

UNIVERSIDADE FEDERAL DO CEARÁ
CENTRO DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS
DEPARTAMENTO DE CIÊNCIAS DO SOLO

FONTES DE CÁLCIO E MAGNÉSIO E
MOVIMENTO DE CÁTIONS EM
COLUNAS DE SOLO

Elsângela de Almeida Batista

FORTALEZA
2010

Fontes de Cálcio e Magnésio e Movimento de Cátions em Colunas de Solo

ELISANGELA DE ALMEIDA BATISTA

Dissertação submetida à
Coordenação do Curso de Pós-Graduação
em Agronomia, Área de Concentração em
Solos e Nutrição de Plantas, da
Universidade Federal do Ceará - UFC,
como requisito para a obtenção do título de
Mestre.

MARÇO - 2010
FORTALEZA - CEARÁ
BRASIL

B336f Batista, Elisângela de Almeida
Fontes de cálcio e magnésio e movimento de cátions em colunas de solo
/ Elisângela de Almeida Batista. -- 2010.
79f. ; il. color. enc.

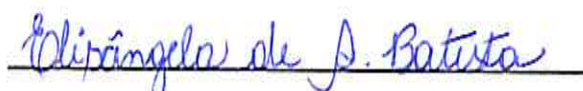
Orientador: Prof. Dr. Fernando Felipe Ferreyra Hernandez
Área de concentração: Solos e Nutrição de Plantas
Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal do Ceará, Centro de
Ciências Agrárias, Depto. de Ciência do Solo, Fortaleza, 2010.

I. Solos - Lixiviação. 2. Calagem dos solos. 3. Cálcio. 4. Magnésio I.
Hernandez, Fernando Felipe Ferreyra (Orient.) II. Universidade Federal do
Ceará - Pós-Graduação em Agronomia. III. Título

CDD 631

Esta dissertação foi submetida como parte dos requisitos necessários à obtenção do grau de Mestre em Agronomia, Área de Concentração em Solos e Nutrição de Plantas, outorgado pela Universidade Federal do Ceará. Uma via do presente estudo encontra-se à disposição dos interessados na Biblioteca de Tecnologia da referida Universidade.

A citação de qualquer trecho desta dissertação é permitida, desde que seja feita de conformidade com as normas da ética científica.

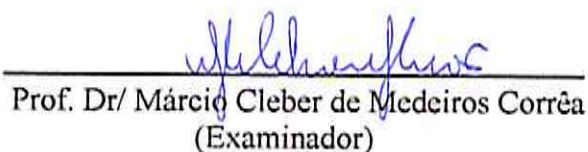


Elisângela de Almeida Batista

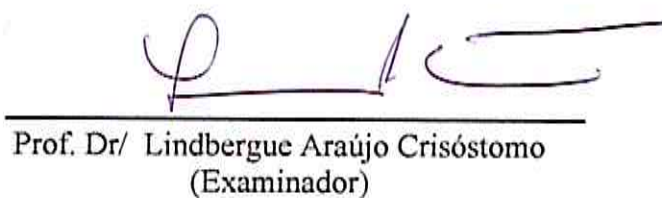
Dissertação aprovada em: 04 / 03 / 2010.



Prof. Dr/ Fernando Felipe Ferreyra Hernandez
(Orientador)



Prof. Dr/ Márcio Cleber de Medeiros Corrêa
(Examinador)



Prof. Dr/ Lindbergue Araújo Crisóstomo
(Examinador)

“Bem sei eu que tudo podes,
e que nenhum dos Teus propósitos
pode ser impedido.”
Jó 42:2

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Deus (autor da minha vida) que a cada dia escreve a minha história. Ele é quem me sustenta e me dá forças para conquistar os meus sonhos.

A pessoa que Deus colocou na minha vida, meu esposo, para ser meu companheiro, parceiro e amigo de todas as horas. Muito obrigada pelo o total incentivo!

A minha querida mãe por ser minha intercessora fiel e maior exemplo de dedicação a tudo que faz.

Ao meu pai que é o meu maior exemplo de homem batalhador!

Aos meus irmãos (Ecrésio, Ezio e Enio) e a minha irmãzona do coração Eunice. Obrigada a todos pelo companheirismo e por estarmos sempre torcendo um pelo outro.

À minha sogra pelas orações e pelo o carinho.

Ao Professor Fernando pela orientação e pelo o incentivo.

Ao Professor Márcio Cléber que tão gentilmente me atendeu todas as vezes que eu procurava para pedir sua ajuda.

Ao Professor Ismail que tão amigavelmente me ajudou a fazer a estatística, valeu mesmo pela disponibilidade! Ao Professor Boanerges por me receber em sua sala e tirar dúvidas. E a todos os meus professores desse mestrado. Vocês me ajudaram muito no meu aprendizado!

Aos amigos da FUNCEME: Tavares e o Antonio José por sempre tirarem dúvidas na parte nas análises de laboratório. A Fátima também pelo auxílio nesse processo das análises. Ao secretário Edilson pela gentileza em todos os momentos.

A todos os colegas do mestrado e em especial as amigas Deusiane e Aldênia que sempre estudávamos juntas. Passamos por poucas e muitas, hem amigas!

Enfim a todos os integrantes do Departamento de Solos pelo o convívio durante esse tempo.

ÍNDICE

LISTA DE TABELAS.....	vii
LISTA DE FIGURAS.....	viii
LISTA DE QUADROS.....	x
RESUMO.....	xi
SUMARRY.....	xii
1. INTRODUÇÃO.....	1
2. REVISÃO DE LITERATURA.....	3
2.1 Calagem em solos ácidos.....	3
2.2 Efeitos da calagem superficial e incorporada.....	5
2.3 Gesso agrícola.....	7
2.4 Lixiviação de cátions e pH do solo.....	8
3. MATERIAL E MÉTODOS.....	10
3.1 Local.....	10
3.2 Solo.....	10
3.3 Tratamentos.....	12
3.4 Condução do ensaio.....	12
3.4.1 Montagem das colunas.....	12
3.4.2 Irrigação e coleta do lixiviado.....	15
3.4.3 Desmontagem das colunas.....	17
3.4.4 Características avaliadas.....	17
3.4.5 Delineamento experimental.....	18
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	19
4.1 Água percolada.....	19
4.2 Atributos químicos do perfil do solo após aplicação dos corretivos.....	27
5. CONCLUSÕES.....	44
6. CONSIDERAÇÕES.....	45
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	46

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Propriedades químicas do Neossolo Quartzarênico em suas diferentes camadas.....	11
Tabela 2. Características granulométricas do Neossolo Quartzarênico em suas diferentes camadas.....	11
TABELA 3. Composição química e granulométrica das fontes de cálcio e magnésio utilizado.no experimento.....	13
TABELA 4. Análise da água aplicada nas colunas de solo.....	16
TABELA 5. Volume de água percolada após aplicação das lâminas de 48 mm nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	20
TABELA 6. Valores de pH e condutividade elétrica (CE) encontrados na água percolada em função do tempo.....	22
TABELA 7. Teores de cátions encontrados na água percolada em função do tempo. ..	24
TABELA 8. Quantidades totais dos cátions lixiviados em função do tempo.....	26
TABELA 9. Valores de pH para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.....	30
TABELA 10. Valores da soma de bases (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.....	31
TABELA 11. Valores da CTC (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.....	32
TABELA 12. Valores da saturação por bases (%) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.....	33
TABELA 13. Valor do cálcio trocável (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.....	35
TABELA 14. Valor do magnésio trocável (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias.....	38
TABELA 15. Valor do potássio trocável (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias.....	39
TABELA 16: Valor do potássio trocável (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 120 dias.....	39
TABELA 17. Valor do alumínio trocável (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.....	42
TABELA 18. Valor da acidez potencial (cmol _e /kg) para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.....	43

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Coleta do solo: (A) separação de camadas de 10 cm de profundidade e (B) perfil do solo após a retirada da 1ª camada.....	11
Figura 2: Preparo dos tubos de PVC para a montagem das colunas: (A) anéis de 5 e 10 cm; (B e C) aplicação do adesivo plástico e fita adesiva; (D) superfície interna com adesivo plástico e areia; (E) base da coluna com tela de PVC e com (F) círculo de papel filtro.....	14
Figura 3: Seqüência de preenchimento das colunas com os respectivos solos das camadas.....	15
Figura 4: Sistema de colunas de solos com recipiente para coleta da água lixiviada utilizada no experimento.....	16
Figura 5: Processo de desmontagem das colunas.....	17
Figura 6. Valores de pH dos lixiviados em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	51
Figura 7. Condutividade elétrica dos lixiviados em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	51
Figura 8: Teores de cálcio na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	52
Figura 9: Teores de magnésio na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	52
Figura 10: Teores de potássio na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	53
Figura 11: Teores de acidez titulável na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	53

Figura 12. Valor de pH em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.....	54
Figura 13: Valores da soma de bases (cmol _c /kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.....	55
Figura 14: Valores da CTC (cmol _c /kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.....	56
Figura 15: Valores da saturação por bases (%) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.....	57
Figura 16. Valor do cálcio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.....	58
Figura 17. Valor do magnésio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.....	59
Figura 18. Valor do potássio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.....	60
Figura 19. Valor do alumínio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.....	61
Figura 20. Valor da acidez potencial em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.....	62

LISTA DE QUADROS

Quadro 1. Análise de variância do volume de água percolada após aplicação das lâminas de 48 mm nas colunas de solo com diferentes corretivos.....	63
Quadro 2. Análise de variância do pH, e das quantidades de cálcio, magnésio e potássio aos 60 dias de incubação.....	64
Quadro 3. Análise de variância do pH e das quantidades de cálcio, magnésio e potássio aos 60 dias de incubação.....	65
Quadro 4. Análise de variância do alumínio, acidez potencial (H + Al), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) aos 60 dias de incubação.....	66
Quadro 5. Análise de variância do pH e das quantidades de cálcio, potássio e alumínio aos 120 dias de incubação.....	67
Quadro 6. Análise de variância da acidez potencial (H + Al), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) aos 120 dias de incubação.....	68

RESUMO

A acidez do solo é um dos principais fatores limitantes na produção agrícola. Esse trabalho teve como objetivos avaliar o movimento do cálcio e outros cátions após aplicação do calcário calcítico, calcário dolomítico, gesso agrícola, óxido de cálcio e uma mistura de calcário com gesso e avaliar a capacidade desses materiais em fornecer Ca, Mg e corrigir o pH do solo em profundidade. Foram utilizadas amostras de um *Neossolo Quartzarênico* coletado sob mata natural com baixos teores de Ca e Mg trocáveis. Utilizaram-se colunas de PVC, com 12 cm de diâmetro e 60 cm de altura, preenchidas com amostras seqüenciais de 10 cm de profundidade retiradas do perfil. Os corretivos em quantidade suficiente para preencher 80% da saturação de bases dos 10 cm superficiais foram misturados com o solo da camada superficial (5cm) das colunas. Nas colunas de solo foram aplicadas 12 lâminas de água de 48 mm (8 lâminas com intervalos de 5 dias; uma lâmina com intervalo de 10 dias e 3 lâminas com intervalos de 20 dias). Todos os percolados foram coletados, medido o volume e determinada a CE, pH, e teores de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^{2+} e acidez titulável. O experimento foi montado durante um período de 120 dias, com um total de 36 colunas, nos primeiros 60 dias metades das colunas foram desmontadas, ficando o restante para os 120 dias. Após a desmontagem das colunas, as amostras do solo foram amostradas e determinadas o pH, Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , K^{+} e acidez potencial. O gesso e a mistura do calcário mais o gesso promoveram maior lixiviação de cátions, enquanto que o calcário calcítico, calcário dolomítico e o óxido de cálcio não promoveram perdas significativas.. O gesso aumentou os teores de Ca em todo o perfil do solo, mas elevou pouco o pH do solo. O calcário calcítico foi o tratamento mais eficiente em elevar o pH nas camadas de 0-5 e 5-10 cm.

Palavras-Chave: *Textura arenosa, calagem, lixiviação, gesso agrícola, corretivo de acidez.*

SUMARRY

The soil acidity is one of the most limiting factors in farm production. The objectives of this work are to evaluate Calcium and others cations movement after addition of Calcitic calcareous, Dolomitic calcareous, Gypsum, Oxide calcium, and a mix of Calcareous and Gypsum and evaluate the capacity of these materials to release Ca, Mg and correct soil pH in depth. It was used samples from a Neossolo Quartzarênico sampled under natural vegetation with low quantities of Ca and Mg exchangeable. It was used PVC columns, with 12 cm of diameter and 60 cm of height, filled with sequenced samples of 10 cm from the profile. The correctives in enough quantity to reach 80% of basis saturation of 10 cm superficial were mixed with the soil on the superficial (5cm) columns. In the columns were applied 12 water blades of 48 mm (8 blades with gaps of 5 days; 1 blade with gap of 10 days and 3 blades with gaps of 20 days). All percolated were collected, measured and determined the EC, pH, Ca, Mg, K and titulated acidity. The experiment was conducted from a period of 120 days with 36 columns, in the first 60 days half columns were took off. Soil samples were took from the columns and evaluated pH, Ca, Mg, Al, K and potential acidity. The Gypsum and the mixed of Calcarium and Gypsum led to a greater loss of cations, whereas Calcitic calcarium, Dolomitic calcarium and Oxide calcium did not led to significant losses. Gypsum increased the quantities of Ca in all profile, but little changed soil pH. Calcitic calcarium was the most effective to increase soil pH in 0-5 and 5-10 cm.

Key-words: *Sandy texture, liming, leaching, gypsum, acidity corrector.*

1. INTRODUÇÃO

A maioria dos solos brasileiros apresenta limitações ao desenvolvimento de grande parte das culturas, em decorrência dos efeitos da acidez. Os solos ácidos apresentam baixa saturação por bases, comumente com baixas concentrações de cálcio e magnésio e podem conter elevados teores de cátions tóxicos como o alumínio e o manganês, que reduzem o crescimento radicular das plantas.

A correção da acidez do solo é uma prática fundamental para obtenção de altos rendimentos nas culturas. Os corretivos mais comumente utilizados são os calcários (carbonatos de cálcio e magnésio) principalmente pela sua abundância na natureza, facilidade de extração e uso, baixo custo e resultados satisfatórios. Com a aplicação do calcário ocorre a correção da acidez, e além de aumentar o pH do solo aumenta os teores de cálcio e de magnésio e diminui os teores de alumínio e manganês. Entretanto esses corretivos se solubilizam lentamente e sua correção normalmente se restringe à camada de incorporação ou a alguns centímetros abaixo dela.

A utilização do gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) em solos ácidos tem se mostrado eficiente na mobilização do cálcio em profundidade e na diminuição da toxicidade do alumínio, constituindo uma alternativa para a melhoria química e física, das camadas subsuperficiais desses solos, permitindo maior crescimento do sistema radicular das plantas melhorando seus rendimentos.

Os expostos anteriormente levam a postular, as hipóteses que diferentes corretivos de acidez apresentam diferenças nas reações e na movimentação dos cátions no perfil do solo.

O presente trabalho em colunas de solo teve como objetivos avaliar:

1) A lixiviação do cálcio e outros cátions após a aplicação dos corretivos: calcário calcítico, calcário dolomítico, óxido de cálcio, gesso agrícola e uma mistura de calcário mais gesso após aplicações de lâminas intermitentes de água.

2) O efeito de diferentes corretivos da acidez do solo e do gesso sobre a reação de amostras de um Neossolo Quartzarênico do Tabuleiro de Russas-CE.

2. REVISAO DE LITERATURA

2.1 Correção de solos ácidos

Os solos podem ser naturalmente ácidos em razão da pobreza do material de origem em bases (cálcio, magnésio, potássio e sódio) ou por condições de pedogênese que favoreçam suas remoções e pela adição de grandes quantidades de adubos nitrogenados. Além disso, os solos cultivados podem ter sua acidez aumentada por remoção de cátions básicos pelas culturas, erosão e principalmente por lixiviação. De forma simplificada, a acidificação do solo consiste na remoção dos cátions básicos: Ca, Mg, K e Na do sistema solo, substituindo-os por cátions ácidos, Al^{3+} e H^+ (Camargos, 2005).

Os solos tropicais são reconhecidamente ácidos, com elevada saturação por alumínio, e a prática da calagem promove a precipitação desse elemento do solo, aumentando o valor pH e a concentração de bases como Ca e Mg possibilitando a proliferação intensa das raízes e com maior absorção de nutrientes pelas plantas (Prado & Natale, 2004).

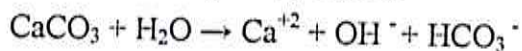
A correção da acidez do solo é realizada pela aplicação de produtos de reação básica, que apresentam como principais compostos neutralizantes os carbonatos de cálcio e de magnésio ($CaCO_3$ e $MgCO_3$) nos calcários agrícolas; óxidos de cálcio e de magnésio (CaO e MgO) na cal virgem; e hidróxidos de cálcio e de magnésio ($Ca(OH)_2$)

e $\text{Mg}(\text{OH})_2$) na cal apagada. Os corretivos mais usados são de rochas calcárias moídas, compostas principalmente por misturas dos minerais calcita, dolomita e magnesita, os quais são constituídos por carbonatos de cálcio e de magnésio (Quaggio, 2000).

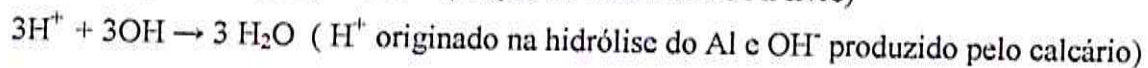
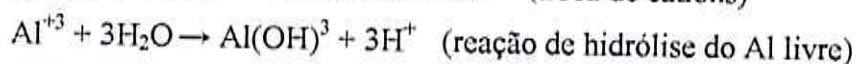
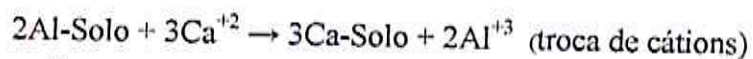
O calcário tem sido o material corretivo mais utilizado no Brasil, em decorrência do seu baixo custo e efeitos comprovados no aumento da produtividade das culturas (Fortes, 2006). É um insumo relativamente barato, abundante no País, essencial para o aumento da produtividade, de tecnologia de produção simples e, sobretudo, poucas práticas agrícolas dão retornos tão elevados em curto prazo (Lopes et al., 1991). É um produto de baixa solubilidade e suas reações mostram mobilidade limitada no perfil do solo (Caires et al., 1999), com isso requer sua incorporação no solo para promover maior reação (Amaral & Anghiononi, 2001).

Do ponto de vista químico, a necessidade de calagem pode ser definida como a quantidade de calcário ou corretivo da acidez do solo para aumentar o pH ou saturação por bases de uma condição ácida inicial, a um valor desejado, supostamente adequado para o crescimento das plantas, e ainda, a eliminação da toxidez devida ao Al. Os métodos recomendados para a avaliação da quantidade de calcário que deve ser adicionada ao solo para elevar o seu pH a um valor determinado são numerosos. Entretanto, os métodos mais eficientes são aqueles que levam em conta a correlação existente entre a porcentagem de saturação por bases e o pH do solo (Quaggio, 2000).

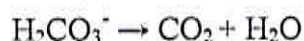
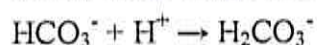
Segundo Aquino (2008), o calcário quando aplicado ao solo é lentamente solubilizado segundo a reação:



Os produtos da reação do calcário no solo entram em contato com o complexo de troca (colóides) e causam alterações na natureza dos íons adsorvidos que, dependendo da extensão da reação, afetam o pH. O conjunto de ação do calcário no solo, portanto, pode ser resumido como: Ca^{2+} , HCO_3^- e OH^- . Mesmo antes de o solo atingir o pH 7,0, o Ca^{2+} desloca o Al^{3+} e parte do H^+ adsorvidos. O Al^{3+} livre se hidrolisa e produz H^+ ; o HCO_3^- pode reagir com o H^+ removido do complexo e produzir CO_2 e H_2O . As reações finais de neutralização da acidez podem ser assim resumidas:



HCO_3^- pode reagir com H^+ deslocado da superfície do colóide:



2.2 Efeitos da calagem superficial e incorporada

Por meio da calagem é possível corrigir a acidez e alterar os teores de cálcio em camadas superficiais e do subsolo, tanto com a incorporação de calcário em sistema convencional de preparo de solo (Caires et al., 2003) como também com a sua aplicação na superfície em pomares de frutíferas perenes (Corrêa, 2004; Silva et al., 2007) ou em sistema plantio direto (Caires et al., 2000).

