (gesso, resíduo de gesso da construção civil, ácido + casca de ovo e testemunha), três níveis do fator profundidade de análise (0-10, 10-20, 20-30cm), com utilização de 3 repetições, totalizando 36 parcelas. As variáveis analisadas foram Ca<sup>2+</sup>, S, Mg<sup>2+</sup>, e Al<sup>3+</sup>. A aplicação do sulfato de cálcio diminui o teor de Al<sup>3+</sup> pelo menos até 30cm de profundidade e enriquece o solo em enxofre. Por não haver diferença significativa entre os resíduos aplicados e o Gesso na ação sobre o Al<sup>3+</sup>, vislumbra-se ser tecnicamente viável o emprego dos resíduos como condicionadores de solo.

Palavras-chave: Gesso. Resíduo. Cálcio

## INTRODUÇÃO

O uso de condicionadores pode ser uma alternativa visando melhorias das propriedades químicas do solo. O gesso é um condicionador mais utilizado no meio agrícola, porém surge novas alternativas de condicionadores de solo com a reutilização de resíduos. O resíduo de gesso da construção civil é um deles, assim como o resíduo gerado pela avicultura casca de ovos, que possuem em sua composição química altos teores de cálcio ( $\text{Ca}^{2+}$ ).

Os solos brasileiros em geral, apresentam baixos teores de ( $\text{Ca}^{2+}$ ) e altos teores de alumínio ( $\text{Al}^{3+}$ ) trocável, Isto ocorre com ênfase, nas camadas mais profundas. Desta maneira, o desenvolvimento radicular é superficial e ali concentrado, em consequência as plantas cultivadas anualmente sofrem com os veranicos e a absorção de nutrientes é limitada à área de desenvolvimento das raízes (MARTINS, 2013).

Desta maneira uma alternativa para minimizar estes problemas agrícolas surge o uso de condicionadores de solo. O gesso é um condicionador de solo e é considerado um subproduto oriundo das indústrias de fertilizantes fosfatados sendo comercializado a baixo custo tornando-se acessível para os agricultores (CUSTÓDIO et al., 2005).

O uso do condicionador resíduo de gesso da construção civil está em crescente demanda pela tentativa de diminuição do impacto causado ao meio ambiente e pela sua composição semelhante a do gesso.

A aplicação do ácido + casca de ovo talvez seja o primeiro trabalho do país na busca em encontrar novas fontes de condicionadores de solo utilizando estes resíduos, por isso seus resultados são de extrema importância para pesquisas futuras.

Considerando que o corretivo de solo calcário tem baixa mobilidade no perfil do solo, e sua aplicação é pelo método a lâncõ a ação normalmente fica restrita às zonas de aplicação, concentrando-se principalmente na camada superficial, primeiros 10 cm (MELO et al., 2008).

Assim, em solos cuja acidez se manifesta também em profundidade, surge a necessidade do aprimoramento de técnicas e uso de novos produtos que possuam ação complementar àquela promovida pela calagem. Neste sentido, o gesso ( $\text{CaSO}_4$ ) obtido de resíduo da construção civil e ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) extraído de baterias automotivas + cascas de ovo, pode ser utilizado, devido sua mobilidade ser maior que a do calcário e podendo atingir camadas mais profundas do perfil do solo reduzindo a atividade tóxica do ( $\text{Al}^{3+}$ ) (FARIA et al., 2003).

Dessa forma, em virtude da crescente preocupação com o descarte dos resíduos e da necessidade de tecnologias viáveis, que possibilitem a reutilização deste resíduo em atividades rentáveis, esta pesquisa objetivou avaliar a eficiência do uso de resíduos de gesso provenientes da construção civil e ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de bateria + casca de ovo e gesso de jazida, sobre as propriedades químicas do solo.

## MÉTODOS E PROCEDIMENTOS

A pesquisa é do tipo experimental e foi conduzida na área experimental junto ao campus da UNOCHAPECÓ em Chapecó, sendo iniciada no segundo semestre de 2016 e finalizada no primeiro semestre de 2017.

O clima da região é do tipo subtropical úmido com verões quentes (*Cfa*) segundo classificação de Köppen, com chuvas bem distribuídas no verão e geadas frequentes no inverno, temperatura média de 16,1°C, umidade relativa do ar de 82,8% e, precipitação média anual de 2.460 milímetros (MOTA et al., 1970).

