



**RAUL MAGALHÃES FERRAZ**

**EFEITOS A LONGO PRAZO DA APLICAÇÃO DE ALTAS DOSES DE  
GESSO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM PERFIL DE  
LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFÉ**

**LAVRAS – MG**

**2017**

**RAUL MAGALHÃES FERRAZ**

**EFEITOS A LONGO PRAZO DA APLICAÇÃO DE ALTAS DOSES DE GESSO NAS  
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM PERFIL DE LATOSSOLO CULTIVADO  
COM CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. Dr. Guilherme Lopes

Orientador

Prof. Dr. José Maria de Lima

Prof. Dr. Luiz Roberto Guimarães Guilherme

Coorientadores

**LAVRAS – MG**

**2017**

Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca  
Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).

Ferraz, Raul Magalhães.

Efeitos a longo prazo da aplicação de altas doses de gesso nas  
características químicas em perfil de Latossolo cultivado com café  
/ Raul Magalhães Ferraz. - 2017.

50 p.

Orientador(a): Guilherme Lopes.

Coorientador(a): José Maria de Lima, Luiz Roberto Guimarães  
Guilherme.

Dissertação (mestrado acadêmico) - Universidade Federal de  
Lavras, 2017.

Bibliografia.

1. Gesso agrícola. 2. Lixiviação. 3. Bases trocáveis. I. Lopes,  
Guilherme. II. Lima, José Maria de. III. Guilherme, Luiz Roberto  
Guimarães. IV. Título.

**RAUL MAGALHÃES FERRAZ**

**EFEITOS A LONGO PRAZO DA APLICAÇÃO DE ALTAS DOSES DE GESSO NAS  
CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM PERFIL DE LATOSSOLO CULTIVADO  
COM CAFÉ**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Ciência do Solo, área de concentração em Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 28 de abril de 2017.

Prof. Dr. Leônidas Carrijo Azevedo Melo

UFLA

Prof. Dr. José Maria de Lima

UFLA

Prof. Dr. Enio Tarso de Souza Costa

UFU

Prof. Dr. Guilherme Lopes

Orientador

**LAVRAS – MG**

**2017**

*A Deus.*

*Aos meus pais Maércio Ferraz e Valduina Magalhães.*

*À minha amada noiva Mayara.*

*Aos meus irmãos Rael e Raiy.*

*A todos meus professores.*

*Aos meus amigos da república.*

*Aos meus companheiros de Laboratório.*

*Aos técnicos em laboratório do Dcs.*

*A toda minha família e amigos.*

**DEDICO.**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço, primeiramente, a Deus, dando força e coragem para vencer cada obstáculo que encontrei nessa longa caminhada até aqui.

À minha noiva Mayara, pelo amor, carinho, compreensão e cumplicidade.

Aos meus pais Maelcio e Valduina, pela boa educação e incentivo aos estudos, e meus irmãos Rael e Raiy e meu primo Mauro, pela amizade e carinho.

À Universidade Federal de Lavras (UFLA) e ao Departamento de Ciência do Solo (DCS), pela oportunidade de cursar o mestrado, e ao Departamento de Entomologia da UFLA, pela liberação e apoio no decorrer do curso.

À FAPEMIG, CAPES e CNPq, pelos recursos destinados à execução do projeto.

Ao meu orientador, professor Guilherme Lopes, pelos ensinamentos, confiança, dedicação, paciência, amizade e profissionalismo.

A todos os professores do DCS que contribuíram com seus ensinamentos para minha formação profissional e pessoal.

Aos professores Jose Maria de Lima, Leônidas Carrijo Azevedo Melo e Ênio Tarso de Souza Costa, por participarem da banca de defesa.

Aos estagiários Gustavo, Agostinho, Liniker, Luiz Gustavo e a todos os estagiários do DCS que participaram deste trabalho.

A Gabriela Lucia Pinheiro pelo apoio nas análises desde o início.

Aos meus colegas: Anderson, Everton, Geslin, Maria Jéssica, Erika, Zélio, Mateus e Josimar, pela ajuda com os experimentos e com as disciplinas do curso e a todos os meus colegas do curso, pela boa convivência.

Aos funcionários do DCS: João, Carlos, Roberto, Jean, Lívia, Geila, Dirce, Dulce, Bethânia, Pezão e a todos que contribuíram para a realização deste trabalho.

**MUITO OBRIGADO!**

## RESUMO

O cultivo de cafeeiro em Latossolos na região do cerrado mineiro vem crescendo muito ao longo dos anos devido à facilidade de mecanização nesses solos. Para implantação da lavoura de café o solo deve ser, primeiramente, corrigido com calcário e gesso agrícola, sendo este último usado para a correção da toxidez de  $\text{Al}^{3+}$  e da deficiência de  $\text{Ca}^{2+}$  em maiores profundidades. O gesso é considerado um condicionador de solo, favorecendo o crescimento de raízes em maiores profundidades. Entretanto, em doses elevadas, o gesso pode provocar desequilíbrio nas bases do solo, principalmente em relação a lixiviação de  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  na forma de sulfatos. Objetivou-se com este trabalho avaliar a longo prazo e em profundidade, o comportamento de elevadas doses de gesso aplicadas em uma lavoura comercial de café na região fisiográfica do Alto São Francisco, região onde alguns produtores optam pela aplicação de elevadas dosagens. Para tanto, implantou-se um experimento em situação de lavoura comercial com delineamento em blocos casualizados, onde contou com 4 doses de gesso agrícola ( $0 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $7 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $14 \text{ t ha}^{-1}$  e  $56 \text{ t ha}^{-1}$ , aplicados na linha de plantio da lavoura) e 3 repetições. A fim de se avaliar o perfil do solo, foram retiradas amostras de solo aos 76 meses após a implantação nas seguintes profundidades: 0,15 a 0,25 m, 0,35 a 0,45 m, 0,75 a 0,85, 1,25 a 1,35 m, 1,65 a 1,85 m e 2,25 a 2,45 m. Foram avaliados, tanto no solo quanto na solução do solo, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e o pH. Os maiores valores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  encontrados em todo o perfil do solo foram no tratamento com  $56 \text{ t ha}^{-1}$ . O  $\text{K}^+$  foi encontrado até uma profundidade próxima de 0,80 m, com maiores valores nas camadas iniciais em todos os tratamentos. Os valores para  $\text{Mg}^{2+}$  variaram no decorrer do perfil do solo sendo que na camada mais profunda de solo apresentou maior valor para o tratamento com  $56 \text{ t ha}^{-1}$ . Os valores de pH ao longo do perfil foram maiores no tratamento com  $56 \text{ t ha}^{-1}$ . Constatou-se, com o presente trabalho, que ao se aplicar doses elevadas de gesso (maiores doses avaliadas), os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  se elevam significativamente, enquanto reduções de  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  nas camadas iniciais do solo foram detectadas. Dessa forma, a aplicação de doses elevadas de gesso pode causar um desequilíbrio entre as bases  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , com consequente perda nutricional nas plantas. Portanto, estudos futuros são ainda requeridos a fim de se avaliar os reais benefícios/mafeícios que altas doses de gesso podem ocasionar na produção das plantas.

**Palavras-Chave:** Gesso. Bases trocáveis. Lixiviação. Cátions.

## ABSTRACT

Coffee cultivation on Latosols of the Cerrado region in Minas Gerais has been expanded over the years due to the better mechanization condition of these soils. Prior to planting, these soils need to be limed and amended with gypsum, in order to correct aluminum toxicity as well as calcium deficiency in deeper soil layers. Gypsum is considered a soil conditioner as it favors root to grow deeper. However, high doses of gypsum may lead to base imbalance in the soil, mainly regarding to Mg and K leaching as sulphates. This study aimed to evaluate the long-term effect of the high doses gypsum in a commercial coffee plantation in the fisiografic region of the Alto São Francisco, where some farmers have chosen to apply high doses of gypsum. An experiment was established using 4 doses of gypsum (0 t ha<sup>-1</sup>, 7 t ha<sup>-1</sup>, 14 t ha<sup>-1</sup> e 56 t ha<sup>-1</sup>, applied in the coffee line) and 3 replicates. Soil was sample dat 76 months after the gypsum application. To assess the soil profile, soil samples were taken in the following dephs: 0.15 to 0.25 m, 0.35 to 0.45 m, 0.75 to 0.85, 1.25 to 1.35 m, 1.65 to 1.85 m, and 2.25 to 2.45 m. We evaluated, in the soil samples and soil solution, the contents of Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, and the pH. Higher values of Ca<sup>2+</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>were found in the treatment with 56 t ha<sup>-1</sup>. Potassium was found down to approximately 0.80 m, and higher contents were verified in the surface layers for all gypsum treataments. Magnesium vary thought the soil profile, with higher content in deeper layer for the treatment with 56 t ha<sup>-1</sup>, where pH values were also higher. With the present study, it was possible to find that the Ca<sup>2+</sup> and SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> contents increase significantly, while Mg and K decreased in the surface soil layers, when gypsum was applied in high doses. Therefore, the application of high doses of gypsum may cause imbalances among Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, and K<sup>+</sup>, which can result in losts of plant nutrition. Thus, future studies, in order to assess the real benefits/damages that high gypsum doses can causes in plant yields, are still required.

**Keywords:** Gypsum. Exchangeable bases. Leaching. Cations.

## SUMÁRIO

<b>PRIMEIRA PARTE</b> .....	10
<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	10
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	12
<b>2.1 Cafeeiro e o sistema AP Romero</b> .....	12
<b>2.2 Gesso agrícola</b> .....	13
<b>2.3 O Gesso na agricultura</b> .....	14
<b>2.4 Gesso agrícola: influência nas características químicas do solo</b> .....	15
<b>3 CONSIDERAÇÕES GERAIS</b> .....	17
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	19
<b>SEGUNDA PARTE - ARTIGO</b> .....	23
<b>ARTIGO - EFEITOS A LONGO PRAZO DA APLICAÇÃO DE ALTAS DOSES DE GESSO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM PERFIL DE LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFÉ</b> .....	23

## PRIMEIRA PARTE

### 1 INTRODUÇÃO

No cerrado brasileiro, em sua maior parte, a vegetação natural vem sendo substituída por culturas de maior valor comercial (SOUZA & ALVES, 2003) entre elas o café. Os solos sob cerrado apresentam grande potencial de mecanização (CERRI et al. 1991), mas também apresentam grandes limitações ao cultivo comercial de plantas devido à baixa fertilidade natural (LOPES, 1983). Dessa forma, é imprescindível a correção e adubação dos solos para produtividade economicamente viável. Quase a metade de todo o território de cerrado brasileiro é formado por Latossolos, cerca de 46% da área (FREITAS, 2010).

No cerrado mineiro, cerca de 213,8 mil ha são de lavouras cafeeiras, quase totalidade em produção (CONAB, 2017), parte significativa da produção de grãos do país. O cafeeiro é uma planta perene que necessita de solos profundos para seu desenvolvimento (MATIELLO, 2010). Apesar dos Latossolos, via de regra, não apresentarem problemas na parte física, apresentam sérias limitações químicas ao desenvolvimento da cultura (SOUZA & LOBATTO, 2004), necessitando de um manejo diferenciado visando à correção destas limitações.

Dentre as limitações encontradas em solos brasileiros, destacam-se a elevada acidez, juntamente com a deficiência de cátions básicos, altos teores de alumínio, tanto nas camadas aráveis como nas camadas mais profundas do solo (SOUZA & LOBATTO, 2004). Para cultivar esses solos com culturas de interesse comercial, é fundamental a correção ou atenuação destas limitações.

O calcário incorporado ao solo corrige a deficiência em  $\text{Ca}^{2+}$  e neutraliza o  $\text{Al}^{3+}$  tóxico (PÁDUA, 2006). Porém a incorporação do calcário é viável apenas na camada superficial. Para a correção das limitações químicas do Latossolo em maiores profundidades, a utilização do subproduto da indústria de ácido fosfórico, o gesso agrícola, vem sendo difundida como uma opção viável (RAIJ, 2008). O gesso agrícola é basicamente constituído de sulfato de cálcio di-hidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ), um sal neutro, por isso não corrige o pH do solo (VITTI et al. 2008).

O cafeeiro é uma planta com grande potencial ao uso de gesso agrícola devido ao fato de o sistema radicular chegar abaixo dos 3,00 m de profundidade (MATIELLO et al. 2010). Por isso, foram desenvolvidos vários estudos visando avaliar os efeitos da gessagem sob a cultura do cafeeiro (RAMOS et al. 2013; SANTINATO et al. 1992; ROTH et al 1986). O gesso em doses elevadas pode promover o carreamento das bases  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , para as camadas além do alcance das raízes (PEREIRA, 2007). Com o fornecimento de muito  $\text{Ca}^{2+}$  pelo gesso pode haver inibição competitiva com os cátions  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , causando um desequilíbrio na planta (MARQUES et al. 1999).