O calcário aplicado na superfície apresenta baixa mobilidade no perfil do solo, determinando uma menor eficiência na correção da acidez nas camadas subsuperficiais (Kaminski et al., 2005). Isso ocorre, basicamente, devido à aplicação superficial de calcário, sem incorporação, proporcionar um menor contato entre as partículas de solo e o corretivo em comparação à aplicação com incorporação, determinando que as reações de dissolução ocorram basicamente na superfície do solo (Rossato, 2008). Quando a calagem é realizada sobre a superfície do solo, a exemplo do que acontece no sistema plantio direto, seus efeitos na correção da acidez e na alteração de outros atributos (neutralização do Al e aumento do Ca no perfil) normalmente se restringem a poucos centímetros abaixo da superfície (Alleoni et al., 2005; Caires et al., 2006). Alleoni et al. (2005) estudando o efeito de doses de calcário dolomítico (PRNT: 78,5%) aplicadas na superfície ou incorporadas em amostras de um Latossolo Vermelho distrófico textura muito argilosa, observaram que após seis meses a calagem superficial promoveu elevação do pH, aumento na saturação por bases e nos teores de Ca e Mg trocáveis, bem como redução nos teores de Al trocável e na acidez potencial (H+Al) somente na camada de 0-5 cm de profundidade. Aos 18 e 30 meses da aplicação do calcário, tais efeitos estenderam-se até 10 cm. A incorporação do calcário proporcionou correção da acidez do solo até 20 cm de profundidade, a partir de seis meses após a sua aplicação. Contestando esses resultados, Silva et al. (2007) em seu estudo com calcário calcinado (PRNT: 131%) constataram que os efeitos da aplicação superficial de calcário no solo podem atingir até a camada de 20-40 cm, alterando o pH, Ca, Mg, H+Al, SB e V%.

Dentre pesquisas que relatam os efeitos do calcário aplicado na superfície do solo no sistema plantio direto, Reinheimer et al. (2000); Amaral & Anghinoni (2001); Amaral et al. (2004); Kaminski et al. (2005) e Caires et al (2006) sob diferentes períodos de avaliação, foi observado que, apesar de, em alguns casos, haver efeitos da calagem superficial além dos 10 cm de profundidade, a neutralização de todo o Al trocável, ocorre apenas nos 10 cm de profundidade. Por essa razão, tem-se observado que a calagem em plantio direto proporciona alterações nas propriedades químicas do solo, melhorando o ambiente para o crescimento das raízes, porém, a sua eficiência é menor do que a calagem incorporada (Kaminski et al., 2005).

Ernani et al. (2001), estudando as alterações na fase sólida e na solução percolada em dois solos ácidos, ocasionados pelo método de aplicação (na superfície ou incorporado) de corretivos da acidez (CaCO_3 e MgCO_3), constataram que os calcários quando incorporados aos solos, elevaram o valor do pH das duas fases, diminuíram o Al trocável, porém, não afetaram o conteúdo do Al percolado. Quando estes corretivos foram aplicados na superfície, não afetaram a solução percolada e alteraram a composição química somente da camada de 0 a 2,0 cm de profundidade. Ao estudar a aplicação superficial e incorporada do calcário em um Latossolo Vermelho distrófico, textura argilosa, sob cultivo de soja, Caires et al. (2003) observaram que a correção da acidez pela calagem na superfície ou incorporada foi mais acentuada na camada superficial do solo (0-5 cm) havendo maior reação nas profundidades de 5-10 e 10-20 cm, com a incorporação do calcário. Os efeitos benéficos da calagem na correção da acidez do subsolo foram pouco pronunciados e mais evidentes com a incorporação do calcário no solo. Portanto, nota-se que, a incorporação do calcário ainda pode trazer maiores benefícios às culturas mais exigentes (Kaminski et al., 2000) e promover maiores rendimentos que a calagem superficial (Weirich Neto et al., 2000).

Como visto, os efeitos da calagem (elevação do pH, do Ca e Mg e neutralização do Al trocável) normalmente restringem-se às zonas de aplicação ou imediatamente abaixo delas. Para que a acidez do solo seja neutralizada, suas partículas devem entrar em contato com o calcário ou com os produtos de sua transformação. Decorre daí a necessidade de incorporar o calcário no solo da melhor forma possível.

2.3 Gesso agrícola

O gesso agrícola ($\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$) é um sal neutro com maior solubilidade do que o calcário e é utilizado na agricultura como fonte de cálcio e condicionador do solo. O gesso pode ser obtido em jazitas naturais (gipsita) que ocorrem no Nordeste do Brasil, ou como subproduto da produção do ácido fosfórico na indústria de fertilizantes.

Apesar do gesso não ter eficácia para alterar o pH do solo, ele se desloca no perfil do solo e neutraliza o efeito tóxico do alumínio em profundidade (formação do AlSO_4^+). A sua utilização tem como objetivo principal aumentar o suprimento de Ca^{2+} e SO_4^{2-} em profundidade, resultando em melhor ambiente ao crescimento de raízes em profundidade (Saldanha et al., 2007, Ernani & Barber, 1993). A eficiência do gesso na melhoria dos efeitos da acidez no subsolo, aumento de Ca^{2+} e decréscimo de Al^{3+} no perfil do solo tem sido demonstrado em vários trabalhos (Ernani et al., 2001; Caires et al., 2003; Santos et al., 2005). Saldanha et al. (2007), estudando o comportamento do gesso agrícola pela combinação de cinco doses aplicadas em duas granulometrias em um Latossolo Amarelo com teores tóxicos de Al^{3+} para as plantas, constataram que o gesso provocou redução nos valores de saturação por alumínio em todas as camadas do perfil do solo, independentemente da granulometria. Foram observados, também, aumentos nos teores foliares de cálcio e enxofre e diminuição nos teores de magnésio, potássio e fósforo com o incremento das doses do gesso. Esses resultados encontrados concordam com diversos outros estudos realizados (Caires et al., 2003; 2004; Ramos et al., 2006) que mostraram que a utilização do gesso provocou aumento nos teores de cálcio nas camadas subsuperficiais do solo e ainda um pequeno aumento do pH do solo.

Caires et al. (2001) realizaram estudo em Latossolo Vermelho Distrófico, textura argilosa, com a cultura da cevada onde a mesma foi submetida a doses de gesso e aplicação do calcário dolomítico. Os autores constataram que a calagem na superfície ou incorporada e a aplicação de gesso não influenciaram significamente o crescimento radicular da cevada, mas ressalta-se que o gesso proporcionou melhor distribuição relativa de raízes em profundidade, principalmente quando associado à calagem e melhorou a absorção de N, P, K, Ca e S pela cevada, em condições de deficiência hídrica, proporcionando acréscimos na produção de grãos, em decorrência do aumento de Ca trocável, da relação Ca/Mg e do S- SO_4^{2-} disponível no solo.

Concluindo pode-se dizer que a calagem superficial ou incorporada e a aplicação de gesso no solo levam a modificações químicas no perfil que podem influenciar o crescimento radicular e a produção de culturas anuais (Caires et al., 2004).

2.4 Lixiviação de cátions em colunas de solo e pH do solo

Sobre o efeito da calagem e do gesso agrícola em colunas de solo, pesquisadores têm realizado experimentos em casa de vegetação e em laboratórios, com o objetivo de avaliar a lixiviação de cátions e a capacidade dos corretivos de acidez do solo em fornecer Ca, Mg e outros nutrientes e corrigir e/ou elevar o pH do solo. Ramos et al. (2006), desenvolveram um trabalho em colunas de lixiviação (lisímetros) com amostras de um Neossolo Quartzarênico órtico típico, com o objetivo de observar a capacidade do calcário calcítico, do gesso e de silicatos em fornecer Ca, Mg, Si e corrigir o pH do solo em profundidade. Os resultados obtidos foram o aumento da disponibilidade de Ca trocável fornecido pelo gesso em todas as profundidades das colunas de lixiviação. As fontes de Si (silicato de cálcio, silicato de cálcio e magnésio e termofosfato) com valor neutralizante de 67, 87 e 67, respectivamente, aumentaram os teores de Ca trocável com maior eficiência que o calcário (valor neutralizante: 80) na camada superficial (0-5 cm). Isso é explicado devido a maior reatividade e solubilidade no solo das fontes de Si (6,78 vezes superior do calcário). A aplicação de silicato de Ca e Mg e de termofosfato aumentou a concentração de Mg no solo até à profundidade de 25 cm e o Si foi carregado até às camadas mais profundas das colunas (55 cm), independentemente da fonte de Si utilizada.

Ao estudar o movimento do cálcio, e de outros cátions, após aplicação de calcário agrícola, gesso, calcário calcinado e uma mistura de calcário agrícola e gesso, em dois Latossolos Vermelho escuros de texturas diferentes: média e argilosa, Maria et al. (1993), constataram que nos tratamentos com gesso e em uma mistura de calcário mais gesso, as quantidades de Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Al^{3+} na solução percolada foram maiores, enquanto que o tratamento calcário agrícola e calcário calcinado não promoveram perdas significativas de cátions. As maiores perdas ocorreram na primeira percolação no solo de textura média, devido a menor retenção da água nesse solo e na segunda no solo de textura argilosa. O gesso não modificou o pH dos solos, porém,

reduziu teores das bases (Mg^{2+} e K^+) no solo argiloso, enquanto que os calcários corrigiram o solo apenas próximo à camada de incorporação.

Corrêa (2004), em seu estudo em campo e casa de vegetação, objetivou-se avaliar a dinâmica de cátions, acidez do solo e o efeito do resíduo da poda de goiabeiras, aplicado sem incorporação após calagem superficial com calcários comum e calcinado. No experimento em campo, concluiu que a calagem com calcário comum ou calcinado aumentaram significativamente o pH, as concentrações de Ca e Mg trocáveis, a soma de bases e a saturação por bases e reduziu a acidez potencial do solo na profundidade de 0-10 cm. Tais alterações foram também observadas na camada de 10-20 cm, após 12 meses da calagem com o calcário calcinado e, após 24 meses com o calcário comum. No experimento com colunas de solo observou-se que o resíduo da poda de goiabeira contribuiu para a neutralização da acidez do solo na camada de 0-10 cm e promoveu o aumento da concentração de K nas camadas de 0-10, 10-20 e 20-30 cm.

Referências têm sido feitas com respeito ao efeito da calagem sobre o fornecimento e a disponibilidade de Ca, Mg e sobre a relação Ca: Mg do corretivo, levantando a hipótese de que a aplicação continuada de corretivos que fornecem relações inadequadas de cálcio e magnésio resultaria em desbalanços entre estes cátions no solo, prejudicando o desenvolvimento das culturas (Holzschuh, 2007). A relação ideal sofre alteração de acordo com o solo e com as culturas, sendo algumas espécies mais exigentes em relações estreitas e outras tolerando corretivos com relações Ca:Mg mais amplas. Uma relação comumente recomendada é a de 3:1 ou 4:1 mols de Ca:Mg (CFSEMG, 1999).

A mobilidade vertical dos nutrientes no solo é afetada por fatores físicos e químicos do solo. Os atributos físicos incluem a textura, estrutura, profundidade do perfil e principalmente porosidade. Os principais atributos químicos são: o pH, a capacidade de troca de cátions e as trocas iônicas entre os nutrientes que estão na solução com aqueles da fase sólida durante o processo de descida (Santos et al., 2000; Ernani et al, 2007).

3. MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Local

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Química do Solo do Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal do Ceará – UFC, Fortaleza-CE.

3.2 Solo

Utilizou-se amostra de um Neossolo Quartzarênico coletado em área com vegetação nativa, na Fazenda FRUTACOR, localizada no Tabuleiro de Russas-Ce, aproximadamente entre 57° 735' leste e 38° 02' oeste. O clima da região é quente e semi-árido, do tipo BSw'h', segundo a classificação de Köppen. A temperatura média anual é de 28°C, com precipitação pluvial anual em torno de 900 mm.

No perfil do solo foram coletadas amostras até 60 cm de profundidade, separadamente por camadas de 10 cm (0-10, 10-20, 20-30, 30-40, 40-50, 50-60 cm de profundidade) - Figura 1.

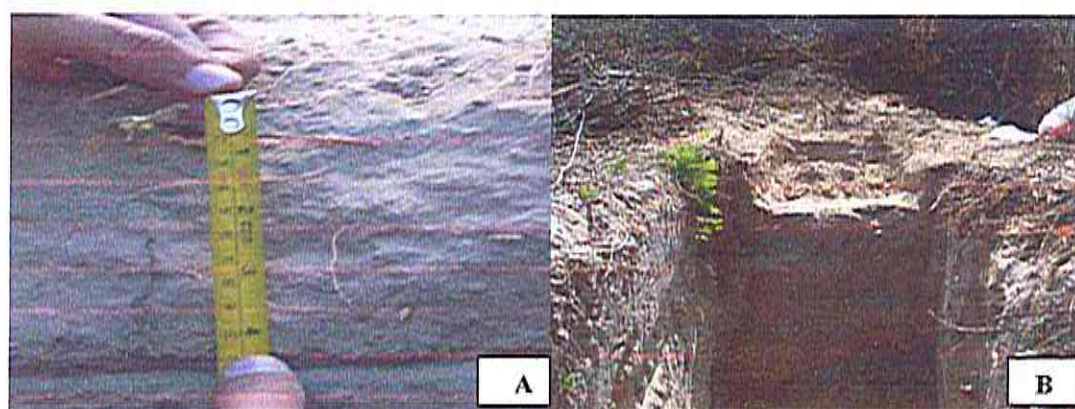


Figura 1: Coleta do solo: (A) separação de camadas de 10 cm de profundidade e (B) perfil do solo após a retirada da 1ª camada.

Os atributos químicos do solo estão apresentados na Tabela 1 e suas características granulométricas estão na Tabela 2.

Tabela 1. Propriedades químicas do Neossolo Quartzarênico em suas diferentes camadas.

Camada	pH	CE	M.O	P	Ca	Mg	K	Na	H+Al	S ⁽¹⁾	T ⁽²⁾	V ⁽³⁾
cm	H ₂ O	dS/m	g/kg	mg/kg	-----cmol/kg-----							%
0-10	4,4	0,09	8,09	1,81	0,3	0,3	0,04	0,086	1,81	0,72	2,98	24,16
10-20	4,1	0,09	4,09	1,03	0,3	0,3	0,03	0,086	1,98	0,71	3,29	21,58
20-30	4,2	0,23	3,07	1,12	0,2	0,2	0,04	0,086	2,47	0,52	3,84	13,54
30-40	4,3	0,22	3,07	1,20	0,3	0,3	0,04	0,086	1,98	0,72	3,55	20,28
40-50	4,3	0,21	2,97	0,86	0,2	0,3	0,03	0,086	2,14	0,61	3,60	16,94
50-60	4,3	0,21	2,56	0,60	0,3	0,3	0,03	0,086	2,52	0,71	5,30	13,39

(1) S = soma de bases; (2) T = capacidade de troca de cátions; (3) V = saturação por bases.

Tabela 2. Características granulométricas do Neossolo Quartzarênico em suas diferentes camadas.

Camada	Argila	Silte	Areia			Classe Textural
			Areia Grossa	Areia Fina	Total	
cm	-----g/kg ¹ -----					
0-10	90,4	56,1	430,5	423,0	853,5	Areia Franca
10-20	98,0	39,5	445,2	417,3	862,5	Areia Franca
20-30	152,2	55,3	398,5	394,0	792,5	Areia Franca
30-40	152,0	51,0	412,5	384,5	797,0	Areia Franca
40-50	184,4	81,6	385,2	348,8	734,0	Areia Franca
50-60	192,0	67,0	392,5	348,5	741,0	Areia Franca

3.3 Tratamentos

Foram utilizadas cinco fontes de corretivos e uma testemunha (sem corretivo). A dose do corretivo foi calculada para atingir 80% da saturação por bases na camada de 0-20 cm utilizando o calcário calcítico. As doses dos outros corretivos foram calculadas de modo a se aplicar a mesma quantidade de equivalentes de cálcio.

Os corretivos usados foram: calcário calcítico - CaCO_3 (1,41 g/coluna); calcário dolomítico - CaCO_3 , MgCO_3 (1,70 g/coluna); gesso agrícola - $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (2,42 g/coluna); óxido de cálcio - CaO (0,83 g/coluna) e uma mistura de calcário com gesso - CaCO_3 , MgCO_3 + $\text{CaSO}_4 \cdot 2\text{H}_2\text{O}$ (0,85 + 1,24 g/coluna).

As características químicas e granulométricas dos corretivos podem ser observadas na Tabela 3.

3.4 Condução do ensaio

3.4.1 Montagem das colunas

As amostras de solo, após serem secas ao ar, foram passadas em peneira com malha de 4,5 mm e acondicionadas em colunas de PVC rígido composto por seis anéis de 5 cm e três anéis de 10 cm de altura, com 12 cm de diâmetro, unidos por fita adesiva, totalizando 60 cm de altura. A superfície interna dos anéis foi recoberta com areia, aderida com auxílio de Adesivo Plástico (composição química: resina de PVC e solventes orgânicos), objetivando-se melhorar a interface solo-coluna e evitar escoamento preferencial da água de irrigação através desta interface. Para reter o solo na extremidade inferior das colunas utilizou-se tela de PVC (malha de 2 mm) fixada com fita adesiva e, círculos de papel filtro com mesmo diâmetro da coluna.

Tabela 3- Composição química e granulométrica das fontes de cálcio e magnésio utilizado no experimento.

	Composição (%)		Granulometria (mm)*					PN	RE	PRNT
	CaO	MgO	>2	2,0 - 0,84	0,84 - 0,3	<0,3				
Calcário calcítico (CaCO ₃)	56	12	0	1	25	74	132	84	110	
Calcário dolomítico (CaCO ₃ .MgCO ₃)	24	21	0	1	6	93	96	95	91	
Gesso agrícola (CaSO ₄ . 2H ₂ O)	35	-	0	2	15	83	62	89	55	
Óxido de cálcio (CaO)	60	15	0	1	4	94	98	95	93	

* Partículas >2mm; 2,0-0,84mm; 0,84-0,3mm, retidas na peneira ABNT nº 10, nº 20 e nº 50, respectivamente.
PN: Poder de Neutralização; RE: Reatividade; PRNT: Poder Relativo de Neutralização Total.

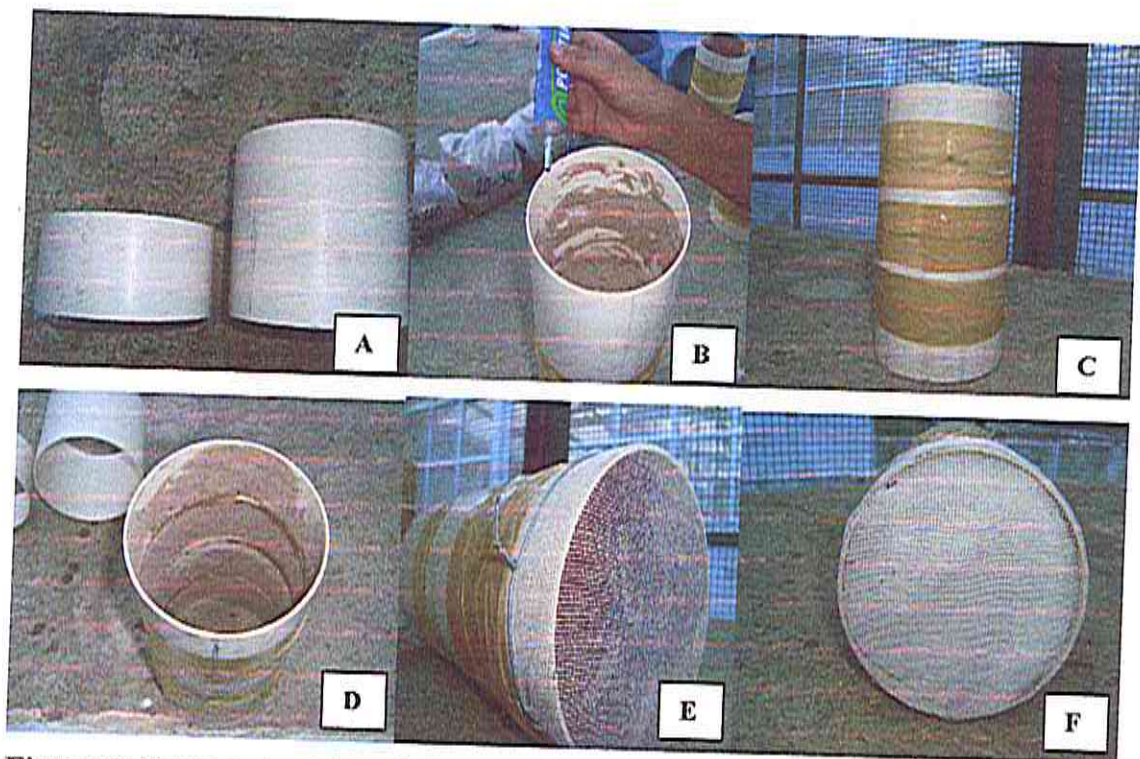


Figura 2: Preparo dos tubos de PVC para a montagem das colunas: (A) anéis de 5 e 10 cm; (B e C) aplicação do adesivo plástico e fita adesiva; (D) superfície interna com adesivo plástico e areia; (E) base da coluna com tela de PVC e com (F) círculo de papel filtro.

