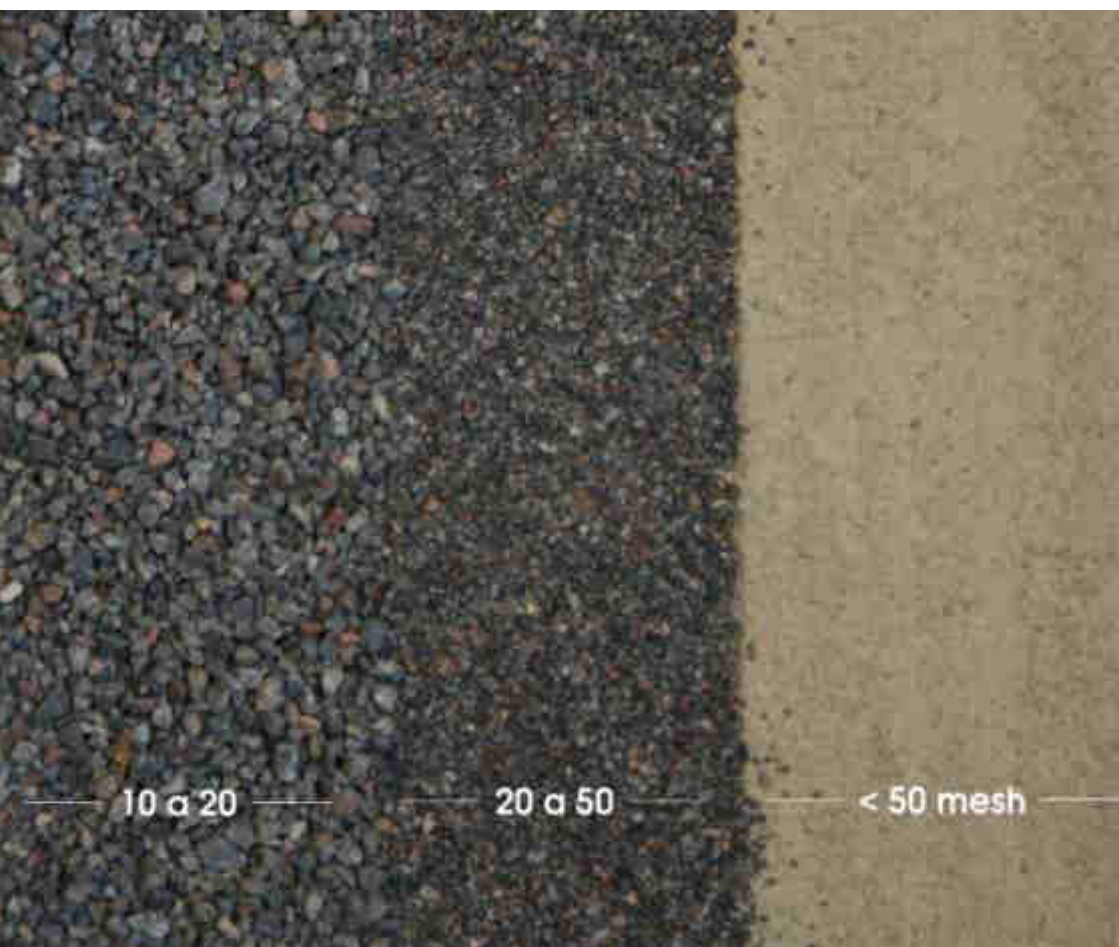


**Influência de Gesso Agrícola
na Reatividade de Diferentes
Frações Granulométricas de
Calcário no Solo**



ISSN 1679-0456

Setembro, 2017

**Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
Embrapa Agropecuária Oeste
Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento**

Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento 79

Influência de Gesso Agrícola na Reatividade de Diferentes Frações Granulométricas de Calcário no Solo

Carlos Hissao Kurihara
Cesar José da Silva
Thayná Mendes Machado
Laryssa Barbosa Xavier da Silva

Embrapa Agropecuária Oeste
Dourados, MS
2017

Embrapa Agropecuária Oeste

BR 163, km 253,6

Trecho Dourados-Caarapó

79804-970 Dourados, MS

Caixa Postal 449

Fone: (67) 3416-9700

www.embrapa.br/

www.embrapa.br/fale-conosco/sac

Comitê de Publicações da Unidade

Presidente: *Harley Nonato de Oliveira*

Secretária-Executiva: *Silvia Mara Belloni*

Membros: *Alexandre Dinnys Roese, Clarice Zanoni Fontes, Éder Comunello, Luís Antonio Kioshi Aoki Inoue, Marciana Retore, Marcio Akira Ito e Oscar Fontão de Lima Filho*

Supervisora editorial: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Revisora de texto: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Normalização bibliográfica: *Eli de Lourdes Vasconcelos*

Editoração eletrônica: *Eliete do Nascimento Ferreira*

Autora da capa: *Nilton Pires de Araújo*

1ª edição

On-line (2017)

Todos os direitos reservados.

A reprodução não autorizada desta publicação, no todo ou em parte, constitui violação dos direitos autorais (Lei Nº 9.610).

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Embrapa Agropecuária Oeste

Influência de gesso agrícola na reatividade de diferentes frações granulométricas de calcário no solo / Carlos Hissao Kurihara... [et al.]. — Dourados, MS : Embrapa Agropecuária Oeste, 2017.

35 p. ; 16 x 21 cm. — (Boletim de Pesquisa e Desenvolvimento / Embrapa Agropecuária Oeste, ISSN 1679-0456 ; 79).

1. Cálcio. 2. Magnésio. 3. Fertilidade do solo. 4. Gesso – Solubilidade. I. Kurihara, Carlos Hissao. II. Embrapa Agropecuária Oeste. III. Série.

Sumário

Resumo	5
Abstract	7
Introdução	9
Reação de Calcário no Solo	11
Reação de Gesso Agrícola no Solo	12
Implicações do Uso de Gesso Associado ao Calcário	13
Material e Métodos	15
Resultados e Discussão	16
Considerações Finais	28
Conclusões	25
Referências	25

Influência de Gesso Agrícola na Reatividade de Diferentes Frações Granulométricas de Calcário no Solo

Carlos Hissao Kurihara¹

Cesar José da Silva²

Thayná Mendes Machado³

Larissa Barbosa Xavier⁴

Resumo

O gesso agrícola é um subproduto da fabricação de ácido fosfórico, constituído por cálcio, enxofre, fósforo e flúor. Aplicado superficialmente, o gesso é dissolvido facilmente, em condições adequadas de umidade. Como resultado, há liberação de sulfato, que tem a propriedade de se deslocar facilmente para as camadas mais profundas, carregando consigo nutrientes como o cálcio, o magnésio e o potássio. Dessa forma, a aplicação deste insumo permite a melhoria da fertilidade do solo em profundidade. Como resultado, há maior crescimento do sistema radicular e, conseqüentemente, as plantas ficam menos suscetíveis aos veranicos. Contudo, não existe consenso a respeito da magnitude do efeito do gesso sobre a reatividade do calcário, quando estes dois insumos são aplicados de forma conjunta. Existem indicações para que o

⁽¹⁾Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Solos e Nutrição de Plantas), pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

⁽²⁾Engenheiro-agrônomo, doutor em Agronomia (Produção Vegetal), pesquisador da Embrapa Agropecuária Oeste, Dourados, MS.

⁽³⁾Estudante de graduação em Agronomia, Faculdade Anhanguera de Dourados (FAD), Dourados, MS.

⁽⁴⁾Estudante de graduação em Agronomia, Faculdade Anhanguera de Dourados (FAD), Dourados, MS.

gesso seja distribuído somente alguns meses após a calagem, no intuito de garantir que haverá tempo suficiente para que o calcário reaja no solo, uma vez que a solubilidade do gesso é bastante superior ao corretivo da acidez. Porém, em experimento conduzido em condições controladas de casa de vegetação, constatou-se que a aplicação conjunta com gesso, mesmo em dose elevada (até 7 t ha^{-1}), não prejudicou a reatividade do calcário, avaliada em termos de elevação do pH e neutralização do alumínio, independentemente da textura do solo. Assim, conclui-se que a estratégia de manejo da fertilidade do solo, com aplicação simultânea de calcário e gesso, visando à melhoria do ambiente radicular em profundidade, pode ser adotada, sem prejuízos à correção da acidez.

Termos para indexação: solubilidade do gesso; pH CaCl_2 ; alumínio, cálcio e magnésio trocáveis; saturação por bases.

