



MATEUS BILISÁRIO DE ASSIS

**Caracterização química do perfil de Latossolo Vermelho
Distrófico submetido a doses de gesso agrícola em colunas de
lixiviação**

LAVRAS – MG

2019

MATEUS BILISÁRIO DE ASSIS

**Caracterização química do perfil de Latossolo Vermelho
Distrófico submetido a doses de gesso agrícola em colunas de
lixiviação**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do curso
de Agronomia, para obtenção do título de
Bacharel.

Professor DSc. Guilherme Lopes

Orientador

MSc. Raul Guimarães Ferraz

Coorientador

LAVRAS – MG

2019

MATEUS BILISÁRIO DE ASSIS

**Caracterização química do perfil de Latossolo Vermelho
Distrófico submetido a doses de gesso agrícola em colunas de
lixiviação**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado à Universidade Federal de
Lavras, como parte das exigências do curso
de Agronomia, para obtenção do título de
Bacharel.

APROVADO em _____ de 2019

DSc. Josimar Henrique de Lima Lessa UFLA

MSc. Raul Magalhães Ferraz UFLA

Professor DSc. Guilherme Lopes

Orientador

MSc. Raul Guimarães Ferraz

Coorientador

LAVRAS – MG

2019

*“Quando as raízes são profundas não há razão
para temer o vento” provérbio chinês
Dedico a minha família, que é minha base de
sustento.*

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar, quero agradecer a Deus, pelo dom da vida, por minha saúde física e mental, pela proteção diária e por me proporcionar a oportunidade de estar aqui hoje realizando um sonho de infância ao lado de pessoas especiais que contribuíram de forma imprescindível no meu desenvolvimento.

À toda minha família, que sempre me apoiaram em minhas decisões, me deram conselhos, me corrigiram nos meus momentos de falha, sempre me incentivaram a ser uma pessoa honesta, sincera e que trabalha para alcançar objetivos.

À minha mãe Ozânia, meu pai Sérgio, minha irmã Maria e meu irmão Gustavo por compreenderem minha ausência em casa deste o momento que sai no ano de 2011. Por estarem ao meu lado nos momentos bons e ruins, por me ajudarem de todas as formas possíveis e por me proporcionar uma verdadeira experiência do que é uma família.

Ao meu padrinho de batismo Marcelo que foi quem deu o impulso inicial para que eu saísse ainda adolescente de casa e fosse buscar minha qualificação profissional. Por me ajudar em muitas tomadas de decisões e sempre me estimular a querer mais.

Ao meu tio Renato, por compartilhar comigo parte do seu conhecimento técnico e pelas oportunidades de estágio, trabalho e viagens.

Ao professor Guilherme Lopes, orientador deste e de outros trabalhos, obrigado pela orientação e ensinamentos.

A todos da equipe do departamento de solos, pelo companheirismo nos projetos e também pelos momentos de descontração. E em especial para este trabalho, Raul e Luiz por esta relação de forte amizade e trabalho em equipe que construímos.

Ao CNPq pela concessão da minha bolsa de Iniciação Científica. E também a CAPES e FAPEMIG pelos apoios nos projetos durante todos os anos.

À UFLA por tudo que me proporcionou desde o momento em que fui aprovado no processo seletivo e ao DCS por todo o aprendizado e experiências que me proporcionou.

Aos meus amigos de UFLA que fizeram parte da minha caminhada até aqui. E em especial a meu amigo/irmão de apartamento Alex e aos demais amigos do 111 bloco 1, por todos os momentos que passamos juntos.

Obrigado pelo carinho, convivência e paciência durante esses pouco mais de 3 anos. A todos que de certa forma contribuíram no desenvolvimento deste trabalho, os meus sinceros agradecimentos

RESUMO

A forte agricultura brasileira aumentou sua área de exploração especialmente em Latossolos, apesar deste apresentar algumas limitações, como a toxicidade do alumínio, baixa fertilidade e períodos de seca prolongados. Neste contexto, boas práticas de manejo do solo para mitigar tais limitações são necessárias. Como essas limitações vão além da camada arável do solo, a aplicação de gesso agrícola torna-se uma alternativa eficiente para uma melhoria na fertilidade ao longo do perfil do solo para aprofundar o sistema radicular, a fim de aumentar a absorção de nutrientes e água nas camadas mais profundas. Entretanto, altas doses de gesso podem causar desequilíbrio entre Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ . O objetivo deste trabalho foi caracterizar quimicamente o perfil de um Latossolo submetido a diferentes doses de gesso após sucessivas lixiviações. O solo foi coletado até 1 m de profundidade (em 5 camadas estratificadas), corrigido na camada arável e colocado em colunas de lixiviação distribuídas em delineamento inteiramente casualizado (DIC). Esse estudo contou com 6 doses de gesso aplicadas na superfície das colunas e 5 profundidades diferentes de coleta dos solos após sucessivas lixiviações, com 3 repetições. Após decorridos 516 dias da aplicação do gesso e a adição de um total de 1624 mm de água, 108 amostras de solo foram coletadas para caracterização química por meio de análise de fertilidade do solo, bem como a condutividade elétrica (CE). Os valores de Ca^{2+} e pH tenderam a aumentar com a elevação das doses de gesso na camada superficial e na camada 0,4 m. Os valores de Mg^{2+} , K^+ , T, t e V% aumentaram e os de Al^{3+} diminuíram até a camada 0,4 m com o aumento das doses de gesso. A adição de fósforo (P) na camada de arável e de SO_4^{2-} até a camada 0,6 m, com o aumento das doses de gesso, foi relevante. Houve acréscimo da CE até 0,4 m o que evidencia a translocação vertical de íons com o uso de maiores doses de gesso.

Palavras-chave: Gesso agrícola; lixiviação; fertilidade do solo; condutividade elétrica; condicionador de solo.

SUMÁRIO

AGRADECIMENTOS	5
1 INTRODUÇÃO.....	7
2 REFERENCIAL TEÓRICO.....	9
2.1 Gesso agrícola.....	9
2.2 Gesso na agricultura.....	9
2.3 Gesso agrícola: influência nas características químicas do solo.....	11
3 MATERIAL E MÉTODOS.....	12
3.1 Coleta e caracterização inicial do solo.....	12
3.2 Calagem das amostras de 0-0,1 e 0-0,2 m	12
3.3 Montagem das colunas, aplicação dos tratamentos e condução do experimento	13
3.4 Análises realizadas.....	14
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	17
4.1 Caracterização do solo antes e depois da correção com calcário	17
4.1.1 Caracterização da camada arável do solo virgem (0-0,2 m).....	17
4.1.2 Caracterização da camada arável do solo após a correção (0-0,2 m)	18
4.2 Teores de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e SB).....	19
4.3 CTC efetiva (t) e CTC potencial (T).....	23
4.4 Alumínio trocável (Al^{3+}), m% e pH.....	25
4.5 Saturação por bases (V%).....	28
4.6 Sulfato (SO_4^{2-}) e fósforo (P)	29
4.7 Condutividade elétrica (CE)	31
5 CONCLUSÕES	32
REFERÊNCIAS	33

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é conhecido mundialmente por sua forte agricultura, sendo o segundo maior produtor de soja, o terceiro maior produto de milho e o maior produtor de café do mundo (ABIC, 2019; EMBRAPA, 2018). Para impulsionar sua produção, a agricultura brasileira teve de expandir suas fronteiras agrícolas ao longo de décadas de muitos trabalhos e desafios (SICSÚ, 2000). Esta exploração abrangeu solos dos mais variados tipos, desde alta até baixíssimas fertilidades.

Dentre esses solos, encontram-se os do bioma Cerrado que, em sua maioria, se apresentam altamente intemperizados, o que resulta em uma baixa fertilidade natural, elevadas saturações por alumínio (Al^{3+}), tanto na camada arável quanto nas camadas mais profundas do solo, e valores de pH inadequados para a maioria das culturas (LOPES, 1983; SOUZA & LOBATTO, 2004).

Para correção destes solos, a prática da calagem se torna imprescindível, uma vez que esta promove o aporte das bases Ca^{2+} e Mg^{2+} , neutraliza o alumínio tóxico e eleva o pH, além de reduzir a fixação de fósforo (PÁDUA et al, 2006). A melhora do ambiente para o crescimento radicular resulta em melhor aproveitamento dos nutrientes pelas raízes, e conseqüentemente subsidia altas produções (FAGERIA, 2001).

Contudo, devido à baixa solubilidade do calcário, os efeitos benéficos deste ficam restritos a camada arável (0-20 cm) e, como os Latossolos apresentam sérias limitações nas camadas mais profundas que dificultam a exploração do subsolo pelo sistema radicular das plantas, que é de vital importância na ocorrência de veranicos, são necessárias correções em maiores profundidades (FERRAZ, 2017).

Duas alternativas podem ser adotadas para contornar tal problema (corrigir o solo em maiores profundidades): a aração profunda para incorporar o calcário até próximo dos 40 cm de profundidade ou o uso de gesso agrícola. A primeira opção é extremamente onerosa, exige maquinário de elevada potência e é inviável na adoção do sistema de plantio direto ou quando a cultura perene já está instalada na área. A segunda por outro lado apresenta-se mais viável economicamente e trás, ainda, outros benefícios consigo (CAIRES et al., 1998; RAIJ et al., 2008).

O gesso agrícola, um subproduto da indústria de fertilizantes fosfatados, por ser um sal neutro não altera o pH do solo, é cerca de 150 vezes mais solúvel que o calcário e ao entrar em contato com água no solo se dissocia em Ca^{2+} e SO_4^{2-} , descendo no perfil do solo (NUERNBERG et al., 2005; VITTI et al., 2008). Ao se solubilizar, o gesso agrícola se dissocia em $\text{Ca}^{2+} + \text{SO}_4^{2-} + \text{CaSO}_4^0 + 4\text{H}_2\text{O}$. E, a partir deste momento o íon sulfato (SO_4^{2-}) pode se ligar aos íons K^+ , Mg^{2+} e o próprio Ca^{2+} , formando compostos de carga zero que não são adsorvidas pelos colóides do solo e descem no perfil. Em camadas mais profundas, há uma nova dissociação, e o SO_4^{2-} pode se ligar ao Al^{3+} , formando o composto ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$), uma forma não tóxica às raízes das plantas, e há a liberação das bases K^+ , Mg^{2+} e Ca^{2+} (PAULETTI et al., 2014). A complexação do alumínio em uma forma menos tóxica e o aumento da saturação por bases nas camadas mais profundas aumenta o campo exploratório do sistema radicular vegetal possibilitando a absorção de mais água em momentos de déficit hídrico (ERNANI et al., 2001; RAIJ, 2008; RITCHEY et al., 1980; RENA; GUIMARÃES, 2000).