Na região fisiográfica do Alto São Francisco, em Minas Gerais, está sendo utilizado um método de condução da lavoura cafeeira denominado de “AP Romero”. Como descrito em Serafim (2011), o sistema “AP Romero” consiste em um manejo diferenciado nas lavouras cafeeiras, onde pode-se destacar a aplicação de elevadas doses de gesso agrícola, muito maiores que as quantidades recomendadas através dos métodos convencionais. O sistema é baseado na observação dos produtores, que conseguiram bons resultados com a adoção do sistema.

Apesar das observações favoráveis dos agricultores ao sistema, estudos a longo prazo e avaliando o perfil do solo até maiores profundidades são necessários para entender o real efeito dessas elevadas aplicações de gesso sobre as propriedades químicas do solo e os eventuais benefícios delas adquiridos.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Cafeeiro e o sistema AP Romero

A cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é importante para a economia, sendo o Brasil o maior produtor e exportador de café. Devido a bienalidade da cultura, para a safra de 2017, estima-se que o país deverá colher entre 35,01 e 37,88 milhões de sacas de 60 quilos de café beneficiado, com uma produtividade entre 23,48 e 25,40 sacas por hectare, equivalendo a uma redução de 12,6% a 4,9% em relação à safra passada (CONAB, 2017). No cerrado mineiro, a previsão para a safra 2016/17 é cerca de 4,5 milhões de sacas de 60 quilos, representando uma redução de 38,40 %, comparativamente à safra anterior (CONAB, 2017). Reduções como essas levam os produtores a alternativas de manejo para buscar maiores produtividades.

Para a implantação da lavoura cafeeira é preciso se atentar para algumas características da área escolhida, como temperatura (18°C e 23°C), precipitação (1200 a 1800 mm anuais), altitude (600 a 1200 m) e uma topografia compatível com o nível de tecnologia do produtor. O solo deve permitir o desenvolvimento do cafeeiro, apresentando boas características físicas, químicas e biológicas, sem limitações principalmente físicas por serem de mais difícil correção (MESQUITA, 2016).

Sendo uma planta onde as raízes podem atingir mais de 2,00 m de profundidade o cafeeiro se torna uma cultura potencial a receber a gessagem. Em lavouras de café, o desenvolvimento das raízes juntamente com o potencial produtivo podem ser prejudicados pelas limitações químicas nas camadas mais profundas do solo, o que torna o gesso agrícola um insumo muito importante para a cultura (MATIELLO et al., 2010).

Nos últimos anos, na região fisiográfica do alto São Francisco MG, surgiu um sistema intensivo de cultivo, denominado como Sistema AP Romero (SERAFIM et al., 2011), que foi desenvolvido e vem sendo praticado na região, em propriedades dos municípios de São Roque de Minas, Vargem Bonita e Piumhi, e algumas outras regiões nos estados de Minas Gerais e

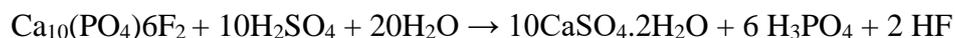
São Paulo. É um sistema que se caracteriza por uma adubação de plantio pesada incorporada a 0,60 m de profundidade e a aplicação de elevadas doses de gesso em lavouras de café recém-implantadas em uma operação conhecida como “irrigação branca” e cultivo de braquiária nas entrelinhas dos cafeeiros (RAMOS, 2012). O efeito do gesso potencializa o aprofundamento do sistema radicular e o manejo da braquiária nas entrelinhas da lavoura propicia um aumento na cobertura do solo e aumento de matéria orgânica, possibilitando maior infiltração de água e o uso mais eficiente da água pela cultura, diminuindo o efeito de secas prolongadas (RAMOS, 2012).

Apesar dos notáveis resultados positivos apresentados por este sistema intensivo de cultivo, como se pode observar nos trabalhos de Serafim et al. (2011) e Ramos (2012), ainda faltam informações referentes ao efeito a médio-longo prazo da utilização de altas doses de gesso sobre as características químicas ao longo do perfil do solo. Dessa forma, torna-se necessária a realização de estudos e/ou avaliações das características químicas dos solos após alguns anos após aplicação de doses elevadas de gesso.

## **2.2 Gesso agrícola**

O gesso agrícola, por ser mais solúvel que o calcário, é cerca de 150 vezes mais móvel, por isso apresenta efeito em maiores profundidades. O gesso ou sulfato de cálcio dihidratado ( $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ ) é um sal neutro que pode ser obtido em jazidas de gipsita, presentes no Brasil nos estados de Pernambuco e Maranhão (OLIVEIRA et al., 2012). Porém, as principais fontes são as indústrias de adubos fosfatados, que geram o gesso como subproduto. A composição química média inclui S (17,7%), CaO (30,9%), F (0,2%) e  $\text{P}_2\text{O}_5$  (0,7%), (DIAS, et al., 1992). Segundo Raij (2008), os maiores polos produtores de gesso estão situados em São Paulo (Cubatão, SP), Minas Gerais (Uberaba, MG) e Goiás (Catalão, GO).

No processo de produção de fertilizantes fosfatados, a reação da rocha fosfática (apatita) com ácido sulfúrico e água gera como produto o ácido fosfórico e como subprodutos o gesso e pequenas quantidades de ácido fluorídrico, resultando na formação de 5,5 toneladas de gesso a partir da produção de 1 tonelada de ácido fosfórico (MALAVOLTA, 1992). De forma simplificada, essa reação pode ser representada conforme abaixo:



Na agricultura, o gesso tem sido utilizado para a correção das camadas subsuperficiais, que contém alto teor de  $\text{Al}^{3+}$  e/ou baixo teor de  $\text{Ca}^{2+}$ , melhorando o ambiente para crescimento radicular e o desenvolvimento das plantas e também como fonte de  $\text{Ca}^{2+}$  e S para as plantas (DIAS, 1992).

### 2.3 O Gesso na agricultura

Os efeitos do gesso na agricultura brasileira foram descobertos mais ou menos por acaso, no início da década de 70, quando um agricultor do Paraná adquiriu uma fazenda em Brasília. Por tradição, sua fonte de fósforo utilizada era o superfosfato simples, enquanto os agricultores vizinhos utilizavam o termofosfato. Após cerca de 10-12 anos de cultivo, aconteceu na região um verânico com mais de 20 dias fazendo com que o milho e a soja dos agricultores apresentassem sintomas severos de estresse hídrico e as lavouras daquele produtor que veio do Paraná mantiveram o desenvolvimento normal (LOPES & GUILHERME, 2007). Como o superfosfato simples possui aproximadamente 50% de gesso agrícola em sua composição, começaram as pesquisas em relação a este subproduto.

Para a correção do solo, calagem é uma prática indispensável para a garantia de maior produtividade das culturas, promovendo a neutralização da acidez do solo, fornecendo de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  e reduzindo a toxidez de  $\text{Al}^{3+}$  (ZANDONÁ et al., 2015; MICHALOVICZ et al., 2014). Porém, o efeito da calagem depende da sua incorporação no solo, sendo limitado apenas nas camadas superficiais (RAMPIM et al., 2011).

A aplicação do gesso no solo promove aumento nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  ao longo do perfil do solo, esse comportamento foi relatado por diversos autores (RAMOS et al., 2013; VITTI et al., 2008; RAIJ, 2008; SOUSA et al., 2005; CAIRES et al., 2004; RAIJ, 1988).

A aplicação de gesso aumentou o crescimento da raiz em alfafa e conseqüentemente, aumentou absorção de água e de nutrientes pelas plantas segundo (SUMNER et al., 1986). Souza et al. (2005), em um experimento com milho, reportaram que o sistema radicular das

plantas atingiu, sem a aplicação de gesso, até 0,45 m de profundidade, sendo que 61% das raízes estavam concentradas na camada mais superficial, até 0,15 m. Quando o gesso foi aplicado, os autores verificaram raízes até a profundidade de 0,75 m, bem distribuídas ao longo do perfil, onde apenas 31% estavam na camada mais superficial, até 0,15 m.

Oliveira et al. (2007), trabalhando com cana de açúcar e avaliando a camada de 0,40 a 0,80 m de profundidade, encontraram no tratamento controle sem gesso apenas 30% das raízes estavam presentes na profundidade avaliada, sendo que no tratamento com gesso, na dose de 4,6 t ha<sup>-1</sup>, cerca de 80% das raízes estavam nessa profundidade. Crusciol et al. (2014) notaram um aumento da produção de cana de açúcar com aplicação de gesso.

Com o uso do gesso há melhor distribuição relativa do sistema radicular em profundidade. A aplicação de gesso também melhora a absorção de N, P, K, Ca e S em condições de deficiência de água proporcionando um aumento na produção de grãos (CAIRES et al, 2001).

Souza et al. (1992) avaliando a interferência do gesso na produção de milho, trigo e soja em situação de verânico notaram aumentos de produtividade nas 3 culturas, sendo que o milho e o trigo apresentaram um maior aumento relativo com relação a soja. O gesso agrícola aumentou a produtividade de grãos de milho e de soja até a dose de 2 t ha<sup>-1</sup> (ZANDONÀ et al., 2015).

#### **2.4 Gesso agrícola: influência nas características químicas do solo**

O gesso não é aplicado ao solo com objetivo de elevar o pH, pois é um sal neutro (MASCHIETTO, 2009; RAIJ, 2008). Ele é utilizado como um complemento ao calcário, pois reduz a fitotoxicidade de Al<sup>3+</sup> e fornece Ca<sup>2+</sup>, e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> em profundidade (RAIJ, 2008). O gesso reage com o Al<sup>3+</sup> formando o sulfato (Al<sub>2</sub>(SO<sub>4</sub>)<sub>3</sub>) que é menos solúvel (CREMON et al., 2009; ZAMBROSI et al., 2007) e fazendo com que ele fique em formas menos tóxicas, além de aumentar os teores de Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> no subsolo (NEIS et al., 2010). Assim, o gesso é considerado um condicionador de solo, mesmo tendo efeito no pH (MEURER et al., 2004).

Crusciol et al. (2014), utilizando a dose de 1,7 t ha<sup>-1</sup>, observaram que a aplicação de gesso reduziu os valores de Al<sup>3+</sup> no solo em profundidade abaixo de 0,05 m e também um aumento no teor de Ca<sup>2+</sup> ao longo do perfil. Para os teores de Mg<sup>2+</sup>, foi relatado aumento abaixo da camada de 0,10 m e para o K<sup>+</sup> o aumento foi nas camadas abaixo de 0,40 m. Para o sulfato, a maior concentração foi encontrada abaixo de 0,20 m de profundidade.

Em estudo desenvolvido por Michalovicz et al. (2014), trabalhando com 4 doses de gesso (1,5, 3,0, 4,5 e 6,0 t ha<sup>-1</sup>), com avaliação 6 meses após a aplicação, os autores constataram que não houve diferença significativa para o pH até a profundidade 0,80 m. No caso de Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup>, houve aumentos lineares dos teores no solo em todas as profundidades amostradas. Além disso, os autores ressaltaram uma diminuição dos teores de Mg<sup>2+</sup> nas camadas iniciais com o aumento da dose aplicada e que não foram encontradas diferenças significativas entre os tratamentos para o cátion K<sup>+</sup>.

Zandoná et al. (2015), utilizando doses de gesso de 0 a 8 t ha<sup>-1</sup> e avaliando os atributos químicos do solo 6 meses após a sua aplicação, notaram aumentos nos teores disponíveis de Ca<sup>2+</sup> em todas as profundidades avaliadas, uma redistribuição do Mg<sup>2+</sup> para as camadas mais profundas 0,10-0,20 m e 0,20-0,40 m de profundidade, e uma diminuição nos teores de Al<sup>3+</sup> na camada de 0,20-0,40 m.

Lima et al. (2013), avaliando a influência do gesso com a dose 1 t ha<sup>-1</sup> e tratamento controle sobre características do solo aos 36 e 72 meses após a aplicação, observaram efeito mais acentuado quanto aos teores de Ca<sup>2+</sup> no maior prazo após a aplicação. Os autores constataram, na avaliação aos 36 meses após a aplicação, diminuição dos teores de Mg<sup>2+</sup> na camada de 0,00 a 0,10 m e aumentos na camada de 0,10 a 0,20 m. Contudo, na avaliação aos 72 meses após a aplicação, verificou-se um deslocamento do Mg<sup>2+</sup> para camadas abaixo de 0,60 m, lixiviação essa que já foi relatada por diversos autores (CRUSCIOL et al., 2014; MICHALOVICZ et al., 2014; RAMOS et al., 2013; NAVA et al., 2012; RAMPIM et al., 2011; CAIRES et al., 2011; CAIRES et al., 2004; ROSOLEM & MACHADO, 1984).