Influence of Gypsum on the Reactivity of Different Granulometric Fractions of Limestone in Soil

Abstract

Gypsum is a subproduct of the phosphoric acid manufacture, constituted of calcium, sulfur, phosphorus and fluorine. Applied on the soil surface, gypsum is easily dissolved under suitable humidity conditions. As a result, sulphate is released, which has the property of moving into deeper soil layers nutrients as calcium, magnesium and potassium. Therefore, gypsum application allows the improvement of soil fertility in depth soil layers. As a result, root growth in deep layers is higher, what is very important for plants to access water in dry periods. However, there is no consensus regarding the magnitude of the effect of gypsum on limestone reactivity when these two inputs are applied together. There are indications that the gypsum must be distributed a few months after liming, in order to ensure limestone reaction in the soil, since the solubility of gypsum is higher than lime. However, in an experiment conducted under controlled greenhouse conditions, it was found that the gypsum application even at high doses (up to 7 tons ha⁻¹) did not affect lime reactivity evaluated in terms of pH and neutralization of aluminum, regardless of soil texture. Therefore, lime and gypsum applied together

aiming to improve root growth in deep layers may be adopted without prejudice to acidity correction.

Index terms: solubility of gypsum; pH CaCl₂; aluminum, calcium and magnesium exchangeable; base saturation.

Introdução

O gesso agrícola, ou fosfogesso, é um fertilizante constituído por cálcio (170 a 200 g kg⁻¹ de Ca), enxofre (140 a 170 g kg⁻¹ de S), fósforo (6 a 7,5 g kg⁻¹ de P₂O₅) e flúor (6 a 7 g kg⁻¹ de F), obtido como subproduto da fabricação de ácido fosfórico, utilizado na produção dos fertilizantes superfosfato triplo, monoamônio fosfato (MAP) e diamônio fosfato (DAP) (ALVAREZ V. et al., 1999).

O uso do gesso para o suprimento de Ca normalmente ocorre no cultivo de espécies bastante exigentes neste nutriente e, portanto, responsivas ao mesmo, tais como o amendoim, café e tomate. Além disso, este insumo também pode ser aplicado quando se necessita elevar a disponibilidade de Ca no solo, sem aumentar o pH, como, por exemplo, em áreas onde há desequilíbrio nutricional entre este nutriente e o magnésio, resultante da aplicação sucessiva de calcário dolomítico. Nesses casos, considera-se que, em teoria, há a possibilidade de se elevar a disponibilidade de Ca em 1,0 cmol_c dm⁻³, na camada de 20 cm de profundidade, por meio da aplicação de 2.000 a 2.353 kg ha⁻¹ de gesso (base seca).

Como fonte de S, doses de 100 a 250 kg ha⁻¹ de gesso normalmente são suficientes para corrigir deficiências do elemento para a maioria das culturas (ALVAREZ V. et al., 1999). Contudo, a indicação de dose de gesso a ser aplicada pode variar em função do potencial produtivo, da exigência nutricional da cultura, da textura e da disponibilidade do nutriente no solo. Na cultura da soja, por exemplo, para a produtividade de 4.000 kg ha⁻¹ de grãos, indica-se a aplicação de 267 a 800 kg ha⁻¹ de gesso, dependendo da textura e da disponibilidade de S no solo (TECNOLOGIAS..., 2013). Solos mais argilosos tendem a exigir maiores doses de S para a adequada disponibilidade do nutriente para as plantas, em função da maior capacidade de adsorção de sulfatos (ALVAREZ V. et al., 1999, 2007).

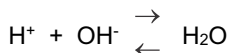
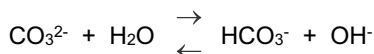
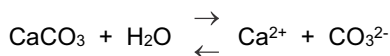
A aplicação de gesso, associado ao calcário, também pode permitir a melhoria do ambiente radicular na camada subsuperficial do solo, quando esta apresenta baixos teores de Ca e, ou elevados teores de Al trocáveis. Nessas condições, o gesso permite a elevação da saturação por bases e a diminuição da saturação por alumínio no perfil do solo (RAIJ, 1988, 1992; ALVAREZ V. et al., 1999; PAULETTI et al., 2014; ROSSATO et al., 2017), de maneira a minimizar os efeitos tóxicos deste último sobre a divisão celular ((ALVAREZ BELLO et al., 2012) e, consequentemente, sobre o crescimento radicular. Contudo, isto deve ser feito com bastante critério, para que não haja o risco de se induzir a movimentação de nutrientes, especialmente as bases trocáveis Ca, Mg e K, para além das camadas exploradas pelo sistema radicular das plantas (ROSSATO et al., 2017).

Para as culturas anuais, indica-se a aplicação de gesso como melhorador do ambiente radicular em subsuperfície quando se detectar, na profundidade de 20 cm a 40 cm, saturação por alumínio maior que 20% e/ou teor de cálcio inferior a $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$. Nestas condições, sugere-se a aplicação de até 700, 1.200, 2.200 e 3.200 kg ha^{-1} de gesso, para solos de textura arenosa (< 20% de argila), média (20% a 40% de argila), argilosa (40% a 60% de argila) e muito argilosa (> 60% de argila), respectivamente (SOUSA; LOBATO, 2002; TECNOLOGIAS ..., 2013). De acordo com Sousa e Lobato (2002), a dose de gesso a ser aplicada também pode ser definida multiplicando-se o teor de argila (em %) por um fator igual a 50, sendo que, para culturas perenes, são indicadas doses 50% superiores, independente do critério adotado.

Por sua vez, Alvarez V. et al. (1999) mencionaram que o gesso deve ser utilizado quando a camada subsuperficial (20 cm a 40 cm ou 30 cm a 60 cm) apresentar teor inferior ou igual a $0,4 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca e, ou, mais que $0,5 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Al e, ou, mais que 30% de saturação por alumínio. Nestas condições, estes autores propuseram a definição de necessidade de gesso (em t ha^{-1}) distintas em relação àquelas propostas por Sousa e Lobato (2002), calculada a partir de uma equação de regressão, considerando-se o teor de argila ou o valor de fósforo remanescente (P-rem).

Reação de Calcário no Solo

O calcário é o corretivo da acidez do solo mais utilizado na atividade agropecuária, sendo constituído basicamente de carbonatos de cálcio e de magnésio (CaCO_3 e MgCO_3), em diferentes proporções. Após a aplicação do calcário no solo, havendo umidade para a ocorrência das reações químicas, há a dissolução do carbonato de cálcio (ou de magnésio), conforme mostrado a seguir (VALE et al., 1995):

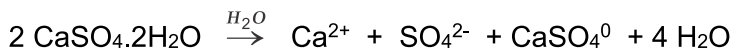


A neutralização da acidez do solo ocorre pela reação da hidroxila (OH^-) com os íons H^+ ou Al^{3+} da solução do solo, resultando em um precipitado na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$; também há a reação do bicarbonato (HCO_3^-) com o íon H^+ , originando CO_2 (RAIJ, 1989). Salienta-se que o carbonato (CO_3^{2-}) é uma base fraca, de maneira que a formação dos íons neutralizantes OH^- é lenta, razão pela qual há necessidade de o calcário ser aplicado com antecedência ao plantio (60 a 90 dias) (VALE et al., 1995). De fato, o CaCO_3 e o MgCO_3 apresentam solubilidade muito baixa em água (0,014 e 0,106 g L^{-1} , respectivamente), conforme Weast (1981), sendo que a solubilidade dos calcários também pode variar em função da natureza da rocha calcária e do grau de moagem das partículas (BRAGA, 1991). Neste contexto, Kurihara et al. (1999), ao avaliarem a eficiência relativa de calcários sul-mato-grossenses, em dois tipos de solos, verificaram maior reatividade de corretivo de origem sedimentar em relação a calcário de origem metamórfica, principalmente nas frações mais grosseiras (5 a 10, 10 a 20 e 20 a 50 mesh, correspondente às aberturas de malha de 4,00 mm a 2,00 mm, 2,00 mm a 0,84 mm e 0,84 mm a 0,30 mm, respectivamente).

Ernani et al. (2001) ressaltaram que, normalmente, os efeitos da calagem se restringem à camada de solo em que foi incorporada, ou imediatamente abaixo dela, por causa da alta reatividade da hidroxila com os ácidos (íons H^+ ou Al^{3+}) presentes na solução do solo; assim, os ânions adicionados pelo calcário não permanecem livres na solução e a quase totalidade do Ca e do Mg adicionada com o calcário reage com as cargas negativas criadas pelo aumento do pH, ou então, com as cargas anteriormente ocupadas pelo Al. Em suma, para que haja a movimentação de Ca e Mg no perfil, é necessária a presença de outros ânions acompanhantes na solução do solo, principalmente nitratos, cloretos e sulfatos, oriundos da mineralização da matéria orgânica, ou então, do fornecimento direto com adubos ou condicionadores de solo.