Para se alcançar os benefícios do gesso descritos acima, as doses aplicadas aos solos são de suma importância, uma vez que valores elevados podem gerar lixiviação excessiva de bases para o subsolo e, conseqüentemente, perdas dessas e contaminação de lençóis freáticos (PEREIRA, 2007). Além disso, o alto teor de Ca^{2+} fornecido pelas elevadas doses de gesso

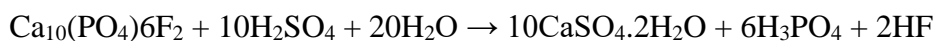
pode impossibilitar a absorção de K^+ e Mg^{2+} por inibição competitiva, uma vez que estes íons compartilham o mesmo sítio de absorção na raiz da planta (MARQUES et al., 1999).

Neste contexto, o objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos de diferentes doses de gesso sobre as características químicas ao longo do perfil de um Latossolo Vermelho distrófico em colunas de lixiviação.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 Gesso agrícola

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ – Sulfato de Cálcio) se origina da reação do ácido sulfúrico + água com a rocha fosfática apatita (Fórmula química: $\text{Ca}_5(\text{PO}_4)_3(\text{F}, \text{Cl}, \text{OH})$) para a produção de ácido fosfórico nas indústrias de fertilizantes fosfatados (FERRAZ, 2017; RAMOS et al., 2012; SOUZA, 2005). A produção de uma tonelada de ácido fosfórico gera como resíduo, além do ácido fluorídrico, 5,5 toneladas de gesso (FERRAZ, 2017). De forma simplificada, essa reação pode ser representada conforme abaixo:



A composição química do gesso agrícola inclui SO_4^{2-} (25 - 28%), umidade livre (15 - 17%), Ca^{2+} (17 - 20%), P_2O_5 (0,6 - 0,75%), F (0,67 - 3,2%) e SiO_2 (1,26 - 3,2%) (KORNDORFER, 2010). As principais fabricantes de fertilizantes que comercializam gesso agrícola no Brasil são a Algo American Brasil em Cubatão-SP, Caraíba Metais em Camacari-BA, Fosfértil em Uberaba-MG, Agronelli em Uberaba-MG e Nitron em Catalão-GO (BARBOSA et al., 2010). Por sua composição e por ser um resíduo da indústria teria um preço acessível ao produtor se não fosse o desafio do frete para regiões mais afastadas dos centros produtores devido à grande dependência do transporte rodoviário (BARBOSA et al., 2010; CÚSTODIO et al., 2005).

De acordo com a Instrução Normativa SDA nº 35, de 4 de julho de 2006, (SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA, 2006), o gesso agrícola é classificado como um corretor de sodicidade e não com corretivo de solo por não ter a capacidade de elevar o pH do mesmo e deve ter os teores mínimos de 16% de Ca, 22% de CaO e 13% de S.

Na agricultura brasileira, o gesso tem sido utilizado como condicionador de solo, ou seja, como forma de fornecer Ca^{2+} , SO_4^{2-} e complexação do Al^{3+} em profundidade; o que possibilita uma melhor exploração do sistema radicular das plantas (FERRAZ, 2017).

2.2 Gesso na agricultura

A prática da calagem é de fundamental importância para produção em solo brasileiros, que são em sua maioria altamente intemperizados, pobres em cátions trocáveis, apresentam

baixo pH, elevada adsorção de P e concentração de Al^{3+} (SILVA, 2008). Mas o calcário, devido a sua baixíssima solubilidade somente é capaz de corrigir a camada superficial do solo quando este é aplicado em superfície e não se faz o revolvimento do solo (RAMPIM et al., 2011).

Os primeiros estudos com gesso agrícola começaram nos primeiros anos da década de 70 quando um agricultor paranaense, Sr. Luiz de Souza Lima, comprou uma fazenda em Brasília. Ainda muito atrelado as tradições do sul do país, este agricultor utilizava superfosfato simples como fonte de fósforo (P), que apresenta gesso em sua composição, enquanto os demais agricultores da região utilizavam termofosfato e superfosfato triplo, que não possuem gesso em sua composição. Depois de 10 a 12 de cultivos, houve um veranico de mais de 20 dias na região que fez as lavouras de soja e milho dos produtores da região apresentarem severos sintomas de deficiência hídrica, com exceção das lavouras do Sr. Luiz Lima (LOPES; GUILHERME, 2007). Sabe-se que o superfosfato simples apresenta em sua composição cerca de 50% de gesso (SILVA, 2008).

Como a exploração de camadas mais profundas de solo é interessante do ponto de vista de produção, a utilização de gesso agrícola pode ser uma alternativa para corrigir o perfil do solo, adicionando Ca^{2+} e complexando o Al^{3+} e possibilitando o aprofundamento do sistema radicular (CAIRES et al., 2004).

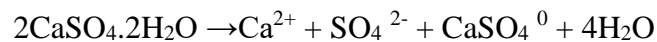
Caires et al. (2004) observaram que as doses de gesso em seu experimento aumentaram as concentrações de nitrogênio (N), potássio (K) e cálcio (Ca) e reduziram linearmente os teores de magnésio (Mg) nas folhas de milho. Já os teores de P e S no tecido foliar do milho não foram influenciados pelas doses de gesso aplicadas. Outros autores como Sousa e Ritchey (1986), com plantio de milho, Rajj et al. (1988) com plantio de sorgo e novamente Caires et al. (2001) com plantio de cevada observaram o efeito favorável do gesso na absorção de N por essas culturas. Pauletti et al. (2014) observaram aumento da produção de trigo quando o gesso foi aplicado; segundo o artigo, isso confirma a relação existente entre as poaceas e gesso uma vez que estas as absorvem com maior eficiência cátions monovalentes; assim, com a presença de cátions divalentes em profundidade devido a aplicação do gesso favoreceu a absorção desses e conseqüentemente acentuou seu desenvolvimento.

Rosa Junior et al. (2007) concluíram em seu trabalho que o gesso tem a capacidade de melhorar a parte física do solo, elevando o tamanho dos agregados, diminuindo os valores de argila dispersa em água (ADA) e, por conseqüência, aumenta a porosidade do solo. Fato este que pode ser explicado, segundo Rosa Junior et al. (2001), pelo fornecimento de cátions que, possivelmente, neutralizariam parte das cargas negativas que estavam presentes no meio e isso

proporciona condições de aproximação dos agregando e, dessa forma, reduz-se a quantidade de partículas livres e/ou dispersas em água.

2.3 Gesso agrícola: influência nas características químicas do solo

Após aplicado no solo, o gesso agrícola inicia sua reação após obter a quantidade de água necessária para solubilizar e pode ser representada da seguinte maneira:



Assim que houver dissolução do sulfato de cálcio, há a possibilidade do Ca^{2+} se ligar ao complexo de troca de solo e deslocar para a solução íons como o Mg^{2+} , K^+ , e Al^{3+} que podem permanecer em solução ou forma compostos iônicos com o SO_4^{2-} (MgSO_4^0 , K_2SO_4^0 e $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$). A formação do sulfato de alumínio ($\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$) é interessante uma vez que este é menos tóxico as plantas (MATIELLO et al., 2008).

Pauletti et al. (2014) em seu experimento contendo as doses de gesso agrícola 0; 1,5; 3,0; 6,0 e 12 t ha⁻¹ observou a translocação das bases Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ para a subsuperfície, o que contribui para a construção da fertilidade no perfil do solo (RESENDE et al., 2016). A descida destas bases contribui para maior aprofundamento radicular, maior absorção de nutrientes e água, atenuação dos efeitos do alumínio e aumento do teor de carbono no solo, potencializando todos o benefício da matéria orgânica nos atributos químicos, físicos e biológicos do solo (VEZZANI et al., 2008).

Os efeitos do gesso no solo são inegavelmente positivos, mas as doses altas utilizadas em alguns casos, acima das doses preditas por boletins técnicos (RAIJ, 2008; SOUSA et al., 2005; VITTI et al., 2008;), pode gerar uma lixiviação excessiva de bases de forma que o sistema radicular da planta não consiga recupera-las e estes sejam terminantemente perdidos.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Coleta e caracterização inicial do solo

Para montagem do experimento, foi utilizado um Latossolo Vermelho distrófico, coletado em um local de mata nativa nas dependências do campus da UFLA (Figura 1). No momento das coletas, foram separadas as camadas das profundidades de 0 a 0,1, 0,1 a 0,2, 0,2 a 0,4, 0,4 a 0,6 e 0,6 a 1 m e colocadas em sacos plásticos devidamente identificados. Após a coleta, todas as amostras de solo foram secas ao ar, peneiradas (malha de 4 mm) e analisadas quanto a composição química no Laboratório de Fertilidade do Solo do Departamento de Ciências do Solo (DCS).

Figuras 1: Coleta do solo



Fonte: Raul Magalhães (2017)

3.2 Calagem das amostras de 0-0,1 e 0-0,2 m

Foi feita, previamente, correção na camada superficial do solo (0 a 0,2 m), objetivando a elevação do Ca^{2+} para 45% da CTC e o Mg^{2+} para 15%, e potassagem, objetivando a elevação do teor de K^{+} a 5 % da CTC, com o uso de óxido de cálcio (PA) e óxido de magnésio (PA) e fosfato de potássio, respectivamente.

O solo então foi incubado com adição de água deionizada de forma a deixar a umidade próxima de capacidade de campo e agitação do solo como forma de aumentar o contato dos corretivos com o solo e acelerar a reação (Figura 2).

Figura 2: Solo incubado



Fonte: Do autor (2018)

3.3 Montagem das colunas, aplicação dos tratamentos e condução do experimento

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado (DIC) no esquema fatorial 6x5, avaliando o efeito de 6 doses de gesso (0, 1,5, 3, 7, 11 e 15 t ha⁻¹) em 5 profundidades (0,1, 0,2, 0,4, 0,6 e 1,0 m) com 3 repetições, em casa de vegetação do Departamento de Ciência do Solo (DCS) UFLA.

As colunas foram feitas com tubos de PVC de 150 mm, onde foram adicionados os solos nas camadas correspondentes de forma a se ter colunas com solo nas profundidades 0-0,1; 0,0,2; 0-0,4; 0-0,6 e 0-1 m de profundidade.

Cada segmento da coluna foi colado com fita waterproof de forma a manter sua estrutura e evitar o vazamento de solo e água. O fundo das colunas era vasado para evitar encharcamento do solo.

As doses de gesso foram aplicadas em superfície das colunas, dentro de anéis de plástico para impedir o escoamento lateral nas colunas (Figura 3). Sobre esse mesmo anel foi aplicado um total de 1.624 (mil seiscentos e vinte e quatro) mm de água destilada (Figura 3) num período de 516 dias após a aplicação das doses de gesso. A aplicação de água foi feita no intuito de deixar a umidade do solo próximo da capacidade de campo e de promover a percolação do

gesso, bem como sucessivas coletas de lixiviado, cujo resultados fará parte de outro trabalho dentro do grupo de pesquisa.