O preenchimento das colunas foi feito por camadas, na seqüência 50-60, 40-50, 30-40, 20-30, 10-20 e 0-10 cm, utilizando-se a terra da camada correspondente coletada no campo. Cada camada da coluna recebeu 1,740 kg de solo, totalizando uma massa de solo de 10,44 kg por coluna, com densidade de 1,54 g/cm³.

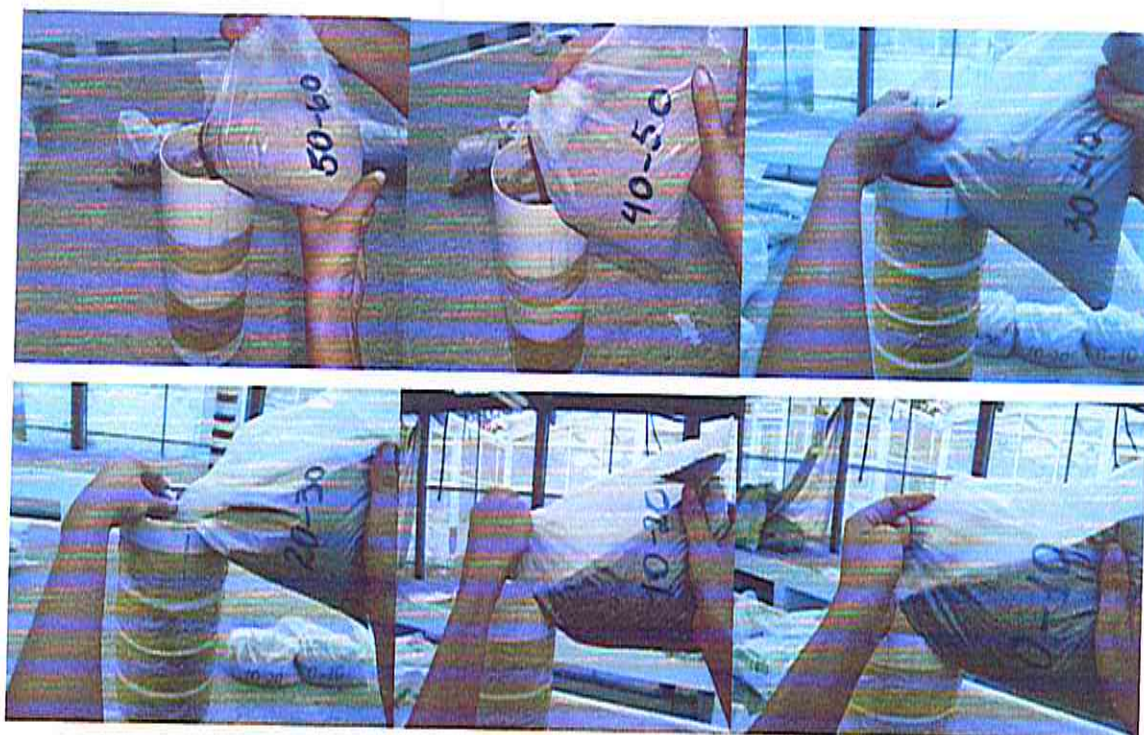


Figura 3: Sequência de preenchimento das colunas com os respectivos solos das camadas.

3.4.2 Irrigação e coleta do lixiviado

Em fevereiro de 2009 os corretivos foram aplicados nas colunas e misturados com os 5 cm superficiais do solo. Após a aplicação dos tratamentos, a superfície de cada coluna foi coberta com papel filtro (diâmetro de 12 cm) no intuito de minimizar o efeito da água das regas na movimentação do solo. As colunas de solo foram umedecidas até a capacidade de campo. Após 2 dias de umedecimento iniciou-se a adição de água seguindo as lâminas consideradas no experimento. O experimento foi conduzido até junho de 2009 e a quantidade de água adicionada a cada coluna foi uma simulação ao regime hídrico típico da região de Russas, tendo sido aplicada uma lâmina total de 576 mm, dividida em 12 lâminas de 48 mm (0,53 L), sendo que 8 lâminas foram aplicadas com intervalos de 5 dias; uma lâmina com intervalo de 10 dias e 3 lâminas com intervalos de 20 dias, durante os 120 dias do experimento. A água utilizada foi coletada das chuvas na estação chuvosa de 2009 e armazenada em cisterna de concreto. A análise da água aplicada nas colunas se encontra na Tabela 4. Os lixiviados foram coletados após 24h da aplicação da lâmina.

Tabela 4: Análise da água aplicada nas colunas de solo.

Cátions ($\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$)				Ânions ($\text{mmol}_e \text{L}^{-1}$)				CE	RAS (dS m^{-1})	pH
Ca^{2+}	Mg^{2+}	Na^+	K^+	Cl^-	SO_4^{2-}	HCO_3^-	CO_3^{2-}			
0,8	0,7	0,1	0,1	0,8	-	0,8	-	0,15	0,14	7,3

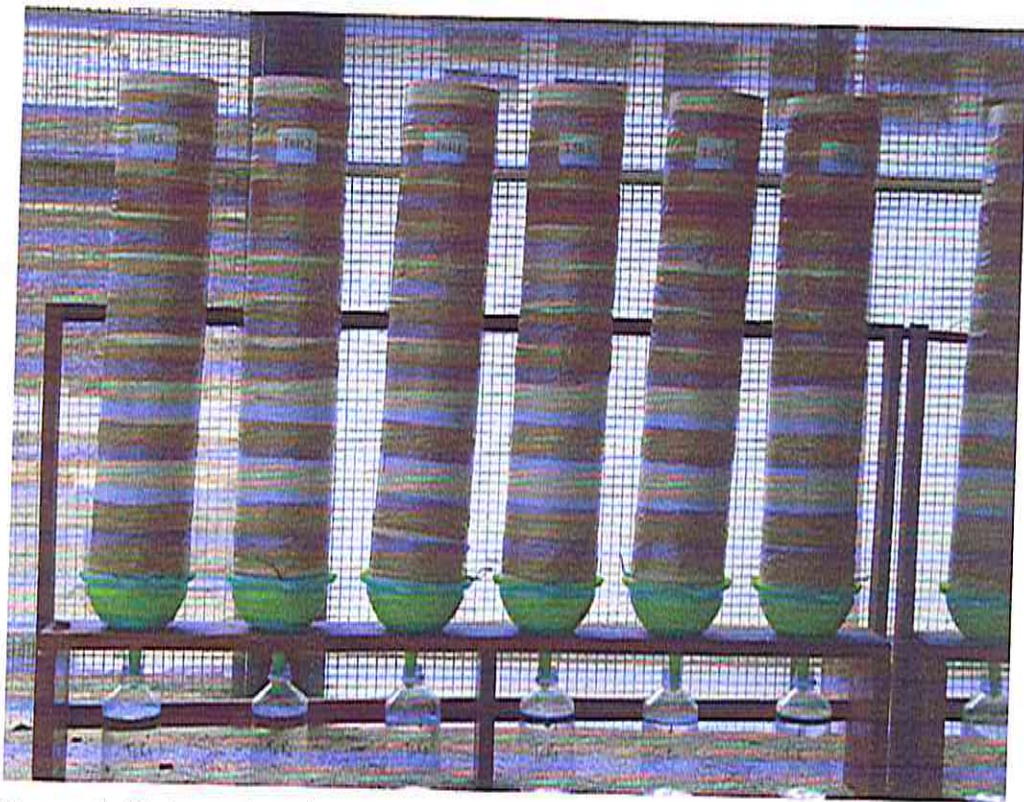


Figura 4: Sistema de colunas de solos com recipiente para coleta da água lixiviada utilizada no experimento.

3.4.3 Desmontagem das colunas

A desmontagem das colunas foi feita em duas épocas: a primeira desmontagem com 60 dias e a segunda com 120 dias após a aplicação dos tratamentos. As colunas foram separadas em secções transversais com o auxílio de uma lâmina de espátula, correspondentes às camadas de 0-5, 5-10, 10-15, 15-20, 20-25, 25-30, 30-40, 40-50, 50-60cm de profundidade. O solo de cada camada foi seco ao ar, homogeneizado e realizadas as análises químicas.



Figura 5: Processo de desmontagem das colunas.

3.4.4 Características avaliadas

Nos lixiviados imediatamente após a coleta foram determinados os volumes, o pH e a CE e em seguida as análises de Ca^{2+} , Mg^{2+} , Na^+ , K^+ e acidez titulável (usando o indicador azul de bromotimol e titulando com NaOH 0,025 N). Utilizando os volumes do lixiviado e as concentrações foram calculadas as quantidades dos elementos nos efluentes.

No solo após a desmontagem das colunas, foram determinados por camadas os teores de Ca, Mg, K, Na, Al, H+Al trocáveis e os valores de pH, segundo os métodos apresentados em EMBRAPA (1997).

Na análise do solo inicial a determinação do tamanho das partículas do solo foi realizado pelo método da pipeta descrito em EMBRAPA (1997). E nas análises

químicas: Em extrato KCl N, a acidez potencial (H + Al) foi determinada titulando-se com NaOH 0,1 N, o alumínio trocável titulando-se com NaOH 0,025 N e o cálcio e magnésio trocáveis determinados por titulação com EDTA 0,0125 N. Em ácido clorídrico 0,05 N, foi determinado o potássio e o sódio trocável por fotometria de chama. O pH do solo foi determinado em água na proporção (1:2,5).

3.5 Delineamento experimental

O delineamento experimental adotado foi inteiramente casualizado, em esquema fatorial 6 x 2, com três repetições, totalizando doze tratamentos e 36 unidades experimentais, cada unidade representada por uma coluna de solo.

Os tratamentos consistiram da combinação dos fatores: tipo do corretivo (calcário calcítico, calcário dolomítico, gesso agrícola, óxido de cálcio, calcário+gesso e testemunha) e dois períodos de incubação (com 60 dias e 120 dias de incubação).

Os resultados das quantidades totais de cada nutriente lixiviados nas 12 percolações de água foram submetidas à análise da variância (ANOVA), considerando o delineamento inteiramente casualizados. Quando houve significância, as médias dos tratamentos foram comparadas pelo teste de Tukey a 5 %, através do programa estatístico SAEG. Cada atributo na fase sólida do solo foi avaliado também pela ANOVA, porém considerando a profundidade das colunas como subparcela. (parcela subdividida).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Água percolada e características

O volume de água recolhido após cada percolação foi similar em todos os tratamentos, não se constatando diferença estatística entre os mesmos (Quadro 1). Esse comportamento sugere que a preparação das colunas foi uniforme, apresentando um coeficiente de variação de 3,02 %. Dentro de cada tratamento o volume de efluentes variou com o tempo (Tabela 5). Nas primeiras percolações o volume de água percolado foi menor do que nas últimas, verificando-se que a partir dos 55 dias esses volumes estabilizaram em 0,47 L. O menor volume do efluente observado nas primeiras percolações pode ser atribuído à retenção de água pelo solo, por não ter atingido a saturação por ocasião do umedecimento inicial.

O volume do efluente recuperado sempre foi inferior ao volume de água aplicado nas colunas (0,53 L). Recuperando em média 80 % do aplicado durante os 120 dias do experimento. Entretanto deve-se salientar que aos 55 dias em que o volume recuperado se estabilizou, a recuperação foi em média de 90 %. Essa diferença além da retenção de água pelo solo é explicada pelas perdas por evaporação durante a condução do experimento.

Tabela 5: Volume de água percolada após aplicação das lâminas de 48 mm nas colunas de solo com diferentes corretivos.

Nº de lâminas	Tempo		Lâmina aplicada		Lâmina aplicada	
	L.A.* -----dias-----	T.A.*	L.A.* -----mm-----	L.Ac.*	VR*	V.R.A.* -----L-----
0	0	0	0	0	0	0
1	5	5	48	48	0,316 f	0,316
2	5	10	48	96	0,396 e	0,712
3	5	15	48	144	0,417 d	1,129
4	5	20	48	192	0,415 d	1,554
5	5	25	48	240	0,411 de	1,955
6	5	30	48	288	0,432 c	2,387
7	5	35	48	336	0,447 b	2,834
8	5	40	48	384	0,459 b	3,293
9	10	55	48	432	0,474 a	3,767
10	20	75	48	480	0,475 a	4,242
11	20	95	48	528	0,475 a	4,717
12	20	115	48	576	0,475 a	5,192
Total	115	115	576	576	5,192	5,192

* I.A.= intervalo de aplicação; T.A.= tempo acumulativo; L.A.= lâmina aplicada; L.Ac.= lâmina acumulativa; V.R.= volume recuperado; e V.R.A.= volume recuperado acumulativo.

Para todos os corretivos, o pH dos lixiviados variou com o tempo de aplicação das lâminas de água, verificando-se os maiores valores de pH nas primeiras percolações; a partir da 5ª percolação (25 dias) os valores de pH caíram acentuadamente estabilizando a partir dos 30 dias. O gesso foi o tratamento que proporcionou os valores mais baixos de pH que os demais tratamentos (Tabela 6; Figura 6). Isso ocorreu devido o gesso não ser corretivo de acidez e sim condicionador de cálcio (Alcarde e Rodella, 2003). Embora o ânion SO_4^{2-} seja uma base química, sua força é extremamente pequena devido ao diminuto valor de sua constante ($K_b = 8,3 \times 10^{-13}$) essa força é quase nula, de nenhuma efetividade prática (Alcarde, 1992). Resultados semelhantes a estes foram encontrados por ERNANI (2001), ao avaliar as alterações na fase sólida e na solução percolada em dois solos ácidos com aplicação de corretivos de acidez e do gesso agrícola.

A condutividade elétrica dos lixiviados apresentou valores mais altos nos tratamentos com gesso e calcário + gesso (Tabela 6, Figura 7), condizente com a maior solubilidade do gesso que aumentou o conteúdo de sais solúveis no lixiviado. Enquanto que o corretivo calcário calcítico, calcário dolomítico e óxido de cálcio, por serem menos solúveis contribuem menos para elevar esses valores (Piovesan, 2006).

A aplicação do gesso na forma isolada ou na mistura calcário + gesso favoreceu a lixiviação de todos os cátions determinados na solução percolada, em relação aos corretivos sem gesso (Tabela 8; Figuras 8, 9, 10, 11), sendo estes tratamentos os que lixiviaram maiores quantidades de cálcio abaixo dos 60 cm de profundidade.

Nos calcários (calcítico e dolomítico) e no óxido de cálcio, as perdas de cálcio foram mínimas durante os 120 dias que durou o experimento, pois seus valores são praticamente iguais à testemunha que não recebeu corretivo (Tabela 7; Figura 8). Este comportamento pode atribuir-se a maior solubilidade do gesso no solo e a presença do ânion SO_4^{2-} que favorece a movimentação descendente dos cátions (Ernani & Barber, 1993)

No magnésio de forma similar ao cálcio as maiores perdas aconteceram nos tratamentos gesso e calcário + gesso, durante todas as percolações. Vários autores trabalhando com gesso obtiveram resultados similares (Ernani & Barber, 1993; Ritchey & Snuffer, 2002).

Tabela 6: Valores de pH e condutividade elétrica (CE) encontrados na água percolada em função do tempo.

Tempo (dias)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+ Gesso	pH						
5	4,22 B bcd	4,45 AB c	4,37 AB b	4,37 AB a	4,44 AB bc	4,31 ABab							
10	4,33 AB bc	4,28 AB c	4,21 AB b	3,84 C cdef	4,33 AB c	4,11 B ab							
15	4,20 A bcd	4,26 A c	4,30 A b	3,88 B bcdef	4,29 A c	3,77 B cd							
20	4,10 B cde	4,69 A b	4,22 B b	4,03 B bcde	4,56 A bc	4,03 B b							
25	4,85 B a	5,21 A a	5,32 A a	4,07 C bcde	5,20 A a	4,12 C ab							
30	3,83 AB ef	3,82 AB de	3,81 AB cde	3,57 B f	3,71 AB d	3,55 B d							
35	3,78 AB ef	3,87 AB de	3,87 AB cde	3,67 B ef	3,87 AB d	3,73 ABcd							
40	3,93 ABC cde	3,94 ABC de	3,92 ABC cd	3,74 C def	3,87 BC d	3,79 BC cd							
55	3,91 AB def	3,95 AB de	3,92 AB cd	3,93 AB bcdef	3,79 AB d	3,62 B cd							
75	3,69 A f	3,72 A e	3,69 A de	3,72 A def	3,72 A d	3,63 A cd							
95	3,69 B f	3,75 B de	3,77 B cde	3,87 AB bcdef	3,82 B d	3,84 AB b							
115	3,39 C	3,45 C	3,49 BC	3,70 AB	3,49 BC	3,65 ABC							
CE													
5	0,37 BC abc	0,34 BC abc	0,40 BC ab	0,52 AB cdef	0,42 ABC ab	0,28 C ef							
10	0,16 Bbc	0,17 Bbc	0,17 B ab	0,58 A bcdef	0,21 B bc	0,52 Aabcde							
15	0,15 B c	0,15 B c	0,17 B ab	0,67 A abcd	0,16 B c	0,60 A abc							
20	0,18 C bc	0,15 C c	0,14 C c	0,69 A abcd	0,16 C c	0,57 B abcd							
25	0,21 C bc	0,17 C bc	0,17 C bc	0,75 A ab	0,18 C bc	0,52 Babcde							
30	0,20 C bc	0,21 C bc	0,18 C bc	0,74 A ab	0,24 C bc	0,46 B bcdef							
35	0,18 C bc	0,24 C abc	0,22 C bc	0,61 A bcde	0,26 C bc	0,40 B cdef							
40	0,15 C c	0,20 C bc	0,19 C bc	0,47 A def	0,22 BC bc	0,33 BC ef							
55	0,14 B c	0,21 B bc	0,23 B bc	0,44 A ef	0,20 B bc	0,25 B f							
75	0,18 C bc	0,23 BC abc	0,23 BC bc	0,41 AB ef	0,24 BC bc	0,31 ABCef							
95	0,26 B abc	0,28 AB abc	0,28 AB abc	0,39 AB f	0,29 AB bc	0,33 AB ef							
115	0,28 B	0,29 B	0,28 B	0,43 A	0,30 B	0,36 AB							

* Letras maiúsculas comparam tratamentos ao longo das percolações e letras minúsculas comparam as percolações dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Para esse comportamento deve ter contribuído a formação do par iônico MgSO_4^0 que apresenta grande mobilidade no perfil do solo, favorecendo esse transporte e deslocando cátions como o magnésio para as camadas mais profundas do solo (Dias 1992; Saldanha et al, 2007). No tratamento calcário + gesso a perda de magnésio foi maior do o tratamento gesso isolado nos percolados coletados após 30 dias de iniciado o experimento, isso é explicado devido ao Mg presente no corretivo (Tabela 7; Figura 9). Os demais tratamentos lixiviaram menores quantidades de Mg, exceto na primeira fração percolada, praticamente não houve perda nas percolações seguintes.

As perdas do potássio foram maiores no tratamento com gesso seguido do tratamento gesso + calcário até a 6ª percolação (30 dias), depois dos 35 dias em diante todos os tratamentos lixiviaram basicamente a mesma quantidade de K (Tabela 7; Figura 10). Resultados similares foram encontrados por Maria et al (1993), que obteve perdas do potássio mais expressivas até a 5ª percolação, caindo acentuadamente nas demais percolações. Essas perdas também estão associadas à elevação da concentração de cálcio na solução do solo, condição esta quando o gesso foi aplicado, provocando o deslocamento de parte do K trocável do solo.

O gesso seguido do calcário + gesso também promoveu as maiores lixiviações de acidez titulável, até a 9ª percolação (55 dias). Nas últimas percolações, todos os tratamentos inclusive a testemunha, praticamente percolaram a mesma quantidade de acidez titulável, com valores bem abaixo das primeiras percolações (Tabela 7; Figura 11). Esse comportamento está associado à formação de H_2SO_4 e do AlSO_4^+ que favorece sua lixiviação e também aos corretivos da acidez que ao elevar o pH, precipitam o Al na forma de $\text{Al}(\text{OH})_3$ (Ernani et al, 2001). Essas perdas também podem estar associadas devido ao gesso conter o elemento flúor como impureza, a qual complexo alumínio favorecendo sua lixiviação para as camadas mais profundas do solo (Silva, 1998).

Tabela 7: Teores de cátions encontrados na água percolada em função do tempo.