Aplicações elevadas de gesso agrícola em solos agriculturáveis elevam significativamente os teores de Ca<sup>2+</sup> disponíveis no solo (CAIRES et al., 2003), podendo

ocorrer alterações nas relações entre  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , devido à inibição competitiva, prejudicando o desenvolvimento da cultura (RAIJ 2008).

O uso de elevadas dosagens de gesso por produtores de café da região do Alto São Francisco, cerca de 5 a 10 vezes maiores que as sugeridas nos boletins técnicos, contraria as recomendações existentes (VITTI et al., 2008; RAIJ, 2008; SOUSA et al., 2005). Entretanto, esses produtores têm observado elevadas produtividades de lavouras não irrigadas, mesmo em anos muito secos (AP- Agrícola, Comunicação pessoal).

Uma das principais preocupações da aplicação de gesso em solos tropicais, entretanto, é a lixiviação de bases trocáveis para camada inferior àquela sob exploração do sistema radicular, significando perdas destes nutrientes (SERAFIM et al., 2012; CAIRES et al., 2003). Este processo de perda, mesmo quando se considera quantidades aplicadas iguais em unidades de solos semelhantes, apresenta variações, podendo ser mais ou menos intenso, e não está totalmente elucidado (RAIJ, 2008).

### **3 CONSIDERAÇÕES GERAIS**

O uso do gesso agrícola nos solos brasileiros é amplamente difundido, devido às vantagens já observadas em pesquisas e em áreas produtivas do país. O gesso não é um corretivo de solo, sendo classificado como um condicionador de solo, onde ele propicia um ambiente mais favorável para o crescimento radicular, neutralizando a forma tóxica de  $\text{Al}^{3+}$  e fornecendo  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  em profundidade. Isso faz com que as raízes alcancem maiores profundidades, melhorando o aproveitamento de nutrientes e água do solo, tornando as plantas mais tolerantes a possíveis veranicos em anos de menor precipitação, o que tem chamado a atenção dos agricultores nos últimos anos.

Ressalta-se que os benefícios da aplicação do gesso são dependentes da dose aplicada, sendo que doses elevadas podem ocasionar problemas de desequilíbrio no solo e, conseqüentemente, na nutrição das plantas. Dessa forma, este estudo visa contribuir com informações para construção de bases de dados visando avaliar a longo prazo as alterações

que a aplicação de doses elevadas de gesso pode acarretar no perfil do solo cultivado com cafeeiro.

## REFERÊNCIAS

- 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.
- CAIRES, E. F. et al. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 125-136, 2004.
- \_\_\_\_\_. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 45-53, mar./abr. 2011.
- \_\_\_\_\_. Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system. **Agronomy Journal**, Madison, v.103, n. 6, p. 1804–1814, June 2011.
- CERRI, C. C.; FELLER, C.; CHAUVEL, A. Evolução das principais propriedades de um Latossolo Vermelho-Escuro após desmatamento e cultivo por doze e cinquenta anos com cana-de-açúcar. **Cahiers Orstom. Serie Pedologie**, Paris, v. 26, n. 1, p. 37-50, Sept. 1991.
- COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Café Brasil**: série histórica de produção. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_01\\_17\\_14\\_51\\_54\\_boletim\\_cafe\\_-\\_janeiro\\_de\\_2017](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_17_14_51_54_boletim_cafe_-_janeiro_de_2017)>. Acesso em: 10 mar. 2017.
- CREMON, C. et al. Análise micromorfológica de agregados de um Latossolo Vermelho Distroférico em diferentes sistemas de manejo. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 1, p. 139-146, mar. 2009.
- CRUSCIOL, C. A. C. et al. 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.
- DIAS, L. E. **Uso de gesso como insumo agrícola**. Seropédica: Embrapa-CNPBS, 1992. 7 p. (Comunicado Técnico, 7).
- FREITAS, D. A. F. **Qualidade do solo em sistemas de manejo para Latossolos sob Cerrado**. 2010. 104 p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2010.
- LIMA, R. C. et al. 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.

LOPES, A. S. **Solos sob “cerrado”**: características, propriedades e manejo. Piracicaba: Instituto da Potassa & Fósforo, 1983. 162 p.

LOPES, A. S.; GUILHERME, L. R. G. Fertilidade do solo e produtividade agrícola. In: NOVAIS, R. F. N. et al. (Ed.). **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p. 1-64.

MALAVOLTA, E. **ABC da análise de solo e folhas**: amostragem, interpretação e sugestões de adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1992. 124 p.

MARQUES, E. S.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, P. T. G. Teores foliares de nutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em resposta a calcário e gesso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 140-151, jan./mar. 1999.

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. 56 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual de Ponta Grossa, Ponta Grossa, 2009.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil**: manual de recomendações. Varginha: PROCAFÉ, 2010. 500 p.

MESQUITA, C. M. **Manual do café**: implantação de cafezais *Coffea arábica* L. Belo Horizonte: EMATER-MG, 2016. 50 p.

MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômeno de sorção em solos. In: MEURER, J. E. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 131-179.

MICHALOVICZ, L. et al. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1496-1505, set./out. 2014.

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, mar./abr. 2010.

OLIVEIRA, F. M. C. et al. Características mineralógicas e cristalográficas da gipsita do Araripe. **Holos**, Natal, v. 5, n. 28, p. 71-82, 2012.

OLIVEIRA, M. W. et al. Nutrição mineral e adubação da cana-de-açúcar. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v. 28, n. 239, p. 30-43, jul./ago. 2007.

PÁDUA, T. R. P.; SILVA, C. A.; MELO, L. C. A. Calagem em Latossolo sob influência de coberturas vegetais: neutralização da acidez. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 5, p. 869-878, set./out. 2006.

PEREIRA, F. S. **Gesso de minério associado a fontes de fósforo na cultura do milho em sistema plantio direto no estado de alagoas**. 2007. 67 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista "Júlio de Mesquita Filho", Botucatu, 2007.

RAIJ, V. B. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1988. 88 p.

\_\_\_\_\_. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 233 p.

RAMOS, B. Z. **Especiação química da solução e mobilidade de bases e sulfato em Latossolo sob altas doses de gesso**. Lavras: UFLA, 2012. 96 p.

RAMOS, B. Z. et al. 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. et al. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, set./out. 2011.

ROSOLEM, C. A.; MACHADO, J. R. Efeitos da calagem e gessagem na produção de algodão e na lixiviação de bases em dois Latossolos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 8, p. 103-109, 1984.

ROTH, C. H. et al. Efeitos das aplicações de calcário e gesso sobre a estabilidade de agregados e infiltração de água em um Latossolo roxo cultivado com cafeeiros. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 10, p. 163-166, 1986.

SANTINATO, R. et al. Doses crescentes de gesso na produção do cafeeiro cultivado em solo LVA cerrado corrigido. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISAS CAFEEIRAS, 18., 1992, Araxá. **Anais...** Araxá: MARA, 1992.

SERAFIM, M. E. et al. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p. 75-81, mar. 2012.

SERAFIM, M. E. et al. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto São Francisco, MG: um estudo de caso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 964-977, nov./dez. 2011.

SOUSA, D. M. G. de et al. Sugestões para diagnose e recomendação de gesso em solos de Cerrado. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **Anais...** São Paulo: IBRAFOS, 1992. p. 139-158.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E. **Cerrado: correção do solo e adubação**. 2. ed. Brasília: Embrapa Cerrados, 2004. 416 p.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, S.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p. (Circular Técnica, 32).

SOUZA, Z. M.; ALVES, M. C. Propriedades químicas de um Latossolo vermelho distrófico de cerrado sob diferentes usos e manejos. **Revista Brasileira Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 1, p. 133-139, jan./fev. 2003.

SUMNER, M. E. et al. Amelioration of an acid soil profile through deep liming and surface application of gypsum. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 50, p. 1254-1258, 1986.

VITTI, G. C. et al. **Uso do gesso em sistemas de produção agrícola**. Piracicaba: GAPE, 2008. 104 p.

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. et al. 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.

## SEGUNDA PARTE - ARTIGO

### ARTIGO - EFEITOS A LONGO PRAZO DA APLICAÇÃO DE ALTAS DOSES DE GESSO NAS CARACTERÍSTICAS QUÍMICAS EM PERFIL DE LATOSSOLO CULTIVADO COM CAFÉ

#### RESUMO

A agricultura brasileira vem se expandindo nas últimas décadas para a região do cerrado, onde predominam os Latossolos. Estes solos apresentam, como principais limitações químicas, baixa fertilidade natural e alta toxidez de alumínio. Uma das formas de amenizar essas limitações é o emprego de gesso agrícola, principalmente para a correção destes problemas nas camadas mais profundas. No entanto, esta forma de correção ainda carece de informações, principalmente para culturas perenes. Para aprofundar mais os conhecimentos, avaliações foram realizadas em um experimento conduzido em Latossolo Vermelho distrófico com a cultura do cafeeiro na região fisiográfica do alto São Francisco. O experimento conta com a aplicação de 4 doses de gesso (0, 7, 14 e 56 t ha<sup>-1</sup>), aplicadas na linha de plantio. A adubação completa, para atender as necessidades da cultura, também foi feita por ocasião do plantio, em 2008, e vem sendo feita ao longo dos anos. Visando avaliar as características químicas ao longo do perfil do solo, aos 76 meses após a aplicação do gesso, foram retiradas amostras de solo nas profundidades 0,15-0,25, 0,35-0,45, 0,75-0,85, 1,25-1,35, 1,65-1,85 e 2,25-2,45m. Nessas amostras, foram avaliados os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e o pH, no solo e na solução do solo. O Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> foram encontrados em todo o perfil do Latossolo, com destaque para os teores de Ca<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> que, no tratamento com 56 t ha<sup>-1</sup>, se apresentaram muito maiores em relação aos demais tratamentos. O K<sup>+</sup> foi encontrado até 0,80m, sendo os maiores valores verificados nas camadas superficiais. No tratamento com 56 t ha<sup>-1</sup> houve um aumento considerável de K<sup>+</sup> na profundidade de 0,40 m em relação à camada superficial de 0,20 m, indicando o carreamento deste elemento. O pH foi maior no tratamento com 56 t ha<sup>-1</sup> em relação aos demais, tanto no solo quanto na solução, em toda a profundidade avaliada. A aplicação da maior dose de gesso aumentou a disponibilidade de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> nas camadas mais profundas, porém diminuiu a disponibilidade de Mg<sup>2+</sup> nas camadas iniciais, o que aponta para um possível desbalanço nutricional.

**Palavras-Chave:** Condicionador de solo. Subsolo. Lixiviação. Saturação por cálcio.

## ABSTRACT

In the last decades, Brazilian agriculture has been expanding to the cerrado region, where the main soils are Latosols. These soils have low natural fertility and high aluminum toxicity as the major chemical limitations. One possible way to overcome these limitations is to gypsum, mainly to correct these problems in the deeper layers. However, informations about the application of gypsum in soils, especially for perennial crops are still required. To understanding better this, evaluations were performed in an experiment established in a Distrofic Red Latosols cultivated with coffee plants in the fisiografic region of the Alto São Francisco. The experiment assesses 4 doses of gypsum ( $0 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $7 \text{ t ha}^{-1}$ ,  $14 \text{ t ha}^{-1}$  and  $56 \text{ t ha}^{-1}$ ) applied in the coffee line. Fertilization in order to meet the requirements of the crop, was also made on the planting time and also has been performed over the years. To evaluate chemical characteristics through soil profile, 76 months after the gypsum application, soil samples were taken from the following soil depths: 0.15-0.25, 0.35-0.45, 0.75-0.85, 1.25-1.35, 1.65-1.85, and 2.25-2.45 m. Calcium ( $\text{Ca}^{2+}$ ),  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$ , and  $\text{SO}_4^{2-}$  contents, as well as the pH were evaluated in the soil and in the soil solution.  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , and  $\text{SO}_4^{2-}$  were found throughout the soil profile, being  $\text{Ca}^{2+}$  and  $\text{SO}_4^{2-}$  contents much higher in the treatment with  $56 \text{ t ha}^{-1}$ , when compared to other treatments. The  $\text{K}^+$  was found up to 0.80 m, being the higher contents verified in the surface layers (0-0.40 m). There was a considerable increase in  $\text{K}^+$  content at 0.40 m depth compared to the surface layer (0.20 m), which indicate the leaching of this element. For all soil layers evaluated, pH values of the soil and of the soil solution were greater when gypsum were applied at  $56 \text{ t ha}^{-1}$ . The application of the higher gypsum dose increased  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ , and  $\text{SO}_4^{2-}$  availabilities in deeper layers, but it decreased the availability of  $\text{Mg}^{2+}$  in the surface layers, which may point out to a possible nutritional imbalance.