Reação de Gesso Agrícola no Solo

Em solo com umidade suficiente, o gesso agrícola sofre dissolução, que resulta na liberação dos íons cálcio (Ca^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}), conforme a reação (ALVAREZ V. et al., 1999):



O ânion SO_4^{2-} apresenta menor afinidade pelas cargas positivas do solo do que o fosfato ($H_2PO_4^-$), de maneira que tende a ser facilmente lixiviado para camadas subsuperficiais, principalmente em solos onde a acidez foi corrigida por meio da calagem e onde foi realizada adubação com fonte de P (ALVAREZ V. et al., 2007). A lixiviação do SO_4^{2-} ocorre após a formação de par iônico com Ca^{2+} , principalmente, uma vez que este nutriente está disponível em maior quantidade e, também, com Mg^{2+} e K^+ , formando $CaSO_4^0$, $MgSO_4^0$ e $K_2SO_4^0$, respectivamente (ALVAREZ V. et al., 1999; BORKERT et al., 1987; VALE et al., 1995). Dessa forma, a aplicação de gesso resulta no aumento da disponibilidade de cátions nas camadas mais profundas do perfil do solo, de maneira a favorecer o maior crescimento do sistema radicular. Além disso, Alvarez V. et al.

(1999) mencionaram que o uso de gesso também propicia a redução do nível de toxicidade do alumínio na subsuperfície do solo, pela formação da associação iônica $AlSO_4^+$ (forma menos absorvida pelas raízes), precipitação na forma de $Al(OH)_3$, formação do par iônico AlF_2^+ (decorrente da presença de flúor no gesso) e precipitação de minerais de sulfato de alumínio (decorrente do aumento da concentração de sulfato na solução do solo).

Salienta-se, no entanto, que apesar do uso de gesso resultar no aumento da saturação por bases e a diminuição da saturação por alumínio (m %) no horizonte subsuperficial, não provoca o aumento do pH do solo, uma vez que os íons cálcio (Ca^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}) não são neutralizantes da acidez. Em suma, nas doses de gesso normalmente utilizadas, a diminuição da saturação por alumínio, na camada subsuperficial do perfil do solo, se deve ao aumento dos teores de cátions trocáveis, ou seja, Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ (RAIJ, 1988, 1992).

Implicações do Uso de Gesso Associado ao Calcário

A solubilidade em água do sulfato de cálcio dihidratado ($CaSO_4 \cdot 2H_2O$) é de $2,41 \text{ g L}^{-1}$, ou seja, o gesso é 22,7 vezes mais solúvel do que o $MgCO_3$ e 172 vezes mais solúvel que o $CaCO_3$ (WEAST, 1981). Por esta razão, quando o gesso é aplicado algum tempo antes do calcário ou, então, no mesmo dia, em teoria, a solução do solo tenderá a estar saturada com Ca^{2+} , oriundo da dissolução do $CaSO_4 \cdot 2H_2O$ (BORKERT et al., 1987). De acordo com estes autores, isto resultará na diminuição da velocidade da reação de hidrólise do $CaCO_3$ do calcário e, conseqüentemente, no prolongamento do tempo necessário para que este insumo possa ter efeito sobre a acidez do solo. Além do efeito sobre a reatividade do calcário, Borkert et al. (1987) salientaram ainda que, em condições de solo ácido, o Ca^{2+} oriundo da dissociação do gesso pode ocupar alguns sítios de troca das cargas negativas dos colóides minerais ou permanecer na solução do solo; e o SO_4^{2-} tenderá a ficar em grande parte

adsorvido, tendo-se em vista que o pH ainda estará baixo. Dessa forma, quando o gesso é aplicado antes do calcário, haverá menor percolação do sulfato no perfil do solo, junto com os cátions trocáveis, prejudicando o seu efeito melhorador do ambiente subsuperficial.

De outra forma, em condições em que o calcário é incorporado ao solo isoladamente, a dissolução do CaCO_3 resultará na liberação do Ca^{2+} , que ocupará maior parte das cargas negativas dos colóides, e no aumento do pH, conforme mencionado anteriormente; assim, em teoria, ao se aplicar o gesso alguns meses após a incorporação do calcário, tanto o Ca^{2+} como o SO_4^{2-} oriundos da sua solubilização tenderão a permanecer em maior quantidade na solução do solo, de maneira a favorecer a percolação de CaSO_4^0 , MgSO_4^0 e K_2SO_4^0 (BORKERT et al., 1987). Contudo, essa dinâmica deve ser melhor entendida caso ocorram diferentes frações granulométricas do calcário.

No entanto, em termos práticos, em áreas de reforma de canavial ou renovação de pastagem, é usual a aplicação de calcário e gesso no mesmo dia, no intuito de se propiciar a incorporação conjunta desses insumos, não obstante esta prática seja desnecessária para o condicionador de solo. Da mesma forma, em áreas de lavouras com a sucessão soja/milho, a aplicação superficial de calcário + gesso, com posterior incorporação com grade, também tem sido uma prática corriqueira.

Nesse contexto, no intuito de se avaliar a influência do gesso sobre a reatividade do corretivo de acidez do solo, procedeu-se à incubação de amostras de solo com três tipos de frações granulométricas de calcário dolomítico e quatro doses de gesso, em condições controladas de casa de vegetação da Embrapa Agropecuária Oeste, em Dourados, MS.

Material e Métodos

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado, distribuído em esquema fatorial $2 \times 3 \times 4 \times 5$ e três repetições, totalizando 360 unidades experimentais, correspondente a copo de plástico contendo 0,50 kg de solo. Os tratamentos consistiram de dois tipos de solo (Latossolo Vermelho distrófico típico e Latossolo Vermelho distroférico, com 163 e 673 g kg⁻¹ de argila, respectivamente); três frações granulométricas (entre 10 e 20, 20 e 50 e menor do que 50 mesh, correspondentes a 2,00 mm e 0,84 mm; 0,84 mm e 0,30 mm e menor do que 0,30 mm, respectivamente) de calcário dolomítico (aplicado em dose equivalente a 3,2 e 7,0 t ha⁻¹, para o Latossolo Vermelho distrófico típico e Latossolo Vermelho distroférico, respectivamente, suficientes para elevar a saturação por bases a 70%); quatro doses de gesso (0, 2, 4 e 7 t ha⁻¹); e cinco tempos de incubação (7, 14, 28, 56 e 112 dias).

Uma amostra de calcário dolomítico com 38,4% de CaO, 12,6% de MgO e poder de neutralização (PN) de 100,2% foi separada nas três frações granulométricas anteriormente mencionadas, utilizando-se um conjunto de peneiras específico. As duas frações granulométricas de maior diâmetro foram submetidas à limpeza sucessiva com água de torneira e água purificada com sistema de osmose reversa, para garantir a retirada de partículas mais finas que eventualmente estivessem aderidas em sua superfície. Na sequência, as frações de calcário foram postas a secar em bandeja plástica, em casa de vegetação com cobertura de vidro e sem sistema de ventilação.

Em sacos plásticos com capacidade para 5 kg, foram acondicionados 3 kg de cada tipo de solo avaliado, peneirados em malha de 2,0 mm, e quantidades da fração de calcário dolomítico e gesso correspondentes a cada tratamento. Procedeu-se à homogeneização do calcário e gesso com o solo, seguida da distribuição da mistura em seis copos plásticos, de maneira a se estabelecer as unidades experimentais para cada tipo de solo avaliado. Realizou-se uma avaliação em três amostras de cada tipo de solo, antes da aplicação dos tratamentos, no intuito de

caracterizá-los quanto às variáveis em estudo. Antes da instalação do experimento, realizou-se um pequeno corte nos fundos dos copos plásticos, com um estilete, no intuito de permitir a drenagem do excesso de água que eventualmente pudesse haver; após a adição da mistura de solo com o calcário e gesso, procedeu-se a irrigação periódica com água purificada, para manter a umidade próxima à capacidade de campo. Os copos plásticos foram mantidos cobertos com papel alumínio durante todo o período experimental. Em cada uma das cinco épocas de avaliação (7, 14, 28, 56 e 112 dias de incubação), realizou-se a retirada de três unidades experimentais (correspondentes a três repetições) para as determinações analíticas das variáveis em estudo; de cada repetição, coletou-se duas subamostras, de maneira que as determinações analíticas foram realizadas em seis repetições. As amostras de solo foram analisadas no laboratório da Embrapa Agropecuária Oeste quanto ao pH CaCl_2 , alumínio, cálcio e magnésio trocáveis; e saturação por bases (V%), conforme procedimentos descritos por Silva et al. (1999).