Tempo (dias)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+ Gesso
Ca (mmol/l)						
5	0,57 A a	0,50 A a	0,67 A a	0,97 A d	0,63 A a	0,50 A c
10	0,47 C a	0,50 C a	0,60 BC a	2,20 A c	0,83 BC a	1,20 BC de
15	0,30 C a	0,40 C a	0,53 C a	3,00 A bc	0,57 C a	2,13 B bcd
20	0,30 C a	0,37 C a	0,37 C a	4,00 A a	0,40 C a	3,10 B a
25	0,33 C a	0,30 C a	0,47 C a	3,90 A a	0,40 C a	2,03 B bcd
30	0,20 C a	0,23 C a	0,37 C a	4,03 A a	0,33 C a	1,97 B bcde
35	0,20 B a	0,23 B a	0,27 B a	2,10 A c	0,33 B a	0,83 B de
40	0,23 C a	0,37 C a	0,40 C a	2,47 A bc	0,50 C a	1,17 B de
55	0,33 B a	0,53 B a	0,37 B a	2,47 A bc	0,37 B a	0,93 B de
75	0,23 C a	0,27 C a	0,27 C a	2,50 A bc	0,37 C a	1,03 B de
95	0,43 C a	0,60 BC a	0,47 C a	2,03 A c	1,03 BC a	1,23 BC cde
115	0,47 C	0,63 C	0,53 C	2,00 AB	0,93 BC	1,57 ABC
Mg (mmol/l)						
5	0,43 B a	0,50 AB a	0,90 AB a	0,47 AB abc	0,90 AB a	0,73 AB ab
10	0,27 B a	0,20 B a	0,30 B b	0,83 A abc	0,27 B b	0,27 B b
15	0,23 A a	0,10 A a	0,13 A b	0,47 A abc	0,10 A b	0,53 A ab
20	0,10 A a	0,10 A a	0,13 A b	0,37 A bc	0,10 A b	0,47 A ab
25	0,17 B a	0,10 B a	0,20 B b	0,77 A abc	0,10 B b	0,80 A ab
30	0,20 B a	0,37 B a	0,20 B b	0,87 A abc	0,30 B b	0,23 B b
35	0,13 B a	0,23 AB a	0,23 AB b	0,60 AB abc	0,23 AB b	0,53 AB ab
40	0,20 B a	0,23 B a	0,23 B b	0,93 A abc	0,20 B b	0,83 A ab
55	0,23 A a	0,33 A a	0,33 A b	0,60 A abc	0,33 A b	0,67 A ab
75	0,00 B a	0,00 B a	0,20 AB b	0,43 AB abc	0,20 AB b	0,47 AB ab
95	0,27 A a	0,27 A a	0,23 A b	0,43 A abc	0,30 A b	0,67 A ab
115	0,47 A a	0,20 A a	0,27 A b	0,27 A abc	0,23 A b	0,28 A ab
K (mmol/l)						
5	0,04 A ab	0,04 A a	0,04 A abc	0,04 A cd	0,04 A ab	0,04 A cdef
10	0,02 BC b	0,02 BC a	0,02 C c	0,04 AB cd	0,02 BC b	0,03 ABC def
15	0,03 C ab	0,03 C a	0,03 C abc	0,06 B abc	0,02 C b	0,09 A a
20	0,03 C ab	0,03 C a	0,02 C bc	0,05 B bcd	0,02 C b	0,07 A b
25	0,03 C ab	0,03 C a	0,03 C abc	0,07 A ab	0,04 BC ab	0,05 BC cd
30	0,03 AB ab	0,03 AB a	0,03 AB abc	0,03 AB de	0,04 AB ab	0,02 B ef
35	0,02 B ab	0,04 AB a	0,03 AB abc	0,04 AB cde	0,04 AB ab	0,04 AB cdef
40	0,03 A ab	0,04 A a	0,03 A abc	0,04 A cde	0,04 A ab	0,03 A def
55	0,02 A b	0,03 A a	0,03 A abc	0,02 A c	0,03 A ab	0,02 A ef
75	0,03 A ab	0,03 A a	0,03 A abc	0,02 A de	0,03 A ab	0,03 A def
95	0,03 ABC a	0,03 AB a	0,03 ABC abc	0,01 C e	0,03 AB ab	0,02 AB f
115	0,02 AB ab	0,03 AB a	0,03 AB abc	0,01 B e	0,03 AB ab	0,02 AB f

* Letras maiúsculas iguais entre tratamentos (corretivos) e letras minúsculas iguais dentro de cada tratamento, não apresenta diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 7, Cont.;

	Acidez titulável (mmol/l)					
5	1,23 B abcd	1,37 B bcd	1,57 B abc	2,63 A cde	1,40 B abcd	1,40 B ef
10	0,70 B abcd	0,80 B cd	0,73 B bc	2,67 A cde	0,70 B cd	2,53 A bcde
15	0,57 B cd	0,57 B d	0,53 B c	3,30 A b	0,63 B d	3,33 A abc
20	0,53 B d	0,47 B d	0,43 B c	3,47 A b	0,43 B d	3,13 A abcd
25	0,63 C bcd	0,63 C d	0,50 C c	3,63 A ab	0,50 C d	2,87 B abcd
30	0,53 C d	0,53 C d	0,53 C c	4,17 A ab	0,50 C d	2,30 B cde
35	0,53 B d	0,57 B d	0,57 B c	2,13 A cdef	0,67 B cd	2,00 A def
40	0,53 C d	0,63 C d	0,73 BC bc	2,20 A cdef	0,73 BC cd	1,27 BC f
55	0,67 B abcd	0,67 B d	0,77 AB bc	1,23 AB f	0,87 AB bcd	1,13 AB f
75	0,87 A abcd	0,87 A abcd	1,00 A abc	1,30 A f	1,27 A abcd	1,23 A f
95	1,17 A abcd	1,70 A abcd	1,30 A abc	1,53 A ef	1,57 A abc	1,27 A f
115	1,27 B abcd	2,03 AB abcd	1,53 AB abc	1,63 AB ef	1,77 AB abc	1,43 AB f

Utilizando os volumes de água percolada e as concentrações de íons foram calculadas as quantidades totais dos cátions lixiviados ao longo das percolações, conforme apresentadas na Tabela 8.

Tabela 8: Quantidades totais dos cátions lixiviados em função do tempo.

Test.	C. Calc.	C. Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+ Gesso	
μmol_e						
K^+	144,05 c	162,71 bc	154,03 bc	182,11 ab	165,68 bc	206,61 a
Ca^{2+}	1.731,66 d	2.131,50 cd	2.236,83 cd	13.777,50 a	2.907,33 c	7.639,50 b
Mg^{2+}	1.150,83 b	1.110,66 b	1.388,33 b	3.197,66 a	1.218,83 b	2.824,33 a
Acidez Titulável	4.001,16 c	4.731,83 c	4.352,83 c	1.2195,50 a	4.913,00 c	1.0242,50 b
Totais	7.027,7 c	8.136,7 c	8.132,02 c	29.352,77 a	9.204,84 c	20.912,94 b

* Médias seguidas da mesma letra não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Analisando-se os valores contidos na Tabela 8, verifica-se que na testemunha, embora não tenha sido aplicado corretivo, houve lixiviação de K^+ , Ca^{2+} , Mg^{2+} e parte da acidez titulável. Entretanto, as quantidades lixiviadas foram inferiores àquelas a que se aplicou o corretivo. Os cátions lixiviados na testemunha podem atribuir-se em parte a liberação dos mesmos por decomposição da matéria orgânica existente no solo, a solubilização de formas nativas do solo e também aos cátions aplicados junto com a água de irrigação (Tabela 4).

Em relação aos tratamentos estudados, dois deles foram determinantes na lixiviação dos cátions totais determinados: o gesso e a mistura calcário+gesso. Isso comprova o que já foi explicado anteriormente. O gesso percolou 76 % e a mistura do calcário+gesso 67 % em relação à testemunha, enquanto que o calcário calcítico, o calcário dolomítico e o óxido de cálcio percolaram 14, 14 e 24 %, respectivamente, em relação à testemunha.

5.2 Atributos químicos do perfil do solo após aplicação dos corretivos

Aos 60 dias da aplicação dos tratamentos, verificou-se elevação do pH nas camadas 0-5 e 5-10 cm (Tabela 9). Entre os corretivos utilizados o calcário calcítico foi o que promoveu maior elevação na camada de 0 a 5 cm (pH =7,4), o que se deve ao maior PRNT - 110% (Tabela 3). O calcário dolomítico, o óxido de cálcio e a mistura calcário+gesso também se mostraram eficientes em elevar o pH nas mesmas camadas (0-5 e 5-10 cm), entretanto os valores alcançados foram inferiores àquele, variando entre 5,0 e 6,8. Tais resultados comprovam o efeito neutralizante desses corretivos. CÔRREA (2004), trabalhando com calcário comum (PRNT:80%) e calcário calcinado (PRNT:131%), obteve resultados similares, ou seja, os corretivos aumentaram significamente o pH na profundidade de 0-10 cm, tanto no experimento de campo como no experimento em colunas de solo.

Os valores do pH abaixo das camadas citadas anteriormente alteraram-se muito pouco ou praticamente igualaram-se aos do tratamento testemunha (sem corretivo). Esse comportamento pode ser atribuído à baixa solubilidade desses corretivos (Ernani, 2001) e a ação do calcário na correção da acidez no subsolo se torna dificultada pelo aumento da retenção de cátions decorrente da geração de cargas elétricas negativas com a elevação do pH do solo (Caires, 2004), ocorrendo com o aumento da CTC do solo.

No tratamento com gesso apenas um pequeno aumento de pH foi observado nas duas camadas mais superficiais: de 4,9 para 5,3 na camada de 0-5 cm; de 4,8 para 5,0 na camada 5-10 cm (Tabela 9) após 60 dias da aplicação dos corretivos. Nas camadas inferiores (abaixo dos 15 cm), o comportamento deste foi igual aos demais tratamentos, ou seja, não houve diferença em relação à testemunha. Esse pequeno aumento de pH observado nas primeiras camadas desse tratamento, ocorreu devido ao gesso não ser considerado corretivo de acidez e sim um condicionador de cálcio (Alcarde e Rodella, 2003). Também se pode considerar como foi esse o tratamento que ocorreu maior lixiviação de bases, houve maior concentração de bases no solo (Maria et al, 1993). Outro fator considerado para explicar o comportamento do gesso em não provocar alterações significativas no pH do solo é devido ao íon sulfato não ser um forte receptor de prótons, como os íons bicarbonato e hidroxila. produtos da dissociação

Outros autores também observaram pequenos aumentos nos valores de pH do solo em profundidade utilizando o gesso (Saldanha, 2005; Dal Bó et al, 1986; Caires et al, 1999). Caires et al. (1999) observaram um pequeno aumento de pH no subsolo, nas camadas (20-40, 40-60 e 60-80 cm), constatado aos 14 e 36 meses na aplicação do gesso no solo e atribuiu esse efeito a uma reação de troca de ligantes nas superfícies das partículas do solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio, com o SO_4^{2-} deslocando OH^- e promovendo neutralização parcial da acidez.

Analisando os valores de pH, aos 120 dias, observa-se uma diminuição dos mesmos em todos os tratamentos estudados, inclusive a testemunha, em relação aos 60 dias da incubação. O tratamento com gesso e a testemunha praticamente apresentaram valores semelhantes de pH em todas as camadas avaliadas, após 120 dias de incubação (Tabela 9). Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Veloso et al. (1992), os quais verificaram redução do pH com o aumento do período de incubação ao estudarem o efeito de diferentes materiais (calcário calcinado e dolomítico, escória e gesso) no pH do solo durante 25, 50 e 75 dias de incubação. Os autores explicaram que o fato do pH ter diminuído com o período de incubação, pode ser consequência do aumento da concentração de sais no solo, uma vez que este aumento reduz o pH, o que se deve em parte à ação da dupla camada elétrica, fazendo com que o gradiente de concentração do íon hidrogênio elétrica se reduza e o pH diminua.

Aos 60 dias, observa-se aumento da soma de bases (SB) e da capacidade de troca de cátions (CTC) em relação à testemunha em praticamente todos os tratamentos, destacando-se os tratamentos com calcários (calcítico ou dolomítico) os quais apresentaram um maior aumento nestas variáveis, principalmente na camada superficial (Tabelas 10 e 11). Isto é explicado devido ao calcário ser fornecedor de cálcio, magnésio e carbonato. Ainda aos 60 dias de incubação o gesso apresentou valores inferiores à testemunha, tanto para SB como para CTC, em todas as camadas, contrastando com os resultados obtidos aos 120 dias, quando as parcelas que receberam o gesso apresentaram valores superiores à testemunha para as duas variáveis. Isso pode ser explicado pelas lâminas de água terem sido aplicadas constantemente até aos 60 dias, havendo maiores perdas de todos os cátions pelo tratamento com gesso, afetando consequentemente essas variáveis. Como a partir dos 60 dias as lâminas de água foram aplicadas em intervalos maiores (20 dias) e também ao teor de cálcio trocável ter

Aos 60 dias foi observado aumento na saturação por bases (V%) praticamente em todos os tratamentos e em todas as camadas, exceto para o tratamento com óxido de cálcio que promoveu aumento na saturação por bases somente na camada de 0-5 cm, abaixo dessa os valores mostraram-se inferiores aos da testemunha (Tabela 12). Observa-se que a mistura gesso + calcário apresentou valores superiores aos demais tratamentos para V% na camada superficial (0-5 cm), apresentando ainda aumento até 25 cm, abaixo dessa profundidade seus valores foram menores que a testemunha. Nas camadas inferiores, o calcário calcítico e o gesso foram os tratamentos que se destacaram, proporcionando maiores valores de V% ao solo, vindo em seguida o calcário dolomítico. Ainda aos 60 dias o tratamento com o gesso propiciou elevação nos valores de V%, principalmente nas camadas subsuperficiais do solo (Tabela 12). Observa-se que a partir dos 10 cm o gesso foi mais efetivo do que os demais tratamentos, mostrando maiores valores a partir desta camada. Isso pode ser explicado pelo aumento dos cátions como Ca, Mg e K, oriundos da lixiviação e ocasionados pela formação de pares iônicos com o sulfato, o que favorece a movimentação desses elementos no perfil do solo (Saldanha, 2005).

Aos 120 dias continuou aumentando os valores da V%, destacando os tratamentos com calcário calcítico, calcário dolomítico e a mistura calcário + gesso. O tratamento com óxido de cálcio continuou com valores inferiores ao da testemunha, exceto para as camadas 0-5 e 5-10 cm. Para o gesso os valores da V% foram inferiores aos valores encontrados aos 60 dias, exceto para as duas camadas (0-5 e 5-10 cm).

Tabela 9: Valores de pH para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.

Prof.	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+ Gesso
(cm)	pH (60 dias)					
0-5	4,95 D abc	7,40 A a	6,77 B a	5,38 C a	6,87 B a	6,79 Ba
5-10	4,86 E abc	5,84 B b	5,44 C b	5,09 D bc	6,03 A b	5,22 D b
10-15	4,68 BC bc	4,94 AB cde	4,83 ABC cd	5,01 AB bc	4,95 AB cde	4,59 C cd
15-20	4,76 AB abc	4,79 AB cde	4,70 B d	4,91 AB bcd	4,85 AB cdef	4,48 C cd
20-25	4,69 AB bc	4,60 AB e	4,77 AB cd	4,71 AB cde	4,75 AB def	4,45 B cd
25-30	4,56 AB c	4,65 AB de	4,70 AB d	4,60 AB de	4,71 AB ef	4,46 B cd
30-40	4,64 BCD c	4,81 ABC cde	4,82 AB cd	4,48 CD e	4,55 CD f	4,43 D cd
40-50	4,69 B bc	4,77 AB cde	4,89 AB cd	4,46 C c	4,74 AB def	4,46 C cd
50-60	4,63 C c	4,73 BC de	4,93 AB cd	4,41 D e	4,91 ABC cdef	4,38 D d
	pH (120 dias)					
0-5	4,49 E a	7,18 A a	6,63 B a	4,46 E a	6,41 C a	6,11 Da
5-10	4,08 D bcd	4,85 B b	4,49 C b	4,06 D bcd	5,03 A b	4,75 B b
10-15	4,17 A bcd	4,17A cd	4,15 A cd	4,14 A bcd	4,31 A cde	4,30 A cd
15-20	4,09 A bcd	4,06 A cde	4,06 A cd	4,08 A bcd	4,14 A cde	4,21 A cde
20-25	4,03 A bcd	3,99 A de	4,05 A cd	4,02 A bcd	4,14 A cde	4,03 A ef
25-30	4,01 A bcd	3,97 A de	4,03 A cd	4,01 A bcd	4,09 A de	4,10 A def
30-40	4,00 B bcd	3,99 B de	4,03 B cd	4,01 B bcd	4,20 AB cde	4,09 AB def
40-50	3,97 A cd	3,98 A de	4,01 A cd	3,95 A cd	3,73 B f	4,01 A ef
50-60	3,91 A d	3,88 A e	3,94 A d	3,92 A d	4,02 A e	3,87 A f

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidade dentro de cada tratamento. Tratamento com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 10: Valores da soma de bases (cmol_c/kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Ox. Cálcio	Calc+Gesso
SB (cmol_c/kg) "60 dias"						
0-5	1,34 D abc	3,06 A a	2,65 B a	1,27 D a	1,67 C a	1,75 C a
5-10	1,24 BC abc	1,86 A b	1,17 BCD bcd	0,85 D b	0,91 CD bc	0,91 CD bc
10-15	1,08 B abc	1,51 AB c	1,30 AB bcd	0,64 C b	0,71 C bc	0,68 C bc
15-20	1,04 AB abc	1,07 AB d	0,86 AB cd	0,66 B b	0,69 B bc	0,58 B c
20-25	1,29 AB abc	0,91 BC d	1,03 ABC bcd	0,67 C b	0,62 C bc	0,62 C bc
25-30	1,30 A abc	0,87 BC d	0,98 BC bcd	0,69 BC b	0,60 C bc	0,66 C bc
30-40	1,15 AB abc	0,87 ABC d	0,77 BC d	0,60 BC b	0,54 C c	0,52 C c
40-50	0,93 ABC bc	0,88 ABCD d	0,75 ABCD d	0,56 CD b	0,45 D c	0,63 BCD bc
50-60	0,79 ABC c	0,82 ABC d	0,75 ABC d	0,54 ABC b	0,42 C c	0,46 BC c
SB (cmol_c/kg) "120 dias"						
0-5	1,03 E a	3,39 A a	1,89 B a	1,21 D a	1,72 C a	1,35 D a
5-10	0,78 C b	1,30 A b	0,97 B bcd	0,98 B bc	0,99 B b	1,08 B b
10-15	0,55 C c	1,07 AB c	0,94 AB bcd	0,88 B bcd	0,69 C cd	0,88 B cde
15-20	0,48 C c	0,70 B d	0,80 AB bcd	0,77 AB cd	0,65 B cd	0,88 AB cde
20-25	0,49 C c	0,70 ABC d	0,78 AB cd	0,77 AB cd	0,59 BC cd	0,82 AB cdef
25-30	0,45 C c	0,70 ABC d	0,80 AB bcd	0,74 AB cd	0,55 BC cd	0,72 AB cdef
30-40	0,47 C c	0,67 ABC d	0,76 AB d	0,64 ABC d	0,53 BC cd	0,65 ABC def
40-50	0,50 B c	0,57 AB d	0,66 AB d	0,68 AB d	0,46 B d	0,58 AB ef
50-60	0,40 C c	0,58 ABC d	0,70 AB d	0,70 AB d	0,46 BC d	0,52 BC f