**Keywords:** Soil conditioner. Subsoil. Leaching. Calcium saturation.

## 1 INTRODUÇÃO

A cultura do cafeeiro (*Coffea arabica* L.) é uma importante fonte de recurso para a economia do Brasil, sendo esse país o maior produtor e exportador de café. O estado de Minas Gerais é responsável por cerca de 50% do total de café produzido, sendo destaque na geração de empregos, principalmente na época da colheita (BLISKA et al., 2009).

A partir da década de 1970, a cafeicultura se expandiu em áreas de Cerrado, onde os Latossolos representam 46% da área. Embora possuam boas condições físicas para o uso agrícola, há limitações químicas relacionadas à baixa fertilidade natural e elevada acidez no perfil do solo (RAIJ, 1988).

O cultivo de plantas, a exemplo do café, em áreas do cerrado apresenta algumas limitações devido a ocorrência neste bioma de distribuição desuniforme de chuvas no decorrer do ano, deficiência hídrica no período da seca e a deficiência de nutrientes, fatores esses que restringem o potencial produtivo da cultura (NAZARENO et al., 2003). Neste contexto, a aplicação de gesso agrícola é uma alternativa para reduzir os teores de Al tóxico, bem como para fornecer  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  em profundidade (PAULETTI et al., 2014). O gesso agrícola propicia melhorias no subsolo e conseqüente aprofundamento do sistema radicular, aumentando o aproveitamento de água e nutrientes pelas raízes das plantas (GUIMARÃES, 1992).

Estudos mostram o efeito positivo da aplicação do gesso no solo (CRUSCIOL et al., 2016; PAULETTI et al., 2014; CAIRES et al., 2001; CARVALHO e RAIJ, 1997), constatando diminuição dos teores de  $\text{Al}^{3+}$  e aumento dos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  ao longo do perfil. Estas alterações beneficiam as áreas de cafeicultura, pois favorecem o crescimento das raízes em maiores profundidades, melhorando o aproveitamento de nutrientes e água pelas plantas (RENA; GUIMARÃES, 2010).

Em doses ideais, o gesso promove a melhoria do solo ao longo do perfil (RAIJ, 2008; ROCHA et al., 2008), aumentando a produtividade das culturas implantadas (SANTOS et al., 2013). Porém, o uso de elevadas doses de gesso agrícola, como as utilizadas na região fisiográfica do Alto São Francisco podem causar problemas ao solo, como um desbalanço dos

nutrientes, e, conseqüentemente, uma diminuição da produtividade (MICHALOVICZ et al., 2014). Muito  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  no solo pode causar a lixiviação de outros cátions para camadas além do alcance das raízes (RAIJ, 2008; ERNANI et al., 2001), causando desbalanço nutricional, em razão de alterações nas relações entre os cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , promovendo uma inibição competitiva na absorção pelas plantas, prejudicando a absorção dos nutrientes e o desenvolvimento da cultura (MARQUES et al., 1999). A lixiviação dos cátions  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$ , após a aplicação de doses elevadas de gesso, foi constatada por vários autores (PAULETTI et al., 2014; CRUSCIOL et al., 2014; SERAFIM et al., 2012; NAVA et al., 2012; RAMPIM et al., 2011; CAIRES et al., 2003).

De acordo com o exposto, estudos visando avaliar a movimentação de cátions ao longo do perfil de solos após a aplicação de gesso são indispensáveis para melhor entender as possíveis alterações nos solos ocasionadas pela aplicação de gesso. Esse processo de perda de bases para camadas fora do alcance do sistema radicular das plantas apresenta grande variação de intensidade, dependendo do tipo do solo, da dose de gesso aplicada e da quantidade de precipitação (RAIJ, 2008).

Os efeitos da gessagem são amplamente conhecidos na literatura e vários estudos visando avaliar a influência do gesso nas características químicas do solo foram realizados (PAULETTI et al., 2014; CRUSCIOL et al., 2014; SERAFIM et al., 2012; NAVA et al., 2012; RAMPIM et al., 2011; RAIJ, 2008; CAIRES et al., 2003; ERNANI et al., 2001). Porém, a magnitude desses efeitos considerando camadas abaixo de 2,00 m de profundidade e em avaliação a longo prazo após a aplicação do gesso sobre os atributos químicos do solo e da solução é requerida e de extrema importância para se conhecer os reais efeitos da aplicação de diferentes doses de gesso ao longo de todo o perfil de solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar os teores e a mobilidade dos íons no perfil de um Latossolo cultivado com lavoura comercial de cafeeiros sobre efeito de aplicação de elevadas doses de gesso. Foram avaliados os teores dos cátions  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$  e  $\text{K}^+$  e suas relações, bem como o pH e os teores de  $\text{SO}_4^{2-}$ , determinados por meio de métodos convencionais nas amostras do solo e na solução do solo.

## 2 MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi conduzido na Fazenda AP Família, pertencente à Empresa Agropecuária Piumhi Ltda., no município de São Roque de Minas, na região fisiográfica do Alto São Francisco. A área localiza-se na porção centro-oeste do estado de Minas Gerais, na latitude 20°14'42" S e na longitude 46°21'57" W de Greenwich. O clima da região é do tipo Cwa, segundo Köppen, sendo a precipitação média anual de 1.344 mm, com estação seca bem definida nos meses de maio a setembro, temperatura média anual de 20,7 °C, umidade relativa média de 60% e altitude média de 900 m, conforme descrito por Menegasse et al. (2002).

A lavoura experimental está instalada em área de Latossolo, dentro de uma lavoura comercial de café. Os resultados da análise textural, bem como dos teores dos óxidos de Fe, Al, Si e P, obtidos pelo ataque sulfúrico, estão apresentados na Tabela 1 (RAMOS, et al., 2013). Tendo em vista os valores dos índices Ki e Kr < 0,75, o Latossolo em estudo foi classificado como Latossolo Vermelho distrófico típico de mineralogia gibbsítico-oxídico. Trata-se, portanto, de solo altamente intemperizado, permeável, com textura muito argilosa. As quantidades de corretivos e adubos utilizados nas épocas de plantio, formação e produção da lavoura podem ser encontradas em Serafim et al. (2011). Toda a lavoura foi implantada a cultivar Catucaí Amarelo Multilínea.

**Tabela 1** - Resultados da análise textural e do ataque sulfúrico para os horizontes Ap e Bw do Latossolo Vermelho distrófico em estudo.

Horizonte	Textura			Ataque sulfúrico				Ki*	Kr**
	Argila	Silte	Areia	SiO <sub>2</sub>	Al <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	Fe <sub>2</sub> O <sub>3</sub>	P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>		
	----- g kg <sup>-1</sup> -----								
Ap	763	198	39	102	355	157	1,32	0,49	0,38
Bw	819	148	33	105	392	169	0,98	0,46	0,36

\*Ki: relação molecular  $1,7 \times \text{SiO}_2/\text{Al}_2\text{O}_3$ , \*\*Kr: relação molecular  $[1,7 \times \text{SiO}_2/(\text{Al}_2\text{O}_3 + (0,64 \times \text{Fe}_2\text{O}_3)]$

Fonte: Ramos et al. (2013).

Para a implantação da lavoura, foram realizadas aração e gradagem, com incorporação de calcário e 2 t ha<sup>-1</sup> de gesso agrícola, incorporados a 0,20 m de profundidade em toda a área. Esse preparo inicial foi feito em setembro de 2008 e as quantidades de calcário e gesso foram

calculadas com base nos resultados das análises químicas e físicas do solo, segundo recomendação para o estado de Minas Gerais (GUIMARÃES et al., 1999). O gesso, no preparo do solo, foi distribuído a lanço e a dose aplicada representa 50% da recomendação baseada no teor de argila do solo na camada de 0 a 0,10 m, de acordo com a análise. Após o preparo, foi implantada Braquiária (*Urochloa ruziziensis*), como cultura de cobertura do solo. Sete meses após o plantio do café (em maio de 2009), foram aplicadas as doses de gesso na linha de plantio (aproximadamente 50 cm de largura) correspondentes aos respectivos tratamentos. Após essa aplicação, foi realizada a amontoa, que consistiu na chegada de terra cobrindo totalmente a faixa de gesso.

O delineamento experimental conta com 4 doses de gesso e 3 repetições, distribuídos em blocos ao acaso, conforme descritos a seguir: G-0: gesso no preparo (aplicação no preparo, em setembro de 2008, distribuído a lanço, na quantidade de 2 t ha<sup>-1</sup>) e sem gesso na linha de plantio; G-7: o gesso do preparo e 7 t ha<sup>-1</sup> de gesso na linha de plantio (1,75 kg m<sup>-1</sup>); G-14: o gesso do preparo e 14 t ha<sup>-1</sup> (3,5 kg m<sup>-1</sup>); G-56: o gesso do preparo e 56 t ha<sup>-1</sup> de gesso na linha de plantio (14 kg m<sup>-1</sup>).

Visando avaliar as características químicas do solo, aos 76 meses após a aplicação dos tratamentos, amostras foram coletadas na linha do cafeeiro nas profundidades de 0,15-0,25 m, 0,35-0,45 m, 0,75-0,85 m, 1,25-1,35 m, 1,65-1,85 m e 2,25-2,45 m. Essas amostras foram secas ao ar, destorroadas, passadas em peneira de 2 mm de abertura (TSFA) e acondicionadas em sacos plásticos e à temperatura ambiente, até a realização das análises.

As análises do solo foram realizadas no laboratório de fertilidade, no Departamento de Ciência do Solo (DCS) da Universidade Federal de Lavras (UFLA). A partir da TSFA foram analisados os teores trocáveis de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup>, SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> e o pH. Os teores de Ca<sup>2+</sup> e Mg<sup>2+</sup> foram determinados por espectrofotometria de absorção atômica após extração com solução de KCl 1 mol L<sup>-1</sup>; os teores de K<sup>+</sup> por fotometria de chama após extração com extrator ácido Mehlich-1 (H<sub>2</sub>SO<sub>4</sub> + HCl); sulfato foi extraído com fosfato monocálcico em ácido acético e analisado por espectrofotometria colorimétrica e o pH foi determinado em CaCl<sub>2</sub> 0,01 mol L<sup>-1</sup> na proporção de 1:2.5.

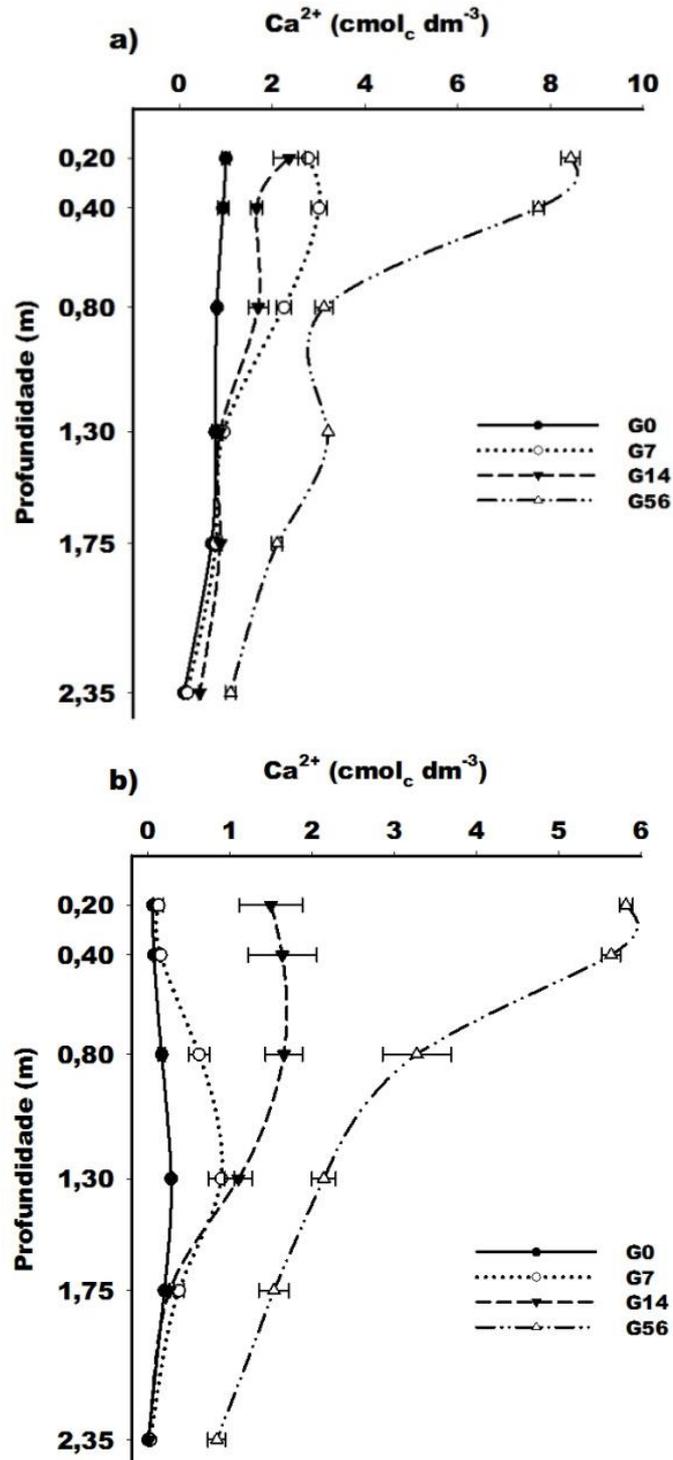
Para a extração da solução do solo, utilizou-se o método de pasta de solo saturado, adaptado do extrato aquoso (WOLT, 1994) em que 300 cm<sup>3</sup> de amostra foram transferidos para recipiente plástico onde foi adicionada água ultrapura, lentamente, até atingir o ponto de saturação. A pasta foi deixada por 16 h em repouso e, em seguida, foi colocada em um conjunto de funil de buchner, contendo papel filtro (filtração rápida), acoplado a um kitassato. A solução foi extraída sob vácuo por cerca de 12 h e, posteriormente, filtrada em membrana de celulose de 0,45 µm abertura de malha. O pH foi determinado diretamente no extrato e os teores de Ca<sup>2+</sup>, Mg<sup>2+</sup>, K<sup>+</sup> e SO<sub>4</sub><sup>2-</sup> na solução do solo foram analisados em um cromatógrafo iônico modelo ICS1100 Dionex, com amostrador AS-DV automático e detector de condutividade.