O relevo onde o experimento foi conduzido é ondulado a suavemente ondulado e a localização na paisagem é topo de colina com elevação variando de 50m a 100m respectivamente, (Embrapa, 2013) declividade entre 3% a 20%.

O solo é classificado como Latossolo Vermelho Distroférrico típico, com saturação de bases baixa ( $V < 50\%$ ) e teores de  $\text{Fe}_2\text{O}_3$  (pelo  $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) de  $180\text{g kg}^{-1}$  a  $360\text{g kg}^{-1}$ , ambos na maior parte dos primeiros 100 cm do horizonte B, (Embrapa, 2013), profundo, bem drenado, com coloração vermelho-escura e textura argilosa.

A pesquisa é classificada quanto à abordagem em quantitativa. Quanto ao enfoque, consiste em uma pesquisa explicativa. Com relação aos procedimentos, consiste em uma pesquisa experimental segundo (GIL, 2002).

Os tratamentos consistem da aplicação de condicionadores agrícolas tradicionais e obtidos a partir de resíduos. Os condicionadores empregados são gesso agrícola, resíduo de gesso da construção civil, resíduo de bateria ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), + ( $\text{CaCO}_3$ ) obtido da casca de ovo e testemunha.

O delineamento utilizado foi inteiramente casualizado (DIC), distribuídos em esquema fatorial ( $4 \times 3$ ), sendo quatro níveis do fator condicionador de solo (gesso, resíduo de gesso da construção civil, ácido + casca de ovo e testemunha), três níveis do fator profundidade de análise (0-10, 10-20, 20-30cm), com utilização de 3 repetições, totalizando 36 parcelas. As variáveis analisadas foram  $\text{Ca}^{2+}$ , S,  $\text{Mg}^{2+}$ , e  $\text{Al}^{3+}$ .

O condicionador de solo gesso agrícola foi obtidos de empresa revendedora de Chapecó, sendo suas características químicas pré-determinadas pelo fabricante, contendo 16% de  $\text{Ca}^{2+}$  e 13% de S. A extração do gesso é através do emprego do ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ) em rochas fosfatadas com o objetivo de extrair o ácido fosfórico e ( $\text{CaSO}_4$ ) e desta reação é obtido o sulfato de cálcio ( $\text{CaSO}_4$ ) um subproduto (LEITE et al., 2010).

O  $\text{CaSO}_4$  é separado por filtração, originando uma grande quantidade de gesso. Por tonelada de ácido fosfórico produzida, obtém-se em média 5 (cinco) a 11 (onze) toneladas de gesso (RAIJ 1988; BLUM, 2008; MASCHIETTO, 2009).

O resíduo de gesso da construção civil foi obtido de uma empresa coletora de resíduos de Chapecó (CETRIC), sendo as amostras trituradas e moídas em moinho willey com peneira 1mm para homogeneização das partículas e suas características químicas determinadas através de análises laboratoriais.

A obtenção do Sulfato de cálcio a partir da (Casca de ovo moída + Ácido sulfúrico ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), foi realizada no laboratório de química da UNOCHAPECÓ, o  $\text{H}_2\text{SO}_4$  oriundo de resíduo de baterias, foi fornecido pela empresa pioneiro) localizada no município de Água Doce – SC. As amostras utilizadas para obtenção foram constituídas de 50g de  $\text{CaCO}_3$  obtido da casca de ovo, 250 ml de água destilada e 50ml de ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ).

Para pesagem das amostras do  $\text{CaCO}_3$  utilizou-se balança analítica, após acondicionadas em beker de 500 ml adicionado água destilada até dissolver o ( $\text{H}_2\text{SO}_4$ ), colocado beker em agitador elétrico por doze horas sendo analisado o pH da solução através de fitas p-agamtras.

A filtragem foi realizada em bomba de sucção elétrica após, aplicado 3 lavagem com água destilada para retirada de possível resíduo de  $\text{H}_2\text{SO}_4$ , em seguida colocada em estufa de ar forçado a  $60^\circ\text{C}$  por 24 horas para eliminar a umidade (EMBRAPA, 2011).

A granulometria foi determinada de acordo com a legislação brasileira que determina a inspeção e fiscalização da produção e comércio de corretivos destinados à agricultura, a qual especifica que esses devem ser constituídos de partículas que passem 95% em peneira de

2mm (ABNT 10), 70% em peneira de 0,84mm (ABNT 20) e 50% em peneira de 0,30mm (ABNT 50), (BRASIL, 1986). Desta forma todos os produtos utilizados nesse experimento passaram pelo mesmo procedimento.

