

Utilização agrícola de ecogesso oriundo da reação do ácido sulfúrico e carbonato de cálcio

Alexandre Sylvio Vieira Da Costa ¹

Resumo

O gesso agrícola é utilizado como condicionador na melhoria das condições químicas dos solos, atuando, inclusive, nas camadas sub superficiais do solo, mas sem alteração no seu pH. O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da utilização do Ecogesso agrícola produzido de resíduos industriais no pH dos solos de diferentes texturas, que receberam o material na camada superficial. Foram utilizados 24 recipientes montados com tubos de PVC, com 11 centímetros de diâmetro e 35 centímetros de comprimento. Nestes tubos foram condicionados dois tipos de solos e em seguida foi aplicado o Ecogesso superficialmente na proporção de 1,0; 3,0 e 5,0 ton ha, além do tratamento testemunha, sem aplicação de gesso. Durante 30 dias os solos foram irrigados periodicamente. Após este período foram realizadas análises do pH ao longo do perfil dos solos, a cada 2,0 centímetros de profundidade, visando avaliar sua capacidade de translocação do Ecogesso. A aplicação superficial do gesso residual nos solos proporcionou aumento do pH nas camadas superficiais e sub superficiais. O Ecogesso elevou o pH dos solos na camada superficial onde foi aplicado mas apresentou reduzida lixiviação para as camadas mais profundas do solo franco siltoso. No solo Franco arenoso, o efeito do Ecogesso foi observado até nas camadas mais profundas indicando elevada percolação e reatividade, provavelmente devido a maior presença de macroporos e maior condutividade hidráulica. A menor dosagem testada do Ecogesso (1,0 ton ha) foi suficiente para alterar o pH de ambos os solos até a camada de 6,0 centímetros.

Palavras chave: ecogesso, resíduos industriais, solos.

Abstract

Agricultural utilization of ecogypsum coming of the reaction of sulfuric acid and calcium carbonate

The agricultural gypsum used as a conditioner in the improvement of the chemical conditions of the soils, acting even in the sub-superficial layers of the soil, but without altering its pH. The objective of this work was to evaluate the influence of the use of the agricultural Ecogypsum produced from industrial waste in the pH of the soils of different textures, that received the material in the superficial layer. Twenty-four containers were assembled with PVC pipes, 11 centimeters in diameter and 35 centimeters in length. Two types of soil were conditioned in these tubes and then the Ecogypsum was applied superficially in the ratio of 1.0; 3.0 and 5.0 ton ha.¹, in addition to the control treatment, without application. During 30 days the soils were irrigated periodically. After this period, pH analyzes were carried out along the soil profile, every 2.0 centimeters depth, in order to evaluate its Ecogypsum translocation capacity. The superficial application of the Ecogypsum in the soils provided increase of the pH in the superficial and sub-superficial layers. The Ecogypsum increased soil pH in the surface layer where it was applied but showed reduced leaching to the deeper layers of the silt-free soil. In the sandy loam, the Ecogypsum effect was observed even in the deepest layers indicating high percolation and reactivity, probably due to the higher presence of macropores and higher hydraulic conductivity. The lowest tested Ecogypsum dosage (1.0 ton.ha¹) was sufficient for change the pH of both soils up to the 6.0-centimeter layer.

Key words: ecogypsum, industrial waste, soil.

Received at: 06/01/2018

Accepted for publication at: 23/03/2018

¹ Eng. Agrônomo. Dr. Prof. Universidade Federal dos Vales do Jequitinhonha e Mucuri - UFVJM - Rua do Cruzeiro, Jardim São Paulo, Teófilo Otoni - MG, 39803-371. Email: asylvio@hotmail.com

Resumen

Utilización agrícola de ecoyesso procedente de la reacción del ácido sulfúrico y el carbonato de calcio

El yeso agrícola se utiliza como acondicionador en la mejora de las condiciones químicas de los suelos, actuando, incluso, en las capas sub superficiales del suelo, pero sin alteración en su pH. El objetivo de este trabajo fue evaluar la influencia de la utilización del ecoyesso agrícola producido de residuos industriales en el pH de los suelos de diferentes texturas, que recibieron el material en la capa superficial. Se utilizaron 24 recipientes montados con tubos de PVC, de 11 centímetros de diámetro y 35 centímetros de longitud. En estos tubos se acondicionaron dos tipos de suelos y se aplicó el ecoyesso superficialmente en la proporción de 1,0; 3,0 y 5,0 ton ha⁻¹; además del testigo sin el aporte de yeso. Durante 30 días los suelos fueron irrigados periódicamente. Después de este período se realizaron análisis del pH a lo largo del perfil de los suelos, cada 2,0 centímetros de profundidad, buscando evaluar su capacidad de translocación del ecoyesso. La aplicación superficial del yeso residual en los suelos proporcionó aumento del pH en las capas superficiales y sub superficiales. El ecoyesso elevó el pH de los suelos en la capa superficial donde fue aplicado pero presentó reducida lixiviación para las capas más profundas del suelo franco siltoso. En el suelo Franco arenoso, el efecto del Ecoyesso fue observado hasta en las capas más profundas indicando elevada percolación y reactividad, probablemente debido a la mayor presencia de macroporos y mayor conductividad hidráulica. La menor dosificación probada del ecoyesso (1,0 ton ha.¹) fue suficiente para cambiar el pH de ambos suelos hasta la capa de 6,0 centímetros.