Os resultados das análises foram submetidos a análise de variância, realizando-se comparações das medias pelo teste de Scott-Knott. Adotaram-se valores de p<0,05 como critério de significância para o teste de F e de diferença entre medias. Os dados foram processados utilizando-se o software SISVAR 5.1 Build 72 (FERREIRA, 2008) e os gráficos foram confeccionados através do software Sigma Plot®.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os teores trocáveis de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo e disponíveis na solução do solo determinados nas diferentes profundidades amostradas, 76 meses após a aplicação das doses de gesso, encontram-se na Figura 1. A Mobilidade do  $\text{Ca}^{2+}$  ao longo do perfil ocorreu de maneira semelhante no solo e na solução do solo. De forma geral, esses teores foram maiores nos tratamentos que receberam gesso na linha do cafeeiro em comparação ao controle (G-0, com gesso somente a lanço no preparo), sendo os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  muito maiores onde recebeu a maior dose de gesso (G-56). As concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  na solução do solo até a profundidade de 1,30 m foram maiores nos tratamentos com maiores doses sendo o  $\text{G-56} > \text{G-14} > \text{G-7} > \text{G-0}$ . A partir desta profundidade há um decréscimo nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  em todos os tratamentos, porém verifica-se que na maior dose de gesso aplicada (G-56), o elemento pode alcançar profundidade de 2,35 m ou mais. No solo, as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  até aproximadamente 1,30 m foram maiores nos tratamentos  $\text{G-56} > \text{G-7} > \text{G-14} > \text{G-0}$ .

Assim como o verificado na solução do solo, os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  na maior dose aplicada (G-56) diminuem em profundidade, principalmente até 0,80 m, porém, verifica-se que ao longo de todo o perfil avaliado, possuem maiores teores em relação ao demais tratamentos, indicando a maior mobilidade do elemento pela aplicação de elevadas doses de gesso. Em relação à profundidade, nota-se que os teores trocáveis de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo foram maiores, comparado ao controle, até a profundidade de 1,30 m, quando se aplicaram 7 e 14 t ha<sup>-1</sup> de gesso. Com relação à solução do solo, esses teores de  $\text{Ca}^{2+}$  foram maiores para os tratamentos G-7 e G-14 até a profundidade de 1,75m, comparados ao controle (G-0). No tratamento G-56, os teores avaliados, tanto no solo quanto na solução, foram superiores ao controle ao longo de todo o perfil avaliado (até 2,35 m).



**Figura 1:** Teores disponíveis de  $\text{Ca}^{2+}$  no solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  de solo) (a) e na solução do solo ( $\text{cmol}_c \text{dm}^{-3}$  de solução) (b) no perfil do solo em função das doses de gesso aplicadas na cultura do cafeeiro. G0: sem gesso na linha de plantio; G7: 7 t  $\text{ha}^{-1}$  na linha de plantio; G14: 14 t  $\text{ha}^{-1}$  na linha de plantio; G56: 56 t  $\text{ha}^{-1}$  na linha de plantio. Avaliações realizadas 76 meses após a aplicação dos tratamentos. As barras horizontais representam o erro padrão das médias.

Estudos prévios realizados na mesma área, 16 meses após a aplicação das doses de gesso na linha de plantio, constataram que as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  na solução do solo nos tratamentos que receberam gesso estavam maiores que o controle até a 0,60 m, não havendo diferenças nas camadas inferiores (RAMOS et al., 2013). Isso indica que, com o tempo, o  $\text{Ca}^{2+}$  foi distribuído para camadas mais profundas do solo. Corroborando com essa situação, pesquisas realizadas em área de plantio direto com aplicação de diferentes doses de gesso 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 (PAULETTI et al., 2014). Toma et al. (1999) demonstraram que foi encontrado  $\text{Ca}^{2+}$  em solo caulínítico a uma profundidade de 1,20 m, utilizando a dose de 35 t  $\text{ha}^{-1}$ , avaliando 16 anos após a aplicação.

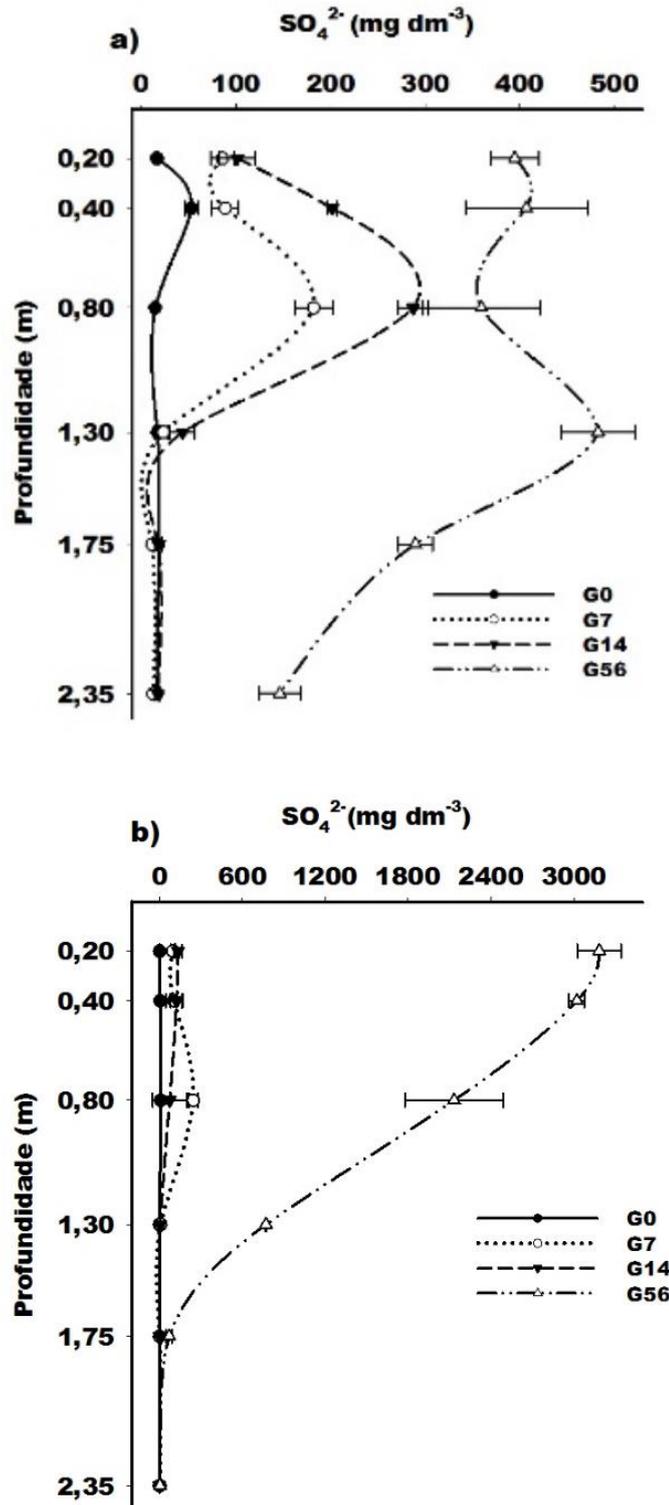
Segundo Caires et al. (2001), em estudo avaliando a aplicação de gesso em Latossolo Argiloso, cerca de 80% do  $\text{Ca}^{2+}$  trocável do solo foi lixiviado para camadas abaixo de 0,60 m, 64 meses após a aplicação de 12 t  $\text{ha}^{-1}$  de gesso. Michalovicz et al. (2014), também constataram aumentos lineares nos teores de  $\text{Ca}^{2+}$  até a profundidade de 0,60 m em solos que receberam o gesso, aumento este explicado pela presença do  $\text{Ca}^{2+}$  no 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 (MASUD et al., 2015; ZANDONÁ et al., 2015; CRUSCIOL et al., 2014; NAVA et al., 2012; CAIRES et al., 2011; SORATTO E CRUSCIOL, 2008).

A movimentação de  $\text{Ca}^{2+}$  no perfil do solo após a aplicação do gesso se deve a movimentação do par iônico  $\text{CaSO}_4^0$ , 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 infiltrada e percolada ao longo do perfil de solo (CAIRES et al., 2011, NEIS et al., 2010).

A capacidade do gesso em aumentar os níveis de  $\text{Ca}^{2+}$  nas camadas mais profundas do solo, conforme observado pela Figura 1, é importante pois estimula o crescimento das raízes

e, conseqüentemente, aumenta a eficiência de uso da água e dos nutrientes pelas plantas (CRUSCIOL et al., 2016, CAIRES et al., 2011, GUIMARÃES et al., 1992). No caso do cafeeiro, este fato é particularmente importante visto que seu sistema radicular pode alcançar elevadas profundidades, de até 2 a 3 metros (NEIS et al., 2010) permitindo que a planta tolere melhor os períodos de veranico ou de estação seca mais prolongada.

Os teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  no solo e na solução, determinados nas diferentes profundidades amostradas encontram-se na Figura 2. Observa-se que o  $\text{SO}_4^{2-}$  apresentou comportamento semelhante ao  $\text{Ca}^{2+}$  ao longo do perfil avaliado em decorrência da formação do par iônico sulfato de cálcio. No tratamento G-0 (controle) ocorreu apenas um aumento no teor de  $\text{SO}_4^{2-}$  disponível no solo na profundidade de 0,40 m devido ao gesso que foi aplicado em área total, antes da aplicação dos tratamentos em linha, e da tendência do  $\text{SO}_4^{2-}$  se acumular naturalmente em camadas inferiores, notadamente abaixo de 0,20 - 0,30 m de profundidade (RAIJ, 2008). O  $\text{SO}_4^{2-}$  nos tratamentos G-7 e G-14 apresentou comportamento semelhante ao do  $\text{Ca}^{2+}$ , sendo encontrado até a profundidade próxima a 1,30 m, com maiores valores para G-14. Além disso, e, semelhantemente ao discutido para o  $\text{Ca}^{2+}$ , o  $\text{SO}_4^{2-}$  foi encontrado em todo o perfil avaliado em concentrações mais elevadas em relação aos demais tratamentos quando se aplicou  $56 \text{ t ha}^{-1}$ . Com relação aos teores disponíveis na solução do solo, não foi observada diferença para o tratamento G-0 ao longo do perfil. Para os tratamentos G-7 e G-14, os teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  foram ligeiramente superiores ao controle até 0,80 m, sendo que, após essa profundidade, o tratamento G-14 tendeu a mostrar um pequeno aumento em relação ao G-7 entre as camadas de 0,80 m a 1,30 m. O tratamento G-56 apresentou teores muito superiores aos demais tratamentos ao longo do perfil, sendo encontrado o sulfato disponível na solução até a profundidade de 1,75 m.



**Figura 2:** Teores disponíveis de  $\text{SO}_4^{2-}$  no solo ( $\text{mg dm}^{-3}$  de solo) (a) e na solução do solo ( $\text{mg dm}^{-3}$  de solução) (b) no perfil do solo em função das doses de gesso aplicadas na cultura do cafeeiro. G0: sem gesso na linha de plantio; G7:  $7 \text{ t ha}^{-1}$  na linha de plantio; G14:  $14 \text{ t ha}^{-1}$  na linha de plantio; G56:  $56 \text{ t ha}^{-1}$  na linha de plantio. Avaliações realizadas 76 meses após a aplicação dos tratamentos. As barras horizontais representam o erro padrão das médias.

Resultados similares foram encontrados por Michalovicz et al. (2014), onde foi encontrado aumento nos teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  em todas as camadas avaliadas até 0,60 m, devido à composição de gesso, com 14% de S (enxofre). 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; CAIRES et al, 2004).