Figura 3: Montagem das colunas, aplicação das doses de gesso e condução do experimento.



Fonte: Do autor (2018)

3.4 Análises realizadas

Para análise do solo, foram coletadas fatias de solo, de 2 cm de altura, nas camadas 0-0,02 e 0,08-0,1 m de profundidade na coluna de 0-0,1 m e nas demais de 0,18-0,20, 0,38-0,40, 0,58-0,60 e 0,98-1 m nas profundidades de 0-0,2; 0-0,4; 0-0,6 e 0-1 m de profundidade (Figura 4). As amostras coletadas foram identificadas, protocoladas e enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo – DCS para análise química de fertilidade (Figura 4).

No Laboratório de Fertilidade do Solo, seguiu-se a metodologia da Embrapa para análise química do solo (1997). Sendo o Ca^{2+} , o Mg^{2+} e Al^{3+} extraídos pelo método $\text{KCl } 1 \text{ mol L}^{-1}$. O fósforo (P) extraído por Mehlich 1 e P-Rem. Matéria orgânica (MO) por oxidação em $\text{Na}_2\text{Cr}_2\text{O}_7 4\text{N} + \text{H}_2\text{SO}_4 10\text{N}$. Potássio (K^+) com extrator Mehlich 1. H+Al com solução tampão SMP. Enxofre (S) com extrator fostato monocálcico em ácido acético e pH determinado em água.

Para análise da condutividade elétrica (CE), seguiu-se o procedimento descrito no Manual de Métodos de Análise do Solo da Embrapa (1997), no qual recomenda coletar 10 cm^3 de solo e adicionar 25 mL de solução em tubos Falcon (Figura: 5). Os tubos foram então colocados na mesa agitadora por 30 min á 120 rpm (Figura: 6). Após esse tempo, deixou-se a solução em repouso por 5 minutos para decantar as partículas de solo e fez-se a medição de CE em condutivímetro Mettler (Figura: 6).

Figura 4: Amostragem para análise química e de condutividade elétrica (CE).



Fonte: Do autor (2019)

Figura 5: Volume de solo e adição de água



Fonte: Do autor (2019)

Figura 6: Mesa agitadora e condutivimetro Mettler



Fonte: Do autor (2019)

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Caracterização do solo antes e depois da correção com calcário

4.1.1 Caracterização da camada arável do solo virgem (0-0,2 m)

A caracterização química das camadas de solo coletadas encontra-se na Tabela 1. O solo foi caracterizado como argiloso, apresentando sempre valores acima de 60% de argila em todo o perfil amostrado. A capacidade de troca de cátions (T) a pH 7 e a acidez potencial (H + Al) consideradas altas na camada de 0-0,2 m segundo a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999).

Tabela 1: Caracterização química e textural das amostras de solo

Profundidade (m)	pH	----- mg/dm ³ -----			----- cmol _c /dm ³ -----			
		K	P	S	Ca	Mg	Al	H+A
0-0,1	5	62,63	1,27	15,1	0,55	0,27	0	8,42
0,1-0,2	4,9	36,51	0,7	7,44	0,2	0,16	0	8,42
0,2-0,4	5	19,1	0,56	3,54	0,15	0,1	0	6,74
0,4-0,6	5	8,22	0,42	4,52	0,13	0,1	0	5,83
0,6-1	5,2	3,86	0,39	5,56	0,1	0,1	0	4,27

Profundidade (m)	SB	t	T	V	m	M.O.	P-Rem
0-0,1	0,98	0,98	9,4	10,43	0	3,91	10,21
0,1-0,2	0,45	0,45	8,87	5,11	0	2,78	8,79
0,2-0,4	0,3	0,3	7,04	4,25	0	3,28	6,9
0,4-0,6	0,25	0,25	6,08	4,13	0	2,01	7,47
0,6-1	0,21	0,21	4,48	4,69	0	1,38	6,2

Profundidade (m)	Classificação do Solo	Argila	Silte	Areia
		-----dag/kg-----		
0-0,1	solo tipo3	65	13	22
0,1-0,2	solo tipo3	67	13	20
0,2-0,4	solo tipo3	65	14	21
0,4-0,6	solo tipo3	70	12	18
0,6-1	solo tipo3	67	14	19

pH em água - Relação 1:2,5. Ca - Mg- Al- Extrator: KCl - 1 mol/L. P- K- Extrator Mehlich 1. H + Al - Extrator: SMP. S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético. Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N. SB: Soma de Bases Trocáveis. CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva. CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0. V: Índice de Saturação de Bases. m: Índice de Saturação de Alumínio. Solo Tipo 3: Textura Argilosa

Na camada de 0-0,1 m, de acordo com a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), os valores das bases cálcio, magnésio, potássio são considerados baixo, baixo e médio, respectivamente. Os valores de fósforo pelo teor de argila e P-rem são considerados muito baixo e médio, respectivamente. Os valores de soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) foram considerados baixo e muito baixo, respectivamente. E por fim, os valores de enxofre (S) e matéria orgânica (M.O) foram considerados muito alto e médio, respectivamente.

Já, na camada de 0,1-0,2 m, também de acordo com a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), os valores das bases cálcio, magnésio, potássio são considerados muito baixo, baixo e baixo, respectivamente. Os valores de fósforo pelo teor de argila e P-rem são considerados muito baixo e alto, respectivamente. Os valores de soma de bases (SB) e saturação por bases (V%) foram considerados muito baixos. E por fim, os valores de enxofre (S) e matéria orgânica (M.O) foram considerados alto e médio, respectivamente.

4.1.2 Caracterização da camada arável do solo após a correção (0-0,2 m)

Os resultados da caracterização química das camadas 0-0,1 e 0,1-0,2 m após a correção com calcário estão apresentados na Tabela 2. A adição de óxido de cálcio e óxido de magnésio proporcionou a elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo, na camada de 0-0,1 m, para 4,32 e 1,62 cmol/dm^3 , respectivamente. Tais valores correspondem a 44,81 e 16,8 % da ocupação de T por Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente. De acordo com a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), tais valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são considerados muito altos.

Já, para a camada de 0,1-0,2 m adição dos óxidos proporcionou a elevação dos teores de Ca^{2+} e Mg^{2+} no solo para 3,44 e 1,31 cmol/dm^3 , respectivamente. Tais valores correspondem a 35,72 e 13,63 % da ocupação de T por Ca^{2+} e Mg^{2+} , respectivamente. De acordo com a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), tais valores de Ca^{2+} e Mg^{2+} são considerados altos.

A adição de fosfato de potássio, na camada de 0-0,1 m, proporcionou a elevação dos teores de K^+ para 0,44 cmol/dm^3 que corresponde a 4,57% da T, sendo um valor considerado muito alto segundo a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999). Já, os teores de P e P-rem foram elevados para 13,26 e 20,73 mg/dm^3 , respectivamente; e também segundo a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), são valores considerados muito alto e alto, respectivamente.

Tabela 2: Caracterização química da amostra de solo após correção

Profundidade (m)	pH	K	P	S	Ca	Mg	Al	H+A
		-----mg/dm ³ -----			-----cmol _c /dm ³ -----			
0-0,1	5	172,2	13,26	133,38	4,32	1,62	0,26	3,26
0,1-0,2	5,4	165,96	15,7	141,41	3,44	1,31	0,24	4,44

Profundidade (m)	SB	t	T	V	m	M.O	P-rem
	-----	cmol _c /dm ³ -----	-----	-----	% -----	dag/kg	mg/L
0-0,1	6,38	6,64	9,64	66,18	3,91	4,20	20,73
0,1-0,2	5,17	5,41	9,61	53,79	4,43	2,90	22,18

pH em água - Relação 1:2,5. Ca - Mg- Al - Extrator: KCl - 1 mol/L. P- K- Extrator Mehlich 1. H + Al - Extrator: SMP. S - Extrator - Fosfato monocálcio em ácido acético. Mat. Org. (MO) - Oxidação: Na₂Cr₂O₇ 4N+ H₂SO₄ 10N. SB: Soma de Bases Trocáveis. CTC (t): Capacidade de Troca Catiônica Efetiva. CTC (T): Capacidade de Troca Catiônica a pH 7,0. V: Índice de Saturação de Bases. m: Índice de Saturação de Alumínio.

Para a camada de 0,1-0,2 m, a adição de fosfato de potássio proporcionou a elevação dos teores de K⁺ para 0,42 cmol_c/dm³ o que corresponde a 4,41% da T, sendo um valor considerado muito alto segundo a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999). Já os teores de P e P-rem foram elevados para 15,7 e 22,18 mg/dm³, respectivamente; e também segundo a 5ª Aproximação (RIBEIRO et al., 1999), são valores considerados muito alto e alto, respectivamente.

4.2 Teores de bases (Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e SB)

Os valores das bases Ca²⁺, Mg²⁺, K⁺ e SB estão descritos na Tabela 3 e nas Figuras 7, 8, 9 e 10. Todas as figuras a seguir apresentam dois gráficos, sendo que o gráfico a) considera os resultados da camada superficial que foram muito influenciados pelas quantidades de gesso ainda não solubilizadas. Já o gráfico b), considera os resultados a partir da camada 0,08-0,1 m para sair da área de influência de gesso agrícola ainda não solubilizado.

TABELA 3: Teores disponíveis de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e SB determinados nas diferentes profundidades avaliadas após a aplicação de diferentes doses de gesso.