Resultados e Discussão

Na Figura 1, pode-se verificar que o pH em CaCl_2 praticamente não foi influenciado pela aplicação de gesso, em nenhuma das frações granulométricas de calcário e em nenhum dos solos avaliados, o que era esperado, uma vez que os íons cálcio (Ca^{2+}) e sulfato (SO_4^{2-}) não são neutralizantes da acidez. Foram constatadas pequenas variações positivas com a fração mais grosseira (10 a 20 mesh), onde a aplicação de gesso resultou em incrementos de até 0,17 e 0,22 unidades de pH em CaCl_2 no LVd e no LVdf, respectivamente, em relação ao tratamento onde este insumo não foi utilizado. Por outro lado, quando se incubou a fração mais fina (menor de 50 mesh) do corretivo de acidez, o gesso resultou em redução de 0,18 unidades no LVd e em incremento de 0,15 unidades no LVdf.

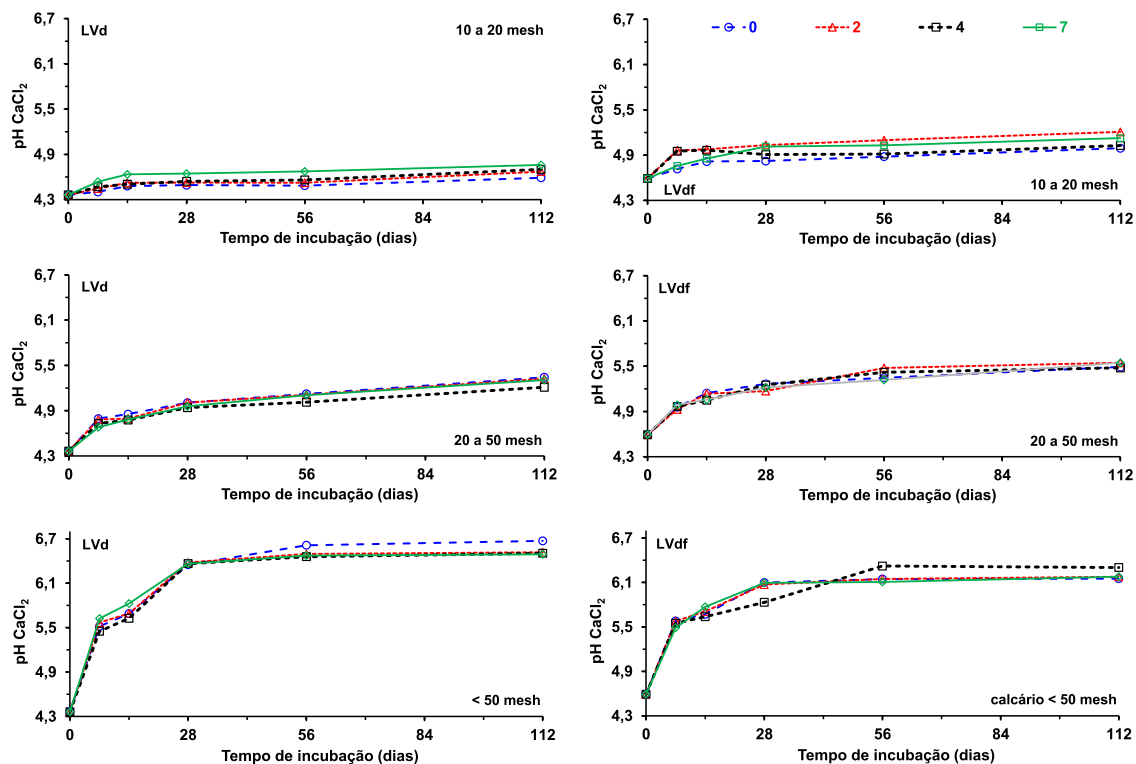


Figura 1. Efeito da aplicação de três frações granulométricas (10 a 20, 20 a 50 e < 50 mesh) de calcário dolomítico (3,2 t ha⁻¹ em Latossolo Vermelho distrófico típico – LVd e 7,0 t ha⁻¹ em Latossolo Vermelho distrófico – LVdf), associados a quatro doses de gesso agrícola (0, 2, 4 e 7 t ha⁻¹), sobre o pH CaCl₂, ao longo de 112 dias de incubação.

Estudos realizados com incubação de gesso em solos dentro de colunas de lixiviação, também indicam que a movimentação de alumínio pode aumentar ou então diminuir o pH do solo. Contudo, tem-se relatos de que a magnitude da alteração no pH é pequena, normalmente na ordem de 0,2 a 0,3 unidades. Esta aparente contradição, segundo Shaimberg et al. (1989), é resultado das reações entre o gesso e as cargas do solo, no qual o Ca^{2+} substitui o H^+ e o Al^{3+} (que hidroliza e resulta em H^+) e o SO_4^{2-} substitui a hidroxila (OH^-). Estes autores mencionam também, que o pH resultante dependerá da extensão pela qual estas duas reações ocorrem em uma situação específica; em solos com elevados teores de Al trocável, o H^+ liberado pela hidrólise excede a liberação de OH^- , resultando no decréscimo de pH; já em solos com baixos teores de Al trocável, ocorre o contrário.

Variações no pH, em mesma magnitude, também foram obtidas por Caires et al. (2003), em área de implantação do Sistema Plantio Direto (SPD) sobre pastagem nativa, sob Latossolo Vermelho distrófico, onde se constatou que a aplicação de 9 t ha^{-1} de gesso associado à incorporação de $4,5 \text{ t ha}^{-1}$ de calcário dolomítico a 0,2 m de profundidade, resultou em pequeno aumento no pH em CaCl_2 nas camadas de 0,2 a 0,4 (de 4,4 para 4,6) e 0,4 m a 0,6 m (de 4,3 para 4,5), oito meses após a gessagem. Resultados semelhantes também foram obtidos por Caires et al. (1999), que constataram, em um Latossolo Vermelho distrófico, elevação do pH CaCl_2 , em 0,25 unidades, na camada de 20 cm a 40 cm, 14 meses após a aplicação superficial de 12 t ha^{-1} de gesso. Neste mesmo trabalho, nas camadas de 0,4 m a 0,6 m e 0,6 m a 0,8 m, verificou-se o mesmo efeito, em menor intensidade, resultando em incremento de 0,17 unidades de pH.

Por sua vez, ao se incubar amostras de dois tipos de solo (Latossolo Bruno Álico e Cambissolo Húmico Álico), com gesso, Ernani et al. (2001) constataram diminuição do pH em água, em magnitude de cerca de 0,2 unidades, independentemente do modo de aplicação (superficial ou incorporado). De acordo com estes autores, este resultado pode ter sido ocasionado pela hidrólise do Al, deslocado das cargas negativas pelo Ca aplicado e, também, pelo aumento da concentração de eletrólitos, uma vez que ambos os solos têm predomínio de carga líquida negativa.

É importante salientar, contudo, que é plausível considerar que as variações no pH, anteriormente mencionadas, não apresentam relevância em termos agronômicos, em função da baixa magnitude dessas alterações e da própria variabilidade inerente a esta determinação analítica.

Esta conclusão pode ser corroborada pelos resultados obtidos por Soratto e Crusciol (2008), que indicaram não haver efeito do gesso (2.100 kg ha^{-1}) associado a quatro doses de calcário (0, 1.100, 2.700 e 4.300 kg ha^{-1}) aplicado em superfície, em um Latossolo Vermelho distroférico cultivado sob SPD, sobre os valores de pH em CaCl_2 . Da mesma forma, Rampim et al. (2011) também não constatarem variação no pH em CaCl_2 em um Latossolo Vermelho eutroférico, mesmo após a aplicação superficial de gesso, em doses variando entre 1.000 e 5.000 kg ha^{-1} .

Ao analisar o pH da solução do solo e o teor de alumínio trocável em um Latossolo Vermelho distrófico, com 580 g/kg de argila, em área de implantação de SPD sobre pastagem nativa, Zambrosi (2004) constatou não haver interação significativa entre os efeitos da calagem e da gessagem, em nenhuma das camadas de solo avaliadas, 55 meses após a aplicação do condicionador de solo. Da mesma forma, Costa (2011) também verificou não haver influência do gesso sobre o efeito do calcário no pH CaCl_2 de um Latossolo Vermelho distroférico, com 347 g/kg de argila, em avaliações realizadas aos 48 e 60 meses após a aplicação superficial de ambos os insumos.