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidade dentro de cada tratamento. Tratamento com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 11: Valores da CTC (cmol/kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óx. Cálcio	Calc+Gesso
CTC (cmol/kg) "60 dias"						
0-5	1,93 B ab	3,45 A a	3,06 A a	1,79 B ab	2,16 B a	1,90 B a
5-10	1,93 B ab	2,34 AB b	1,82 B bcde	1,36 C abc	2,02 AB a	1,23 C bc
10-15	1,77 A ab	1,94 A b	1,98 A bcde	0,83 B c	2,00 A a	0,93 B bc
15-20	1,72 AB ab	1,42 B c	1,54 B cde	0,80 C c	1,97 AB a	0,86 C c
20-25	2,00 A ab	1,26 BC c	1,75 A bcde	0,86 C c	2,04 A a	0,97 BC bc
25-30	1,99 A ab	1,22 BC c	1,56 BC bcde	0,87 C c	2,12 A a	1,31 BC bc
30-40	1,83 A ab	1,42 B c	1,35 B de	0,79 C c	2,02 A a	1,24 B bc
40-50	1,64 ABC ab	1,50 ABC c	1,30 BC c	1,04 C bc	1,86 AB a	1,28 BC bc
50-60	1,44 AB b	1,44 AB c	1,34 B de	1,06 B bc	1,81 AB a	1,07 B bc
CTC (cmol/kg) "120 dias"						
0-5	1,36 E a	3,49 A a	2,26 B a	1,54 DE abc	1,92 C a	1,65 DE ab
5-10	1,05 B bc	1,43 A b	1,37 A b	1,41 A abc	1,29 A bc	1,45 A abc
10-15	0,82 C c	1,23 AB b	1,37 AB b	1,34 AB abc	1,19 B bc	1,28 AB bc
15-20	0,75 B c	0,90 B c	1,27 A b	1,24 A bc	1,18 A bc	1,31 A bc
20-25	0,83 D c	1,00 CD c	1,28 ABC b	1,23 ABC bc	1,12 BCD bc	1,32 AB bc
25-30	0,78 D c	1,00 C c	1,36 AB b	1,24 ABC bc	1,08 BC c	1,25 ABC bc
30-40	0,80 D c	0,97 CD c	1,36 AB b	1,18 ABC c	1,13 BCD bc	1,21 ABC c
40-50	0,87 C bc	0,87 C c	1,26 AB b	1,24 AB bc	1,06 B c	1,18 AB c
50-60	0,77 B c	0,88 B c	1,30 A b	1,30 A bc	1,13 A bc	1,18 A c

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidade dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 12: Valores da saturação por bases (%) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óx. Cálcio	Calc+Gesso
0-5	69,77 C ab	88,90 ABC ab	86,54 ABC a	71,06 C abc	78,89 BC a	92,38 AB a
5-10	64,56 B ab	79,39 AB abcd	63,97 B b	61,80 B bc	44,62 C bc	74,38 AB b
10-15	61,36 C ab	77,57 ABC abcd	65,34 BC b	80,73 ABC ab	35,70 D bc	73,02 ABC b
15-20	60,48 C ab	74,60 ABC bcde	55,75 C b	81,68 AB ab	34,94 D bc	67,08 BC b
20-25	64,26 BC ab	72,43 ABC bcde	58,89 C b	78,52 AB ab	30,51 D c	64,89 BC b
25-30	65,64 B ab	71,82 AB bcde	62,86 B b	79,23 AB ab	28,36 D c	50,21 C c
30-40	62,98 B ab	61,29 B cde	56,89 B b	76,95 A ab	26,66 D c	42,18 C c
40-50	55,95 A b	58,91 A de	57,51 A b	53,98 A c	23,97 B c	48,98 A c
50-60	54,92 AB b	57,17 AB e	56,43 AB b	51,12 AB c	23,45 C c	42,53 B c
V (%) "120 dias"						
0-5	75,67 D ab	97,14 A ab	83,82 BCD a	78,50 CD a	89,56 BC a	81,65 CD ab
5-10	74,59 B abc	90,44 A ab	70,70 B bcd	69,30 B bcd	76,66 B b	74,56 B b
10-15	67,43 B bcde	86,51 A b	68,48 B bcde	65,34 B bcde	57,81 C cde	68,79 B cde
15-20	64,55 BC cde	77,59 A cd	63,24 BC bcdef	62,36 BC bcde	55,01 C cde	67,04 BC cde
20-25	59,87 B cde	70,00 A cd	61,03 B cdef	62,26 B bcde	52,37 C cdef	61,98 B cdef
25-30	57,46 BC de	70,10 A cd	58,51 BC def	59,63 BC cde	50,39 C cdef	57,35 BC cdef
30-40	58,66 BC de	68,91 A d	55,82 BC def	54,70 BC de	46,82 C def	53,38 BC def
40-50	57,87 BC de	65,55 A d	52,42 BCD f	54,49 BCD de	43,57 D ef	49,06 CD ef
50-60	52,38 B e	65,68 A d	53,96 B ef	53,96 B e	41,08 C f	43,65 C f

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidade dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Observa-se que aos 60 dias houve aumento nos teores do cálcio trocável em todos os tratamentos estudados (Tabela 13), praticamente em todas as camadas. Resultados semelhantes a esses foram obtidos por Wadt & Wadt (1999) trabalhando também com colunas de solo, verificando movimentação dos cátions utilizando duas fontes de cálcio (carbonato e sulfato de cálcio). Destaca-se que a maior quantidade do cálcio trocável na camada de 0-5 cm de profundidade foi observada quando se usou o calcário calcítico. Abaixo dessa camada, até 30 cm, ainda houve um acréscimo do teor de cálcio quando aplicado todos os tratamentos, porém esse acréscimo foi menor que o da camada 0-5 cm. Abaixo dos 30 cm de profundidade estatisticamente o Ca trocável em todos os tratamentos foi similar à testemunha (Tabela 13). A concentração de cálcio na camada em que o corretivo foi incorporado (0-5 cm) se justifica pela baixa solubilidade do calcário (Rheinheimer, 2000), além de uma baixa movimentação no perfil devido à permanência dos ânions adicionados pelo calcário, pouco móveis (Ernani, 2001). Além disso, provavelmente teve sua ação neutralizante dificultada pelo aumento da retenção de cátions em decorrência das cargas elétricas negativas surgidas com a elevação do pH do solo. Grande parte do cálcio fica retida nessas cargas dificultando seu movimento no perfil do solo (Caires et al, 2003; Quaggio, 2000) ficando somente uma pequena parte na solução do solo (Ernani, 2001).

Aos 120 dias, observa-se que o teor de cálcio trocável aumentou em relação aos 60 dias em todos os tratamentos e em todas as profundidades (Tabela 13). Esse aumento provavelmente seja devido a menor lixiviação e dissolução do material nativo, uma vez que nos últimos 60 dias foram aplicadas somente 3 lâminas em intervalos maiores (de 20 dias), enquanto que nos primeiros 60 dias foram aplicadas 9 lâminas em intervalos menores.

Tanto aos 60 como aos 120 dias, o tratamento com gesso permitiu o deslocamento do Ca até as últimas camadas do solo (Tabela 13). Com esse corretivo, o Ca trocável das camadas inferiores aos 30 cm de profundidade foi superior ao com outros corretivos testados. Esse comportamento é decorrente da maior mobilidade do cálcio ligado ao sulfato que tem maior solubilidade no perfil do solo. Resultados semelhantes foram obtidos por RAMOS et al (2006) em colunas de solo e por CAIRES et al (2003) em plantio direto na cultura da soja.

Tabela 13: Valor do cálcio trocável (cmol_c/kg) para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+Gesso
Ca (cmol_c/kg) "60 dias"						
0-5	0,63 D ab	2,47 A a	1,47B a	0,93 C a	1,50 B a	1,37 B a
5-10	0,40 C ab	1,17 A b	0,73 BC bcd	0,50 BC b	0,60 BC bcd	0,60 BC bc
10-15	0,37 B b	1,03 A b	0,60 B bcd	0,47 B b	0,53 B bcd	0,50 B bc
15-20	0,37 B b	0,63 AB c	0,47 AB bcd	0,47 AB b	0,50 AB bcd	0,40 AB bc
20-25	0,33 A b	0,33 A d	0,53 A bcd	0,47 A b	0,43 A bcd	0,43 A bc
25-30	0,33 AB b	0,33 AB d	0,53 AB bcd	0,50 AB b	0,40 AB bcd	0,47 AB bc
30-40	0,33 A b	0,30 A d	0,37 A cd	0,40 A b	0,33 A cd	0,33 A c
40-50	0,30 A b	0,30 A d	0,33 A cd	0,37 A b	0,23 A d	0,43 A bc
50-60	0,23 A b	0,23 A d	0,30 A d	0,33 A b	0,20 A d	0,27 A c
Ca (cmol_c/kg) "120 dias"						
0-5	0,83 D a	3,20 A a	1,60B a	1,03 C a	1,57 B a	1,10 C a
5-10	0,57 D b	1,10 A b	0,67 CD bcd	0,80 BCD bc	0,83 BC b	0,83 BC b
10-15	0,37 D c	0,87 A c	0,63 BC bcd	0,70 BC bcd	0,53 C cd	0,63 BC cde
15-20	0,30 B c	0,50 A d	0,50 A bcd	0,60 A cd	0,50 A cd	0,63 A cde
20-25	0,30 C c	0,50 ABC d	0,50 ABC bcd	0,60 AB cd	0,43 BC cd	0,57 ABC cdef
25-30	0,25 C c	0,50 ABC d	0,50 ABC bcd	0,57 AB cd	0,40 BC cd	0,47 ABC cdef
30-40	0,27 B c	0,47 AB d	0,47 AB cd	0,47 AB d	0,37 AB cd	0,40 AB def
40-50	0,30 B c	0,37 AB d	0,37 AB d	0,50 AB d	0,30 B d	0,33 B ef
50-60	0,20 C c	0,37 ABC d	0,40 ABC d	0,50 AB d	0,30 BC d	0,27 BC f

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidade dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Notadamente o maior percentual de magnésio trocável foi verificado na camada superficial (0-5 cm) de profundidade com o corretivo calcário dolomítico aos 60 dias (Tabela 14). Essa maior elevação do teor de magnésio se explica devido a esse corretivo conter esse elemento na sua composição.

Comparando o tratamento gesso em relação à testemunha houve diminuição do teor de magnésio trocável em todas as profundidades, isso pode ser explicado pelo aumento da concentração do Ca, ficando uma parte desse cálcio retida nas cargas negativas e com isso ocorrendo o deslocamento de cátions como o magnésio e o potássio para a solução do solo (Ernani & Barber, 1993; Ernani, 2001). A lixiviação do magnésio também pode ocorrer juntamente com o sulfato, através da formação do par iônico $MgSO_4^0$ que por apresentar-se desprovido de carga elétrica possui grande mobilidade no perfil do solo (Saldanha, 2005). A lixiviação do magnésio tem sido resposta freqüente em estudos com o uso do gesso mineral (Dal Bó et al., 1986; Ritchey & Snuffer, 2002; Caires et al., 2004, 1991; Quaggio et al., 1982).

Aos 60 dias, exceto nas duas primeiras camadas (0-5 e 5-10 cm), os tratamentos com óxido de cálcio e a mistura calcário + gesso não apresentaram teores de magnésio abaixo dos 10 cm em profundidade (Tabela 14). Esse comportamento da mistura calcário + gesso pode ser atribuído ao fato desse tratamento ter percolado maiores quantidades de magnésio nos lixiviados (Tabela 7) e com relação ao óxido de cálcio, tal efeito pode ser atribuído as maiores perdas de magnésio ter acontecido logo na primeira lixiviação (Tabela 7), percolando quantidades bem menores nas demais lixiviações.

A maior movimentação descendente do Mg^{2+} em relação ao Ca^{2+} é explicada por Raij (1991). Segundo ele, os cátions trocáveis são retidos no solo na seguinte ordem, denominada série liotrópica: $Ca^{2+} > Mg^{2+} > K^+$. Ou seja, conforme o número de valência e o tamanho dos raios hidratados, as bases são adsorvidas com maior ou menor energia.

Não foi observada diferença significativa entre os teores do potássio nas diversas profundidades analisadas aos 60 dias (Tabela 15), os resultados permaneceram praticamente os mesmos ou até mesmo menores que na condição original do solo (0,03 cmol/kg), evidenciando que houve lixiviação do K^+ abaixo dos 60 cm de profundidade. O potássio é um cátion que merece uma atenção maior que os demais, pois este é retido com menor força pelos colóides do solo, tornando facilmente a sua lixiviação (Dias, 1992). Assim, considera-se que a aplicação de gesso promoveu acúmulo de Ca na

camada superficial, deslocando tanto o K como o Mg para as camadas mais profundas, devido a menor capacidade de retenção desses em relação ao Ca (Piovesan, 2006), confirmando o que Raij (1991) explica.

/ A análise de variância para o potássio aos 120 dias revelou que a interação “T x P” não apresentou significância (Quadro 5), apresentando apenas efeito significativo para os tratamentos e para as profundidades (Tabela 16). O gesso e a mistura de calcário + gesso foram os tratamentos que apresentaram valores menores do potássio, os demais tratamentos não apresentaram diferença estatística. Em relação à profundidade, observa-se que houve percolação do potássio, comprovando valores maiores nas camadas mais profundas (abaixo de 30 cm). Isso explica que como o gesso favorece a mobilidade do cálcio, podem ocorrer eventuais perdas de K e Mg da camada de incorporação (Maria et al., 1993; Wadt & Wadt, 1999), podendo provocar certo desequilíbrio de bases no solo, afetando o crescimento das plantas (Quaggio et al., 1982, Dal Bó, 1985). Deve-se considerar, no entanto, que a velocidade com que o sulfato se movimenta é variável em diferentes solos, devendo ser mais lenta em solos com maior teor de argila. Por essa razão, o uso de gesso não tem sido recomendado de forma isolada, mas, sim, junto ou após a calagem (Caires, 2004; CFSEMG, 1999).

Tabela 14: Valor do magnésio trocável (cmol_c/kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+Gesso
Mg (cmol _c /kg)						
0-5	0,33 BCD bcd	0,27 BCD ab	0,93A a	0,10 D ab	0,13 CD a	0,20 BCD ab
5-10	0,47 A abcd	0,37 A ab	0,20 B bc	0,10 B ab	0,13 B a	0,13 B ab
10-15	0,33 AB bcd	0,20 ABC b	0,33 AB bc	0,13 BC ab	0,00 C a	0,00 C b
15-20	0,30 AB cd	0,20 ABC b	0,17 ABC c	0,13 BC ab	0,00 C a	0,00 C b
20-25	0,60 A ab	0,33 B ab	0,27 B bc	0,20 B ab	0,00 C a	0,00 C b
25-30	0,60 A ab	0,33 BC ab	0,27 BCD bc	0,13 CD ab	0,00 D a	0,00 D b
30-40	0,43 AB bcd	0,33 AB ab	0,20 B bc	0,00 C b	0,00 C a	0,00 C b
40-50	0,27 AB d	0,33 AB ab	0,17 B c	0,00 C b	0,00 C a	0,00 C b
50-60	0,20 A d	0,33 A ab	0,20 A bc	0,00 B b	0,00 B a	0,00 B b

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidade dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 15: Valor do potássio trocável (cmol_e/kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+Gesso
K (cmol _e /kg)						
0-5	0,03 AB b	0,03 AB bc	0,03 AB c	0,03 AB ab	0,02 AB b	0,01 B c
5-10	0,04 ABC b	0,03 ABC bc	0,03 ABC bc	0,02 BC ab	0,02 BC b	0,02 C bc
10-15	0,04 AB b	0,02 B bc	0,03 AB bc	0,02 B b	0,02 B b	0,02 B abc
15-20	0,04 AB b	0,02 B c	0,02 B c	0,03 AB ab	0,02 B b	0,02 B abc
20-25	0,04 AB b	0,03 AB bc	0,03 AB bc	0,03 AB ab	0,02 B b	0,02 B abc
25-30	0,04 AB ab	0,03 AB abc	0,03 AB bc	0,03 B ab	0,03 AB ab	0,03 AB ab
30-40	0,05 AB ab	0,03 BC abc	0,04 ABC abc	0,02 C ab	0,04 ABC ab	0,03 BC abc
40-50	0,05 A ab	0,04 A ab	0,04 A ab	0,02 B ab	0,04 A ab	0,02 B abc
50-60	0,05 AB ab	0,04 ABC ab	0,04 ABC abc	0,03 BC ab	0,04 ABC ab	0,03 C abc

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidades dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 16: Valor do potássio trocável (cmol_e/kg) para cada tratamento estudado aos 120 dias.

Profundidade (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom	Gesso	Óxido	Calc+Gesso
0-5	0,0233 c	0,0285 a	0,0278 a	0,0285 a		
5-10	0,0256 bc					
10-15	0,0233 c					
15-20	0,0244 bc					
20-25	0,0256 bc					
25-30	0,0272 abc					
30-40	0,0283 abc	0,0241 b	0,0285 a	0,0215 c		
40-50	0,0294 ab					
50-60	0,0311 a					

* Médias seguidas da mesma letra não diferem a 5% de probabilidade pelo teste de Tukey.

Aos 60 dias nas camadas de 0-5 e 5-10 cm de profundidade o Al foi neutralizado praticamente com todos os corretivos (Tabela 17). O solo que recebeu o calcário dolomítico a partir dos 10 cm de profundidade os teores de Al aumentaram, apresentando valores superiores à testemunha e aos demais tratamentos. As colunas que receberam o óxido de cálcio e a mistura calcário+gesso apresentaram teores de Al inferiores ao da testemunha, em todas as profundidades. Tais comportamentos podem atribuir-se também a diferentes solubilidades dos corretivos.

Ainda aos 60 dias o gesso foi o único tratamento que apresentou um pequeno percentual de Al trocável na camada de 0-5 cm (Tabela 17). Abaixo dessa camada até a profundidade de 30 cm, os teores do Al foram inferiores aos da testemunha e, abaixo dessa profundidade aconteceu o inverso. Esse percentual um pouco maior nas camadas mais profundas (abaixo dos 30 cm) atribui-se ao provável acúmulo de sulfato (que é o principal responsável pela eliminação do Al) na solução do solo, devido à sua maior solubilidade. Esse processo ocorre através da formação do $AlSO_4^+$ que favorece sua lixiviação das camadas superficiais e acúmulo nas inferiores e pode ocorrer também pela liberação de OH^- dos corretivos de acidez, que pode reagir com o alumínio e formar precipitados como o $Al(OH)_3$ (Ernani et al, 2001; Saldanha, 2005).

Já aos 120 dias o gesso mostrou-se mais efetivo na redução da toxidez do alumínio ao longo do perfil das colunas. Seus valores foram bem inferiores em comparação aos valores dos demais tratamentos (Tabela 17). Isso comprova o deslocamento do gesso no perfil do solo e a neutralização do efeito tóxico do alumínio em profundidade, através da formação do $AlSO_4^+$ ou também pode ter ocorrido pela formação do par iônico AlF_2^+ decorrentes da presença de flúor no gesso agrícola (CFSEMG, 1999). Esses resultados estão de acordo com os encontrados por Caires *et al.*, (1999) que realizaram estudo em Latossolo com a cultura do milho, submetido a doses de gesso, encontrando reduções dos teores de Al trocável em camadas mais profundas do perfil do solo. Outros estudos também relatam resultados semelhantes (Saldanha, 2005; Caires et al., 2004).

Com todos os corretivos aos 60 dias houve redução da acidez potencial quando comparada com a acidez potencial inicial do solo ($1,89 \text{ cmol}_c.\text{kg}^{-1}$) em todas as profundidades estudadas (Tabela 18). Nas duas primeiras camadas (0-5 e 5-10 cm) a mistura de calcário+gesso foi o tratamento que se mostrou mais efetivo na redução dessa acidez. Esses resultados foram semelhantes aos encontrados por Silva (1998), trabalhando com o $CaCO_3$ e o $CaSO_4$ e estudando o efeito de diferentes relações de

$\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$, simulando o uso do gesso e calcário. Seguido do tratamento com a mistura de calcário+gesso, as parcelas que receberam o calcário calcítico e dolomítico apresentaram menores valores da acidez potencial na camada de 0-5 cm. Observa-se que o tratamento com óxido de cálcio corrigiu menos a acidez abaixo dos 5 cm do que os demais tratamentos, seus valores foram bem superiores ao da testemunha. Esse comportamento do óxido de cálcio aos 60 dias pode ter ocorrido o que apresenta em uma das reações de neutralização do óxido de cálcio: $\text{Ca}(\text{OH})_2 + \text{CO}_2 \rightarrow \text{Ca}(\text{HCO}_3)_2$, ou seja, devido várias lâminas de água terem sido aplicadas em intervalos curtos nesse período, houve concentração do CO_2 , dificultando a neutralização da acidez pelo o óxido de cálcio, enquanto que aos 120 dias, houve correção da acidez comparando aos 60 dias. Isso explica que como o intervalo de tempo da aplicação das lâminas nesse período foram bem maiores (20 dias), aconteceu a neutralização da acidez pela a equação seguinte: $\text{CaO} + \text{H}_2\text{O} \rightarrow \text{Ca}^{2+} + 2\text{OH}^-$. Ainda aos 60 dias com relação ao tratamento com gesso, observa-se que abaixo dos 10 cm de profundidade, esse foi o tratamento que corrigiu mais a acidez. Aos 120 dias observa-se que em todos os tratamentos houve ainda mais redução da acidez da acidez potencial comparando aos 60 dias.