Palabras clave: ecoyesso, residuos industriales, suelos.

Introdução

Para atender a demanda mundial por alimentos, muitos países estão priorizando a produção agrícola utilizando técnicas modernas de manejo do solo e da água, visando não somente o aumento de rendimento das culturas, mas também o aproveitamento otimizado dos recursos naturais (FARIAS et al., 2003).

A acidez do solo limita a produção agrícola em diversas áreas no mundo, em decorrência da toxidez causada pelo alumínio do solo e baixa saturação de bases (COLEMAN e THOMAS, 1967). As raízes das plantas não apresentam desenvolvimento satisfatório em solos ácidos (PAVAN et al., 1984) e com deficiência de cálcio (RITCHEY et al., 1982). Estes problemas também foram identificados por Souza et al (2005) em solos de Cerrados onde a toxidez de alumínio ocorreu também nas camadas inferiores do solo, restringindo o crescimento das raízes.

Quimicamente, o gesso é o sulfato de cálcio, com teor médio de 30% de CaO e 17% de enxofre (MALAVOLTA, 1989). A aplicação de gesso agrícola na superfície seguida por lixiviação para subsolos ácidos resulta em melhor crescimento e maior

absorção de água e nutrientes pelas raízes das plantas (CARVALHO e RAIJ, 1997).

O gesso agrícola é obtido através do processo de mineração, extraído de jazidas (SUMMER et al., 1986) e como subproduto oriundo da fabricação do ácido fosfórico, base para a produção de fertilizantes fosfatados que contém principalmente sulfato de cálcio e pequenas concentrações de fósforo e flúor. Somente no Brasil, cerca de 4,5 milhões de toneladas são produzidas anualmente (VITTI, 2000). Originado da fabricação de fertilizantes, o gesso agrícola é formado da reação do ácido sulfúrico com a rocha fosfatada, composta basicamente de minerais de apatita contendo fosfato em quantidades variáveis.

Para cada tonelada de fertilizante fosfatado produzido, são gerados 11,0 toneladas de gesso (ROBSON et al, 1980). Entretanto, segundo alguns autores, esta estimativa é menor, com a produção de aproximadamente 4,5 toneladas de gesso produzida para cada tonelada de fósforo (PAOLINELLI et al, 1986).

A eficiência do gesso no solo é dependente da sua dissolução. Vários fatores interferem no processo de solubilização do gesso, destacando-se a granulometria das partículas do mineral, a textura do

solo e o manejo de aplicação do produto (RICHARDS, 1954; BARROS et al., 2006).

Diferente dos calcários, o gesso agrícola pode ser usado na melhoria das condições químicas dos solos nas camadas sub-superficiais, regiões onde os calcários não atingem devido a sua reduzida mobilidade. Serafim et al (2012), observaram aumentos nos teores de enxofre das camadas sub superficiais dos solos em resposta a dose de gesso aplicada em superfície, comprovando a sua mobilidade.

Zandoná et al (2015) descreveram que o uso do gesso no solo em período de déficit hídrico potencializou a produção de grãos de soja e milho, independente do uso do calcário, em sistema de plantio direto.

Apesar destes benefícios, o gesso agrícola não apresenta característica química de correção da acidez e neutralização do alumínio de forma satisfatória como ocorre com o calcário. Apesar destas informações, ensaios realizados por Leite et al (1985) utilizando diferentes doses de gesso e fontes de fósforo (superfósforo simples e fosfato de Araxá) em área de pastagem verificaram a elevação do pH do solo, principalmente nas doses mais elevadas de gesso. Wang et al (1999) afirmaram em seu trabalho que o gesso agrícola eleva os teores de Ca^{+2} , S-SO_4^{-2} , Mg e K^+ nas camadas mais profundas do solo além de reduzir o efeito do alumínio e elevar o pH do solo, embora de forma pouco expressiva, sendo necessário para isto a associação com o corretivo. Guelfi et al (2013), verificaram que, mesmo com o solo apresentando elevada densidade, o uso de silicato de cálcio associado ao gesso agrícola, potencializou o crescimento radicular do capim Marandú para as camadas inferiores do solo.

O objetivo deste trabalho foi avaliar a influência da utilização do Ecogesso produzido de resíduos industriais, no pH de solos de diferentes texturas, ao longo do perfil, que receberam gesso na camada superficial.

Materiais e métodos

O experimento foi desenvolvido no laboratório de Ecologia e Solos do Centro Universitário do Leste de Minas Gerais e na Universidade Vale do Rio Doce (Univale). Foram utilizados 24 recipientes montados com tubos de PVC, com 11 centímetros de diâmetro e 35 centímetros de altura. Os tubos foram cortados ao meio, em duas partes idênticas no

sentido longitudinal. Logo após as partes dos tubos foram unidas novamente com fita adesiva. O fundo foi recoberto com lona preta perfurada para facilitar a drenagem do excesso de água e contenção do solo.