Considerando-se que as pequenas variações encontradas no valor de pH quando se aplica gesso são de significado pouco expressivo para a nutrição das plantas, pode-se afirmar que os resultados obtidos no presente trabalho discordam de Borkert et al. (1987), que mencionaram haver prolongamento do tempo necessário para hidrólise do CaCO_3 do calcário, quando o gesso é aplicado algum tempo antes do calcário, ou então, no mesmo dia.

Partindo-se também do pressuposto anteriormente mencionado, pode-se avaliar o efeito do calcário sobre o pH do solo considerando-se o valor médio das quatro doses de gesso. Na Figura 1, constata-se que, em ambos os solos avaliados, já aos 7 dias de incubação, a fração mais fina do calcário dolomítico (menor que 50 mesh) propiciou incremento de pH próximo ao valor obtido ao final do período de avaliação (112 dias), sendo que aos 28 dias os valores praticamente se equivalem. Em outras palavras, na primeira semana de incubação, as partículas mais finas do corretivo proporcionaram elevação do pH em valores correspondentes a 87% do máximo observado e entre o sétimo e o 28º dia houve um incremento de mais 10,2% neste índice de acidez, atingindo 97,2% do máximo. Nas frações entre 20 a 50 e menor que 50 mesh, os incrementos nos valores de pH observados ao final da incubação foram consideravelmente inferiores ao verificado com as partículas mais finas, havendo, também, menor amplitude nos incrementos verificados entre 7 e 28 dias de incubação, correspondentes a apenas 4,6% e 1,9%, respectivamente.

Em cada solo avaliado, atribuiu-se uma eficiência relativa de 100% para a diferença entre o pH CaCl_2 atingido aos 112 dias de incubação, utilizando-se a fração mais fina (menor que 50 mesh) e o pH original, determinado antes da aplicação do calcário, na ausência do gesso. Em função da variação dos valores de pH, também aos 112 dias de incubação e na ausência de gesso, estimou-se a eficiência relativa das frações granulométricas (Tabela 1) entre 20 a 50 mesh (média de 50,1%) e entre 10 a 20 mesh (17,8 %). Estes resultados são próximos aos obtidos por Alcarde et al. (1989), que encontraram eficiência de 65% e 23% para estas mesmas faixas de granulometria. Tanto os valores obtidos no presente trabalho como aqueles definidos por Alcarde et al. (1989) encontram-se relativamente próximos àqueles estabelecidos na legislação brasileira (BRASIL, 1986), segunda a qual a eficiência relativa de partículas de diâmetro entre 0,84 mm e 0,30 mm (peneiras ABNT 20 e 50 mesh) e entre 2,00 mm e 0,84 mm (10 e 20 mesh), é de 60% e 20%, respectivamente. As diferenças de valores encontradas, no entanto, são relacionadas ao fato de que os padrões estabelecidos na legislação são

Tabela 1. Valores de pH CaCl_2 determinados em Latossolo Vermelho distrófico típico (LVd) e Latossolo Vermelho distroférrico (LVdf), antes da aplicação de três frações granulométricas de calcário (tempo zero) e após 112 dias de incubação, na ausência de gesso, e eficiência relativa⁽¹⁾ da fração granulométrica.

Fração granulométrica	Tempo de incubação	LVd	Eficiência relativa	LVdf	Eficiência relativa
mesh	dias		%		%
	0	4,36	-	4,59	-
< 50	112	6,67	100,0	6,15	100,0
20 a 50	112	5,34	42,4	5,49	57,7
10 a 20	112	4,59	10,0	4,99	25,6

⁽¹⁾ Eficiência relativa: atribuiu-se valor de 100% para a diferença entre o pH CaCl_2 obtido aos 112 dias de incubação e o pH original de cada solo, para o calcário com a granulometria menor que 50 mesh; para as demais frações granulométricas, os valores são calculados a partir dos incrementos de pH proporcionados, também aos 112 dias de incubação, comparativamente ao obtido com a fração mais fina.

estimados considerando-se como 100% de eficiência o incremento de pH, proporcionado pelo uso de reagente analítico carbonato de cálcio em pó. Diferenças nos valores de eficiência relativa estabelecidos para um determinado tipo de calcário também podem estar relacionadas ao método de determinação do pH (pH em água, pH KCl ou pH CaCl_2) e tipo de solo (BELLINGIERI et al., 1989; PANDOLFO; TEDESCO, 1996). Na Tabela 1, pode-se observar ainda, que o calcário dolomítico utilizado no experimento apresentou maior eficiência relativa no solo de textura mais argilosa (LVdf), sendo essa diferença mais pronunciada para as partículas de maior diâmetro (entre 10 e 20 mesh). Resultados semelhantes foram obtidos por Pandolfo e Tedesco (1996), que estabeleceram eficiência relativa de 44,6% e 86,8% para as frações de 10 a 20 e 20 a 50 mesh, respectivamente, em um Latossolo Bruno com 620 g kg^{-1} de argila, e de 18,5% e 49,2%, respectivamente, em um Podzólico Vermelho-Escuro, com 310 g kg^{-1} de argila. Este comportamento já era esperado e está associado ao fato de que a dissolução do calcário é diretamente influenciada pelo contato de suas partículas com o solo (BELLINGIERI et al., 1989).

Em relação ao efeito do gesso sobre os teores de alumínio trocável (Figura 2), constatou-se um efeito apenas na fração mais grosseira do calcário, e apenas no solo de textura argilosa (LVdf). Nessas condições, verificou-se maiores teores de alumínio na ausência de gesso, sendo este efeito mais evidente até 56 dias de incubação. Esse resultado, em uma análise mais superficial, poderia ser associado ao maior incremento no pH em CaCl_2 (até 0,22 unidades) constatado no LVdf, como resultado da aplicação de gesso associado ao calcário com granulometria entre 10 e 20 mesh. Contudo, uma elevação no valor de pH nesta magnitude explicaria, por si só, apenas parte do decréscimo na disponibilidade de Al^{3+} em até $0,24 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$, como constatado na Figura 2. Acredita-se que, no solo mais argiloso, com maior capacidade de tamponamento ($\text{CTC} = 10,72 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), a diminuição na disponibilidade de Al^{3+} quando se aplicou gesso, esteja associada à neutralização parcial da acidez, em decorrência do deslocamento de OH^- pelo SO_4^{2-} na superfície dos óxidos hidratados de ferro e alumínio, conforme mencionado por Reeve e Sumner (1972). Por outro lado, no solo mais arenoso, naturalmente com menor capacidade de tamponamento das cargas ($\text{CTC} = 4,69 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$), mesmo que a fração mais grosseira de calcário tenha tido uma reatividade (eficiência relativa) de apenas 10% (Tabela 1), as hidroxilas (OH^-) formadas parecem ter reagido com parte do Al^{3+} trocável, resultando em pequena diminuição da disponibilidade deste elemento, independentemente das doses de gesso aplicadas, conforme observado na Figura 2. Da mesma forma, é plausível aceitar que, para as frações de calcário de 20 a 50 e menor que 50 mesh, os íons OH^- reagiram com Al^{3+} , em ambos os tipos de solo, em tal magnitude que suplantaram eventual efeito de deslocamento de OH^- pelo SO_4^{2-} , resultando na ausência de efeito do gesso.