Tabela 17: Valor do alumínio trocável (cmol_c/kg) para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+Gesso
Al (cmol_c/kg) "60 dias"						
0-5	0,13 A c	0,00 B d	0,00 B c	0,10 A c	0,00 B d	0,00 B c
5-10	0,13 A c	0,10 A d	0,12 A b	0,12 A c	0,05 A d	0,10 A de
10-15	0,30 BC b	0,28 BCD c	0,43 A a	0,18 D c	0,20 CD c	0,15 D cde
15-20	0,30 BC b	0,28 BC c	0,42 A a	0,20 C c	0,25 BC bc	0,22 BC bcd
20-25	0,43 AB ab	0,32 B c	0,45 AB a	0,37 AB b	0,32 B abc	0,32 B abc
25-30	0,43 ABC ab	0,42 ABC abc	0,48 ABC a	0,40 ABC ab	0,33 C abc	0,35 BC ab
30-40	0,40 BCD ab	0,48 ABC ab	0,52 AB a	0,48 ABC ab	0,30 D abc	0,32 CD abc
40-50	0,47 ABC ab	0,50 AB ab	0,47 ABC a	0,50 AB ab	0,40 BC abc	0,35 C ab
50-60	0,40 AB ab	0,43 AB ab	0,48 AB a	0,40 AB ab	0,38 B abc	0,37 B ab
Al (cmol_c/kg) "120 dias"						
0-5	0,20 A e	0,00 B e	0,00 B f	0,00 B d	0,00 B e	0,00 B d
5-10	0,27 A de	0,10 B d	0,10 B e	0,05 B d	0,05 B de	0,05 B d
10-15	0,30 A de	0,20 B c	0,30 A cd	0,05 C d	0,10 C de	0,20 B c
15-20	0,33 AB cde	0,27 ABC c	0,27 ABC d	0,17 C e	0,20 BC c	0,20 BC c
20-25	0,40 AB bcd	0,40 AB b	0,37 ABC bcd	0,27 C b	0,30 BC b	0,27 C bc
25-30	0,43 AB abc	0,42 AB b	0,40 ABC bc	0,30 C b	0,33 BC ab	0,30 C bc
30-40	0,50 A ab	0,50 A a	0,50 A a	0,30 C b	0,40 B ab	0,40 B a
40-50	0,50 A ab	0,50 A a	0,50 A a	0,33 B ab	0,40 B ab	0,40 B a
50-60	0,50 A ab	0,50 A a	0,50 A a	0,40 B ab	0,40 B ab	0,40 B a

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidades dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

Tabela 18: Valor da acidez potencial (cmol_e/kg) para cada tratamento estudado aos 60 e aos 120 dias.

Prof (cm)	Test.	C.Calc.	C.Dolom.	Gesso	Óxido	Calc+Gesso
H + Al (cmol_e/kg) "60 dias"						
0-5	0,58 A a	0,38 A ab	0,42 A b	0,52 A a	0,48 A c	0,15 B b
5-10	0,68 BC a	0,48 BC ab	0,65 BC ab	0,52 BC a	1,12 A b	0,32 C b
10-15	0,68 B a	0,43 CD ab	0,68 B ab	0,18 D b	1,28 A ab	0,25 CD b
15-20	0,68 B a	0,35 C b	0,68 B ab	0,15 C b	1,28 A ab	0,28 C b
20-25	0,72 B a	0,35 C b	0,72 B ab	0,18 C b	1,42 A ab	0,35 C b
25-30	0,68 B a	0,35 C b	0,58 B ab	0,18 C b	1,52 A ab	0,65 B a
30-40	0,68 B a	0,55 B ab	0,58 B ab	0,18 C b	1,48 A ab	0,72 B a
40-50	0,72 BC a	0,62 BC ab	0,55 BC ab	0,48 C a	1,42 A ab	0,65 BC a
50-60	0,65 B a	0,62 B ab	0,58 B ab	0,52 B a	1,38 A ab	0,62 B a
H + Al (cmol_e/kg) "120 dias"						
0-5	0,33 AB a	0,10 C b	0,37 AB d	0,33 AB d	0,20 BC c	0,30 ABC f
5-10	0,27 C a	0,13 D b	0,40 ABC cd	0,43 ABC cd	0,30 BC c	0,37 ABC ef
10-15	0,27 B a	0,17 B b	0,43 A cd	0,47 A bcd	0,50 A b	0,40 A def
15-20	0,27 B a	0,20 B ab	0,47 A bcd	0,47 A bcd	0,53 A b	0,43 A cdef
20-25	0,33 B a	0,30 B ab	0,50 A abcd	0,47 A bcd	0,53 A b	0,50 A bcde
25-30	0,33 B a	0,30 B ab	0,57 A abcd	0,50 A abcd	0,53 A b	0,53 A bcde
30-40	0,33 B a	0,30 B ab	0,60 A abc	0,53 A abcd	0,60 A ab	0,57 A abcd
40-50	0,37 B a	0,30 B ab	0,60 A abc	0,57 A abc	0,60 A ab	0,60 A abcd
50-60	0,37 B a	0,30 B ab	0,60 A abc	0,60 A abc	0,67A ab	0,67 A ab

* Letras maiúsculas comparam tratamentos dentro de cada profundidade e letras minúsculas comparam profundidades dentro de cada tratamento. Tratamentos com letras iguais não apresentaram diferenças significativas a 5% pelo teste de Tukey.

5. CONCLUSÕES

1. Em Neossolo Quartzarênico de textura arenosa desde a 1ª lâmina de água aplicada, a aplicação do gesso e do calcário + gesso favoreceu o deslocamento dos cátions: Ca^{2+} , Mg^{2+} , K^+ e Al^{3+} em profundidade.
2. A aplicação de calcário calcítico, calcário dolomítico e óxido de cálcio em quantidade suficiente para atingir 80% da saturação por bases não promoveram perdas significativas dos cátions trocáveis.
3. O gesso aumentou o teor de cálcio de todo o solo da coluna (60 cm de profundidade), porém não alterou o pH.
4. A mistura de calcário mais gesso foi o tratamento mais efetivo na redução da acidez potencial ($\text{H} + \text{Al}$) na camada superficial do solo (0-10 cm) aos 60 dias.
5. O calcário calcítico promoveu os maiores valores de elevação do pH, do Ca trocável, da SB e da CTC nas camadas de 0-5 e 5-10 cm aos 60 e 120 dias.

6. CONSIDERAÇÕES

Acredita-se que esse experimento em colunas de solo seja em parte uma simulação do perfil do solo em campo, porém com suas diferenças ambientais e alterações estruturais evidentemente ocorridas nas amostras de solo no processo de montagem das colunas.

Com os resultados obtidos pode-se concluir que a gessagem não pode ser uma prática em substituição a calagem, mas não há dúvidas do potencial de uso do gesso na melhoria das propriedades químicas das camadas subsuperficiais dos solos tropicais, principalmente ao baixo teor de cálcio na maioria desses solos. É necessário utilizar doses e proporções certas para não causar algum desequilíbrio.

Ressalta-se que é necessária especial atenção na determinação da quantidade adequada de gesso quando usado de forma isolada, principalmente com o tipo de solo estudado (textura arenosa), o qual possui pequena capacidade de adsorver sulfatos, conseqüentemente a movimentação de bases é bem maior do que aquela para um solo de textura argilosa. Essa atenção é necessária para não ocorrer grande lixiviação de cátions essenciais para o desenvolvimento das plantas.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A.; CAIRES, E.F. Atributos químicos de Latossolo de cerrado sob plantio direto, de acordo com doses e formas de aplicação de calcário. R. Bras. Ci. Solo, 29: 923-934. 2005.
- ALCARDE, J.C. Qualidade e legislação de fertilizantes e corretivos. In: CURI, N.; MARQUES, J.J.; GUILHERME, L.R.G.; LIMA, J.M.; LOPES, A. S. & ALVARES V., V.H., eds. Tópicos em Ciência do Solo. Viçosa, Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2003. p.291-334.
- ALCARDE, J.A. & RODELLA, A.A. Corretivos de acidez dos solos: características e interpretações técnicas. ANDA - Associação Nacional Para Difusão de Adubos e Corretivos Agrícolas, São Paulo - SP.1992. Boletim Técnico No. 6
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. Alteração de parâmetros químicos do solo pela reaplicação superficial do calcário no sistema plantio direto. Pesq. Agropec. Brasileira, 36:695-702. 2001.
- AMARAL, A.S.; ANGHINONI, I. HINRICHS, R.; BERTOL, I. Movimentação de partículas de calcário no perfil de um Cambissolo em plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 28: 359-367. 2004.
- AQUINO, B.F. Conceitos fundamentais em fertilidade do solo. Fortaleza-CE, Universidade Federal do Ceará, 1998. p.52-55.

CAIRES, E. F.; GARBUIO, F.J.; ALLEONI, L.R.F.; CAMBRI, M.A. Calagem superficial e cobertura de aveia preta antecedendo os cultivos de milho e soja em sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 30: 87-98. 2006.

CAMARGOS, S.L. Apostila, Acidez do solo e calagem (reação do solo). Universidade Federal de Mato Grosso, Cuiabá, MT. 2005.

CÔRREA, M. C. M. Calagem em pomar de goiabeiras em produção e em colunas de solo, 2004, 103 f. Tese de Doutorado - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2004.

CAIRES, E. KUSMAN, M.T.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; PATILHA, J. M. Alterações químicas do solo e resposta do milho à calagem e aplicação de gesso. R. Bras. Ci. Solo, 28: 125-136. 2004.

CAIRES, E. F.; BLUM, J.; BARTH, G.; GARBUIO, F. J.; KUSMAN, M. T. Alterações químicas do solo e resposta da soja ao calcário e gesso aplicados na implantação do sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 27: 275-286. 2003.

CAIRES, E. F.; FELDHAUS, I. C.; BLUM, J. Crescimento radicular e nutrição da cevada em função da calagem e aplicação do gesso. *Bragantia*, Campinas, 60 (30), 213-216. 2001.

CAIRES, E. F.; BANZATTO, D. A.; FONSECA, A.F. Calagem na superfície em sistema plantio direto. R. Bras. Ci. Solo, 24 (1): 161-169. 2000.

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.

COMISSÃO DE FERTILIDADE DO SOLO DO ESTADO DE MINAS GERAIS – CFSEMG. Recomendações para uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais: 5ª aproximação. Viçosa, MG, 1999. 360p.

DAL BÓ, M.A. Movimentação de bases e crescimento de raízes de cana-de-açúcar em colunas de solos, em função da adição de diferentes sais de cálcio. Viçosa, Universidade Federal de Viçosa (Tese de Mestrado), 62 p, 1986

DIAS, L.E. Uso de gesso como insumo agrícola. Seropédica, EMBRAPA – CNPDS, 1992. 26P. (Comunicado Técnico, 7).

EMBRAPA. Centro Nacional de Pesquisa de Solos (Rio de Janeiro, RJ). Manual de métodos de análise de Solo. 2.ed. Rio de Janeiro, Embrapa-CNPDS, 1997, 212p.

ERNANI, P.R.; BAYER, C.; ALMEIDA J.A.; CASSOL P.C. Mobilidade vertical de cátions influenciada pelo o método de aplicação de cloreto de potássio em solos com carga variável. R. Bras. Ci. Solo, 31:393-402, 2007.

- ERNANI, P.R.; RIBEIRO, M.S.; BAYER, C. Modificações químicas em solos ácidos ocasionados pelo método de aplicação de corretivos da acidez e de gesso agrícola. *Scientia Agrícola*, 58 (4): 824-831. 2001.
- ERNANI, P.R.; BARBER, S.A. Composição da solução do solo e lixiviação de cátions afetadas pela aplicação de cloreto e sulfato de cálcio em um solo ácido. *R. Bras. Ci. Solo*, 10:41-46, 1993.
- FORTES, C. A. Correção do solo com silicato de cálcio e magnésio para produção de gramíneas forrageiras. (Dissertação de mestrado). Lavras, UFLA. 2006.
- HELYAR, K. Manejo da Acidez do Solo a Curto e a Longo Prazos. POTAFOS - Encarte Técnico. Informações Agronômicas Piracicaba, São Paulo. Nº 104, 2003.
- HOLZSCHUH, M. J. Eficiência de calcário calcítico e dolomítico na correção da acidez de solos sob plantio direto. 2007, 85f. (Dissertação de Mestrado) - Universidade Federal de Santa Maria. RS, 2007.
- KAMINSKI, J.; RHEINHEIMER, D. S.; SANTOS, E.J.S.; GATIBONI, L.C.; BORTOLUZZI, E.C & XAVIER, F.M. Resposta de culturas à aplicação de calcário em superfície ou incorporado ao solo a partir da pastagem natural. *Ciência Rural*, 30: 605-609. 2000.
- KAMINSKI, J.; SANTOS, D.R.; GATIBONI, L.C.; BRUNETO G & SILVA L. C. Eficiência da calagem superficial e incorporada precedendo o sistema de plantio direto em um Argissolo sob pastagem natural. *R. Bras. Ci. Solo*, 29: 573-580. 2005.
- LOPES, A.S.; SILVA, M. C.; GUILHERME L. R. G. Boletim Técnico nº 1 Acidez do solo e calagem. São Paulo. ANDA, 1991.
- MARIA, I. C.; ROSSETO, R.; AMBROSANO, E. J.; CASTRO, O. M. Efeito da adição de diferentes fontes de cálcio no movimento de cátions em colunas de solo. *Sci. Agric.*, Piracicaba. 50(1): 87-98. 1993.
- PRADO, R. M.; NATALE, W. Aplicação do silicato de cálcio em Argissolo Vermelho no desenvolvimento de mudas de maracujazeiro. *Acta Scientiarum Agronomy*, 26 (4), 387-393. 2004.
- PIOVESAN, R.P. Perdas de nutriente via subsuperfície em colunas de solo sob adubação mineral e orgânica, 2006,53f. (Dissertação de Mestrado) – Universidade Federal do Paraná, Curitiba, 2006.
- QUAGGIO, J.A. Acidez e calagem em solos tropicais – Campinas, SP: Instituto agrônomo, 1-7,2000.
- QUAGGIO, J.A.; DECHEN, A.R. & RAIJ,B. Efeito da aplicação de calcário e gesso sobre a produção de amendoim e lixiviação de bases do solo. *R. Bras. Ci. Solo*, 6:189-194. 1982.

- ROSSATO, O. B. Correção da acidez do solo em subsuperfície em um latossolo de textura franco-arenosa sob plantio direto. (Dissertação de Mestrado). Santa Maria, RS, Brasil. 2008.
- RAMOS, L. A.; NOLLA, A.; KORNDÖRFER, G. H.; PEREIRA, H. S.; CAMARGO, M. S. Reatividade de corretivos da acidez e condicionadores de solo em colunas de lixiviação. R. Bras. Ci. Solo, 30:849-857. 2006.
- RITCHEY, K.D.; SNUFFER, J.D. Limestone, Gypsum and Magnesium Oxide influence restoration of an abandoned Appalachian pasture. Agronomy Journal, v.94, p.830-839, 2002.
- RAIJ, B. VAN; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. (Ed.) Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agrônomo, 2001. 285p.
- RHEINHEIMER, D.S.; SANTOS, E.J.S.; KAMINSKI, J.; BORTOLUZZI, E.E. & GATIBONI, L.C. Alterações de atributos do solo pela calagem superficial e incorporada a partir de pastagem natural. R. Bras. Ci. Solo, 24:795-805, 2000
- RAIJ, B. VAN. Fertilidade do solo e adubação. Piracicaba. Ceres. Potafos, 1991. 343p.
- SALDANHA, E. C. M.; ALEXANDRE, T. R.; OLIVEIRA, E.C. A; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F.J. Uso do gesso mineral em latossolo cultivado com cana de açúcar. Caatinga, v.20, n.1, 2007.
- SILVA, M. A. C.; NATALLE, W.; PRADO, R.M.; CORRÊA, M. C. M.; STUCHI, E.S.; ANDRIOLI, I. Aplicação superficial de calcário em pomar de laranja pêra em produção. Rev. Bras. Frutic., Jaboticabal - SP, v. 29, n. 3, p. 606-612. 2007.
- SALDANHA, E. C. M. Gesso mineral em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta. (Dissertação de Mestrado). Universidade Federal Rural de Pernambuco. 55f, 2005.
- SANTOS, M. F. G.; OLIVEIRA, F. A.; CAVALCANTE, L. F.; MEDEIROS, J. F.; SOUZA, C. C. Solo sódico tratado com gesso agrícola, composto o de lixo urbano e vinhaça. Rev. Bras. de Engenharia Agrícola e Ambiental, 9 (3): 307-313. 2005.
- SAEG. Sistema para Análise Estatística; versão 8.0. Viçosa: Fundação Artur Bernardes, 2000.
- SILVA, A.A.; VALE, F.R.; FERNANDES, L.A.; FURTINI NETO, A.E.; MUNIZ, J.A. Efeitos de relações $\text{CaSO}_4/\text{CaCO}_3$ na mobilidade de nutrientes no solo e no crescimento do algodoeiro. R. Bras. Ci. Solo, 22:451-457, 1998.
- WEIRICH NETO, P.H.; CAIRES, E. F.; JUSTINO, A.; DIAS, J. Correção da acidez do solo em função de modos de incorporação de calcário. Ciência Rural, 30: 257-261. 2000.
- WADT, P.G.S. & WADT, L.H.O. Movimentação de cátions em amostras de um Latossolo Vermelho-Amarelo incubadas com duas fontes de cálcio. Scientia Agr., 56: 1157-1164, 1999.

Figura 6. Valores de pH dos lixiviados em função dos dias de aplicação das lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.

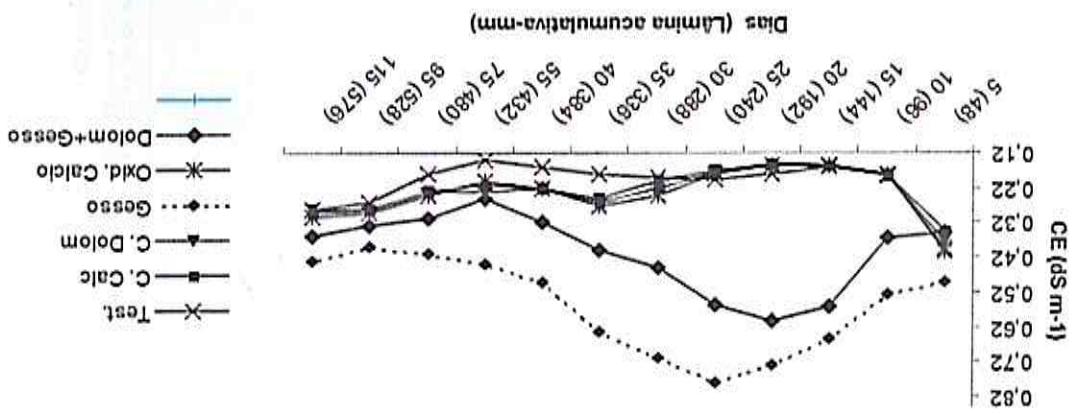
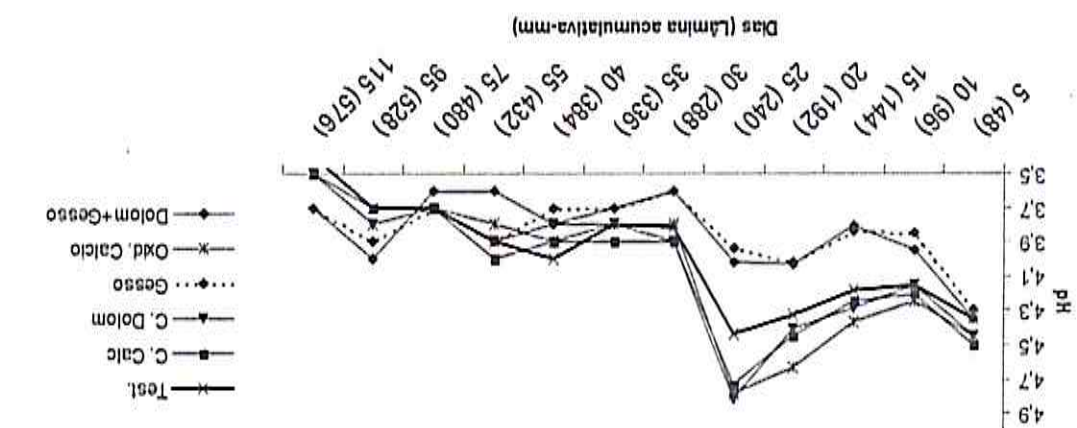


Figura 7. Condutividade elétrica dos lixiviados em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.