Foram utilizados dois solos com características texturais distintas. O primeiro foi coletado no sub-horizonte B textural de um solo Argissolo Vermelho Amarelo e o segundo no sub-horizonte A2 de um solo aluvial com presença de pastagem. Os solos foram coletados no campo experimental do curso de agronomia da Universidade Vale do Rio Doce e amostrados para determinação de suas características físico-químicas. A análise textural para determinação dos teores de areia, silte e argila foi realizada de acordo com a metodologia descrita pela Embrapa (1997). A análise química do solo foi realizada de acordo com a técnica descrita por De Felipo e Ribeiro (1997). Em seguida, os solos foram homogeneizados em peneiras de 2,00 mm de malha e condicionados nos recipientes de PVC. Foram retiradas amostras dos solos para determinação da capacidade de campo. Após a determinação, os solos dos tubos foram saturados com água até atingir 80% da capacidade de campo.

O Ecogesso (Sulfato de cálcio) utilizado neste projeto, também chamado de gesso ecológico, foi obtido da reação do ácido sulfúrico com o carbonato de cálcio. O ácido sulfúrico foi obtido da extração de solução hidrolítica de baterias automotivas usadas que retornam para reciclagem. Após a extração da solução ácida, o material foi filtrado em filtro de celulose para retirada do chumbo. O carbonato de cálcio foi obtido da recuperação da lama de cal, resíduo gerado do sistema de processamento da madeira nas indústrias de celulose. A lama é 99,5% composta por carbonato de cálcio. Através da utilização de densímetros foi determinada a concentração de ácido sulfúrico na solução hidrolítica. O valor foi de 14,5%. A reação dos produtos foi realizada até o pH atingir valor estabilizado de 7,5. Após o processo de reação química o material foi secado a sombra. Após a secagem, com valores de umidade inferiores a 5%, o material foi moído em moinho de martelos e as partículas uniformizadas em peneira de malha 0,025 mm.

O delineamento experimental utilizado foi o inteiramente casualizado com quatro repetições. Foram utilizadas três dosagens de gesso (1,0; 3,0 e 5,0 toneladas de Ecogesso.ha⁻¹) além do tratamento testemunha, sem a utilização do gesso. A quantidade de gesso aplicada foi determinada pela área

superficial do tubo (94,98 cm²), proporcional a utilização em um hectare (10.000 m²).

Após a aplicação do Ecogesso na superfície do solo, o mesmo foi irrigado diariamente com 10% de água destilada relativa à capacidade de campo visando a reatividade e translocação dos componentes minerais ao longo do perfil do solo. O procedimento ocorreu durante 30 dias. Após este período, os tubos foram abertos lateralmente expondo toda a coluna do solo. O perfil do solo foi demarcado e coletado a cada dois centímetros até a camada inferior. Após a separação e coleta, os solos foram secados à sombra, moídos e peneirados em peneiras de malha de 2,00 mm. As coletas do perfil do solo resultaram em 13 amostras/tubo. Para determinação do pH das amostras de solo foi utilizada a técnica de diluição do solo em água (2,5:1). Foram coletados 10 gramas de solo de cada amostra de solo e acondicionados

em beckeres seguido da adição de 25 ml de água destilada. Após alguns minutos de homogeneização com bastão de vidro as amostras foram mantidas em repouso e lidas no pHmetro.

Resultados e discussões

Considerando os atributos químicos e físicos, os solos apresentaram resultados distintos. A classificação dos solos utilizando a análise textural, caracteriza o solo 1 como Franco Siltoso e o solo 2 um Franco Arenoso. Este diferencial de classificação é importante considerando os diversos aspectos físico-químicos dos solos estudados (Tabela 1) como sua condutividade hidráulica e capacidade de retenção de água. Conforme citado por Klein et al (2010), a retenção e disponibilidade de água no solo tem como um de seus principais fatores a textura.

Tabela 1. Análises físicas texturais dos solos 1 e 2.

Solos	Areia Grossa	Areia Fina	Silte	Argila
	-----%			
1	28,01	8,84	60,75	2,40
2	64,64	10,07	23,07	1,60

Os resultados das análises químicas demonstram que os solos apresentaram níveis e fertilidade iniciais diferenciados assim como os pHs que apresentaram valores de 5,5 e 6,0 para os solos 1 e 2 respectivamente (Tabela 2). Apesar da maior presença de areia (74,71%), o solo 2 apresentou maior capacidade de troca catiônica total (T) em relação ao

solo 1, mais siltoso. Este fato ocorreu, provavelmente por conta do maior teor de matéria orgânica presente neste solo de 2,23% contra 0,44% do solo 1. Conforme descrito por Freitas et al (2017), a matéria orgânica pode ser utilizada como indicativo ambiental de qualidade física e química do solo.

Tabela 2. Resultado das análises químicas dos solos 1 e 2.