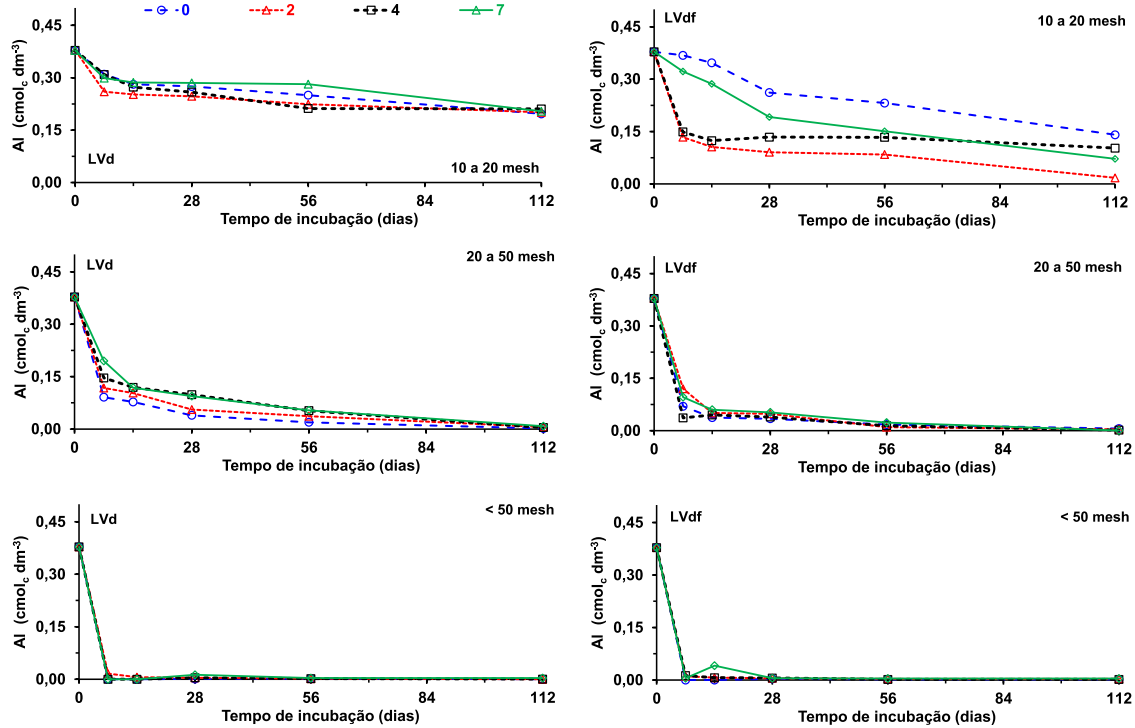


Figura 2. Efeito da aplicação de três frações granulométricas (10 a 20, 20 a 50 e < 50 mesh) de calcário dolomítico ($3,2 \text{ t ha}^{-1}$ em Latossolo Vermelho distrófico típico – LVd e $7,0 \text{ t ha}^{-1}$ em Latossolo Vermelho distrófico – LVdf), associados a quatro doses de gesso agrícola (0, 2, 4 e 7 t ha^{-1}), sobre o teor de alumínio trocável, ao longo de 112 dias de incubação.

Na Figura 2, pode-se verificar, ainda, que a fração mais fina de calcário permitiu a total neutralização de alumínio aos 7 dias de incubação, independentemente da textura do solo e da dose de gesso aplicada. Já a fração intermediária propiciou uma redução pronunciada na disponibilidade deste elemento na primeira semana (decréscimo de 63,7% e 78,7%, no LVd e LVdf, respectivamente), porém a sua total neutralização só foi observada na 16ª semana (112 dias). Entretanto, para a fração mais grosseira do calcário, quando se considera apenas o tratamento sem gesso, verifica-se que o corretivo de acidez propiciou redução no teor de Al^{3+} de apenas 18,4 e 2,6%, aos 7 dias, no LVd e LVdf, respectivamente; ao longo das 16 semanas de avaliação, observou-se uma ação contínua do calcário, resultando no decréscimo, aos 112 dias, de 47,7% e 63,2%, na disponibilidade deste elemento, respectivamente. Conforme mencionado anteriormente, no solo de textura mais argilosa, o efeito da fração mais grosseira do corretivo foi influenciado pela presença do gesso, de maneira que, na última avaliação, constatou-se redução de até 81,6% no teor de alumínio.

Trabalhos conduzidos em condição de campo têm-se mostrado controversos em relação aos efeitos da aplicação do gesso sobre a disponibilidade de Al^{3+} . Zambrosi et al. (2007) observaram, 55 meses após a gessagem, que a aplicação de até 9 t ha^{-1} deste insumo em um Latossolo Vermelho distrófico, com 580 g kg^{-1} de argila, em área de implantação de SPD sobre pastagem nativa, não influenciou o teor de alumínio trocável, em nenhuma das profundidades avaliadas (0 a 0,5 m; 0,05 m a 0,1 m; 0,1 m a 0,2 m e 0,2 m a 0,4 m). Por sua vez, Caires et al. (1999) constataram redução na disponibilidade de Al em um Latossolo Vermelho distrófico, nas camadas de 0,05 m a 0,1 m; 0,2 m a 0,4 m; 0,4 m a 0,6 m e 0,6 m a 0,8 m, 14 meses após a aplicação superficial de gesso. Este efeito foi associado, pelos autores, a várias hipóteses: liberação de OH^- pelo SO_4^{2-} , mediante troca de ligantes, com a formação de estruturas hidroxiladas de alumínio; precipitação de alumínio; lixiviação de alumínio acompanhando o gesso, favorecido, em parte, pela formação do par iônico $AlSO_4^+$; e complexação do Al pelo fluoreto.

Quanto à disponibilidade de cálcio e magnésio (Figura 3) e a saturação por bases (Figura 4), constatou-se que o efeito do calcário, na ausência do gesso, foi bastante pronunciado na primeira semana de avaliação, sobretudo para a fração granulométrica mais fina, seguido de incrementos relativamente constantes e pouco expressivos entre sete e 112 dias de incubação; à medida em que se aumentou o diâmetro das partículas, os incrementos de Ca^{2+} e Mg^{2+} trocáveis e $\text{V}\%$ tornaram-se proporcionalmente menores, em ambos os solos avaliados. Estes resultados estão coerentes com os efeitos do corretivo de acidez sobre o pH em CaCl_2 (Figura 1) e Al^{3+} (Figura 2), ou seja, o aumento do diâmetro das partículas diminui a eficiência relativa da fração granulométrica (Tabela 1).

Salienta-se que o calcário dolomítico utilizado no experimento era constituído por 38,5% de CaO e 12,5% de MgO , de maneira que, em teoria, na dose em que o mesmo foi aplicado ($3,2$ e $7,0 \text{ t ha}^{-1}$ no LVd e no LVdf, respectivamente), seria possível obter um incremento de $3,2$ e $7,0 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ trocáveis. No entanto, na fração granulométrica mais fina, constatou-se incrementos de $2,2$ e $4,7 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ trocáveis, no LVd e no LVdf, respectivamente. Este resultado é explicado pela possibilidade das partículas de calcário ainda não terem reagido totalmente no solo, no período avaliado, e, principalmente, pela ocorrência de formas não trocáveis destes elementos, que não são detectados pelo extrator utilizado ($\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$).

Nas Figuras 3 e 4, pode-se observar, ainda, incrementos nos teores de $\text{Ca}^{2+} + \text{Mg}^{2+}$ e, conseqüentemente, nos valores de saturação por bases, à medida em que se aumentam as doses de gesso. Aos 112 dias de incubação, na média dos dois solos e das três frações granulométricas de calcário avaliadas, constatou-se incrementos de $2,8 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$ de Ca^{2+} . De outra forma, como o gesso utilizado era constituído por 20,5 de Ca , tem-se que a aplicação da dose de 7 t ha^{-1} poderia elevar a disponibilidade deste nutriente em $3,6 \text{ cmol}_c \text{ dm}^{-3}$; assim, pode-se inferir que a dissolução do gesso também resultou em formas não trocáveis do elemento no solo.

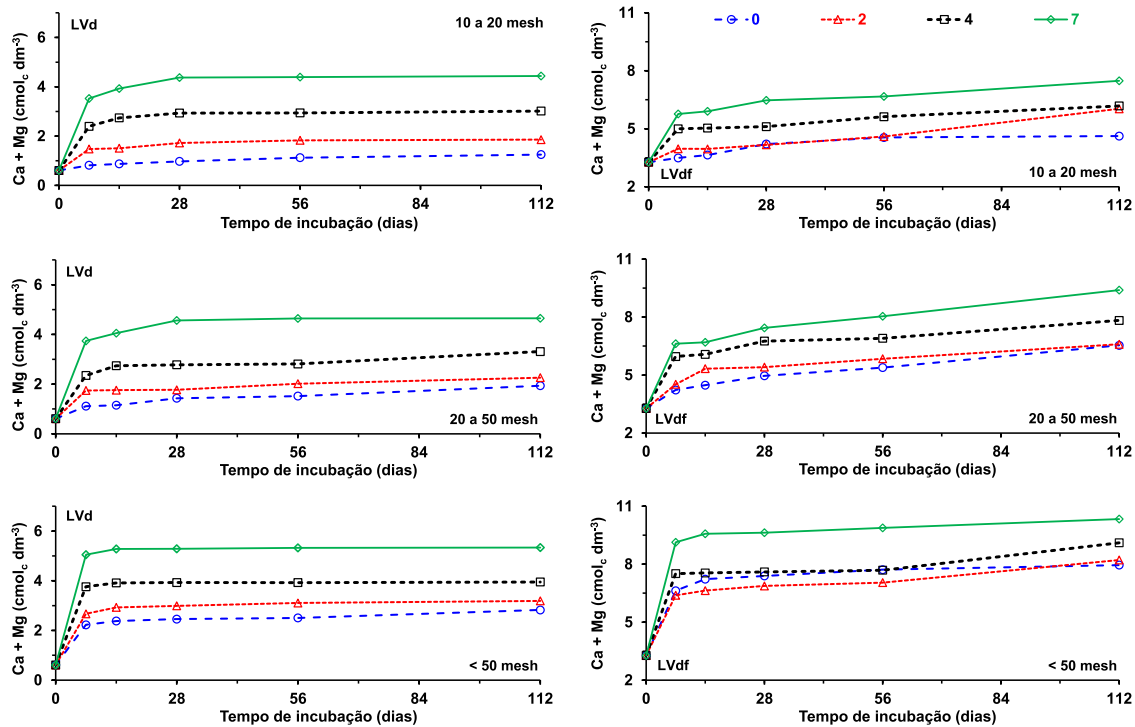


Figura 3. Efeito da aplicação de três frações granulométricas (10 a 20, 20 a 50 e < 50 mesh) de calcário dolomítico (3,2 t ha⁻¹ em Latossolo Vermelho distrófico típico – LVd e 7,0 t ha⁻¹ em Latossolo Vermelho distrófico – LVdf), associados a quatro doses de gesso agrícola (0, 2, 4 e 7 t ha⁻¹), sobre os teores de cálcio + magnésio trocáveis, ao longo de 112 dias de incubação.