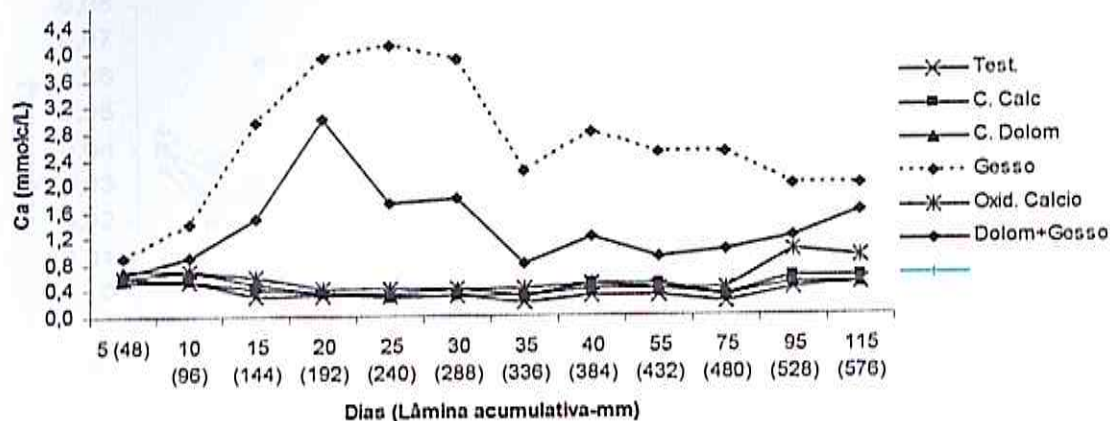


Figura 8: Teores de cálcio na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.

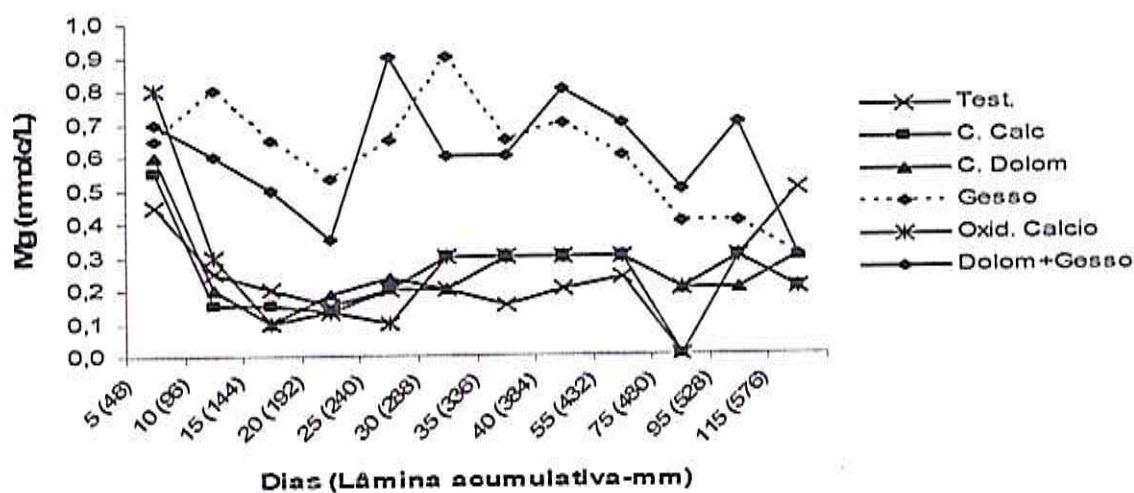


Figura 9: Teores de magnésio na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.

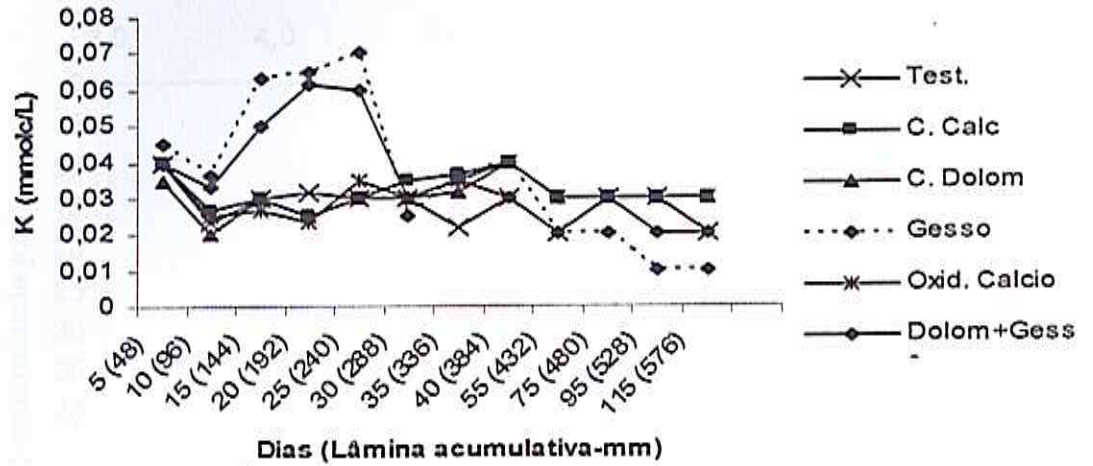


Figura 10: Teores de potássio na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.

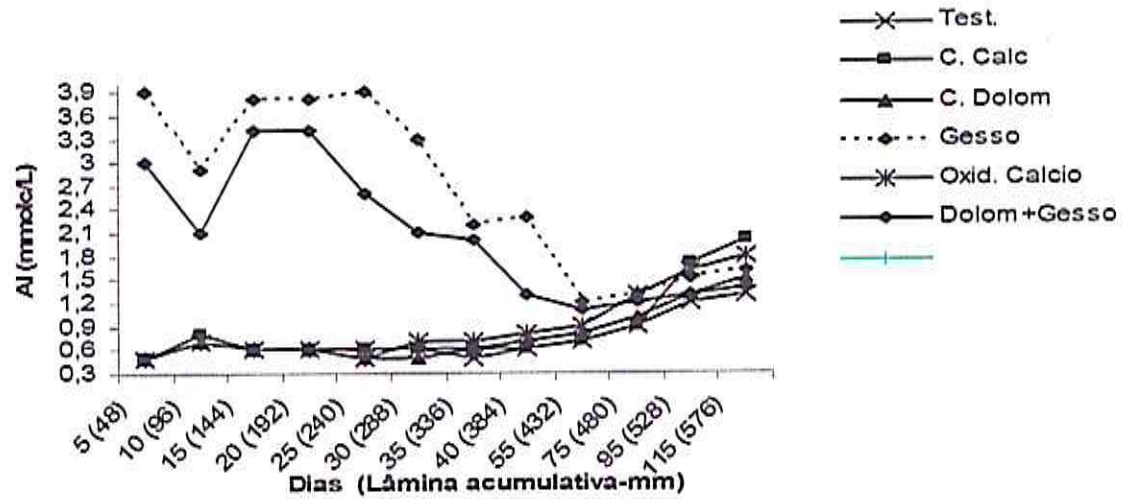


Figura 11: Teores de acidez titulável na água percolada em função dos dias de aplicação das frações de lâminas de 48 mm e da lâmina acumulativa de água aplicada nas colunas de solo com diferentes corretivos.

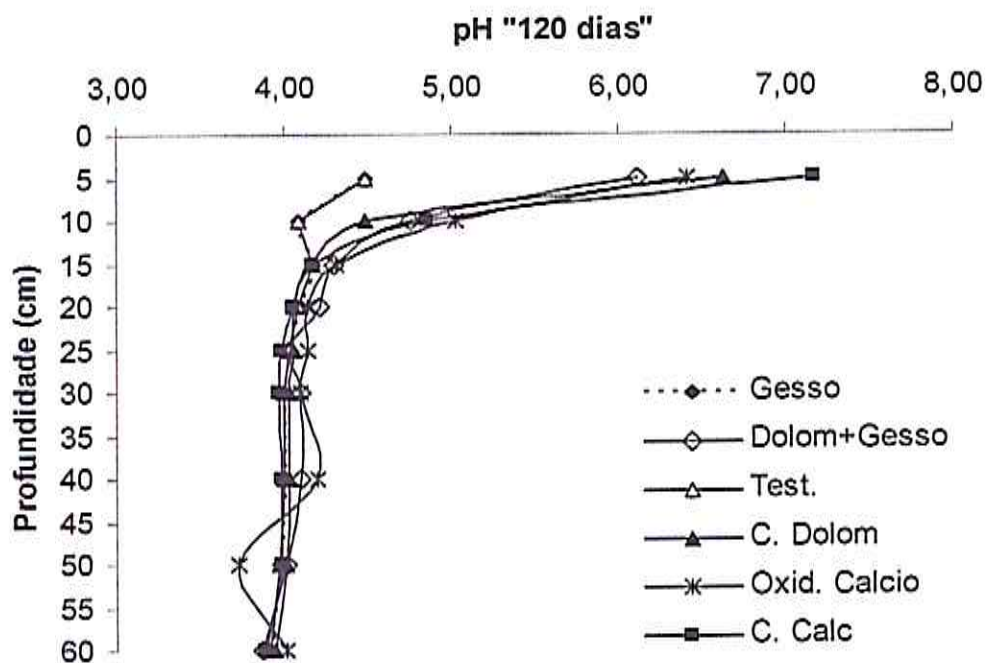
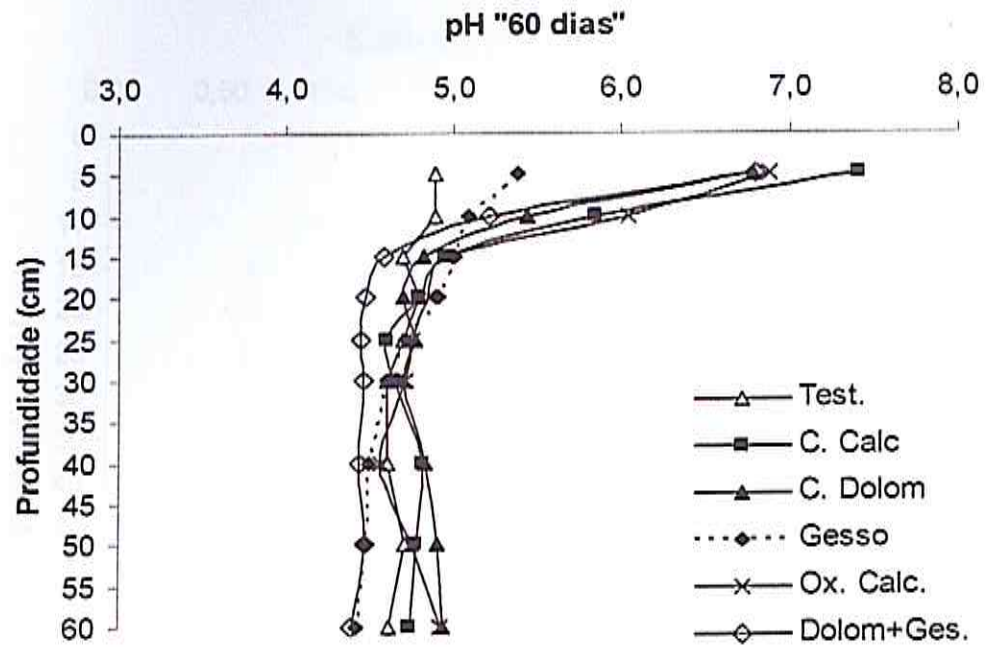


Figura 12. Valor de pH em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.

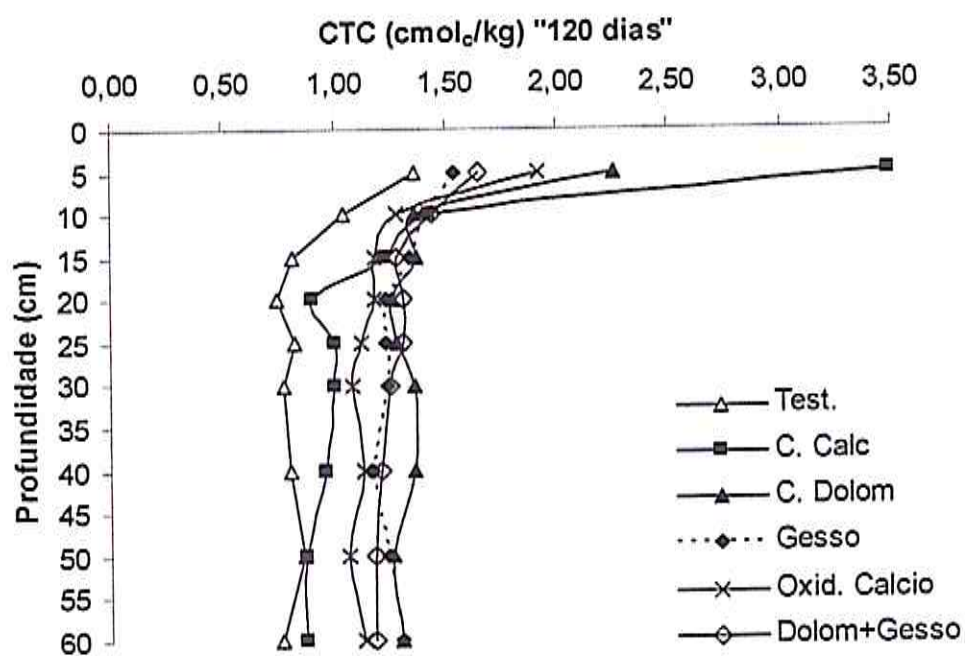
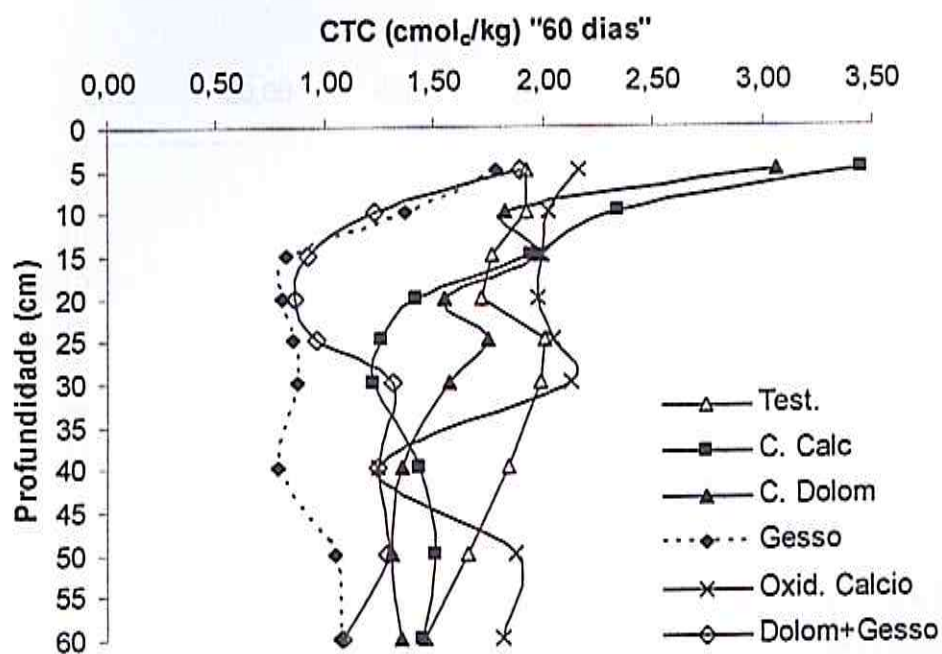


Figura 14: Valores da CTC (cmol_e/kg) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.

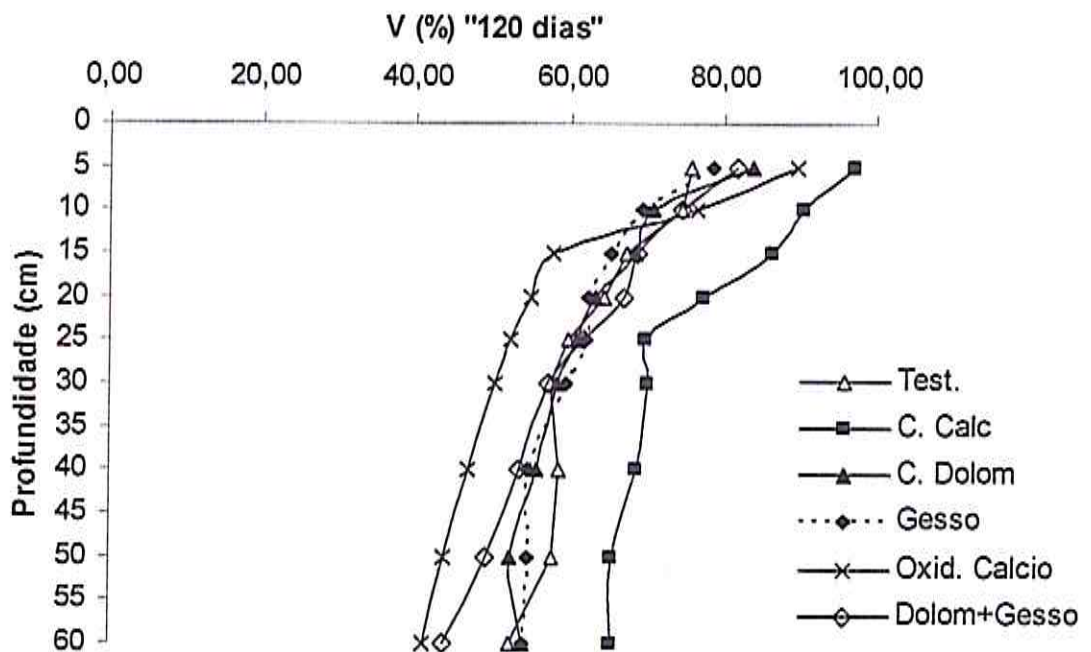
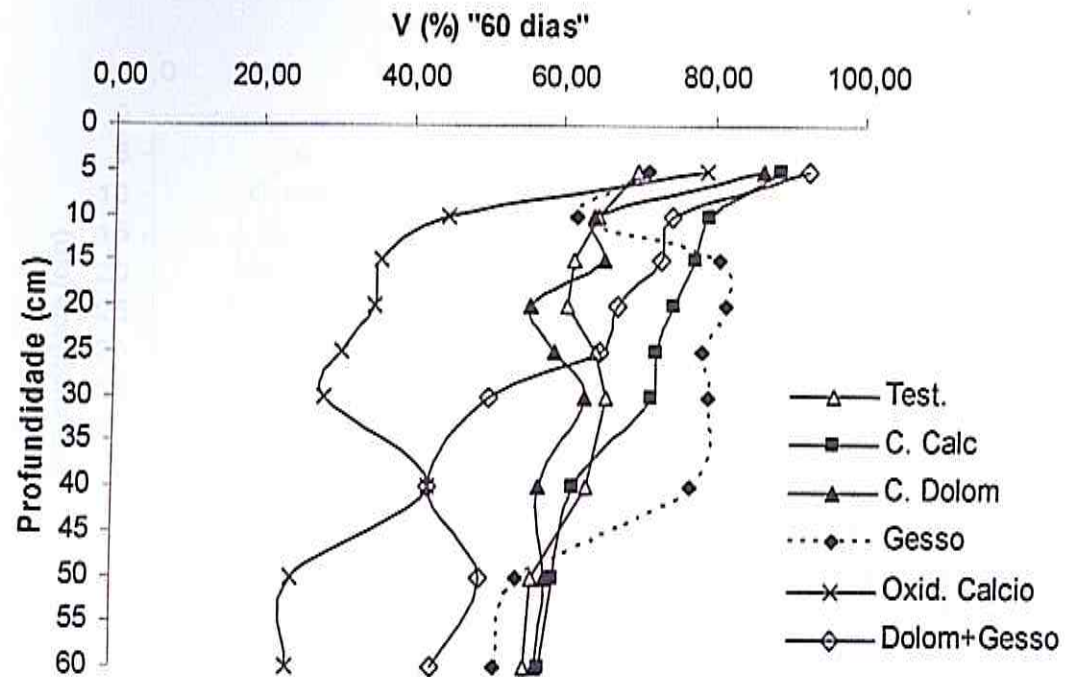


Figura 15: Valores da saturação por bases (%) para cada tratamento estudado aos 60 dias e aos 120 dias.