Solos	pH	P	K	Ca	Mg	Al	H+Al	M.O. Prem.	S	T	t	V	M
	-	---mg dm ⁻³ ---		-----Cmol _c dm ⁻³ -----				(%) mg L ⁻¹		-----Cmol _c dm ⁻³ -----			(%)
1	5,5	3,8	94,4	1,47	0,21	0,15	1,20	0,44 32,00	1,92	3,12	2,07	61,54	7,25
2	6,0	22,6	170,2	3,46	0,21	0,15	1,50	2,23 55,00	4,11	5,61	4,26	73,26	3,52

Na figura 1 (solo 1), no tratamento testemunha sem aplicação de sulfato de cálcio (Ecogesso), observa-se uma pequena variação de pH entre as camadas do solo avaliadas, mas todas acima do pH inicial do solo analisado que foi de 5,5. Este fato provavelmente ocorreu devido a constante aplicação de água na superfície do solo durante os trinta dias de condução do trabalho. O pH da água aplicada

estava entre 6,5 e 6,8. O pH do solo ficou acima de 6,5 na camada de solo até 6,0 centímetros. A partir desta profundidade o pH oscilou entre 6,2 e 6,5, sem grandes alterações ao longo do seu perfil.

Nas figuras 2, 3 e 4 verificamos que o Ecogesso aplicado na superfície dos solos (Franco siltoso) alterou significativamente o pH das camadas superficiais com os valores permanecendo próximo

a 8,0, mesmo com a menor quantidade de Ecogesso aplicada ($1,0 \text{ t.ha}^{-1}$). Os efeitos da percolação na alteração do pH foram observados nas camadas até 10,0 centímetros quando se aplicou $1,0$ e $3,0 \text{ ton.ha}^{-1}$ de gesso onde o pH permaneceu acima de 6,5. Abaixo desta camada os valores de pH mostraram-se semelhantes aos valores do solo testemunha, sem aplicação de Ecogesso, abaixo de 6,5. Com a aplicação de $5,0 \text{ ton.ha}^{-1}$, o efeito do aumento do pH foi potencializado nas camadas inferiores do solo e observado até a profundidade de 12,0 centímetros. Nas demais camadas do solo, até a profundidade máxima analisada, os valores observados de pH ficaram em torno de 6,5, valores semelhantes as mesmas camadas do solo dos demais tratamentos, incluindo a testemunha. Este resultado de elevação do pH até a camada de 12 centímetros foi possível, provavelmente pela maior quantidade de Ecogesso aplicado no solo associada a sua solubilização e um possível aumento da floculação das partículas do solo, fato que favoreceria a sua lixiviação pelo perfil do solo até esta camada. Junior et al (2006) constataram que, independente do tipo de solo, a utilização do gesso induz ao aumento do grau de floculação das partículas. Os efeitos do gesso agrícola na floculação das partículas do solo refletem em

melhoria na sua agregação (FAVARETTO et al., 2006).

A velocidade com que o sulfato se movimentava para as camadas internas dos solos, é variável em relação aos diferentes solos (CAIRES et al., 1999), sendo mais lenta em solos com maior teor de argila. Amaral et al (2017), avaliando o uso de gesso em solos com plantio de milho verificou que, com o uso deste produto, os níveis de cálcio e magnésio nas camadas inferiores do solo, até 40 centímetros, aumentaram, verificando também um aumento da disponibilidade de enxofre e a neutralização do alumínio trocável.

Podemos citar que o aumento do pH no subsolo, por meio da aplicação de gesso, tem sido verificado em outros trabalhos (CARVALHO e RAIJ, 1997; CAIRES et al., 1999), graças à reação de troca de ligantes na superfície das partículas de solo, envolvendo óxidos hidratados de ferro e alumínio, com o SO_4^{2-} deslocando OH^- e, assim, promovendo neutralização parcial da acidez (Reeve e Sumner, 1972). No caso do Ecogesso utilizado neste trabalho a neutralização da acidez do solo foi realizada de forma semelhante ao descrito nos trabalhos citados, mas também devido a presença do residual de carbonato de cálcio da reação química que apresenta ação na elevação do pH.

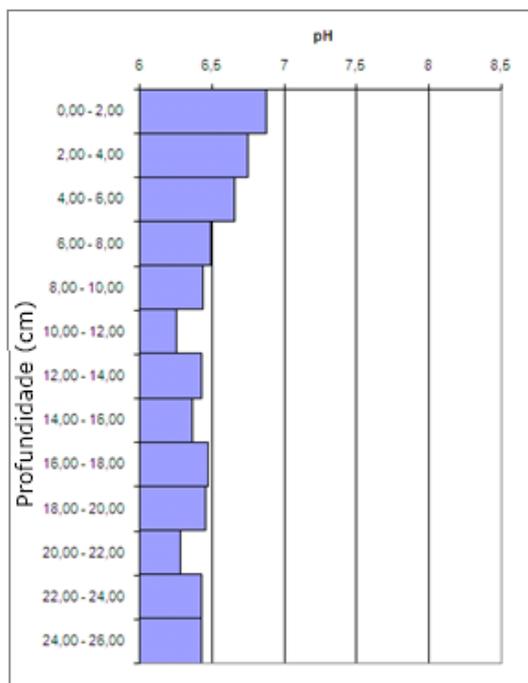


Figura 1. Avaliação do pH do solo 1 em diferentes profundidades com aplicação de 0 ton ha^{-1} de gesso.