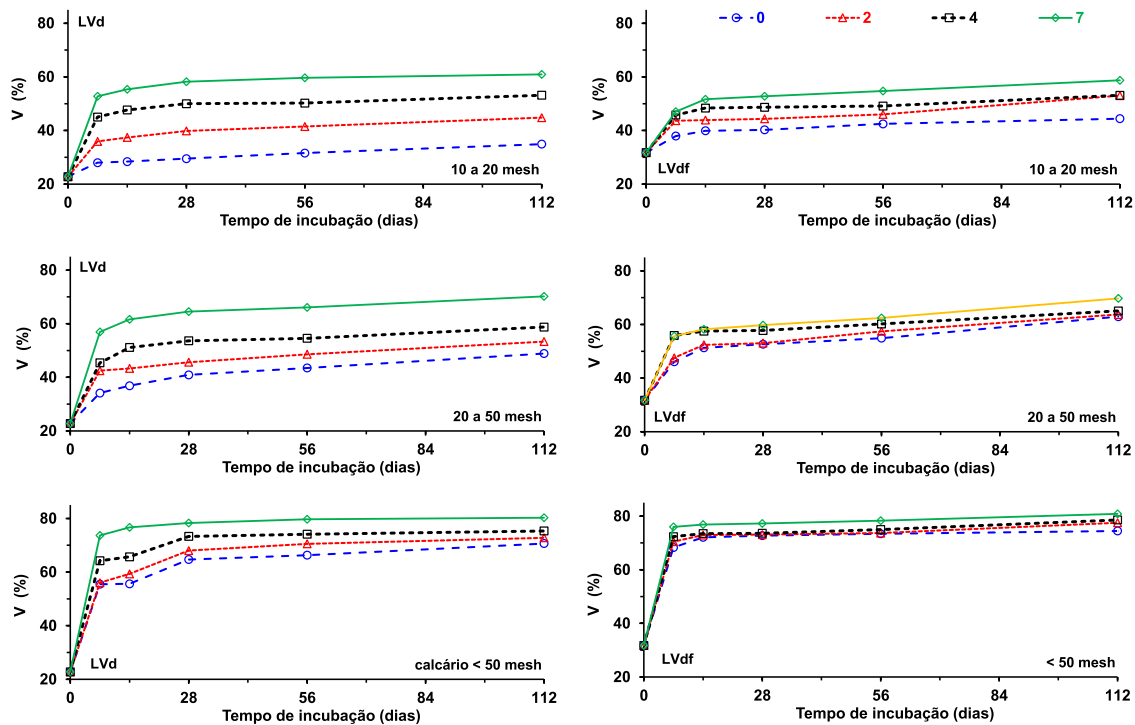


Figura 4. Efeito da aplicação de três frações granulométricas (10 a 20, 20 a 50 e < 50 mesh) de calcário dolomítico ($3,2 \text{ t ha}^{-1}$ em Latossolo Vermelho distrófico típico – LVd e $7,0 \text{ t ha}^{-1}$ em Latossolo Vermelho distrófico – LVdf), associados a quatro doses de gesso agrícola (0, 2, 4 e 7 t ha^{-1}), sobre a saturação por bases (V%), ao longo de 112 dias de incubação.

Especificamente em relação à saturação por bases, chama-se a atenção para o fato de que a dose de calcário aplicada em cada tipo de solo foi calculada visando a elevação deste índice para 70%; e ao final de 112 dias de incubação, obteve-se, para a fração mais fina de calcário, na ausência do gesso, saturação por bases de 70,7% e 74,5%, no LVd e LVdf, respectivamente. É muito interessante salientar que, em condições de campo, quando se realiza nova coleta de amostras de solo alguns meses após a incorporação do calcário, é frequente a constatação de que a saturação por bases efetivamente obtida é cerca de dez pontos percentuais inferior àquela calculada. Esta discrepância é resultante de um conjunto de fatores que costumam ocorrer rotineiramente nas propriedades agrícolas, em maior ou menor magnitude: inadequação no procedimento de coleta de amostras de solo, resultando na inadequação da interpretação do seu nível de fertilidade; regulação inadequada do distribuidor de calcário; desuniformidade na distribuição; perda de produto por deriva pelo vento durante a aplicação; incorporação em profundidade maior do que 0,2 m, sem o adequado ajuste proporcional da dose a ser aplicada; presença de umidade no corretivo de acidez. O último fator, comumente observado quando o corretivo de acidez é armazenado a granel no próprio campo, pode resultar em equívoco grosseiro na estimativa da quantidade efetivamente aplicada pelo implemento agrícola, porque em geral não há tempo para se proceder a determinação da umidade e o respectivo ajuste da dose.

Considerações Finais

De forma sucinta, os resultados obtidos permitem concluir que, para se obter a melhoria do ambiente radicular em profundidade, a estratégia de manejo com aplicação de calcário e gesso em operações sucessivas não prejudica a correção da acidez do solo. Demonstrou-se que a interação entre o gesso agrícola e o calcário pode ocorrer em situações específicas, mas os reflexos no pH do solo não apresentam relevância em termos agrônômicos, em função da baixa magnitude dessas alterações.

Constatou-se incrementos proporcionalmente maiores nos valores de pH (e, conseqüentemente, maiores valores de eficiência relativa), e nos teores trocáveis de cálcio e magnésio (e, conseqüentemente, maiores valores de saturação por bases), associados a decréscimos proporcionalmente menores nos teores de alumínio trocável, à medida em que se diminui a granulometria do calcário; esses efeitos estão diretamente relacionados ao aumento da solubilidade do corretivo no solo à medida em que se diminui o diâmetro das partículas. Porém, a maior reatividade das partículas mais finas de calcário também está relacionada à diminuição proporcional do seu efeito residual. Já as partículas de calcário com granulometria entre 10 e 20 mesh, apesar de propiciarem apenas pequenos incrementos no pH, nos primeiros meses de reação no solo, podem reagir totalmente em um prazo de 107 semanas (dois anos) após a sua aplicação, conforme Tedesco e Anghinoni (1980).

Por esta razão, a decisão sobre o tipo de calcário a ser aplicado em um talhão, em relação à granulometria, vai depender, entre outros fatores, do sistema de manejo do solo adotado (plantio direto ou convencional) e do tempo disponível antes do plantio. Em área cultivada sob SPD, pode-se viabilizar a aplicação superficial de calcário com PRNT em torno de 85%, em frequência indicada por meio do monitoramento da fertilidade do solo, no intuito de manter a saturação por alumínio em níveis aceitáveis, ao longo do perfil. Já em lavouras manejadas no sistema convencional, ou em áreas de reforma de pasto ou de canavial, pode se tornar interessante a aplicação de corretivo da acidez com maior proporção de partículas entre as peneiras de 10 a 20 e 20 a 50 mesh, ou seja, com PRNT mais baixo, no intuito de garantir maior efeito residual do insumo; esta opção, contudo, nem sempre é exequível, diante da dificuldade em se adquirir produto com PRNT mais baixo, e do aumento do custo do frete e da desuniformidade de aplicação à medida em que se utiliza corretivo de maior granulometria. O calcário tipo filler, com PRNT em torno de 100%, por sua vez, pode ser utilizado quando a prática da calagem é realizada com pequeno tempo de antecedência em relação ao plantio. Como pôde ser visto nas Figuras 1 a 4, partículas com diâmetro menor do que 50 mesh (característica do calcário tipo filler), em condições adequadas de umidade, já proporcionam

adequado efeito sobre os componentes da acidez e sobre a disponibilidade das bases trocáveis, uma semana após a aplicação; contudo, o produtor rural deve estar ciente de que certamente terá um efeito residual menor do que conseguiria ao se utilizar produto com PRNT menor.