Todas as fontes de condicionadores utilizados no experimento foram peneiradas para determinação de granulometria utilizado peneira elétrica marca Beltel com conjunto de peneiras estabelecidas conforme ABNT (20, 30, 40, 50, e 100) peneiradas para < 150 mesh (< 105 µm ASTM).

Para determinação de teor S no tratamento ácido + casca de ovo e resíduo da construção civil, foi realizada extração ácida do nutriente na forma de sulfato ( $S-SO_4^{2-}$ ), seguida de precipitação como sulfato de bário ( $BaSO_4$ ) e, por fim, a pesagem deste precipitado (BRASIL, 2014). Após este procedimento foi determinado 13,74 mg/dm<sup>3</sup> de S, no tratamento ácido + casca de ovo, o tratamento resíduo da construção civil obteve 12,8 mg/dm<sup>3</sup> de S, e o gesso comercial conforme indica o fabricante possui 13 mg/dm<sup>3</sup> de S, sendo constatado no tratamento testemunha 12,6 mg/dm<sup>3</sup> em análise fornecida por laboratório credenciado.

As doses de condicionadores aplicadas nas parcelas foram determinadas pelo método de saturação por base utilizando equação sugerida por Vitti, (2008).

$$NG = \frac{(V2 - V1) T}{500}$$

Sendo NG= necessidade de gesso (t/ha<sup>-1</sup>) V2= saturação por base esperada (50%) V1= saturação por base atual do solo na profundidade da camada cm, T = capacidade de troca catiônica (mmol/dcm<sup>3</sup>).

A cobertura vegetal da área onde foi instalado o experimento é composta por campo nativo espécies de ervas daninhas de pequeno porte, portanto realizou-se uma roçada com roçadeira costal 30 dias ante da aplicação dos condicionadores, para homogeneização da cobertura e facilitar a aplicação das doses.

A avaliação química do solo foi realizada após 120 dias da aplicação dos condicionadores.

O presente trabalho utilizou o software sirvar 5.6 sendo aplicada a análise de variância (ANOVA), sendo que para os tratamentos qualitativos foi aplicado o teste de comparação de médias: Tukey ( $p \leq 0,05$ ). Para os tratamentos quantitativos aplicar-se-á análise de regressão. Para a escolha dos modelos matemáticos foi considerado os resultados da análise de regressão, o coeficiente de determinação ( $R^2$ ) e criteriosa observação dos dados obtidos.

As variáveis respostas analisaram os efeitos dos condicionadores aplicados ao solo sobre os níveis de  $Ca^{2+}$ , S,  $Mg^{2+}$  e  $Al^{3+}$ .

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A análise de variância revelou interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) dos fatores condicionador x profundidade em relação à variável resposta  $Ca^{2+}$ , à partir disso realizou-se o teste de médias o qual está exposto na Tabela 1.

A mobilidade do  $Ca^{2+}$  ao longo do perfil ocorreu de maneira semelhante entre todos os tratamentos, em que os maiores teores de  $Ca^{2+}$  foram encontrados nos primeiro 10 cm de solo analisado.

Tabela 1 - Teores de  $Ca^{2+}$  (cmol/dm<sup>3</sup>) em diferentes profundidades de um LATOSSOLO Vermelho sob aplicação de condicionadores alternativos (Chapecó, SC – 2016/2017).

---

**Profundidade**

---

Condicionador	10 cm	20 cm	30 cm
	<b>Teores de Ca (cmol/dm<sup>3</sup>)</b>		
<b>Gesso</b>	1,20 aA	0,36 aB	0,10 aB
<b>Ácido + casca de ovo</b>	1,30 aA	0,16 aB	0,10 aB
<b>Resíduo de Gesso</b>	1,40 aA	0,73 aAB	0,37 aB
<b>Testemunha</b>	0,90 aA	0,30 aA	0,40 aA
<b>CV (%)</b>		5,55	

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

Fonte: elaborado pelo autor.

O decréscimo nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  a partir da profundidade 10 cm, em todos os tratamentos, possivelmente ocorreu devido ao tempo de condução do experimento ter sido de apenas 120 dias. Pauletti et al., (2014), testando doses de gesso em um Latossolo Vermelho-Amarelo distrófico típico, em área de plantio direto e avaliando 2 períodos (36 e 72 meses após a aplicação), demonstraram incrementos de  $\text{Ca}^{2+}$  até 1,00 m de profundidade, sendo os maiores teores de  $\text{Ca}^{2+}$  encontrados aos 72 meses após a aplicação do gesso, indicando que, com o tempo, o  $\text{Ca}^{2+}$  foi distribuído para camadas mais profundas do solo.