Profundidade (m)	Teores disponíveis no solo*					
	G0	G1,5	G3	G7	G11	G15
----- Ca^{2+} cmol _c /dm ³ -----						
0-0,02	9,06 d A	10,52 d A	13,60 c A	14,12 c A	28,95 b A	32,0 a A
0,08-0,10	2,32 b B	2,28 a B	2,44 a B	2,52 a B	2,63 a B	2,92 a B
0,18-0,20	2,69 a B	2,93 a B	3,04 a B	3,13 a B	3,31 a B	3,38 a B
0,38-0,40	0,50 a C	0,56 a C	0,65 a C	1,05 a C	1,40 a C	1,46 a C
0,58-0,60	0,25 a C	0,24 a C	0,27 a C	0,33 a C	0,39 a C	0,40 a C
0,98-1,00	0,49 a C	0,48 a C	0,49 a C	0,49 a C	0,49 a C	0,50 a C
----- Mg^{2+} cmol _c /dm ³ -----						
0-0,02	3,08 a A	2,08 b A	2,04 b A	1,89 c A	2,99 a A	3,11 a A
0,08-0,10	0,09 a C	0,08 a C	0,07 a C	0,08 a C	0,07 a C	0,08 a C
0,18-0,20	0,07 a C	0,07 a C	0,08 a C	0,07 a C	0,10 a C	0,07 a C
0,38-0,40	0,12 b C	0,12 b C	0,12 b C	0,11 b C	0,24 b B	0,43 a B
0,58-0,60	0,10 a C	0,11 a C	0,13 a C	0,18 a C	0,18 a C	0,19 a C
0,98-1,00	0,34 a B	0,32 a B	0,34 a B	0,32 a B	0,37 a B	0,37 a B
----- K^+ mg cmol _c /dm ³ -----						
0-0,02	370,68 a A	286,65 b A	262,27 b A	253,99 b A	286,66 b A	217,20 c A
0,08-0,10	97,70 a B	82,91 a B	80,16 a B	73,46 a B	63,96 a C	46,89 a C
0,18-0,20	105,82 a B	103,94 a B	113,09 a B	89,83 a B	94,14 a B	99,00 a B
0,38-0,40	18,11 b C	25,71 b C	25,62 b C	44,86 a C	63,49 a C	67,91 a C
0,58-0,60	41,85 a C	42,87 a C	46,44 a C	44,58 a C	43,32 a C	42,98 a C
0,98-1,00	38,91 a C	44,69 a C	39,37 a C	41,83 a C	39,62 a C	38,60 a C
-----SB cmol _c /dm ³ -----						
0-0,02	11,62 f A	13,34 e A	17,94 d A	31,71 c A	33,84 b A	35,94 a A
0,08-0,10	2,66 a B	2,58 a B	2,72 a B	2,79 a B	2,86 a B	3,13 a B
0,18-0,20	3,04 a B	3,27 a B	3,41 a B	3,44 a B	3,65 a B	3,71 a B
0,38-0,40	0,66 a C	0,75 a C	0,84 a C	1,28 a C	1,81 a C	2,06 a C
0,58-0,60	0,45 a C	0,46 a C	0,53 a C	0,62 a C	0,68 a C	0,70 a C
0,98-1,00	0,93 a C	0,92 a C	0,93 a C	0,91 a C	0,97 a C	0,97 a C

Letras iguais minúsculas, na linha, e maiúsculas, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott knott a 0,05 de significância. * Variáveis determinadas no solo, com os seguintes coeficientes de variação: Ca^{2+} CV = 24,87%; Mg^{2+} CV = 14,47%; K^+ CV = 17,09%; SB CV= 12,59%.

Figura 7: Teores de Ca^{2+} ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.

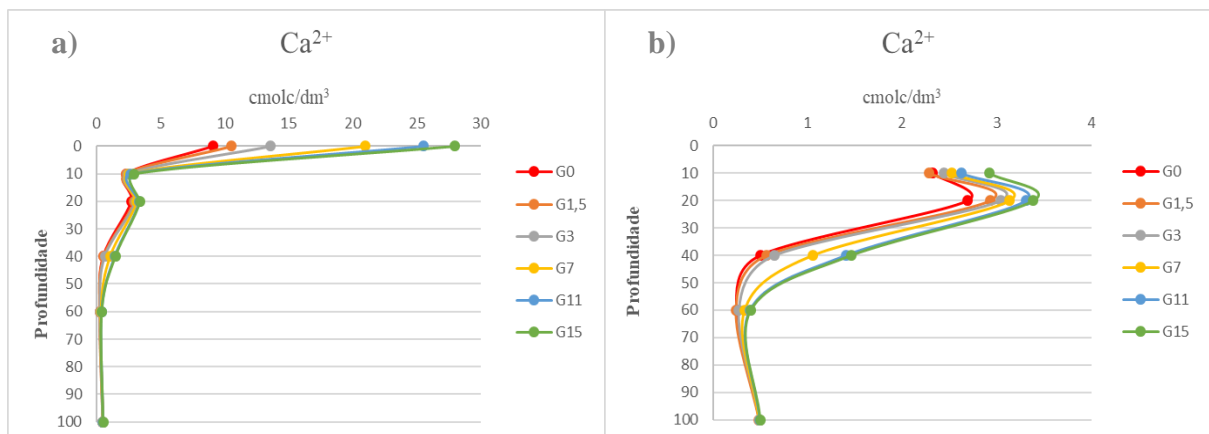


Figura 8: Teores de Mg^{2+} ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.

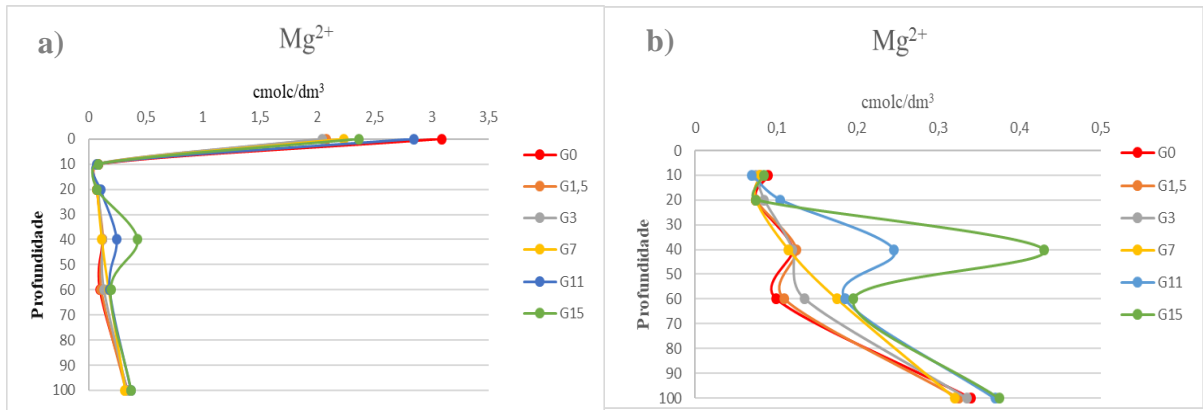


Figura 9: Teores de K^+ ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.

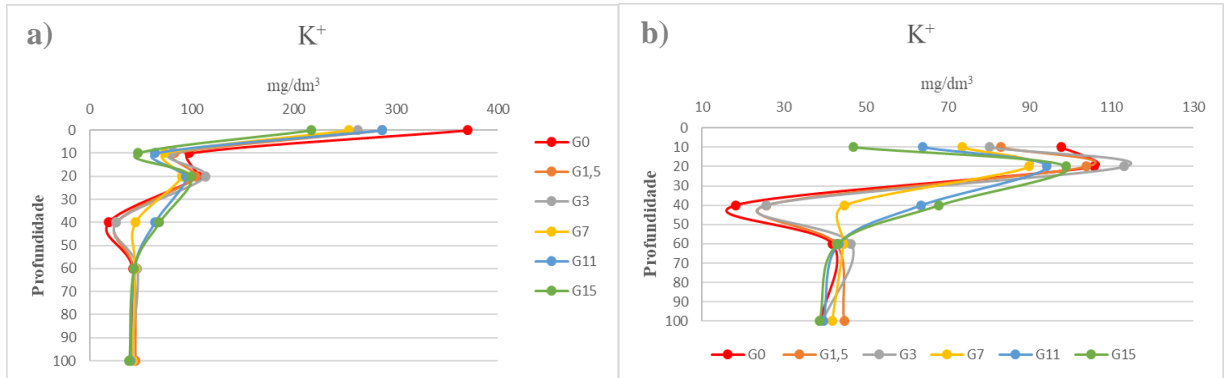
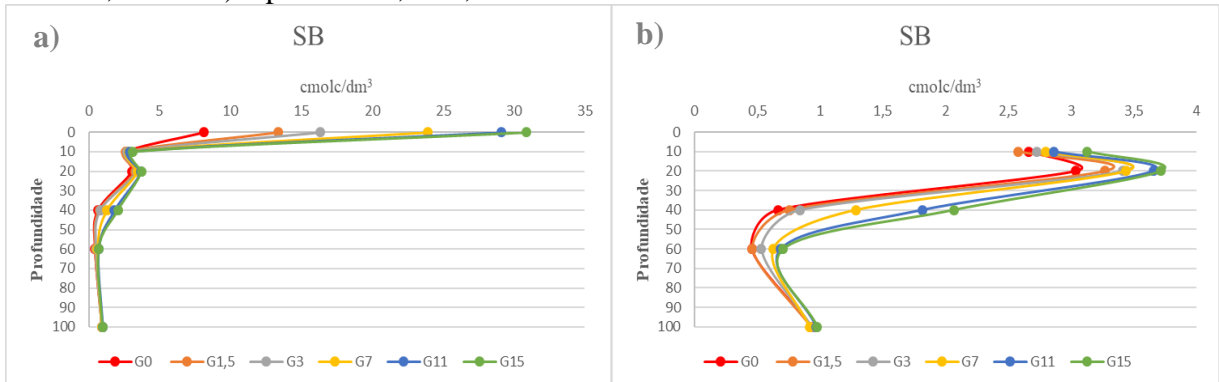


Figura 10: Valores de SB ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.



Os teores de Ca^{2+} nos tratamentos que receberam gesso foram maiores que a testemunha, que teve aporte de Ca^{2+} somente via óxido de cálcio, sendo que G15 foi o tratamento que apresentou os maiores valores. As concentrações de Ca^{2+} foram estatisticamente maiores que a testemunha até a profundidade de 0,10 m, sendo maiores de acordo com as doses mais elevadas de gesso $\text{G15} > \text{G11} > \text{G7} > \text{G3} > \text{G1,5} > \text{G0}$. Abaixo de 0,1 até 1 m não houve diferenças significativas entre os tratamentos.

Em relação a profundidade, o aumento dos teores de Ca^{2+} só foi estatisticamente significativo até a camada de 0,4 m. Isto indica que os volumes de água aplicados e o tempo decorrido foi insuficiente para deslocamento de tal elemento para maiores profundidades.

A maior concentração de Ca^{2+} nas camadas superficiais pode ser explicada por três fatores. O primeiro destes fatores é o aporte de cálcio promovido pelas crescentes doses de gesso (CAIRES et al., 2003), o que também foi observado por Teixeira et al. (2014). O segundo fator está relacionado ao raio iônico ($\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$) e à carga de cada espécie ($\text{K}^+ > \text{Ca}^{2+} > \text{Mg}^{2+}$) (MAHAN, 2003) e quanto maior a relação carga/raio, mais acentuada será sua ligação com íons de carga oposta, como por exemplo o SO_4^{2-} advindo do gesso (MAHAN, 2003). Tal fato faz com que haja a seguinte ordem de preferência na formação de compostos de carga 0: $\text{MgSO}_4^0 > \text{CaSO}_4^0 > \text{K}_2\text{SO}_4^0$ e portanto, gere uma maior percolação de Mg^{2+} no perfil do solo (RAMOS et al., 2013). E por fim, o terceiro fator se deve a maior força de ligação do Ca^{2+} às cargas do solo em relação ao Mg^{2+} e K^+ o que em caso de dose excessiva de gesso pode gerar um desbalanço na relação de bases no perfil e até mesmo perda definitiva de Mg^{2+} e K^+ por não serem mais alcançáveis pelas raízes das plantas (RAMOS et al., 2013).