Conclusões

A aplicação de gesso agrícola em conjunto com o calcário não influencia a eficiência do corretivo de acidez, podendo-se indicar a aplicação de ambos os insumos, sem a necessidade de se manter um intervalo de tempo entre estes.

Independentemente da quantidade de gesso aplicada, calcários com granulometria mais fina (menor do que 50 mesh) permitem a neutralização total da acidez do solo e a elevação da saturação por bases em níveis praticamente adequados, em 7 dias, havendo condições ideais de umidade. Porém, como a maior reatividade das partículas implica necessariamente em diminuição proporcional do seu efeito residual, torna-se interessante a utilização de corretivos de acidez com maior proporção de partículas com granulometria intermediária (entre 20 e 50 mesh) e grosseira (entre 10 e 20 mesh), no intuito de se garantir maior efeito residual da calagem.

Referências

ALCARDE, J. C.; PAULINO, V. T.; DENARDIN, J. S. Avaliação da reatividade de corretivos da acidez do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 13, n. 3, p. 387-392, set./dez.1989.

ALVAREZ BELLO, I.; REYNALDO ESCOBAR, I.; SÁNCHEZ TESTILLANO, P.; RISUEÑO, M. del C. Efectos del alumínio em la división y el alargamiento celular en plântulas de arroz (*Oryza sativa* L.). **Cultivos Tropicales**, v. 33, n. 1, p. 35-40, ene./mar. 2012.

ALVAREZ V., V. H.; DIAS, L. E.; RIBEIRO, A. C.; SOUZA, R. B. de. Uso de gesso agrícola. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ V., V. H. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação**. Viçosa, MG: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 67-78.

ALVAREZ V., V. H.; ROSCOE, R.; KURIHARA, C. H.; PEREIRA, N. de F. Enxofre. In: NOVAIS, R. F.; ALVAREZ V., V. H.; BARROS, N. F. de; FONTES, R. L. F.; CANTARUTTI, R. B.; NEVES, J. C. L. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. p. 595-644.

BELLINGIERI, P. A.; ALCARDE, J. C.; SOUZA, E. C. A. de. Eficiência relative de diferentes frações granulométricas de calcários na neutralização da acidez dos solos, avaliada em laboratório. **Anais da ESALQ**, v. 46, n. 2, p. 303-317, 1989.

BELLO, I. Á.; ESCOBAR, I. M. R.; TESTILLANO, P. S.; RISUEÑO, M. del C. Efectos del amuminio en la division y el alargamiento celular en plántulas de arroz (*Oryza sativa* L.). **Cultivos Tropicales**, v. 33, n. 1, p. 35-40, 2012.

BORKERT, C. M.; PAVAN, M. A.; LANTMANN, Á. F. **Considerações sobre o uso de gesso na agricultura**. Londrina: EMBRAPA-CNPSo, 1987. 5 p. (EMBRAPA-CNPSo. Comunicado técnico, 40). Disponível em: <<http://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/item/53994/1/40.pdf>>. Acesso em: 2 jun. 2017.

BRAGA, J. M. Aspectos qualitativos do calcário. **Informe Agropecuário**, v. 15, n. 170, p. 5-11, 1991.

BRASIL. Secretaria Nacional de Defesa Agropecuária. Portaria nº 31, de 8 de junho de 1982. Determina as características físicas, PN e PRNT mínimas dos corretivos da acidez do solo: classifica os calcários agrícolas em função do PRNT e determina como será calculado o PRNT. **Diário Oficial [da] República Federativa do Brasil**, 14 jun. 1986. Seção 1, p. 10.790.

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**, v. 27, n. 2, p. 275-286, mar./abr. 2003.

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**, v. 23, n. 2, p. 315-327, abr./jun. 1999.

COSTA, C. H. M. da. **Efeito residual da aplicação superficial de calcário e gesso nas culturas de soja, aveia-preta e sorgo granífero**. 2011. 80 f. Dissertação (Mestrado) – Faculdade de Ciências Agronômicas, UNESP, Botucatu.

ERNANI, P. R.; RIBEIRO, M. S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionadas pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. **Scientia Agrícola**, v. 58, n. 4, p. 825-831, out./dez. 2001.

KURIHARA, C. H.; MAEDA, S.; HERNANI, L. C.; SILVA, W. M. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcários sul-mato-grossenses. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 34, n. 8, p. 1443-1449, ago. 1999.

PANDOLFO, C. M.; TEDESCO, M. J. Eficiência relativa de frações granulométricas de calcário na correção da acidez do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v. 31, n. 10, p. 753-758, out. 1996.

PAULETTI, V.; PIERRI, L. de; 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, mar./abr. 2014.

RAIJ, B. van. Acidez e calagem. In: SEMINÁRIO SOBRE CORRETIVOS DA ACIDEZ DO SOLO, 2., 1989, Santa Maria, RS. **Corretivos da acidez do solo**: anais. Santa Maria, RS: UFSM, 1989. p. 74-100. Coordenadores: João Kaminski, Sérgio J. Volkweiss, Fernando C. Becker.

RAIJ, B. van. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: ANDA, 1988. 88 p.

RAIJ, B. van. Reações de gesso em solos ácidos. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **[Anais...]**. Uberaba: IBRAFOS, 1992. p. 105-119.

RAMPIM, L.; LANA, M. do C.; FRANDOLOSO, J. F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 35, n. 5, p. 1.687-1.698, set./out. 2011.

REEVE, N. G.; SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface applied amendments. **Agrochemophysica**, v. 4, n. 1, p. 1-5, 1972.

ROSSATO, O. B.; FOLTRAN, R.; CRUSCIOL, C. A. C.; MARTELLO, J. M.; ROSSETTO, R.; McCRAY, J. M. Soil fertility, ratoon sugarcane yield, and post-harvest residues as affected by surface application of lime and gypsum in Southeastern Brazil. **Bioscience Journal**, v. 33, n. 2, p. 276-287, mar./apr. 2017.

SHAIMBERG, I.; SUMNER, M. E.; MILLER, W. P.; FARINA, M. P. W.; PAVAN, M. A. Use of gypsum on soils: a review. **Advances in Soil Science**, v. 9, p. 1-101, 1989.

SILVA, F. C. da; EIRA, P. A. da; RAIJ, B. van; SILVA, C. A.; ABREU, C. A. de; GIANELLO, C.; PÉREZ, D. V.; QUAGGIO, J. A.; TEDESCO, M. J.; ABREU, M. F. de; BARRETO, W. de O. Análises químicas para avaliação da fertilidade do solo. In: SILVA, F. C. da (Org.). **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília, DF: Embrapa Comunicação para Transferência de Tecnologia, 1999. p. 75-169.

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, n. 2, p. 675-688, mar./abr. 2008.

SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. Correção da acidez do solo. In: SOUSA, D. M. G. de; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. Planaltina, DF: Embrapa Cerrados, 2002. p. 81-96.

TECNOLOGIAS de produção de soja – Região Central do Brasil 2014. Londrina: Embrapa Soja, 2013. 268 p. (Embrapa Soja. Sistemas de produção, 16). Disponível em: <<http://www.infoteca.cnptia.embrapa.br/infoteca/bitstream/doc/975595/1/SP16online.pdf>>. Acesso em: 18 abr. 2017.

TEDESCO, M. J.; ANGHINONI, L. **Efetividade da superfície específica de partículas do calcário na correção da acidez do solo**. Santa Maria, RS: UFRG, 1980. 19 p.

VALE, F. R. do; LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. **Manejo da fertilidade do solo**. Lavras: UFLA: FAEPE, 1995. 206 p.

WEAST, R. C. (Ed.). **CRC handbook of chemistry and physics**. Boca Raton, CRC, 1981. p. B87-B89.1.

ZAMBROSI, F. C. B. **Calagem e gessagem na especiação iônica da solução de um Latossolo sob Sistema de Plantio Direto**. 2004. 111 p. Dissertação (Mestrado) – Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba.

ZAMBROSI, F. C. B.; ALLEONI, L. R. F.; CAIRES, E. F. Teores de alumínio trocável e não trocável após calagem e gessagem em Latossolo sob sistema plantio direto. **Bragantia**, v. 66, n. 3, p. 487-495, jul./set. 2007.



*Agropecuária Oeste
Pesca e Aquicultura*

MINISTÉRIO DA
AGRICULTURA, PECUÁRIA
E ABASTECIMENTO