Entre os condicionadores utilizados no experimento o gesso é o único já testado e seus efeitos químicos comprovados e descritos em vários artigos científicos, demonstrando ainda que sua mobilidade no solo é maior que a do calcário é fonte de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  para o solo (CAIRES et al. 2001, RAMOS, 2013, PAULETTI et al. 2014,).

O tratamento utilizando (ácido + casca de ovo) é um produto alternativo proposto para condicionador de solo, porem seus efeitos são desconhecidos até o presente momento em relação as propriedades químicas do solo, mas ele traz benefícios ao meio ambiente por se tratar de um resíduo químico que descartado de maneira inadequada prejudica o meio ambiente e contamina o solo, (MATOS, 2007).

Segundo Caires et al. (2001), em estudo avaliando a aplicação de gesso em Latossolo, cerca de 80% do  $\text{Ca}^{2+}$  trocável do solo foi lixiviado para camadas abaixo de 0,60 m, 64 meses após a aplicação de  $12 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso. Enfim, vários estudos apontam que a aplicação de gesso eleva os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  nos solos, sendo que esse aumento pode ser notado, inclusive, nas camadas mais profundas dos solos, dependendo do tempo após aplicação e da dose de gesso utilizada (ZANDONÁ et al., 2015).

A movimentação de  $\text{Ca}^{2+}$  no perfil do solo após a aplicação do gesso se deve a movimentação do par iônico  $\text{SO}_4^{2-}$ , que evita que o  $\text{Ca}^{2+}$  se ligue as cargas negativas do solo, facilitando a descida para camadas mais profundas (NAVA et al., 2012; COSTA, 2011). Essa movimentação de  $\text{Ca}^{2+}$  depende das doses de gesso aplicadas, das características do solo como a textura, e da lâmina de água que infiltra e percola o perfil do solo (CAIRES et al., 2011).

A capacidade do  $\text{SO}_4^{2-}$  em aumentar os níveis de  $\text{Ca}^{2+}$  nas camadas mais profundas do solo é importante, pois estimula o crescimento das raízes e conseqüentemente, aumenta a eficiência do uso da água e dos nutrientes pelas plantas (CRUSCIOL et al., 2016).

Para a variável S observa-se que o S percolou ao longo do perfil avaliado em decorrência da formação do par iônico sulfato de cálcio, por ser um sal solúvel, penetra no solo e, em geral, é rapidamente removido da camada superficial por lixiviação, para as camadas mais profundas (RAIJ, 2008).

A análise de variância revelou interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) dos fatores condicionador x profundidade em relação à variável resposta S, para qual é apresentado o teste de médias na Tabela 2.

Tabela 2 - Teores de S (mg/dm<sup>3</sup>) em diferentes profundidades de um LATOSSOLO Vermelho sob aplicação de condicionadores alternativos (Chapecó, SC – 2016/2017)

Condicionador	Profundidade		
	10 cm	20 cm	30 cm
	<b>Teores de S (mg/dm<sup>3</sup>)</b>		
<b>Gesso</b>	20,00 aA	17,37 aA	17,83 aA
<b>Ácido + casca de ovo</b>	20,00 aA	18,67 aA	16,70 abA
<b>Resíduo de Gesso</b>	20,00 aA	18,30 aA	12,10 bB
<b>Testemunha</b>	15,20 bA*	12,60 bA	11,40 bA
<b>CV (%)</b>	5,55		

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

Fonte: elaborado pelo autor.

Conforme apresentado na tabela 2, não houve diferença significativa entre os condicionadores de solo aplicados, tendo apenas a testemunha apresentado menor teor de S em todas as camadas de solo analisadas.

Segundo a Comissão de Química e Fertilidade do Solo do Rio Grande do Sul e de Santa Catarina (SC) (CQFS-RS/SC, 2004), a exigência em S para as plantas é de 10 mg dm<sup>-3</sup> para as espécies das famílias das fabáceas, brassicáceas e liliáceas, e 5 mg dm<sup>-3</sup> para as demais. Portanto neste experimento os níveis de S estão acima dos níveis mínimos exigidos para implantação das grandes culturas agrícolas, inclusive na testemunha, demonstrando que o solo já era rico em S.