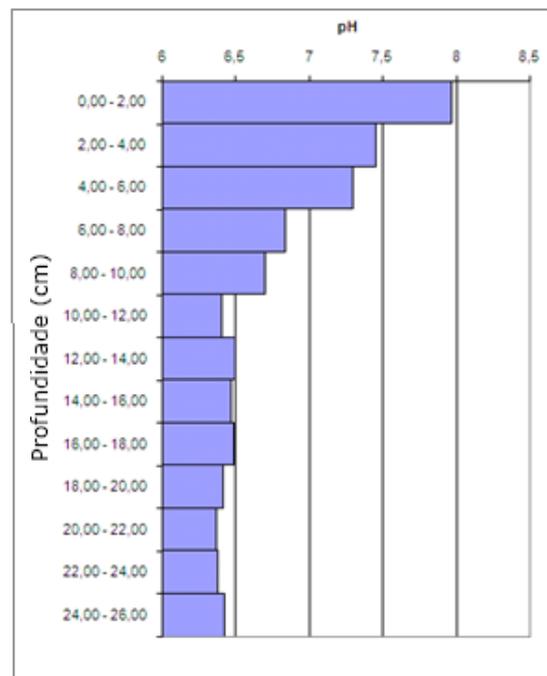


Figura 2. Avaliação do pH do solo 1 em diferentes profundidades com aplicação de $1,0 \text{ ton ha}^{-1}$ de gesso.

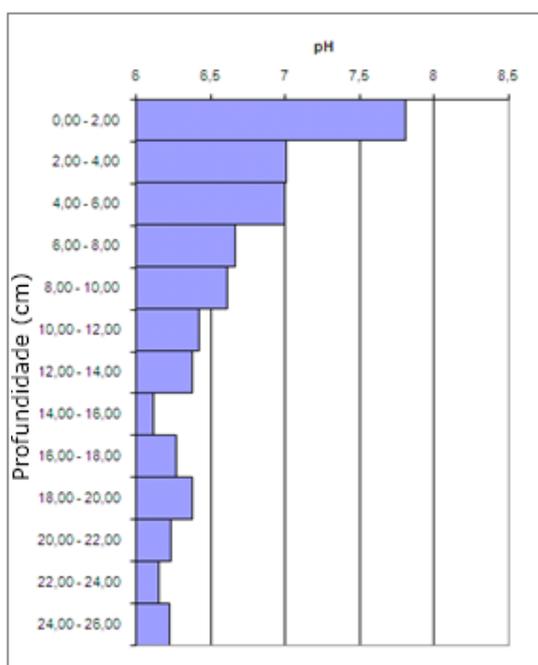


Figura 3. Avaliação do pH do solo 1 em diferentes profundidades com aplicação de 3,0 ton ha⁻¹ de gesso.

Na figura 5 (solo 2), verifica-se que durante os trinta dias de irrigação o comportamento do pH foi alterado ao longo do seu perfil, mesmo sem aplicação do Ecogesso. Nas camadas mais superficiais não ocorreu alterações no pH mas nas camadas mais profundas o pH sofreu uma leve elevação, atingindo valores de pH em torno de 6,5. Provavelmente devido a maior condutividade hidráulica deste solo, um maior volume de água atingiu as camadas inferiores, e devido seu pH mais elevado, a reação com o solo foi positiva em relação a uma redução temporária da acidez potencial do solo. Resultados de alteração de pH do solo com uso de água de elevado pH forma observados por Sandri e Rosa (2017). Verificaram que o uso de água de poço com pH de 6,8, na micro irrigação da bananeira aumentou o pH do solo ao final do experimento de 304 dias. Este efeito foi observado até a camada de 40 centímetros de profundidade.

Na análise das Figuras 6, 7 e 8 (Solo 2, Franco Arenoso) podemos observar que na camada superficial também houve um aumento de pH considerável em relação as outras camadas do solo, local de aplicação do gesso, semelhante ao ocorrido no solo anterior, mesmo com a menor quantidade de gesso aplicada (1,0 t.ha⁻¹). A característica de

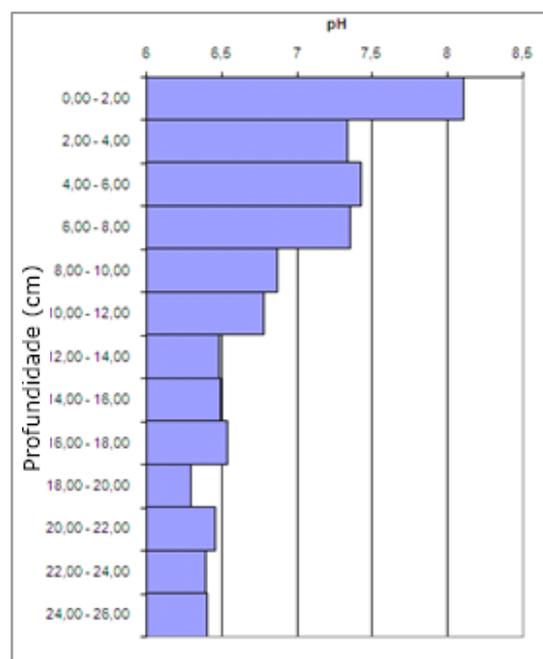


Figura 4. Avaliação do pH do solo 1 em diferentes profundidades com aplicação de 5,0 ton ha⁻¹ de gesso.

solo arenoso com maior condutividade hidráulica provavelmente favoreceu a percolação do sulfato e do carbonato para as camadas inferiores do solo através da irrigação continuada, gerando esta elevação de pH.