Conforme observado na Figura 7, apesar de não haver diferença estatística para os teores de Ca^{2+} , houve incrementos no teor deste nutriente até a profundidade 0,6 m com os maiores valores estando sempre associados as maiores doses de gesso.

Para Mg^{2+} , os teores não se diferiram estatisticamente entre os tratamentos até as camadas de 0,2 m, com exceção dos tratamentos G11 e G15 na camada de 0-0,02 m que se apresentaram significativamente maiores que os demais. Na camada de 0,4 m, houve um significativo aumento dos teores de Mg^{2+} no tratamento G15, indicando que a alta dose de gesso contribuiu para a lixiviação deste nutriente. Abaixo da camada de 0,4 m, não há diferença entre os tratamentos o que indica, como a exemplo do Ca^{2+} , o volume de água aplicado e tempo decorrido foram insuficientes para lixiviar o Mg^{2+} até camadas mais profundas.

A descida do Mg^{2+} no perfil do solo está muito relacionada ao que foi comentado para o Ca^{2+} anteriormente. Uma vez que, possui menor força de ligação aos colóides do solo e

preferência de ligação ao íon SO_4^{2-} (RAMOS et al., 2013), portanto, apresenta maior tendência para descer verticalmente no perfil do solo.

Em relação aos tratamentos, houve sempre maiores teores de Mg^{2+} na camada de 0-0,02 m, seguida da camada 0,08-0,1 m e depois das camadas de 0,08-0,6 m. Há exceção somente dos tratamentos G11 e G15 que na camada 0,38-0,4 m apresentaram maiores teores de Mg^{2+} que os demais tratamentos na mesma camada o que novamente evidencia o efeito das altas doses de gesso sobre a descida deste nutriente no perfil do solo (RAMOS et al., 2013).

Para K^+ , na camada superficial de 0-0,02 m, houve diferenças entre os tratamentos sendo que, G15, e logo em seguida, G11, promoveram uma maior descida do potássio no perfil em relação aos demais tratamentos. Nas camadas de 0,08-0,1 até 0,18-0,20, 0,58-0,6 e 0,98-1 m não houve diferenças significativas entre os tratamentos. Na camada de 0,38-0,4 m houve um aumento considerável nos teores de K^+ nos tratamentos G15, G11 e G7 sendo os valores maiores na mesma ordem descrita. Tal aumento nos teores de K^+ na camada de 0,38-0,4 m se deve às maiores doses de gesso pelo fato do Ca^{2+} deslocar o K^+ dos sítios de ligação dos colóides do solo e haver a formação de par iônico com o SO_4^{2-} e fazendo com que este desça no perfil do solo (SERAFIM et al., 2012).

Em relação a soma de bases (SB), houve diferenças significativas somente na camada de 0-0,02 m, sendo os valores crescentes de acordo com o acréscimo das doses de gesso. Já dentro de cada tratamento, os maiores valores foram sempre na camada de 0-0,02 m, seguida das camadas 0,08-0,1 e 0,18-0,20 m e, por fim, das camadas 0,38-0,4, 0,58-0,6 e 0,98-1 m. A ausência de diferença estatística para os valores da SB se deve em grande parte a maior concentração de Ca^{2+} ainda presente na camada de 0-0,02 m e mesmo com a descida de K^+ e Mg^{2+} até 0,4 m estes valores não foram significantes.

4.3 CTC efetiva (t) e CTC potencial (T)

Os valores das CTC efetiva (t) e CTC potencial (T) estão descritos na Tabela 4 e nas Figuras 11 e 12.

TABELA 4: Valores da CTC efetiva (t) e CTC potencial (T) do solo

Profundidade (m)	Teores disponíveis no solo*					
	G0	G1,5	G3	G7	G11	G15
-----t cmol/dm ³ -----						
0-0,02	13,95 e A	13,79 e A	18,14 d A	33,51 c A	35,64 b A	36,79 a A
0,08-0,10	2,91 a B	2,78 a B	2,92 a B	3,09 a B	3,16 a B	3,38 a B
0,18-0,20	3,19 a B	3,37 a B	3,56 a B	3,64 a B	3,85 a B	3,86 a B
0,38-0,40	1,36 b C	1,5 b C	1,54 b C	1,78 b C	2,31 a C	2,61 a C
0,58-0,60	1,2 a C	1,16 a C	1,33 a C	1,37 a C	1,38 a D	1,4 a D
0,98-1,00	1,13 a C	1,17 a C	1,13 a C	1,11 a C	1,17 a D	1,22 a D
-----T cmol/dm ³ -----						
0-0,02	18,5 e A	19,14 e A	21,79 d A	35,56 c A	37,74 b A	40,19 a A
0,08-0,10	9,66 a B	9,13 a B	9,06 a C	8,83 a C	7,82 a B	7,79 a C
0,18-0,20	7,59 b C	7,42 b C	7,61 b C	7,99 b C	9,5 a B	7,96 b C
0,38-0,40	9,45 b B	9,45 b B	9,59 b B	11,28 a B	9,56 b B	10,71 a B
0,58-0,60	8,3 a B	7,91 a B	8,03 a B	7,27 a C	8,38 a B	8,6 a C
0,98-1,00	6,18 a C	5,82 a D	6,78 a C	6,21 a C	5,77 a C	5,82 a D

Letras iguais minúsculas, na linha, e maiúsculas, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott knott a 0,05 de significância. * Variáveis determinadas no solo, com os seguintes coeficientes de variação: t CV= 6,68% e T CV= 6,55 %.

Figura 11: Valores da CTC efetiva (t) ao longo do perfil do solo de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.

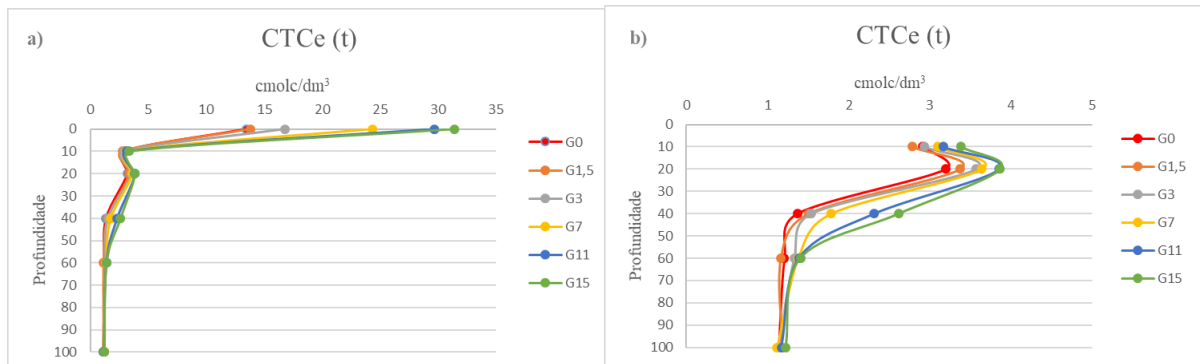
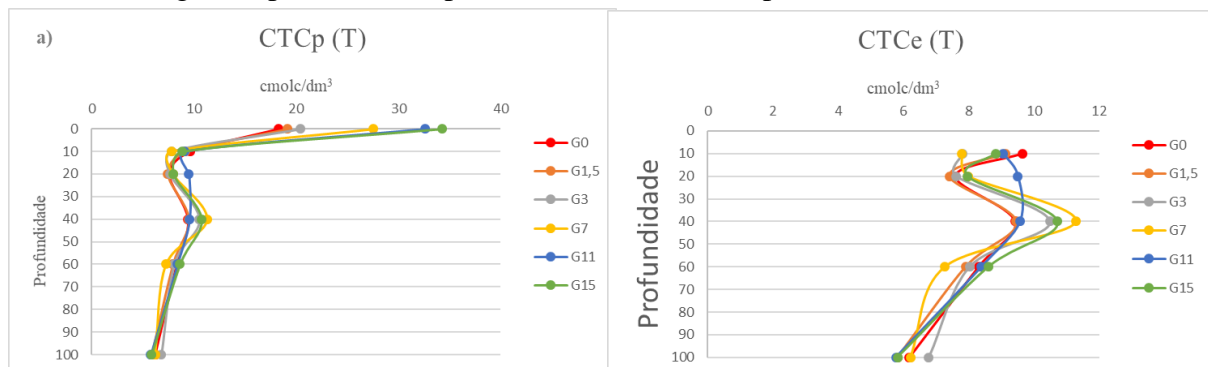


Figura 12: Valores da CTC potencial (T) ao longo do perfil do solo de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.



Para CTC efetiva (t), os valores foram decrescentes na ordem G15, G11, G7, G3 e G1,5=G0 na camada de 0-0,02 m; os altos valores nos maiores tratamentos se devem ao aporte de Ca^{2+} promovido pelo gesso que influencia diretamente no valor da CTC efetiva. Nas camadas 0,08-0,1 e 0,18-0,20, e 0,58-0,6 e 0,98-1 m não houve diferença significativa entre os tratamentos. Somente na camada 0,38-0,4 m houve aumento significativo na CTC efetiva em G15 e G11 em relação aos demais tratamentos.

A determinação da CTC efetiva é feita de forma indireta a partir da somatória das bases (SB) e da acidez trocável do solo (Al^{3+}) (GUILHERME, 2004). Na camada de 0-0,02 m, principalmente nos tratamentos com maiores doses de gesso, há uma superestimativa dos valores da CTC efetiva devido ao aporte de Ca^{2+} advindo do gesso e nem todo este estar diretamente ligado às cargas dos colóides do solo. Já na camada 0,38-0,4 m, o aumento da CTC efetiva para os tratamentos G15 e G11 se devem ao aumento dos teores de Mg^{2+} e K^+ , Tabela 3, que desceram no perfil do solo via formação de par iônico com o SO_4^{2-} (Serafim et al., 2012).

Para a CTC potencial (T), os valores foram decrescentes na ordem G15, G11, G7, G3 e G1,5=G0 na camada de 0-0,02 m. Na camada de 0,18-0,2 m o valor da T foi significativamente maior no tratamento G11 em relação aos demais. Nas demais profundidades não houve diferença estatística.