O S é um elemento químico essencial para todos os organismos vivos, sendo constituinte importante de muitos aminoácidos, no solo a maior parte do S está fixada na matéria orgânica e ele só pode ser usado pelas plantas quando convertido na forma de sulfato SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> pelas bactérias do solo. Este processo é conhecido como mineralização (RHEINHEIMER et al., 2005).

A disponibilidade do enxofre orgânico às plantas depende da sua transformação a formas inorgânicas, quase que exclusivamente na forma de sulfato SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> Costa, (1980), o qual é retido pelos grupos funcionais dos colóides inorgânicos do solo.

Assim, a quantidade de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> disponível no solo para às plantas depende da quantidade de grupos funcionais com capacidade de adsorvê-lo. Os óxidos de ferro, em especial a goethita e ferrihidrita, e as arestas quebradas dos argilominerais 1:1 são os principais fornecedores de OH<sup>-</sup>, capazes de serem trocados pelo SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>.

A energia de ligação do SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> aos grupos funcionais é fraca comparativamente àquela do fosfato, sendo que é facilmente deslocado por outros ânions. Desse modo, tanto a quantidade total de S quanto a capacidade de adsorção do SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> são menores em solos com baixos teores de argila e sua retenção é ainda diminuída pela aplicação de calcário e de fosfato. Assim, há um deslocamento desse íon às camadas mais profundas, onde pode ser adsorvido por causa dos maiores teores de argila e menores teores de matéria orgânica e valores de pH (RHEINHEIMER et al., 2005).

Conforme Crusciol et al., (2016), em avaliação realizada 3 meses após a aplicação de 3 t ha<sup>-1</sup> de gesso em um Latossolo vermelho, observou que o teor de SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> aumentou apenas

na camada superficial. Porém vale ressaltar que essa baixa movimentação de  $\text{SO}_4^{2-}$  pode estar relacionada ao pequeno tempo percorrido entre a aplicação e a avaliação, bem como a quantidade insuficiente de água que infiltrou no perfil do solo.

Resultados apresentados por Michalovicz et al., (2014), aplicando doses de gesso em Latossolo Bruno com sucessão de milho cevada após 5 anos encontraram aumento nos teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  em camadas avaliadas até 0,80 m. O movimento do  $\text{SO}_4^{2-}$  no perfil do solo, assim como o movimento do  $\text{Ca}^{2+}$ , depende das doses aplicadas, da textura do solo e do volume de água acumulado (RAIJ, 2008).

Os dados fornecidos por Caires et al., (2011), avaliando a movimentação do  $\text{SO}_4^{2-}$  até 0,60 m de profundidade, após a aplicação de  $9 \text{ t ha}^{-1}$ , verificou, 96 meses após aplicação do gesso, que os maiores teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  foram encontrados nas camadas do subsolo de 0,20 a 0,60 m. Crusciol et al., (2014), também descreve que o gesso promoveu um aumento nos níveis de  $\text{SO}_4^{2-}$  após 12 meses em todas as camadas avaliadas com a maior concentração nas camadas mais profundas, 0,60 m, indicando uma grande percolação desse nutriente ao longo do perfil do solo.

Como salientou Rampim et al., (2011), avaliando doses de gesso em um Latossolo vermelho eutroférico, constatou que os valores de  $\text{SO}_4^{2-}$  encontrados até a profundidade de 0,60 m foram maiores na avaliação realizada aos 12 meses, em relação a uma primeira avaliação realizada aos 6 meses após a aplicação.

Quanto ao  $\text{Mg}^{2+}$ , a análise de variância revelou interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) dos fatores condicionador x profundidade (Tabela 3).

Os maiores níveis de  $\text{Mg}^{2+}$  se concentraram nos primeiros 10 cm do perfil do solo, sendo que o tratamento Ácido + casca de ovo obteve a maior concentração, diferindo significativamente apenas do tratamento testemunha nos 10 cm primeiro do solo. Nos demais níveis de profundidades avaliados não houve diferença entre os condicionadores.

Tabela 3 – Teores de  $\text{Mg}^{2+}$  cmolc/dm<sup>3</sup> em diferentes profundidades de um LATOSSOLO Vermelho sob aplicação de condicionadores alternativos (Chapecó, SC – 2016/2017).