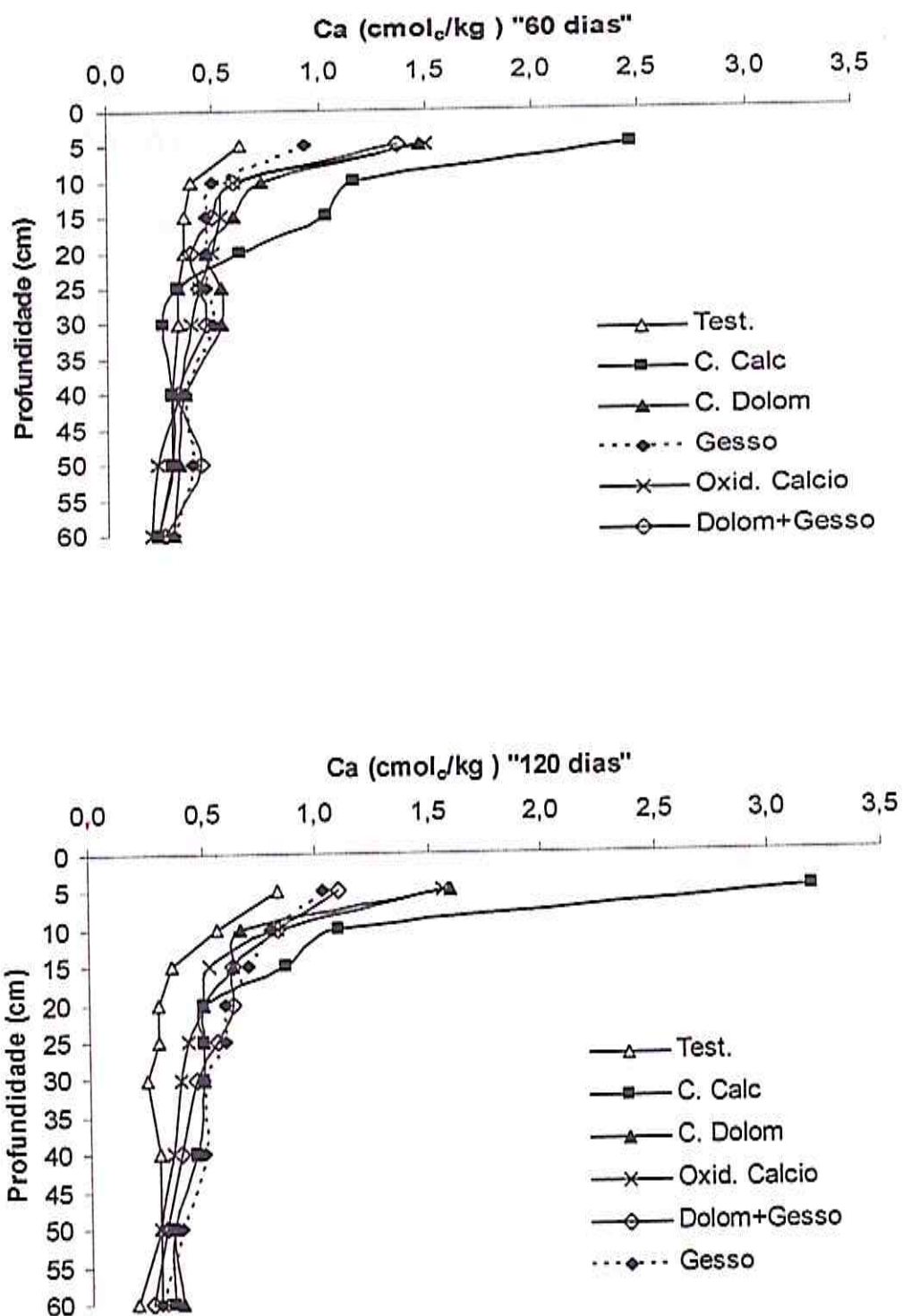


Figura 16. Valor do cálcio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.

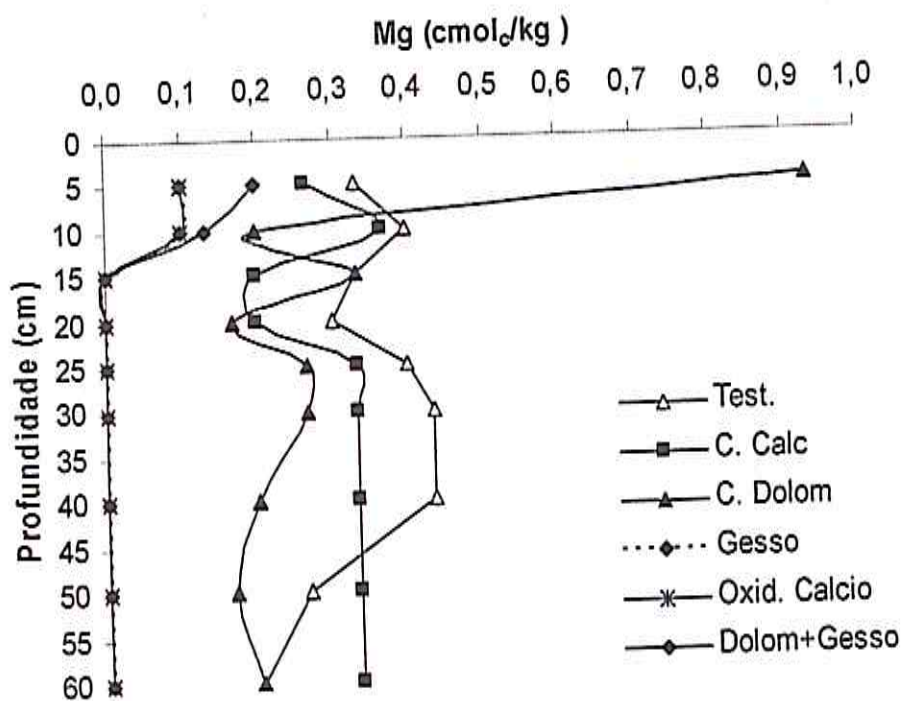


Figura 17. Valor do magnésio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.

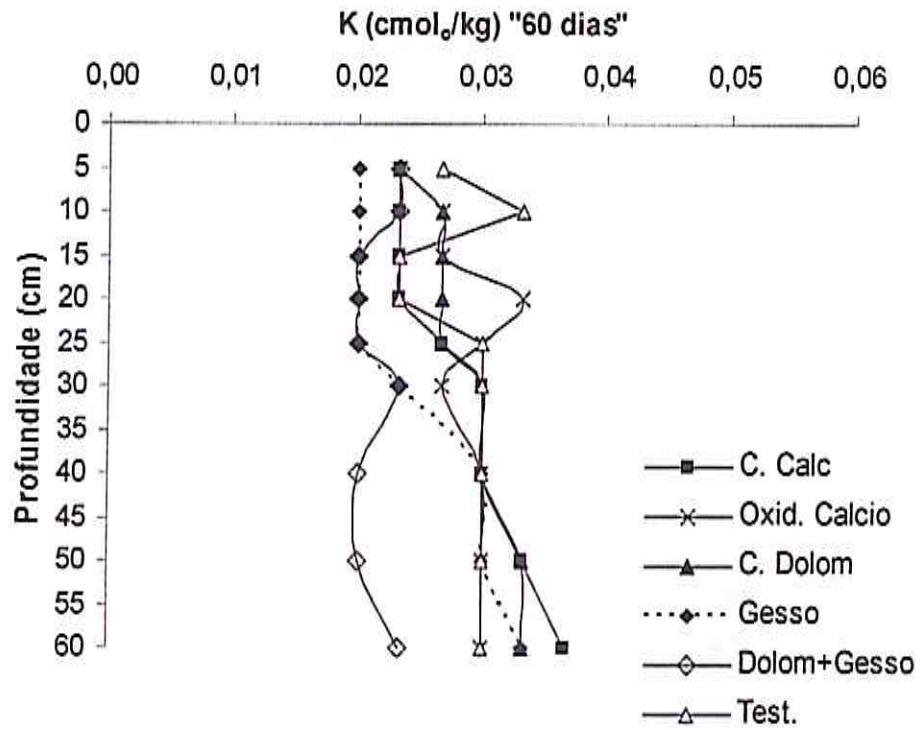


Figura 18. Valor do potássio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.

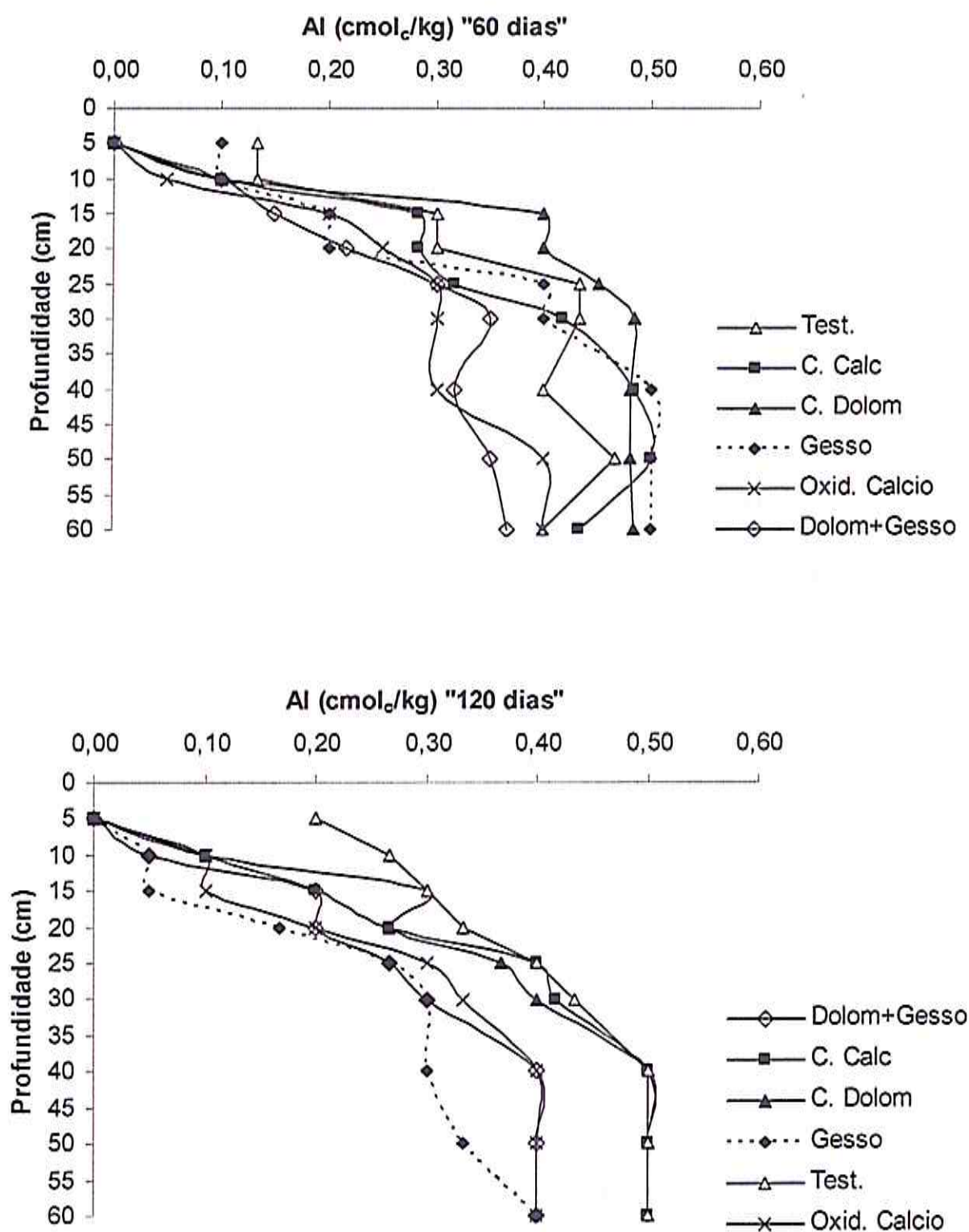


Figura 19. Valor do alumínio trocável em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) do solo.

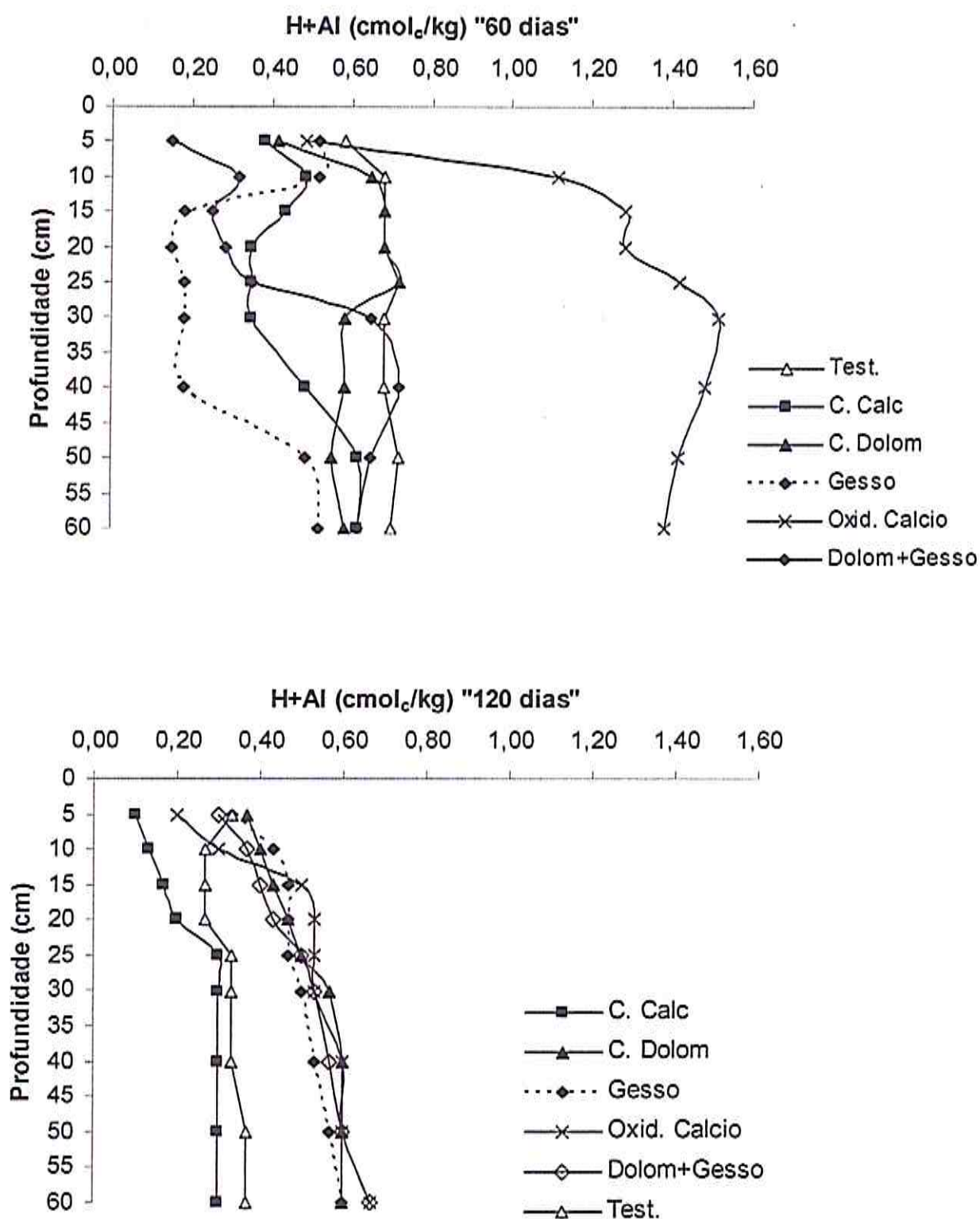


Figura 19. Valor da acidez potencial em diferentes profundidades no perfil do solo após 60 e 120 dias da incorporação de cinco corretivos de acidez na camada superficial (0-5 cm) de solo.

Quadro 1: Análise de variância do volume de água percolada após aplicação das lâminas de 48 mm nas colunas de solo com diferentes corretivos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
Volume percolado (litros)		
TRAT	5	0,2540741E-03 ^{NS}
EP	11	0,3917471E-01 *
EP*TRAT	55	0,2097306E-03 ^{NS}
RESIDUO	144	0,1712963E-03
CV		3,0226

* significativo a 5% pelo teste de TuKey e NS não significativo.

Quadro 2: Análise de variância do pH e das quantidades de cálcio, magnésio, potássio e acidez titulável após aplicação das lâminas de 48 mm nas colunas de solo com diferentes corretivos.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
pH		
TRAT	5	0,4620482 *
EP	11	2,272822 *
TRAT*EP	55	0,1162410 *
RESIDUO	96	0,6409848E-02
CV		2,0003
CE		
TRAT	5	0,7460752 *
EP	11	0,2638367E-01 *
TRAT*EP	55	0,2480529E-01 *
RESIDUO	96	0,2122643E-02
CV		14,920
Cálcio		
TRAT	5	30,23394 *
EP	11	1,039137 *
TRAT*EP	55	0,6970665 *
RESIDUO	96	0,8053030E-01
CV		29,037
Magnésio		
TRAT	5	0,9749005 *
EP	11	0,2542540 *
TRAT*EP	55	0,7668834E-01 *
RESIDUO	96	0,3544297E-01
CV		53,191
Potássio		
TRAT	5	0,5322222E-03 *
EP	8	0,8767677E-03 *
TRAT*EP	40	0,3992929E-03 *
RESIDUO	96	0,3821549E-04
CV		18,860
Acidez titulável		
TRAT	5	19,31375
EP	8	1,036073
TRAT*EP	40	1,203588
RESIDUO	96	0,5516414E-01
CV		17,782

* significativo a 5% pelo teste de TuKey e NS não significativos.

Quadro 3: Análise de variância do pH e das quantidades de cálcio, magnésio e potássio aos 60 dias de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
pH		
TRAT	5	1,150287 *
PROF	8	6,113764 *
TRAT*PROF	40	0,3521752 *
RESIDUO	96	0,5920062E-02
CV		1,5532
Cálcio		
TRAT	5	0,4242469 *
PROF	8	2,120941 *
TRAT*PROF	40	0,1540525 *
RESIDUO	96	0,1061728E-01
CV		18,969
Magnésio		
TRAT	5	0,6770988 *
PROF	8	0,8279321E-01 *
TRAT*PROF	40	0,8279321E-01 *
RESIDUO	96	0,3626543E-02
CV		31,369
Potássio		
TRAT	5	0,1104321E-02 *
PROF	8	0,6075617E-03 *
TRAT*PROF	40	0,4793210E-04 *
RESIDUO	96	0,2037037E-04
CV		15,076

* significativo a 5% pelo teste de TuKey e NS não significativos.

Quadro 4: Análise de variância do alumínio, acidez potencial (H + Al), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) aos 60 dias de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
	Al	
TRAT	5	0,7123765E-01 *
PROF	8	0,3859645 *
TRAT*PROF	40	0,7029321E-02 *
RESIDUO	96	0,1504630E-02
CV		12,837
	H + Al	
TRAT	5	3,044019 *
PROF	8	0,1709153 *
TRAT*PROF	40	0,8552065E-01 *
RESIDUO	96	0,8194522E-02
CV		14,403
	S	
TRAT	5	1,828344 *
PROF	8	2,925118 *
TRAT*PROF	40	0,1922862 *
RESIDUO	96	0,1582647E-01
CV		13,019
	CTC	
TRAT	5	3,915356 *
PROF	8	1,842969 *
TRAT*PROF	40	0,2741794 *
RESIDUO	96	0,2764028E-01
CV		10,425
	V	
TRAT	5	4379,132 *
PROF	8	1789,181 *
TRAT*PROF	40	214,8109 *
RESIDUO	96	28,21776
CV		8,7348

* significativo a 5% pelo teste de TuKey e NS não significativos.

Quadro 5: Análise de variância do pH e das quantidades de cálcio, potássio e alumínio aos 120 dias de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
pH		
TRAT	5	0,8312010 *
PROF	8	6,927200 *
TRAT*PROF	40	0,4542685 *
RESIDUO	96	0,4634877E-02
CV		1,5811
Cálcio		
TRAT	5	0,6873488 *
PROF	8	2,612076 *
TRAT*PROF	40	0,2376404 *
RESIDUO	96	0,4212963E-02
CV		10,584
Potássio		
TRAT	5	0,2425926E-03 *
PROF	8	0,1347222E-03 *
TRAT*PROF	40	0,2675926E-04 NS
RESIDUO	96	0,2530864E-04
CV		18,997
Alumínio		
TRAT	5	0,1162006 *
PROF	8	0,4247955 *
TRAT*PROF	40	0,4304784E-02 *
RESIDUO	96	0,1018519E-02
CV		11,107

* significativo a 5% pelo teste de TuKey e NS não significativos.

Quadro 6: Análise de variância da acidez potencial (H + Al), soma de bases (S), capacidade de troca de cátions (CTC) e saturação por bases (V) aos 120 dias de incubação.

Fonte de Variação	GL	Quadrado Médio
H + Al		
TRAT	5	0,3589259 *
PROF	8	0,1404167 *
TRAT*PROF	40	0,7953704E-02 *
RESIDUO	96	0,1929012E-02
CV		10,448
S		
TRAT	5	0,7769596 *
PROF	8	2,589350 *
TRAT*PROF	40	0,2360191 *
RESIDUO	96	0,4409645E-02
CV		8,0419
CTC		
TRAT	5	0,9224115 *
PROF	8	1,691239 *
TRAT*PROF	40	0,2310487 *
RESIDUO	96	0,6006096E-02
CV		6,2193
V		
TRAT	5	1205,132 *
PROF	8	2095,693 *
TRAT*PROF	40	45,14895 *
RESIDUO	96	9,601418
CV		4,8365

* significativo a 5% pelo teste de TuKey e NS não significativos.