Verificou-se que o pH sofreu uma oscilação ao longo do perfil do solo devido a facilidade que o gesso encontrou através da lixiviação em penetrar nas camadas mais profundas do solo 2, não encontrando resistência a translocação como apresentado no solo 1 devido a característica arenosa deste solo.

O deslocamento do Ecogesso para as camadas mais profundas do perfil do solo alterou o pH nestas regiões de forma significativa nos solos que receberam as doses de 3,0 e 5,0 ton ha⁻¹.

No solo onde foram aplicadas 5,0 t ha⁻¹ de gesso na superfície, verificou-se que o pH manteve-se inalterado até a profundidade de 6,0 centímetros em relação a camada de solo superficial que recebeu o gesso com valores próximos a 7,5 (Figura 8). Nas demais camadas o valor do pH foi reduzido, mas aumentando novamente a 20 centímetros de profundidade e permanecendo até o fundo do vaso (26 centímetros) com valores de pH oscilando entre 6,6 e 6,8. Em relação as demais doses de gesso aplicadas na superfície do solo (**Figuras 6 e 7**),

observa-se que, com a utilização de 1,0 ton ha⁻¹ ou 3,0 ton ha⁻¹, a percolação do gesso e a alteração do pH

ocorreram de forma mais intensa até a profundidade de 6,0 centímetros, onde o pH foi superior a 6,5.

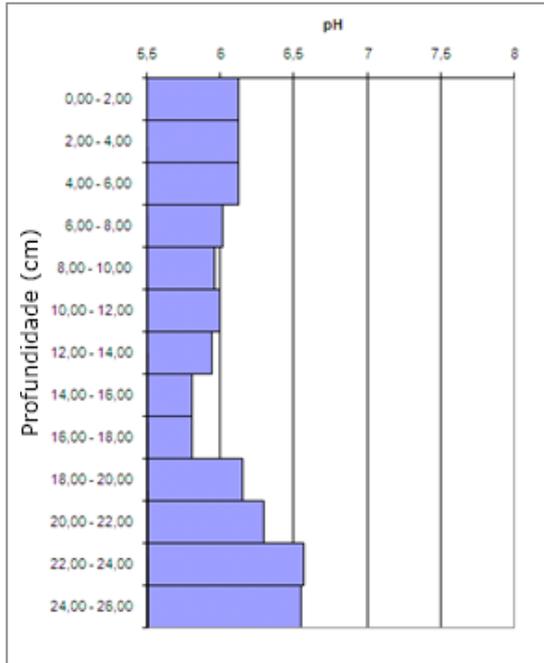


Figura 5. Avaliação do pH do solo 2 em diferentes profundidades com aplicação de 0 ton ha⁻¹ de gesso.

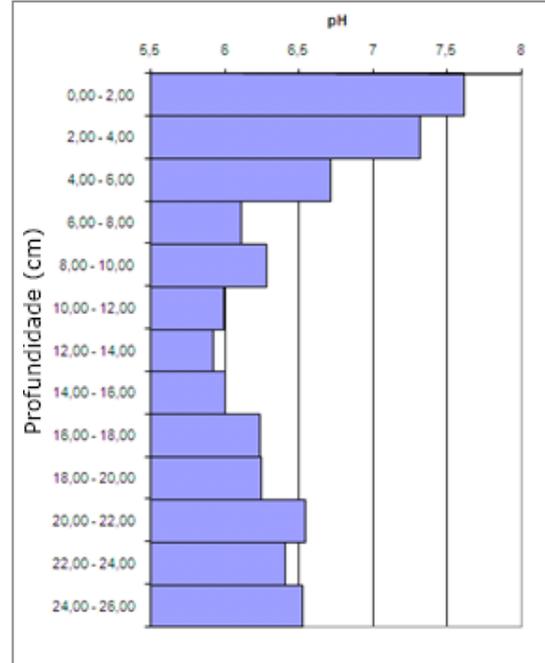


Figura 6. Avaliação do pH do solo 2 em diferentes profundidades com aplicação de 1,0 ton ha⁻¹ de gesso.

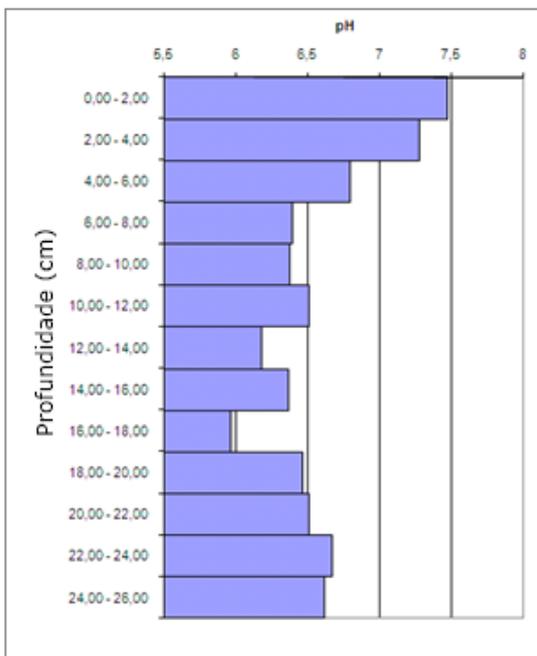


Figura 7. Avaliação do pH do solo 2 em diferentes profundidades com aplicação de 3,0 ton ha⁻¹ de gesso.