Condicionador	Profundidade		
	10 cm	20 cm	30 cm
	<b>Teores de <math>\text{Mg}^{2+}</math> cmolc/dm<sup>3</sup></b>		
<b>Gesso</b>	0,43 abA	0,23 aB	0,20 aB
<b>Ácido + casca de ovo</b>	0,50 aA	0,23 aB	0,20 aB
<b>Resíduo de Gesso</b>	0,40 abA	0,23 aB	0,13 aB
<b>Testemunha</b>	0,30 bA*	0,10 aB	0,20 aAB
<b>CV (%)</b>	5,55		

*Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).*

Fonte: elaborado pelo autor.

Resultados encontrados por Ramos et al., (2013), na avaliação aos 16 meses após a aplicação do gesso, mostram que o  $\text{Mg}^{2+}$  foi lixiviado da camada superficial para camadas mais profundas em todos os tratamentos comparado ao controle. Ferraz, 2016 avaliando altas doses de gesso 76 meses após a aplicação, descreveu que o  $\text{Mg}^{2+}$  foi encontrado em profundidades de até 1,75 m ao longo do perfil, indicando a ação do acúmulo do efeito da precipitação ao longo do tempo.

Considerando que Lima et al., (2013) constatou que com a aplicação de  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso houve um deslocamento de  $\text{Mg}^{2+}$  para camadas mais profundas, ocorrendo uma

diminuição dos teores nas camadas iniciais, indicando o carregamento do elemento ao longo do perfil abaixo da profundidade avaliada.

O carregamento do  $Mg^{2+}$  acontece pela competição com o  $Ca^{2+}$  pelas cargas negativas do solo e também pela formação do par iônico com o  $SO_4^{2-}$  (ZAMBROSI et al., 2007). Vários autores relataram esse deslocamento ao longo do perfil pela ação do gesso agrícola (CRUSCIOL et al., 2014; MICHALOVICZ et al., 2014; NAVA et al., 2012; RAMPIM et al., 2011; CAIRES et al., 2011).

Esse deslocamento de  $Mg^{2+}$  em profundidades maiores no solo não foi detectado neste experimento devido o tempo de avaliação ter sido de apenas 3 meses.

A análise de variância também revelou interação significativa ( $p \leq 0,05$ ) dos fatores condicionador x profundidade em relação à variável resposta  $Al^{3+}$  (Tabela 4).

A aplicação do sulfato de cálcio promoveu diminuição dos teores de  $Al^{3+}$  nas camadas de solo analisadas, sendo que o tratamento ácido de bateria diferiu significativamente na camada mais superficial em relação ao tratamento testemunha. Na profundidade 20 cm o tratamento resíduo de gesso diferiu da testemunha, e na profundidade 30 cm os resultados dos condicionadores não diferiram entre si, apenas da testemunha, mesmo promovendo diminuição do teor de  $Al^{3+}$ .

Tabela 4 – Teores de  $Al^{3+}$  cmolc/dm<sup>3</sup> em diferentes profundidades de um LATOSSOLO Vermelho sob aplicação de condicionadores alternativos (Chapecó, SC – 2016/2017)

Condicionador	Profundidade		
	10 cm	20 cm	30 cm
	<b>Teores de Al cmolc/dm<sup>3</sup></b>		
<b>Gesso</b>	3,60 abA	3,93 abA	3,93 aA
<b>Ácido + casca de ovo</b>	2,43 aA	4,03 abB	3,87 aB
<b>Resíduo de Gesso</b>	3,47 abA	3,73 aA	3,87 aA
<b>Testemunha</b>	4,20 bA*	5,20 bAB	5,40 bB
<b>CV (%)</b>	5,55		

Médias seguidas de mesma letra maiúscula na linha e minúscula na coluna não diferem significativamente entre si pelo teste de Tukey ( $p \leq 0,05$ ).

Fonte: elaborado pelo autor.

A redução no  $Al^{3+}$  trocável e consequentemente, na saturação de alumínio está relacionada com a hidrólise e precipitação do  $Al^{3+}$  ocasionada pelo aumento do pH em resposta ao uso do gesso (ARAÚJO, 2015). Além disso, há formação de pares iônicos  $AlSO_4^{4+}$  na solução do solo, que trata-se de mecanismo importante para a redução da atividade do alumínio (espécie  $Al^{3+}$ ). A formação de íons  $AlSO_4^{4+}$ , que possuem menor valência quando comparados com  $Al^{3+}$ , possibilita aumento de sua mobilidade no perfil do solo e a redução da saturação por alumínio (PAVAN, VOLKWEISS, 1985; RAIJ, 1992; NORA, AMADO, 2013).