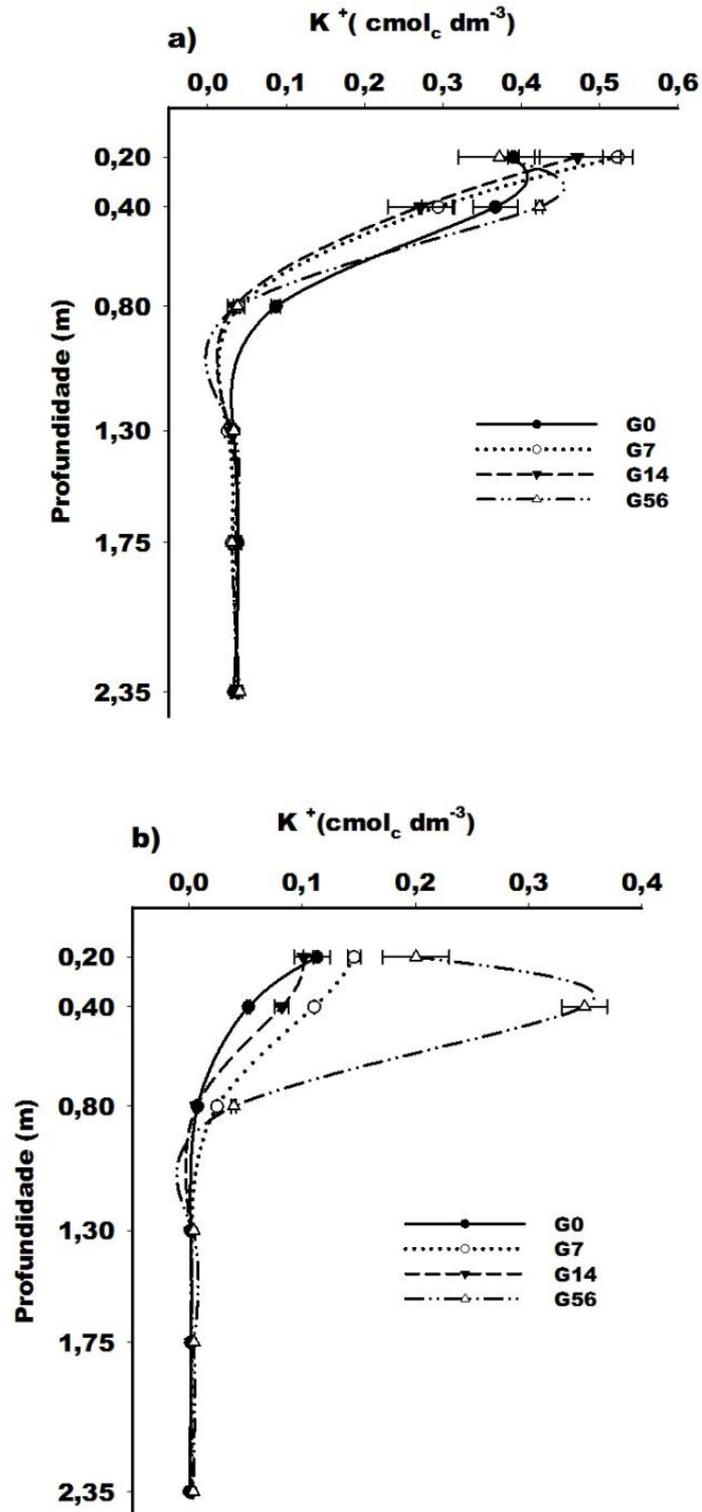
Caires et al. (2011), avaliando a movimentação do  $\text{SO}_4^{2-}$ , até 0,60 m de profundidade, após a aplicação de  $9 \text{ t ha}^{-1}$ , verificaram, 96 meses após aplicação do gesso, que os maiores teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  foram encontrados nas camadas do subsolo de 0,20 a 0,60 m, corroborando com os resultados apresentados na Figura 2a, onde 76 meses após a aplicação do gesso, os maiores teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  encontrados nos tratamentos G-7 e G-14 foram próximas a 0,80 m, e no tratamento G-56 na profundidade de 1,30m. Crusciol et al. (2014) também constataram que o gesso promoveu um aumento nos níveis de  $\text{SO}_4^{2-}$  em todas as camadas avaliadas com a maior concentração nas camadas mais profundas, de 0,20 a 0,60 m, indicando uma grande percolação desse nutriente ao longo do perfil do solo. Por outro lado, Crusciol et al. (2016) relataram, em avaliação realizada 3 meses após a aplicação de  $3 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, que o teor de  $\text{SO}_4^{2-}$  aumentou apenas na camada superficial. Contudo, 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 percolou no solo.

Rampim et al. (2011), avaliando doses de gesso, constataram 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. Outro estudo, avaliando o solo após a aplicação de  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso, não relatou influência nos teores de  $\text{SO}_4^{2-}$  até 0,40 m de profundidade, indicando uma possível descida para camadas inferiores devido ao alto teor de areia no solo avaliado e aos altos índices pluviométricos registrados (Santos et al., 2013).

Os teores de  $K^+$  determinados no solo e na solução encontram-se na Figura 3. O comportamento do  $K^+$  foi semelhante no solo e na solução para os tratamentos aplicados. Nesse contexto, no solo e na solução, os maiores teores de  $K^+$  foram encontrados na camada mais superficial até 0,40 m, onde são aplicados os fertilizantes potássicos. Abaixo de 0,80 m de profundidade, os teores de  $K^+$  não apresentaram diferenças com relação as doses de gesso, devido à baixa concentração de  $K^+$  em relação ao  $Ca^{2+}$ . Na avaliação dos teores disponíveis na solução do solo, maiores concentrações de  $K^+$  foram observadas no tratamento G-56, em relação aos demais tratamentos, até a profundidade de 0,80 m. Comportamento semelhante nos demais tratamentos a partir desta profundidade também foram encontrados, mostrando a relação dos teores disponíveis no solo e na solução.

Em estudos anteriores realizados aos 16 meses após aplicação dos tratamentos, Ramos et al. (2013) demonstraram comportamento semelhante na solução do Latossolo em questão, indicando que o tempo e a precipitação não influenciaram no comportamento do  $K^+$  ao longo do perfil do solo. Dessa forma, os teores maiores de  $K^+$  encontrados na superfície do solo estão relacionados ao manejo da lavoura cafeeira, com aplicações regulares de fertilizantes potássicos.

Outro estudo, avaliando o perfil do solo 3 meses após a aplicação de gesso, revelou que o gesso agrícola não influenciou nos teores de  $K^+$  ao longo do perfil do solo (CRUSCIOL et al., 2016). Resultados semelhantes também foram reportados em outros trabalhos (MICHALOVICZ et al., 2014). Essa ausência de efeito pode ser explicada devido à baixa formação do par iônico  $K_2SO_4^0$  (ZAMBROSI et al., 2008). Quando a concentração do  $K^+$  é muita baixa em relação às concentrações de  $Ca^{2+}$  e  $Mg^{2+}$  no solo e na solução, o  $SO_4^{2-}$  fornecido pelo gesso não vai se ligar ao  $K^+$  devido a competição entre os cátions (NAVA et al., 2012).

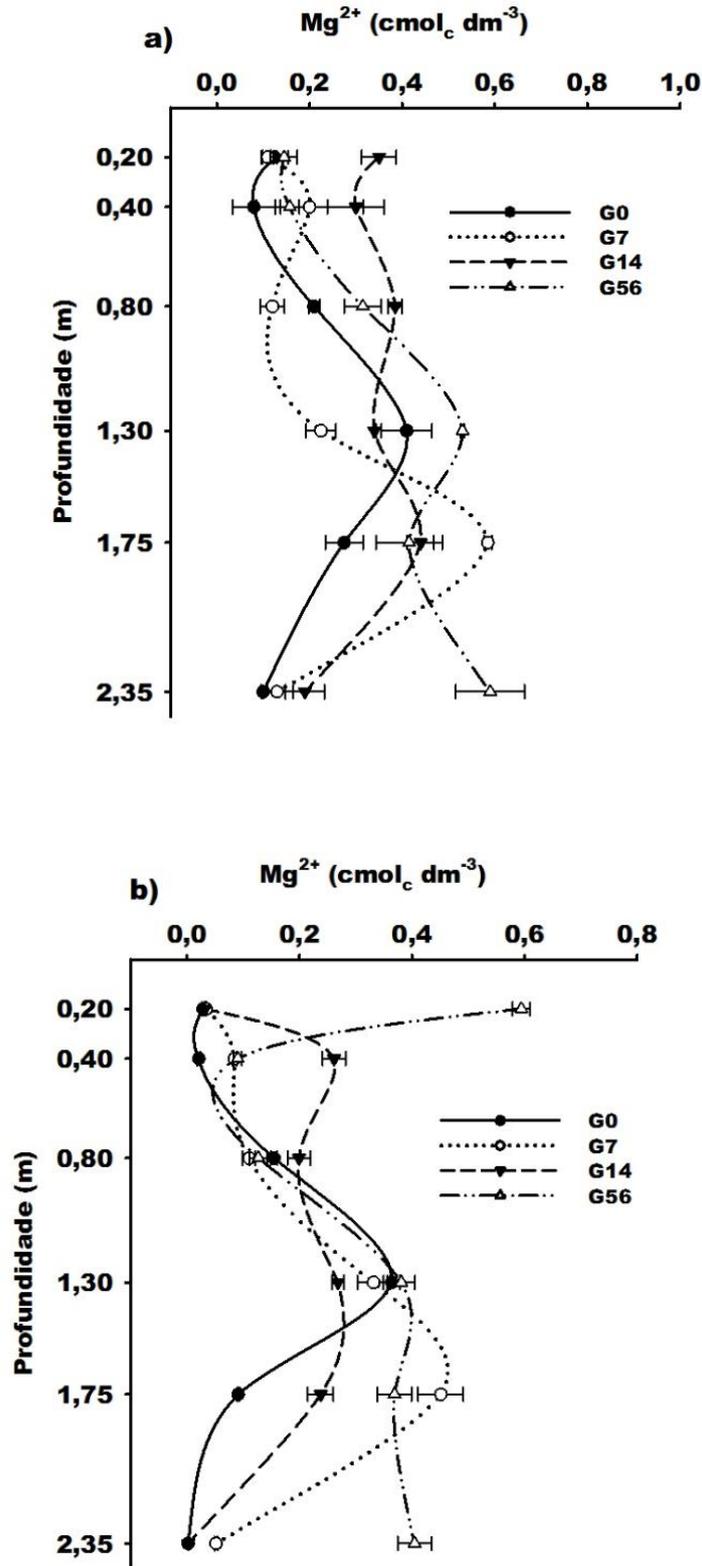


**Figura 3:** Teores disponíveis de  $K^+$  no solo ( $cmol_c dm^{-3}$  de solo) (a) e na solução do solo ( $cmol_c dm^{-3}$  de solução) (b) no perfil do solo em função das doses de gesso aplicadas na cultura do cafeeiro. G0: sem gesso na linha de plantio; G7:  $7 t ha^{-1}$  na linha de plantio; G14:  $14 t ha^{-1}$  na linha de plantio; G56:  $56 t ha^{-1}$  na linha de plantio. Avaliações realizadas 76 meses após a aplicação dos tratamentos. As barras horizontais representam o erro padrão das médias.

Os teores de  $Mg^{2+}$  no solo e na solução encontram-se na Figura 4. Os níveis de  $Mg^{2+}$  apresentaram um comportamento variável ao longo do perfil do solo e na solução do solo. O tratamento G-56 apresentou o maior teor de  $Mg^{2+}$  na profundidade de 2,35 m no solo e na solução. Essa tendência pode indicar lixiviação do cátion ao longo do perfil causada pela alta dose de gesso aplicada.

Resultados encontrados por Ramos et al. (2013), na avaliação aos 16 meses após a aplicação do gesso, mostram que o  $Mg^{2+}$  foi lixiviado da camada superficial para camadas mais profundas em todos os tratamentos comparado ao controle. Nessa avaliação, realizada cinco anos após a primeira (76 meses após a aplicação do gesso em linha), nota-se que o  $Mg^{2+}$  foi encontrado em maiores profundidades ao longo do perfil, indicando a ação do acúmulo do efeito da precipitação ao longo do tempo. Nos tratamentos G-0, G-7 e G-14 foi observado um aumento do teor de  $Mg^{2+}$  até 1,75 m de profundidade, no solo e na solução, diminuindo nas profundidades seguintes. Lima et al. (2013) constataram que com a aplicação de  $1 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso houve um deslocamento de  $Mg^{2+}$  para camadas mais profundas, ocorrendo uma diminuição dos teores nas camadas iniciais, indicando o carreamento do elemento ao longo do perfil abaixo da profundidade avaliada.