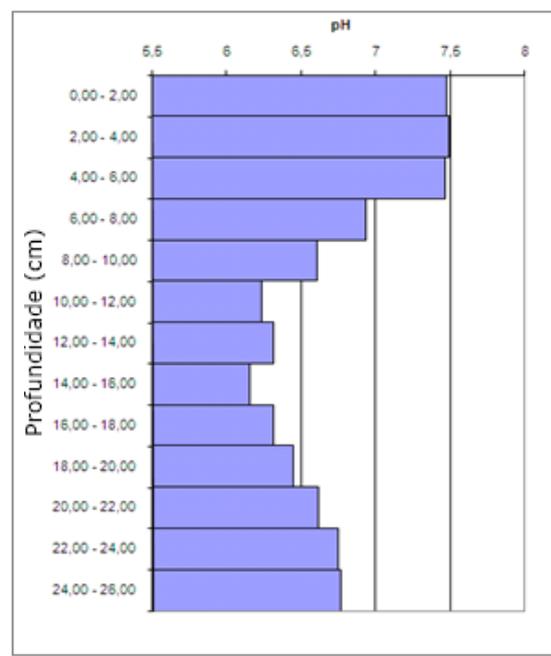


Figura 8. Avaliação do pH do solo 2 em diferentes profundidades com aplicação de 5,0 ton ha⁻¹ de gesso.

Verifica-se que, para qualquer dose e solo o gesso residual exerceu efeito significativo sobre a redução da acidez, expressa pelo pH. Os resultados encontrados concordam com diversos estudos (MORELLI et al., 1992; RAIJ et al., 1998; CAIRES et al., 1999) mostrando que a aplicação das doses de gesso provocou aumento nos teores de cálcio nas camadas subsuperficiais do solo e alteração do seu pH.

Resultados semelhantes foram obtidos por Souza et al (2012) em sistema de plantio direto, verificando que a utilização do gesso promoveu a redução da acidez potencial nas camadas inferiores do solo, até 0,30 metro.

Conclusões

Com os resultados obtidos neste experimento, podemos concluir que:

- A aplicação superficial do Ecogesso nos solos proporcionou aumento do pH nas camadas superficiais e sub superficiais.

- O Ecogesso elevou significativamente o pH dos solos na camada superficial onde foi aplicado mas foi pouco lixiviado para as camadas mais profundas do solo franco siltoso;

- No solo Franco arenoso, o efeito do Ecogesso foi observado até as camadas mais profundas do solo indicando elevada percolação e reatividade;

- A menor dosagem testada do gesso (1,0 ton ha⁻¹) aplicado na superfície do solo foi suficiente para alterar significativamente o pH de ambos os solos até a camada de 6,0 centímetros;

Referências

- AMARAL, L. A. do; ASCARI, J. P.; DUARTE, W. M.; MENDES, I. R. M.; SANTOS, E. da S.; JÚLIO, O. L. L. Efeito das doses de gesso agrícola na cultura do milho e alterações químicas do solo. **Revista Agrarian**: v.10, n.35, p.31-41, 2017.
- BARROS, M.F.C.; SANTOS, P.M.; MELO, R.M.; FERRAZ, F.B. Avaliação de níveis de gesso para correção de sodicidade de solos. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v.1, p.17-22, 2006.
- CAIRES, E.F.; FONSECA, A.F.; MENDES, J.; CHUEIRI, W.A.; MADRUGA, E.F. Produção de milho, trigo e soja em função das alterações das características químicas do solo pela aplicação de calcário e gesso na superfície, em sistema de plantio direto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.23, p.315-327, 1999.
- CARVALHO, M.C.S.; RAIJ, B. V. Calcium sulphate, phosphogypsum and calcium carbonate in the amelioration of acid subsoils for root growth. **Plant Soil**, n.192, p.37-48, 1997
- COLEMAN, N.T.; THOMAS, G.W. **The basic chemistry of soil acidity**. In: PEARSON, R.W.; ADAMS, F., In: Soil acidity and liming. Madison, American Society of Agronomy. 1967. P.1-41.
- De FILIPPO, B.V.; RIBEIRO, A.C. **Análise química do solo** (metodologia 2ª edição). Viçosa: Universidade Federal de Viçosa. 1997. 26p.
- EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solos**. Rio de Janeiro: CNPSolos, 1997. 212p.
- FARIAS, C. H. de. A; SOBRINHO, J. E.; MEDEIROS, J. F. de; COSTA, M. de C.; NASCIMENTO, I. B. do; SILVA, M. C. de C. Crescimento e desenvolvimento da cultura do melão sob diferentes lâminas de irrigação e salinidade da água. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**: v.7, n.3, p.445-450, 2013.
- FAVARETTO, N.; NORTON, L.D.; JOERN, B.C.; BROUDER, S.M. Gypsum amendment and exchangeable calcium and magnesium affecting phosphorus and nitrogen in runoff. **Soil Science Society of American Journal**, n.70, p.1788-1796, 2006.
- FREITAS, L. A.; MELLO, L. M. M. de; ANDREOTTI, M.; YANO, E. H.; SOARES, D. A.; PEREIRA, D. dos S. Soil physical and phenological attributes of soybean indifferent management systems and gypsum. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v.12, n.4, p.508-515, 2017.
- FREITAS, L.; OLIVEIRA, I. A. de; SILVA, L. S.; FRARE, C. V.; FILLA, V. A.; GOMES, R. P. Indicadores de qualidade química e física do solo sob diferentes sistemas de manejo. **Revista Unimar Ciências**: v.26, n.1-2, p.8-16. 2017.