Segundo Vicensi, 2015 avaliando efeito de doses de gesso observou redução nos teores de  $Al^{3+}$  devido à formação de estruturas hidroxiladas de alumínio, proporcionada pela troca iônica de  $OH^-$  pelo  $SO_4^{2-}$  (REEVE; SUMNER, 1972). Pode ocorrer também a formação do par iônico do  $Al^{3+}$  com  $SO_4^{2-}$  (PAVAN et al., 1984) ou com fluoreto ( $F^-$ ) (ZAMBROSI et al., 2007).

Como o objetivo da aplicação de gesso é a redução da quantidade de Alumínio tóxico para as raízes das plantas, em profundidade, observa-se na tabela 4 que o efeito de todos os tratamentos com condicionadores foi efetivo para tal, diferindo da testemunha. Como não

houve diferença entre os resíduos aplicados e o Gesso na ação sobre o  $Al^{3+}$ , observou-se que é tecnicamente viável o emprego dos resíduos como condicionadores de solo.

Neste trabalho, além da redução de  $Al^{3+}$  trocável, observou-se o incremento de  $SO_4^{2-}$  no solo. Tais resultados são comprovados por SOUZA et al., (1996), visto que solos com alta saturação por  $Al^{3+}$  e baixo teor de  $Ca^{2+}$ , os efeitos do  $SO_4^{2-}$  é mais pronunciado. Rampim et al., (2011), em um Latossolo Vermelho, também verificaram queda no teor de  $Al^{3+}$  com a adição de doses de gesso após 12 meses da aplicação.

## CONCLUSÃO

A aplicação do sulfato de cálcio diminui o teor de  $Al^{3+}$  pelo menos até 30cm de profundidade e enriquece o solo em enxofre. Por não haver diferença significativa entre os resíduos aplicados e o Gesso na ação sobre o  $Al^{3+}$ , vislumbra-se ser tecnicamente viável o emprego dos resíduos como condicionadores de solo.

## REFERÊNCIA

### Referências

ARAÚJO, L. G. **Uso do gesso e sua influência na produção de cana de açúcar atributos químicos e estoque de carbono no solo de cerrado**. 2015. 100 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade de Brasília, Brasília. 2015.

BLUM, S. C. **Atributos químicos de um Latossolo e comportamento do trigo e da soja no sistema plantio direto influenciados pela aplicação e reaplicação de gesso agrícola**. 2008. 45 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2008.

CAIRES, E. F; FELDHAUS, I. C; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 60, n. 3, p. 213-223, 2001.

COSTA, C. H. M. **Efeito residual da aplicação superficial de calcário e gesso nas culturas de soja, aveia-preta e sorgo granífero**. 2011.80 p. Dissertação (Mestrado em Agricultura) – Universidade Estadual Paulista, Botucatu, 2011.

CUSTÓDIO, D. P; OLIVEIRA, I. P; COSTA, K. A. DE. P; MARTIN, R. S; FARIA, C. D. Avaliação do gesso no desenvolvimento e produção do capim Tanzânia. **Revista Ciência Animal Brasileira**, v. 6, n. 1, p. 27-34. Jan./mar. 2005.

CRUSCIOL, C. A. C; FOLTRAN, R; ROSSATO, O. B; MCCRAY, J. M; ROSSETTO, R. Effects of surface application of calcium magnesium Silicate and gypsum on soil fertility and sugarcane yield. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 6, p. 1843-1854, nov./dez. 2014.

CRUSCIOL, C. A. C; ARTINIANI, C. C. A; ARF, O; CARMEIS, A. C. A; SORATO, R. P; NASCENTE, A. S; ALVARES, R. C. F. 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**, Amsterdam, v. 137, p. 87–99, Fev. 2016.

FARIA, C. M. B; COSTA, D. N; FARIA, A. F. Ação de calcário e gesso sobre características químicas do solo e na produtividade e qualidade do tomate e melão. **Horticultura Brasileira**, Brasília. v. 21, n. 4, p. 615-619. 2003.

FERRAZ, R. M. **Efeitos a longo prazo da aplicação de altas doses de gesso nas características químicas em perfil de Latossolo cultivado com café**. 2017. 50 p. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais, 2017.