A CTC potencial também é determinada de forma indireta, a exemplo da CTC efetiva, com a diferença que neste caso não se leva em consideração a acidez trocável, mas sim a acidez potencial (H+Al) somada às bases (SB) (GUILHERME; LOPES, 2004). Assim sendo, o excesso de Ca^{2+} advindo das maiores doses de gesso, sendo que nem todo este estar diretamente ligado às cargas dos colóides do solo, gerou um valor de CTC potencial sobrestimado.

4.4 Alumínio trocável (Al^{3+}), m% e pH

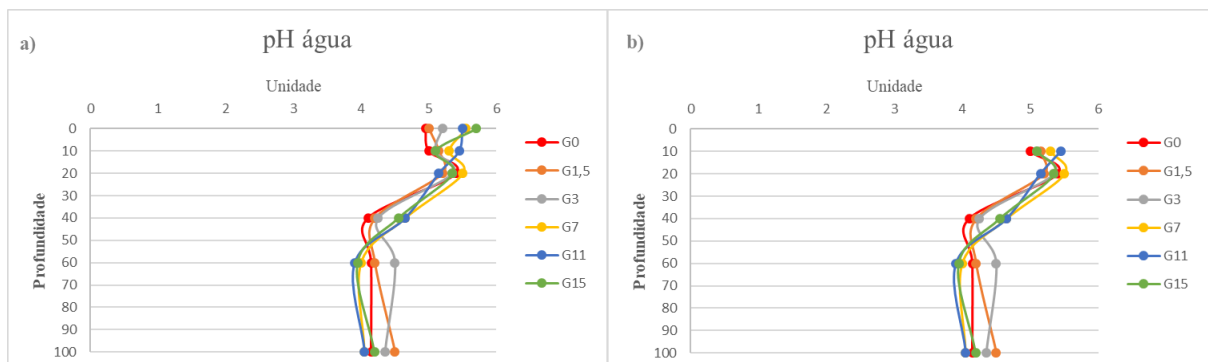
Os valores de Al^{3+} , m% e pH estão descritos na Tabela 5 e a Figura 13 apresenta os valores de pH ao longo do perfil.

TABELA 5: Valores de Al³⁺, H+Al e pH do solo

Profundidade	Teores disponíveis no solo*					
	G0	G1,5	G3	G7	G11	G15
-----Al ³⁺ cmol _c /dm ³ -----						
0-0,02 m	0,35 a B	0,45 a B	0,45 a B	0,45 a B	0,55 a B	0,55 a A
0,08-0,10 m	0,25 a B	0,20 a C	0,20 a C	0,30 a C	0,30 a C	0,25 a B
0,18-0,20 m	0,15 a B	0,10 a C	0,15 a C	0,20 a C	0,20 a C	0,15 a B
0,38-0,40 m	0,7 a A	0,75 a A	0,70 a A	0,50 b B	0,50 b B	0,55 b A
0,58-0,60 m	0,75 a A	0,75 a A	0,80 a A	0,75 a A	0,70 a A	0,7 a A
0,98-1,00 m	0,20 a B	0,25 a C	0,20 a C	0,20 a C	0,20 a C	0,25 a B
-----H ⁺ Al cmol _c /dm ³ -----						
0-0,02 m	5,15 a B	5,8 a C	4,10 b C	3,65 b C	3,45 b C	3,35 b C
0,08-0,10 m	7,0 a A	6,55 a B	5,10 a C	5,0 a C	6,20 a B	5,7 a B
0,18-0,20 m	4,55 a B	4,15 a C	4,2 a C	4,55 a C	5,85 a B	4,25 a C
0,38-0,40 m	8,75 a A	8,7 a A	9,65 a A	10,0 a A	7,75 a A	8,65 a A
0,58-0,60 m	7,85 a A	7,45 a B	7,5 a B	6,65 a B	7,7 a A	7,9 a A
0,98-1,00 m	5,25 a B	4,90 a C	5,85 a C	5,3 a C	4,8 a C	4,85 a B
-----pH-----						
0-0,02 m	4,95 b B	5,0 b A	5,2 b A	5,55 a A	5,5 a A	5,7 a A
0,08-0,10 m	5,0 a B	5,15 a A	5,10 a A	5,30 a A	5,45 a A	5,10 a B
0,18-0,20 m	5,4 a A	5,2 a A	5,35 a A	5,5 a A	5,15 a A	5,35 a B
0,38-0,40 m	4,1 b C	4,2 b B	4,25 b B	4,65 a B	4,65 a B	4,55 a C
0,58-0,60 m	4,15 b C	4,2 b B	4,5 a B	4,0 b C	3,9 b C	3,95 b D
0,98-1,00 m	4,15 a C	4,5 a B	4,35 a B	4,05 a C	4,05 a C	4,2 a D
-----m%-----						
0-0,02 m	2,59 a D	3,26 a D	2,79 a D	1,90 a E	1,91 a D	1,72 a C
0,08-0,10 m	8,52 a D	7,20 a D	6,83 a D	9,69 a D	9,49 a C	7,44 a C
0,18-0,20 m	4,71 a D	2,97 a D	4,22 a D	5,49 a E	5,18 a D	3,92 a C
0,38-0,40 m	51,02 a B	49,79 a B	45,5 a B	28,03 b B	21,64 c B	21,02 c B
0,58-0,60 m	62,30 a A	60,41 a A	60,18 a A	54,49 b A	50,54 b A	49,87 b A
0,98-1,00 m	17,62 a C	21,12 a C	17,71 a C	17,94 a C	17,17 a B	20,36 a B

Letras iguais minúsculas, na linha, e maiúsculas, nas colunas, não diferem estatisticamente entre si pelo teste Scott knott a 0,05 de significância. * Variáveis determinadas no solo, com os seguintes coeficientes de variação: Al CV= 18,54%; H+Al CV= 12,59; pH CV= 3,51% e m% CV=12,34%.

Figura 13: Valores de pH ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.



Para Al^{3+} não houve diferença significativa até 0,2 m entre todos os tratamentos. Somente na camada de 0,38-0,4 m houve uma redução significativa dos teores de Al^{3+} nos tratamentos G7, G11 e G15 em relação aos demais tratamentos. A não diferença entre os tratamentos em relação aos teores de Al^{3+} na camada de 0,2 m está diretamente relacionada a calagem realizada (PÁDUA; SILVA; MELO, 2006). Já a redução dos teores de Al^{3+} nos tratamentos com maiores doses de gesso se deve a complexação do alumínio com os íons sulfato, formando o composto $\text{Al}_2(\text{SO}_4)_3$ (SHAINBERG et al., 1989), que pode ser facilmente lixiviado e levado para maiores profundidades. A não neutralização do Al^{3+} a partir da camada 0,6 m se deve ao fato de o tempo decorrido e a quantidade de água aplicada terem sido ainda insuficientes para carregamento dos íons até tal profundidade (CAIRES et al., 2003). Tal fato está de acordo com os trabalhos de Sousa e Ritchey (1986) e Caires et al. (2003), sendo que este último somente observou maiores concentrações de SO_4^{2-} na camada de 0,4-0,6 m após decorrerem 20 e 32 meses da aplicação do gesso.

Para m%, como está diretamente relacionado ao teor de Al^{3+} , apresentou o mesmo padrão deste último, sendo que, somente houve redução significativa na camada de 0,38-0,40 m nos tratamentos G7, G11 e G15, sendo que este último o que apresentou maior redução. Dentro de cada tratamento, G15 foi o que proporcionou maior redução no valor de m% nos primeiros 0,2 m de solo, com o maior valor para nesse tratamento ocorrendo na camada de 0,58-0,6 m. A redução dos valores de m% está condicionada a dois fatores, sendo o primeiro a redução dos teores de Al^{3+} e o segundo o aumento do teor das bases Mg^{2+} e K^+ nesta camada como pode ser observado na Tabela 3 (CUSTÓDIO et al., 2005; RAMPIM et al., 2011). O aumento dos teores de Mg^{2+} e K^+ se devem a sua associação com o íon SO_4^{2-} que lhes proporcionou uma alta mobilidade vertical e conseqüente descida no perfil do solo (ERNANI; RIBEIRO; BAYER, 2001; SOUZA; LOBATO; REIN, 2005; RAIJ, 2008)

Para pH, os maiores valores, em geral, foram obtidos nos tratamentos com maiores doses de gesso, G7, G11 e G15, até a profundidade de 0,4 m. Já dentro de cada tratamento houve uma tendência de menores valores na camada de 0,08- 0,10 m no tratamento G15, o que também é observado nos demais tratamentos só que de forma menos acentuada. O aumento dos valores de pH nas maiores doses de gesso pode estar relacionado a reação de substituição na superfície dos colóides, em que o SO_4^{2-} desloca as hidroxilas (OH^-) para solução do solo (FERRAZ, 2017; REEVE e SUMNER, 1972). Estas hidroxilas por sua vez, se ligam ao H^+ na solução do solo, formando água (H_2O), e assim elevando o pH do solo (FERRAZ, 2017). Resultados semelhantes a estes foram encontrados em outros trabalhos (CAIRES et al., 2003; CARVALHO; RAIJ, 1997).

4.5 Saturação por bases (V%)

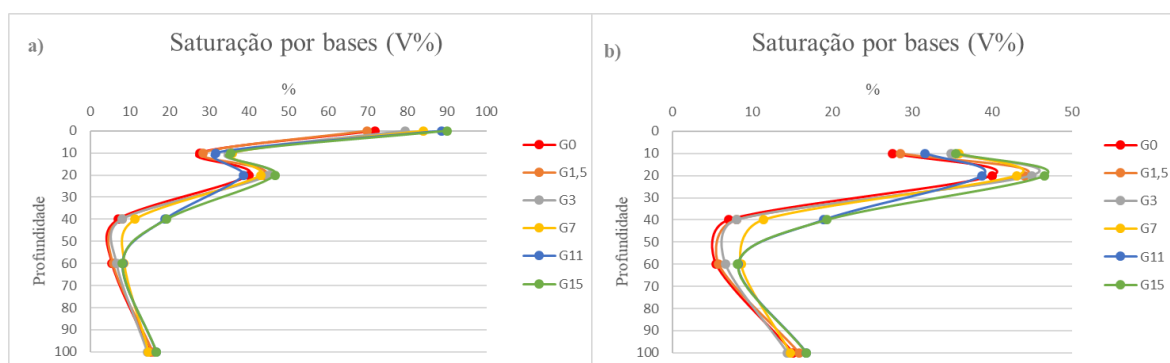
Os valores da saturação por bases (V%) estão descritos na Tabela 6 e na Figura 14.