O carreamento 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).

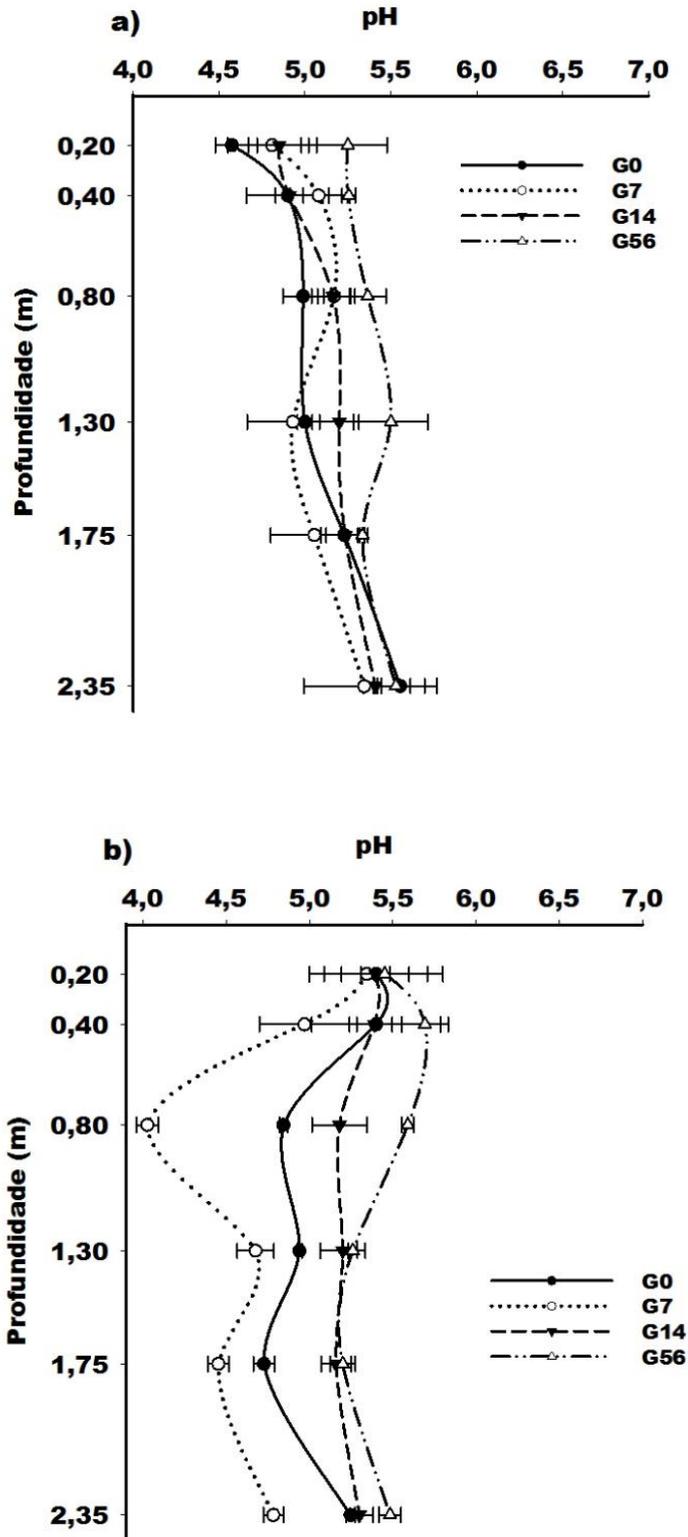


**Figura 4:** Teores disponíveis de  $Mg^{2+}$  no solo ( $cmol_c dm^{-3}$  de solo) (a) e na solução do solo ( $cmol_c dm^{-3}$  de solução) (b) no perfil do solo em função das doses de gesso aplicadas na cultura do cafeeiro. G0: sem gesso na linha de plantio; G7: 7 t  $ha^{-1}$  na linha de plantio; G14: 14 t  $ha^{-1}$  na linha de plantio; G56: 56 t  $ha^{-1}$  na linha de plantio. Avaliações realizadas 76 meses após a aplicação dos tratamentos. As barras horizontais representam o erro padrão das médias.

Os valores de pH no solo em  $\text{CaCl}_2$  na solução estão apresentados na Figura 5. No solo, os valores variaram de 4,57 a 5,55, apresentando maiores valores para o tratamento G-56, até a profundidade 1,75 m. Na solução do solo, os valores de pH foram semelhantes aos encontrados no solo, sendo, da mesma forma, os maiores valores verificados no tratamento G-56.

O gesso por ser um sal neutro e não conter propriedades corretivas de acidez do solo (RAIJ, 2008), não influencia diretamente no pH do solo. Resultados onde o gesso não afetou o pH do solo foram encontrados por diversos autores (CRUSCIOL et al., 2016; ZANDONÁ et al., 2015; MICHALOVICZ et al., 2014; CRUSCIOL et al., 2014; SANTOS et al., 2013; CAIRES et al., 2011; RAMPIM et al., 2011; SORATTO E CRUSCIOL, 2008). Ramos et al. (2013), na avaliação aos 16 meses demonstraram que os valores de pH da solução do solo diminuíram em função do aumento das doses, até a profundidade de 0,80 m, após essa profundidade foi constatado que os maiores valores de pH foram também obtidos pela adição de  $56 \text{ t ha}^{-1}$ . Porém, nessa avaliação 60 meses após a primeira avaliação aos 16 meses (Ramos et al., 2013), constataram-se um aumento do pH da solução do solo em todo o perfil avaliado para o tratamento G-56.

Esse aumento do pH do solo causado pela maior dose de gesso aplicada pode ser explicado devido a reação de substituição na superfície dos colóides, onde o  $\text{SO}_4^{2-}$  desloca o  $\text{OH}^-$  para solução do solo, causando assim a neutralização parcial da acidez do solo, elevando o pH (REEVE e SUMNER, 1972), e também devido a precipitação do  $\text{Al}^{3+}$  em  $\text{Al}(\text{OH})_3$  (CAIRES, et al.2003). Resultados semelhantes foram encontrados por outros autores (CAIRES et al., 2003; CARVALHO e RAIJ, 1997). Em contrapartida, Ernani et al. (2001) verificaram uma diminuição do pH na fase sólida do solo em até duas casas decimais, que foi provavelmente causada pela hidrólise do  $\text{Al}^{3+}$  que foi deslocado das cargas negativas do solo pelo  $\text{Ca}^{2+}$ .

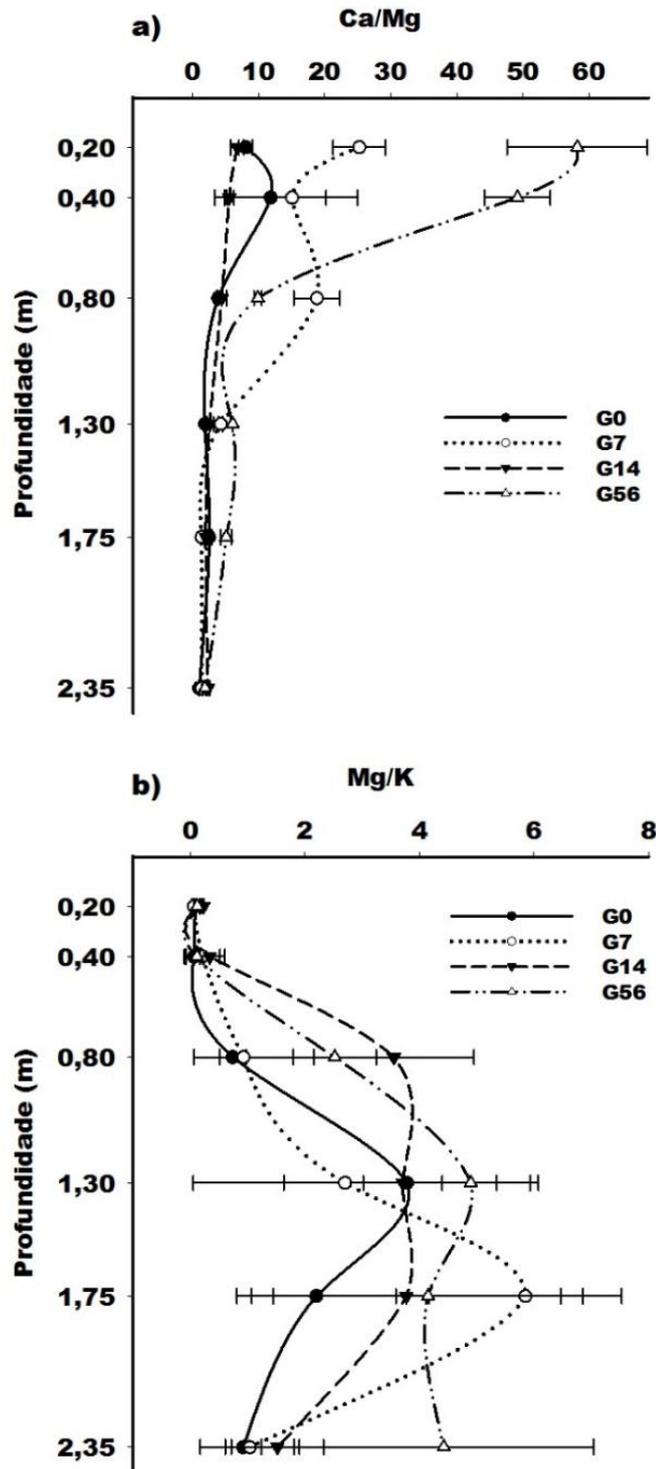


**Figura 4:** pH no solo (a) e na solução do solo (b) no perfil do solo em função das doses de gesso aplicadas na cultura do cafeeiro. G0: sem gesso na linha de plantio; G7: 7 t ha<sup>-1</sup> na linha de plantio; G14: 14 t ha<sup>-1</sup> na linha de plantio; G56: 56 t ha<sup>-1</sup> na linha de plantio. Avaliações realizadas 76 meses após a aplicação dos tratamentos. As barras horizontais representam o erro padrão das médias.

Os valores para as relações Ca/Mg e Mg/K encontrados ao longo do perfil do solo para os diferentes tratamentos encontram-se na Figura 6. Os maiores valores de relação Ca/Mg foram encontrados nas camadas superficiais, sendo que no tratamento G-56 foi verificado o maior valor, devido a maior dose de gesso e, conseqüentemente, de  $\text{Ca}^{2+}$  aplicada. Tendo em vista que a relação considerada como ideal de Ca/Mg para o cultivo de plantas é próxima a 3:1 (RIBEIRO et al., 1999) e que relações acima de 7:1 são consideradas altas (SOUZA e LOBATO, 2004), observa-se que a aplicação de gesso em elevadas doses ocasionou um aumento significativo na relação Ca/Mg das camadas superficiais do solo, chegando próximo a 60:1 quando aplicaram-se  $56 \text{ t ha}^{-1}$ .

Aumento na relação Ca/Mg também foi relatado por Michalovicz et al. (2014). Esses autores constataram um aumento linear nessa relação até a camada de 0,60 m de profundidade. Santos et al. (2013) também relataram o aumento da relação após a aplicação de aproximadamente  $0,5 \text{ t ha}^{-1}$  de gesso até 0,40 m de profundidade. Neste estudo, o aumento dessa relação para próximo a 4:1 aumentou a produção de capim elefante.

A relação Mg/K foi extremamente baixa nas camadas iniciais do solo, até 0,40 m de profundidade. Para as camadas abaixo de 0,40 m, a relação Mg/K foi aumentando gradativamente, chegando a 5,5:1. Tal fato se deve à diminuição dos teores de  $\text{K}^+$  nas maiores profundidades, bem como ao maior teor de  $\text{Mg}^{2+}$  encontrado nas camadas inferiores, notadamente no tratamento G-56. Souza e Lobatto (2004) reportaram que a relação de Mg/K adequada para a maioria das culturas está entre 5 e 15. Segundo esses autores, relações menores, como as encontradas no presente trabalho, podem causar a inibição da absorção do  $\text{Mg}^{2+}$  pela planta.



**Figura 5:** Valores das relações Ca/Mg (a) e Mg/K (b) no perfil do solo em função das doses de gesso aplicadas na cultura do cafeeiro. G0: sem gesso na linha de plantio; G7: 7 t ha<sup>-1</sup> na linha de plantio; G14: 14 t ha<sup>-1</sup> na linha de plantio; G56: 56 t ha<sup>-1</sup> na linha de plantio. Avaliações realizadas 76 meses após a aplicação dos tratamentos. As barras horizontais representam o erro padrão das médias.