LIMA, R. C; MELLO, L. M. M; YANO, É. H; SILVA, J. O. R; CESARIN, A. L. Modalities for soil preparation and gypsum application in ultisol: system productivity of sugar cane. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v. 33, n. 6, p. 1180-1190, nov./dez. 2013.

LEITE, E. M; DINIZ, A. A; CAVALCANTE, L. F; CHEYI, H. R; CAMPOS, V.B. Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. **Revista Caatinga**, Mossoró, v. 23, n. 2, p. 110-116, abr./jun. 2010.

MARTINS, A. P. **Acidez do solo e reaplicação de calcário em sistema de integração lavoura-pecuária em plantio direto**. 2013. p. 33. Dissertação (Mestrado em ciência do solo) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre, 2013.

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**. 2009. 48 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Estadual de Ponta Grossa. Ponta grossa, 2009.

MATOS, R. Q; FERREIRA, O. M. **Recuperação de chumbo de baterias automotivas, análise de risco dos resíduos resultantes**. 2007. 87 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Católica de Goiás, Goiânia, 2007.

MELO, R. M; BARROS, M. DE. F. C; SANTOS, P. M; ROLIM, M. M. Correção de solos salino-sódicos pela aplicação de gesso mineral. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 12, n. 4, p. 376-380, 2008.

MICHALOVICZ, L; MÜLLER, M. M. L; FOLONI, J. S. S; KAWAKAMI, J; NASCIMENTO, R; KRAMER, L. F. M. 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, n. 5, p. 1496-1505, set./out. 2014.

NAVA, G; ERNANI, P. R; SÁ, A. A; PEREIRA, A. J. Soil Composition and nutritional status of apple as affected by long-term application of gypsum. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 36, n. 1, p. 215-222, jan./fev. 2012.

- NORA, D. D; AMADO, T. J. C. Improvement in Chemical Attributes of Oxisol Subsoil and Crop Yields under No-Till. **Agronomy Journal**, Madison, v. 105, n. 5, p.1393-1403, 2013.
- PAULETTI, V; PIERRI, D. E; RANZAN, T; BARTH. G; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014.
- PAVAN, M. A; VOLKWEISS, S. J. Efeitos do gesso nas relações solo - planta: princípios. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1984, Brasília. **Anais**. EMBRAPA-SPI, 1984. p. 107-118.
- RAIJ, B. V. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. Associação Nacional para difusão de Adubos e corretivos Agrícolas. São Paulo: (ANDA), 1988.
- RAIJ, B. V. Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, Uberaba, 1992. **Anais**. Uberaba. p.105-119.
- RAIJ, B.V. **Gesso na agricultura**. Campinas, Instituto Agrônômico, 2008. p. 233.
- RAMOS, B. Z; TOLEDO, J. P. V. F; LIMA, J. M; SERAFIM, M. E; BASTOS, A. R. R; GUIMARÃES, P. T. G; COSCIONE, A. R. Doses de gesso em cafeeiro: influência nos teores de cálcio magnésio potássio e pH na solução de um Latossolo Vermelho Distrófico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 37, n. 4, p. 1018-1026, jul./ago. 2013.
- RAMPIM, L. LANA. M. C; FRANDOLOSO, J. F; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema de semeadura direta. **Revista Brasileira Ciência do Solo**. v. 35, p. 1687-1698, 2011.
- REEVE, N. G; SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface-applied amendments. **Agrochimica**. v. 4, p. 1-6, 1972.
- RHEINHEIMER, D. S; ALVAREZ, J. W. R; OSORIO, B. D. F; SILVA, L. S; ORTOLUZZI, E. C. Resposta de culturas à aplicação de enxofre e a teores de sulfato num solo de textura arenosa sob plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 35, n. 3, p. 562-569, maio./jun. 2005.
- SOUSA, D. M. G; LOBATO, E; REIN, T. A. **Uso do gesso agrícola nos solos dos Cerrados**. Planaltina, EMBRAPA-CPAC, 1996. 20p. (Circular Técnica 32)
- VICENSI, M. **Fertilidade do solo, nutrição de plantas produção de grãos e renda acumulada em função de doses e parcelas de gesso agrícola em plantio direto**. 2015. 69 p. Dissertação (Mestrado em agronomia) – Universidade Estadual do Centro-Oeste, Guarapuava, 2015.

ZAMBROSI, F. C. B; ALLEONI, L. R. F; CAIRES, E. F. Aplicação de gesso agrícola e especiação iônica da solução de um Latossolo sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 37, n. 1, p. 110-117, fev. 2007.

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.