TABELA 6: Saturação por bases (V%) do solo

Profundidade (m)	Teores disponíveis no solo*					
	G0	G1,5	G3	G7	G11	G15
	-----V%-----					
0-0,02	71,78 c A	69,94 c A	79,5 b A	84,14 b A	88,67 a A	89,67 a A
0,08-0,10	27,59 b C	28,50 b C	34,84 a C	35,85 a C	31,61 b C	35,44 a C
0,18-0,20	40,0 a B	44,11 a B	44,96 a B	43,05 a B	38,71 a B	46,61 a B
0,38-0,40	7,08 b E	8,0 b E	8,03 b E	11,39 b D	18,93 a D	19,34 a D
0,58-0,60	5,48 a E	5,8 a E	6,62 a E	8,59 a D	8,22 a E	8,18 a E
0,98-1,00	15,11 a D	15,88 a D	14,41 a D	14,76 a D	16,75 a D	16,72 a D

Letras iguais minúsculas, na linha, e maiúsculas, nas colunas, não diferem estatisticamente entre -si pelo teste Scott knott a 0,05 de significância. * Variáveis determinadas no solo, com os seguintes coeficientes de variação: V% CV= 9,74%

Figura 14: Valores de V% ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.



Para V%, os valores foram sempre maiores até a profundidade 0,4 m, com exceção da camada de 0,18-0,2 m onde não houve diferença estatística entre os tratamentos com gesso e a testemunha. Em todo o perfil os maiores valores de V% sempre estiveram associados a dose de gesso G15.

Os maiores valores de V% estão diretamente relacionados ao aporte de Ca^{2+} pelas doses de gesso e a lixiviação de bases (Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^{+}) promovida pela formação de par iônico com o íon sulfato (SO_4^{2-}) (DIAS, 1992; FERRAZ, 2017). Resultados semelhantes foram obtidos por Teixeira (2014) em seu trabalho com diferentes doses de calcário e gesso agrícola em um Latossolo sob plantio direto.

4.6 Sulfato (SO_4^{2-}) e fósforo (P)

Os valores de SO_4^{2-} e P estão descritos na Tabela 7 e nas Figuras 15 e 16.

TABELA 7: Teores de SO_4^{2-} e P disponíveis no solo

Profundidade (m)	Teores disponíveis no solo*					
	G0	G1,5	G3	G7	G11	G15
----- SO_4^{2-} mg/dm ³ -----						
0-0,02	43,55 a A	45,6 a A	46,10 a A	46,45 a A	46,5 a A	46,65 a A
0,08-0,10	21,9 b C	24,20 b C	26,05 b C	26,65 b C	30,60 a C	30,85 a C
0,18-0,20	26,10 b B	28,7 b B	31,6 a B	31,9 a B	35,65 a B	34,05 a B
0,38-0,40	2,75 d D	4,40 d D	8,0 c D	29,45 b C	34,9 a B	34,75 a B
0,58-0,60	2,55 a D	1,5 a D	4,1 a E	2,3 a D	2,6 a E	1,75 a E
0,98-1,00	1,7 b D	1,9 b D	1,8 b E	2,4 b D	7,75 a D	7,15 a D
-----P mg/dm ³ -----						
0-0,02	2,60 e A	3,85 e A	6,92 d A	15,69 c A	30,33 b A	72,51 a A
0,08-0,10	2,45 a A	2,32 a B	2,20 a B	2,22 a B	3,07 a B	2,03 a B
0,18-0,20	1,83 a A	1,67 a B	2,33 a B	2,39 a B	2,80 a B	2,03 a B
0,38-0,40	0 B	0 C	0 C	0 C	0 C	0 C
0,58-0,60	0 B	0 C	0 C	0 C	0 C	0 C
0,98-1,00	0 B	0 C	0 C	0 C	0 C	0 C

Letras iguais minúsculas, na linha, e maiúsculas, nas colunas, não diferem estatisticamente entre -si pelo teste Scott knott a 0,05 de significância. * Variáveis determinadas no solo, com os seguintes coeficientes de variação: SO_4^{2-} CV = 8,54% e P CV=14,19%.

Figura 15: Teores de SO_4^{2-} ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.

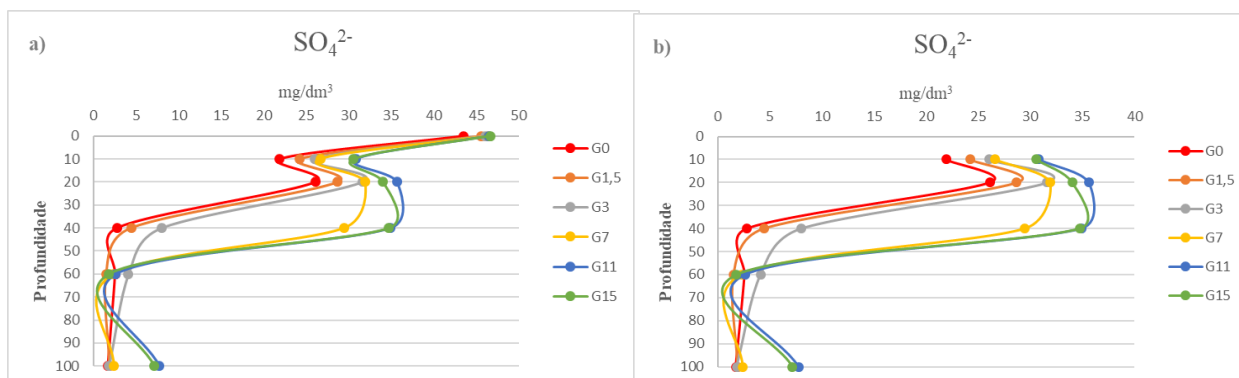
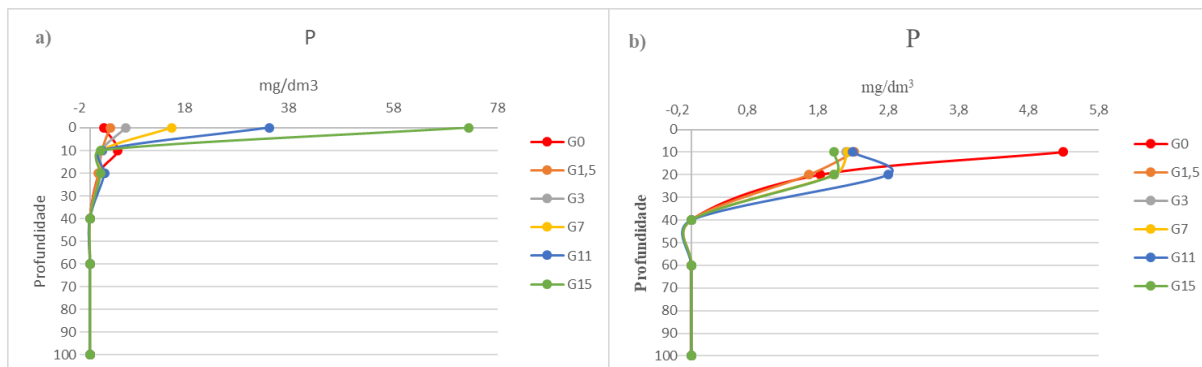


Figura 16: Teores de P ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.



Para SO_4^{2-} , os maiores valores foram obtidos nos tratamentos G11 e G15 ao longo de todo o perfil, sempre se diferenciando da testemunha em todas as camadas, com exceção da camada de 0,58-0,6 m. Em geral os teores de SO_4^{2-} não se diferenciaram estatisticamente entre os tratamentos G0 e G1,5 ao longo de todo o perfil. Já os tratamentos G3 e G7 somente diferiram significativamente entre si na camada 0,38-0,4 m o que mostra que o acréscimo da dose de gesso influenciou diretamente na descida de SO_4^{2-} para camadas mais profundas (CAIRES et al, 2004; RAIJ, 2008). O SO_4^{2-} se distribuiu ao longo do perfil graças a formação de par iônico com as bases Ca^{2+} , Mg^{2+} e K^+ , formando compostos de carga 0 facilmente lixiviáveis (DIAS, 1992; FERRAZ, 2017).

Dentro de cada tratamento houve predominância de maiores teores de SO_4^{2-} na camada de 0-0,02 m e 0,18-0,2 m, o que está de acordo com o trabalho de Caires et al. (2003) que observou também um acúmulo de SO_4^{2-} na superfície 8 meses passados da aplicação do gesso. Após 0,2 m, os teores de SO_4^{2-} tenderam a decrescer de forma mais acentuadas nos tratamentos G0, G1,5, G3 e G7. Em G11 e G15 houve uma drástica redução dos teores de SO_4^{2-} após 0,4 m, estes valores se assemelham aos encontrados nos trabalhos de Caires et al. (2011).

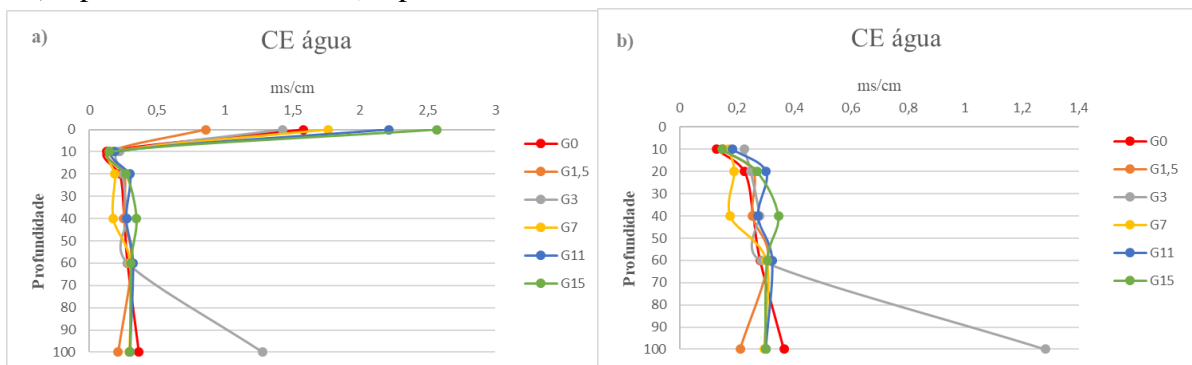
Para P, só houve diferença estatística na camada de 0-0,02 m devido a adição de P promovida pelo gesso, sendo os maiores valores obtidos com acréscimo das doses utilizadas, o que também foi observado nos trabalhos de Caires et al. (2011). Tal acúmulo de P se deve as elevadas doses de gesso, uma vez que o gesso apresenta P como impureza em sua constituição (DIAS, 1992), e isto vem a ser extremamente interessante quando se pensa em nutrição de plantas (SUMNER et al., 1986). A concentração restrita do P nas camadas superficiais se deve, ainda, ao elevado teor de argila do solo utilizado que adsorve fortemente o P e impossibilita seu deslocamento para camadas mais profundas (NETO et al., 2004). Entre todos os tratamentos, a testemunha foi a única que obteve valores estaticamente equivalentes em todo o perfil

previamente corrigido, devido ao fato de sua única fonte de P ter sido o do fosfato de potássio aplicado no momento da correção do solo.