Os resultados dos teores disponíveis de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  no solo e na solução, agrupados em três camadas 0,15 a 0,45 m, 0,75 a 1,35 m e 1,65 a 2,45m encontram-se na tabela 2. Os valores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  tanto no solo quanto na solução foram estatisticamente maiores na dose  $56 \text{ t ha}^{-1}$  nas 3 camadas avaliadas, comparando as outras doses de gesso aplicadas. Esses resultados decorrem da aplicação de uma dose muito alta e a composição química do gesso que tem cerca de 17% de Ca e 30% S (BELCHIOR et al., 2010).

Os teores de  $\text{Mg}^{2+}$  disponíveis no solo e também na solução na camada de 1,65 a 2,45 m foram estatisticamente maiores na dosagem de  $56 \text{ t ha}^{-1}$  quando comparadas as menores doses aplicadas e o controle, indicando uma lixiviação do cátion ao longo do perfil avaliado causada pela alta dose de gesso, que desencadeou uma maior formação do par iônico  $\text{MgSO}_4^0$ , lixiviação essa constatadas por alguns autores (NAVA et al., 2012; RAMPIM et al., 2011). Os teores disponíveis de  $\text{K}^+$  no solo e na solução não apresentaram diferenças significativas entre as doses aplicadas, porém ao comparar as profundidades dentro de cada dose, nota-se que as maiores médias encontradas são na camada superficial, podendo ser explicada devido a aplicação dos fertilizantes potássicos na lavoura comercial. Não foi apresentada uma relação com as doses de gesso, indicando a não formação do par iônico com o  $\text{SO}_4^{2-}$  (NAVA et al., 2012).

Analisando em geral todos os resultados apresentados neste trabalho a utilização de gesso agrícola no solo em altas doses (acima das recomendadas), aumenta muito as concentrações de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  em todo o perfil do solo, aumento esse que pode causar desbalanço nutricional na absorção pelas plantas.

**TABELA 2** - Teores de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{Mg}^{2+}$ ,  $\text{K}^+$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  disponíveis no solo e na solução do solo.

Profundidade	Teores disponíveis no solo*			
	G0	G7	G14	G56
	----- $\text{Ca}^{2+}$ cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	1,07 A d	3,82 A b	2,24 A c	8,23 A a
0,75 - 1,35 m	0,83 B d	2,06 B c	2,31 A b	3,24 B a
1,65 - 2,45 m	0,48 C c	0,44 C c	0,70 B b	1,83 C a
	----- $\text{Mg}^{2+}$ cmol <sub>c</sub> dm <sup>-3</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	0,13 B b	0,21 B b	0,37 A a	0,17 C b
0,75 - 1,35 m	0,33 A a	0,20 B b	0,37 A a	0,44 B a
1,65 - 2,45 m	0,20 B c	0,38 A b	0,34 A b	0,57 A a
	----- $\text{K}^+$ mg dm <sup>-3</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	154,00 A a	166,00 A a	161,50 A a	165,00 A a
0,75 - 1,35 m	24,66 B a	14,50 B a	13,66 B a	14,66 B a
1,65 - 2,45 m	15,00 B a	14,33 B a	17,00 B a	15,00 B a
	----- $\text{SO}_4^{2-}$ mg dm <sup>-3</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	12,84 A d	33,13 A c	54,02 A b	142,20 A a
0,75 - 1,35 m	5,76 A d	38,25 A c	59,26 A b	156,02 A a
1,65 - 2,45 m	6,13 A b	4,07 B b	6,80 B b	78,46 B a
Profundidade	Teores disponíveis na solução do solo**			
	G0	G7	G14	G56
	----- $\text{Ca}^{2+}$ mg L <sup>-1</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	12,98 A c	28,17 B c	313,37 A b	1147,13 A a
0,75 - 1,35 m	44,77 A d	151,70 A c	275,85 A b	542,00 B a
1,65 - 2,45 m	19,98 A b	40,49 B b	27,55 B b	237,03 C a
	----- $\text{Mg}^{2+}$ mg L <sup>-1</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	3,06 B d	7,22 B c	17,80 B b	41,66 B a
0,75 - 1,35 m	31,53 A a	26,87 A a	28,40 A a	30,87 C a
1,65 - 2,45 m	5,67 B d	30,58 A b	14,59 B c	47,00 A a
	----- $\text{K}^+$ mg L <sup>-1</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	32,37 A c	50,14 A b	35,87 A c	107,48 A a
0,75 - 1,35 m	1,74 B a	5,31 B a	1,52 B a	8,57 B a
1,65 - 2,45 m	0,47 B a	0,79 B a	0,56 B a	1,59 B a
	----- $\text{SO}_4^{2-}$ mg L <sup>-1</sup> -----			
0,15 - 0,45 m	3,26 A b	100,92 A b	129,38 A b	3103,23 A a
0,75 - 1,35 m	5,09 A b	127,00 A b	40,16 A b	1451,65 B a
1,65 - 2,45 m	0,41 A a	2,63 A a	0,04 A a	36,26 C a

Letras iguais minúsculas, na linha, e maiúsculas, nas colunas, não diferem estatisticamente entre-si pelo teste de Scott knott a 0,05 de significância.

\* Variáveis determinadas no solo, com os seguintes coeficientes de variação:  $\text{Ca}^{2+}$  CV = 5,45%;  $\text{Mg}^{2+}$  CV = 16,88%;  $\text{K}^+$  CV = 9,30%;  $\text{SO}_4^{2-}$  CV = 21,02%.

\*\*Variáveis determinadas na solução do solo, com os seguintes coeficientes de variação:  $\text{Ca}^{2+}$  CV =9,38%;  $\text{Mg}^{2+}$  CV =9,90%;  $\text{K}^+$  CV =23,23%;  $\text{SO}_4^{2-}$  CV =18,04%.

Fonte: do autor.

#### 4 CONCLUSÕES

Os teores dos íons no perfil do solo apresentaram comportamento semelhante nas análises realizadas com os extratores químicos e na solução do solo coletada pelo extrato saturado.

Os teores de  $\text{Ca}^{2+}$  e  $\text{SO}_4^{2-}$  aumentaram em razão da dose de gesso aplicada à linha de plantio, em todas as profundidades avaliadas, principalmente com a aplicação de  $56 \text{ t ha}^{-1}$ .

Não há alteração nos teores disponíveis de  $\text{K}^+$  ao longo do perfil pela aplicação de doses crescentes de gesso.

No geral, os teores disponíveis de  $\text{Mg}^{2+}$  tenderam a ser lixiviados para as camadas mais profundas do perfil, com destaque para a dose de  $56 \text{ t ha}^{-1}$ .

O pH apresentou uma tendência a aumentar com o aumento da dose de gesso.

O aumento da dose de gesso aumenta a disponibilidade de  $\text{Ca}^{2+}$ ,  $\text{SO}_4^{2-}$  e  $\text{Mg}^{2+}$  em profundidade, que pode causar desbalanço nutricional em superfície, devido ao aumento da relação Ca/Mg no solo.

## REFERÊNCIAS

ALVAREZ, V. H. V. et al. Interpretação dos resultados das análises de solos. In: RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. (Ed.). **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais - 5ª aproximação**. Viçosa: Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais, 1999. p. 25-32.

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

BELCHIOR, E. B. et al. **Avaliações dos impactos do uso de gesso agrícola na cultura de soja em algumas áreas do cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrado, 2010. 34 p. (Documentos, 297).

BLISKA, F. M. et al. Geração de emprego na cafeicultura brasileira. In: SIMPÓSIO DE PESQUISA DOS CAFÉS DO BRASIL, 6., 2009, Vitória. **Anais...** Vitória: Embrapa Café, 2009. p. 1-7.

CAIRES, E. F. et al. 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**, Viçosa, v. 27, n. 2, p. 275-286, mar./abr. 2003.

\_\_\_\_\_. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 28, p. 125-136, 2004.

\_\_\_\_\_. Surface application of gypsum in low acidic Oxisol under no-till cropping system. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v. 68, n. 2, p. 45-53, mar./abr. 2011.

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.

CARVALHO, M. C. S.; VAN RAIJ, B. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant and Soil**, The Hague, v. 192, n. 1, p. 37-48, May 1997.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - CONAB. **Café Brasil**: série histórica de produção. Brasília: Conab, 2017. Disponível em: <[http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17\\_01\\_17\\_14\\_51\\_54\\_boletim\\_cafe\\_-\\_janeiro\\_de\\_2017](http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/17_01_17_14_51_54_boletim_cafe_-_janeiro_de_2017)>. Acesso em: 10 mar. 2017.

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.

CRUSCIOL, C. A. C. et al. 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.

\_\_\_\_\_. 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, Feb. 2016.

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 Agricola**, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, out./dez. 2001.

FERREIRA, D. F. SISVAR: um programa para análises e ensino de estatística. **Revista Symposium**, Lavras, v. 6, p. 36-41, 2008.

GUIMARÃES, P. T. G. O uso do gesso agrícola na cultura do cafeeiro. In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DO GESSO NA AGRICULTURA, 2., 1992, Uberaba. **Anais...** Uberaba: [s.n.], 1992. p. 190.

MARQUES, E. S.; FAQUIN, V.; GUIMARÃES, P. T. G. Teores foliares de nutrientes no cafeeiro (*Coffea arabica* L.) em resposta a calcário e gesso. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 23, n. 1, p. 140-151, jan./mar. 1999.

MASUD, M. M.; LI, J. Y.; XU, R. K. Application of alkaline slag and phosphogypsum for alleviating soil acidity in an Ultisol profile: a short-term leaching experiment. **Journal of Soil and Sediments**, Oxford, v. 15, n. 2, p. 365–373, Feb. 2015.

MATIELLO, J. B. et al. **Cultura do café no Brasil:** manual de recomendações. Varginha: PROCAFÉ, 2010. 500 p.

MENEGASSE, L. N.; GONÇALVES, J. M.; FANTINEL, L. M. Disponibilidades hídricas na Província Cárstica de Arcos-Pains-Doresópolis, Alto São Francisco, Minas Gerais, Brasil. **Revista Águas Subterrâneas**, São Paulo, v. 16, p. 1-19, 2002.

MICHALOVICZ, L. et al. Soil fertility, nutrition and yield of maize and barley with gypsum application on soil surface in no-till. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 5, p. 1496-1505, set./out. 2014.

NAVA, G. et al. 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.

NAZARENO, R. B. et al. Crescimento inicial do cafeeiro Rubi em resposta a doses de nitrogênio, fósforo e potássio e a regimes hídricos. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 38, n. 8, p. 903-910, ago. 2003.

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, mar./abr. 2010.

PAULETTI, V. et al. Long-term effects of the application of gypsum and lime in a no-till system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 38, n. 2, p. 495–505, mar./abr. 2014.

RAIJ, V. B. **Gesso agrícola na melhoria do ambiente radicular no subsolo**. São Paulo: Associação Nacional para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, 1988. 88 p.

\_\_\_\_\_. **Gesso na agricultura**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. 233 p.

RAMOS, B. Z. et al. 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. et al. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 35, n. 5, p. 1687-1698, set./out. 2011.

REEVE, N. G.; SUMNER, M. E. Amelioration of subsoil acidity in natal oxisols by leaching surface applied amendments. **Agrochimophysics**, Pretoria, v. 4, n. 1, p. 1–6, jan. 1972.

RENA, A. B.; GUIMARÃES, P. T. G. **Sistema radicular do cafeeiro**: estrutura, distribuição, atividade e fatores que o influenciam. Belo Horizonte: EPAMIG, 2000. 80 p.

ROCHA, A. T. et al. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de açúcar. **Revista Brasileira Ciências Agrônômicas**, Recife, v. 3, n. 4, p. 307-312, out./dez. 2008.

SANTOS, R. L. et al. Produção de capim elefante e movimentação de cátions em função de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 17, n. 10, p. 1030–1037, out. 2013.

SERAFIM, M. E. et al. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**, Campinas, v. 71, n. 1, p. 75-81, mar. 2012.

SERAFIM, M. E. et al. Sistema conservacionista e de manejo intensivo do solo no cultivo de cafeeiros na região do alto São Francisco, MG: um estudo de caso. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 27, n. 6, p. 964-977, nov./dez. 2011.

SORATTO, R. P.; CRUSCIOL, C. A. C. Chemical soil attributes as affected by lime and phosphogypsum surface application in a recently established no-tillage system. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 32, n. 2, p. 675–688, mar./abr. 2008.

SOUZA, D. M. G.; LOBATO, S.; REIN, T. A. **Uso de gesso agrícola nos solos do Cerrado**. Planaltina: Embrapa Cerrados, 2005. 19 p. (Circular Técnica, 32).

TOMA, M. et al. Long term effects of gypsum on crop yield and subsoil chemical properties. **Soil Science Society of America Journal**, Madison, v. 63, p. 891–895, July/Aug. 1999.

WOLT, J. D. Obtaining soil solution: laboratory methods. In: \_\_\_\_\_. **Soil solution chemistry: applications to environmental science and agriculture**. New York: John Wiley & Sons, 1994. p. 95-120.

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. et al. 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.