4.7 Condutividade elétrica (CE) em água

Os valores de CE estão descritos na Figura 17.

Figura 17: Teores de CE ao longo de todo o perfil de acordo com as doses de gesso aplicadas. a) a partir de 0-0,02 m e b) a partir de 0,08-0,1 m.



Para condutividade elétrica (CE), os valores foram maiores na camada de 0-0,02 m na ordem dos tratamentos $G15 > G11 > G7 > G0 > G3 > G1,5$. Tal acréscimo nos valores de CE se devem a adição de Ca^{2+} por parte do gesso (CAIRES et al., 2003). Da camada de 0,08-0,1 m até a camada de 0,38-0,4 m os maiores valores de CE também foram atribuídos as maiores doses de gesso agrícola devido ao arraste de íons para tal profundidade (LEITE et al., 2010). A partir da camada de 0,58-0,6 m houve uma discrepância anormal dos valores de CE no tratamento G3 que não é observada nos demais tratamentos. Leite et al. (2007) em seus trabalhos com a aplicação de doses de gesso em solos salinos observou também um aumento dos valores de CE do solo em estudo.

5 CONCLUSÕES

Os teores de Ca^{2+} apresentaram a tendência a aumentar com o aumento das doses de gesso.

O Mg^{2+} foi deslocado em maiores quantidades para a camada de 0,4 m pela maior dose de gesso (G15). Abaixo dessa camada, não houve aumento significativo nos teores de Mg^{2+} .

As doses de gesso a partir de 7 ton ha^{-1} promoveram um aumento de K^+ e diminuição de Al^{3+} para a camada 0,4 m.

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

Os maiores valores de CTCe (t), CTCp (T) e V% foram obtidos com as doses G11 e G15 até a camada 0,4 m.

Os maiores valores de SO_4^{2-} foram obtidos nos tratamentos G11 e G15 ao longo de todo o perfil, sempre se diferenciando da testemunha em todas as camadas, a exceção da camada de 0,58-0,6 m.

A adição de P na camada arável do solo via altas doses de gesso foi relevante.

Houve incremento nos valores de CE até a camada 0,4 m evidenciando a translocação vertical de íons promovida pelas altas doses de gesso.

REFERÊNCIAS

- ABIC. Associação Brasileira da Indústria do Café. [<http://abic.com.br/>]. Disponível em: <<http://abic.com.br/cafe-com/historia/>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- AGROPECUÁRIA, S. D. **"INSTRUÇÃO NORMATIVA SDA Nº 35, DE 4 DE JULHO DE 2006"**. Brasília: MAPA. 2006.
- BARBOSA, B. E. et al. **"Avaliação dos impactos do uso do gesso agrícola na cultura de soja em algumas áreas do cerrado"**, Embrapa Cerrados, p. 34, 2010.
- CAIRES, E. F. et al. **"Alterações de características químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na superfície em sistema de cultivo sem preparo do solo"**, Revista Brasileira de Ciência do Solo, 22(1), p. 27–34. doi: 10.1590/s0100-06831998000100004, 1998.
- 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.
- 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"**. R. Bras. Ci. Solo, 23:315-327, 1999.
- CAIRES, E.F.; FELDHAUS, I.C. & BLUM, J. **"Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação de gesso"**. Bragantia, 60:213-223, 2001.
- CAIRES, E. F. et al. **"Use of gypsum for crop grain production under a subtropical no-till cropping system"**. Agronomy Journal, v. 103, n. 6, p. 1804-1814, 2011.
- CAIRES, E.F.; KUSMAM, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F.G. & PADILHA, J.M. **"Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso"**. R. Bras. Ci. Solo. 28:125-136, 2004.
- CARVALHO, M.C.S. & RAIJ, B. V. **"Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth"**. Plant Soil, 192:37-48, 1997.
- CUSTÓDIO, D.P.; OLIVEIRA, I.P.; COSTA, K.A.; SANTOS, R.S.M. & FARIA, C.D. **"Avaliação do gesso no desenvolvimento e produção do capim tanzânia"**. R. Ci. Animal Bras., 6:27-34, 2005.
- DIAS, L. E. **"Uso de gesso como insumo agrícola"**, Seropédica: EMBRAPA-CNPBS, Comunicado, p. 1–6. Available at: <https://ainfo.cnptia.embrapa.br/digital/bitstream/CNPAB-2010/27132/1/cot007.pdf>. 1992.
- EMBRAPA. Agência de Informação Embrapa. [<https://www.embrapa.br/>]. Disponível em: <<https://www.embrapa.br/soja/cultivos/soja1/dados-economicos>>. Acesso em: 18 nov. 2019.
- EMBRAPA - EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Manual de métodos de análise de solo**. 2. ed. Rio de Janeiro, 1997. 212 p. (EMBRAPA-CNPS. Documentos,1).
- 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, Piracicaba, v. 58, n. 4, p. 825-831, out/dez. 2001.

- FAGERIA, N. K. “Efeito da calagem na produção de arroz, feijão, milho e soja em solo de cerrado”, Pesquisa Agropecuária Brasileira, 36(11), p. 1419–1424. doi: 10.1590/s0100-204x2001001100013, 2001.
- FERRAZ, R. M. “Efeitos a longo prazo da aplicação De Altas doses de Latossolo cultivado com café”. Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2017.
- GUILHERME, L. R.G; LOPES. A. S. “Interpretação De Análise De Solo”. Disponível em: <https://www.agrolink.com.br/downloads/interpretacao_de_analise%20de_solo_conceitos_e_aplicacoes.pdf>, p. 50. 2004
- KORNDORFER, G. H. “Gesso agrícola”, Instituto de ciências agrárias, *Adubos & Adubação*. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Gesso_agricolaID-NOjhwGHCyk.pdf> p. 1–20, 2010
- LEITE, E. M. et al. “Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola”, 2125, p. 110–116. 2010.
- LEITE, E. M. et al. “CORREÇÃO DA SODICIDADE DE DOIS SOLOS IRRIGADOS EM RESPOSTA À APLICAÇÃO DE GESSO AGRÍCOLA”, 1808-3765, p. 168–176, 2007.
- 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.
- LOPES, A. S. "Solos sob cerrado: características, propriedades e manejo". Piracicaba: Instituto da Potassa & Fósforo, 1983. 162 p.
- MAHAN, B.M. Química: Um curso universitário. 6.ed. São Paulo, Edgard Blücher, 2003. 581p.
- 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.; GARCIA, A. W. R.; ALMEIDA, S. R. Adubação racional na lavoura cafeeira. Varginha: PROCAFÉ, 2008. 54 p.
- NETO, F. C. R. et al. “Adsorção de fósforo, superfície específica e atributos mineralógicos em solos desenvolvidos de rochas vulcânicas do alto paranaíba (MG)”, Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 28(6), p. 953–964. doi: 10.1590/s0100-06832004000600003. 2004.
- NUERNBERG, N. J., DRESCH-RECH, T. E BASSO, C. “Usos do gesso agrícola”, p. 36. 2005
- 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.
- PAULETTI, V. et al. “Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto”, Revista Brasileira de Ciencia do Solo, 38(2), p. 495–505. doi: 10.1590/S0100-06832014000200014. 2014.

- 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, B. V.; CANTARELLA, H. & FURLANI, P.R. "**Efeito, na reação do solo, da absorção de amônio e nitrato pelo sorgo, na presença e na ausência de gesso**". R. Bras. Ci. Solo, 12:131-136, 1988.
- RAIJ, B. V. "**Gesso na agricultura**". Campinas: Instituto Agronômico, 2008. 233p.
- 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, 37(4), p. 1018–1026. doi: 10.1590/S0100-06832013000400019, 2013.
- RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F. & FONTANIVA, S. "**Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta**". R. Bras. Ci. Solo, 35:1687-1698, 2011.
- 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.
- 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.
- RESENDE, A.V. et al. "**Solos de fertilidade construída: características, funcionamento e manejo**". Embrapa Milho e Sorgo-Artigo em periódico indexado (ALICE), 2016.
- 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.
- RITCHEY, K.D.; SOUZA, D.M.G.; LOBATO, E. & CORREIA, O. "**Calcium leaching to increase rooting depth in a Brazilian savannah Oxisol**". Agron. J., 72:40-44, 1980.
- ROSA JUNIOR, E. J. et al. "**Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo**", Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics), 36(1), p. 37–44. doi: 10.5216/pat.v36i1.2170, 2007.
- ROSA JUNIOR, E.J. et al. "**Gesso e calcário como condicionadores de atributos de um Latossolo sob cultivo de soja–milho**". Rev. Cienc. Agr., Campo Grande, v. 2/4, n. 3/8, p. 45-50, 1999/2001.
- SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUÁRIA, S. D. (2006). Instrução Normativa SDA Nº 35, de 4 de julho de 2006. Brasília: MAPA.
- SERAFIM, M.E.; LIMA, J.M.; LIMA, V.M.P.; ZEVIANI, W.M. & PESSONI, P.T. "**Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso**". Bragantia, 71:30-40, 2012.
- SHAINBERG, I.; SUMNER, M.E.; MILLER, W.P.; FARINA, M.P.W.; PAVAN, M.A. & FEY, M.V. "**Use of gypsum on soils**": A review. Adv. Soil Sci., 9:1-111, 1989
- SILVA, R. C. "**Efeito do gesso nos teores de fósforo avaliados por três métodos de análise de solo**". 2008.

SICSÚ, A. B. et al. "**Fronteiras agrícolas no Brasil: a lógica de sua ocupação recente**". Nova Economia, v. 10, n. 1, p. 109-138, 2000.

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

SOUSA, D.M.G.; RITCHEY, K.D. "**Uso de gesso no solo de cerrado**". In: SEMINÁRIO SOBRE O USO DE FOSFOGESSO NA AGRICULTURA, 1., Brasília. Anais. Brasília, EMBRAPA, DDT, 1986. p.119-144, 1986.

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

SUMNER, M.E.; FEY, M.V. & FARINA, M.P.W. "**Amelioration of acids subsoils with phosphogypsum**". In: International Symposium on Phosphogypsum, 2., Miami. *Proceedings*. University of Miami, 1986. p.41-45, 1986.

TEIXEIRA, T. D. G. "Melhoria dos atributos químicos do solo pela ação combinada de calcário e gesso". Programa De Pós-Graduação Em Ciência Do Solo. 2014.

VEZZANI, F. M. et al. "**Matéria orgânica e qualidade do solo.**" In: In: SANTOS, G DE A SILVA, L. S da; CANELLAS, L. P; CAMARGO, F. A. O. "**Fundamentos da matéria orgânica do solo: ecossistemas tropicais e subtropicais**". 2. Ed. rev. e atual. – Porto Alegre: Metrópole, 2008. P. 483 – 493.

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