- GUELF, D. R.; FAQUIN, V., SOUZA, M. A. S., OLIVEIRA, G. C., SANTOUCY, S. G. ; BASTOS, C. E. A. Características estruturais e produtivas do capim-marandu sob efeitos de corretivos da acidez, gesso e compactação do solo. **Interciência**: v.38, n.9, p.681-687. 2013.
- JUNIOR, E. J. R.; MARTINS, R. M. G.; ROSA, Y. B. C. J.; CREMON, C. Calcário e gesso como condicionantes físico e químico de um solo de cerrado sob três sistemas de manejo. **Pesquisa Agropecuária Tropical**: v.36, n.1, p.37-44. 2006.
- KIEHL, E.J. **Manual de edafologia: Relação solo-água-planta**. São Paulo, ed. Agronômica Ceres 1979. 262p.
- KLEIN, V. A.; BASEGGIO, M.; MADALOSO, T.; MARCOLIN, C. D. Textura do solo e a estimativa do teor de água no ponto de murcha permanente com psicrômetro. **Ciência Rural**: v.40, n.7, p.1550-1556, 2010.
- LEITE, W. B. O.; MONTEIRO, F. A.; WERNER, J. C.; CARRIEL, J. M.; LEM, T. H. (1985). **Uso de gesso combinado com fontes de fósforo na consorciação colômbio-siratro cultivados em solo de Cerrado**. Zootecnia, 3ª ed. Nova Odessa, SP. 1985. p.223.
- MALAVOLTA, E. (1989). **ABC da adubação**, 5. ed. São Paulo: Ed. Agronomica Ceres. 1989. 292p.
- MORELLI, J.L.; DALBEN, A.E.; ALMEIDA, J.O.C.; DEMATTÊ, J.L.I. Calcário e gesso na produtividade da cana de açúcar e nas características químicas de um Latossolo de textura média Álico. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. v.16, p187-194, 1992.
- PAVAN, M. A.; BINGHAM, F. T.; PRATT, P. F. Redistribution of exchangeable calcium, magnesium and aluminium following lime or gypsum applications to a Brazilian Oxisol. **Soil Science Society American Journal**. n.48, p.33-38, 1984.
- PAOLINELLI, M. T.; OLIVEIRA, P. M. de; SANTOS, P. R. R.; SÁ LEANDRO, V. de P.; MORAES, W. W. de.(1986). **Aplicação direta do fosfogesso**. In: Anais do I Seminário sobre o uso do fosfogesso na agricultura. Embrapa DDT: Brasília.1986, Anais, p.197-207.
- RAIJ, B. VAN; FURLANI, P.R.; QUAGGIO, J.A.; PETTINELLI JÚNIOR A. Gesso na produção de cultivares de milho com tolerância diferencial a alumínio em três níveis de calagem. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**: v. 22, p.101-108, 1998.
- REEVE, N.G. & SUMNER, M.E. Amelioration of subsoil acidity in Natal Oxisols by leaching of surface applied amendments. **Agrochimophysics**: v.4, p.1-6, 1972.
- RICHARDS, L. A. **Diagnostico y rehabilitacion de suelos salinos y sodicos**. In: Departamento de Agricultura de los Estados Unidos da América (Manual de Agricultura 60). 1954. 172p.
- RITCHEY, K.D.; SILVA, S.E.; COSTA, V.F. Calcium deficiency in clayey B horizons of savannah Oxisols. **Soil Science**: v.133, p.378-382, 1982.
- ROBSON, N. **Phosphoric acid technology**. In: Khasawneh, F. E.; Sample, E. E. C.; Kam Prath, E. J. (eds.) The role of phosphorus in agriculture. American Society Agronomy, Madison, Wisconsin, USA. 1980. p.151-193.
- SANDRI, d.; ROSA, R. R. B.; Atributos químicos do solo irrigado com efluente e esgoto tratado: **Irriga**. v.22, n.1, p.18-32, 2017.
- SERAFIM, M. E.; LIMA, J. M.; LIMA, V. M. P.; ZEVIANI, W. M.; PESSONI, P. T. Alterações físico-químicas e movimentação de íons em Latossolo gibbsítico sob doses de gesso. **Bragantia**: v.71, n.1, p.75-81, 2012
- SOUZA, D. M. G.; LOBATO, E.; REIN, T. A. **Uso do Gesso agrícola em solos de Cerrado**. Planaltina, DF, Embrapa, 2005, 19p.
- SOUZA, F. R. de; JUNIOR, E. J. R. ; FIETZ, C. R. ; BERGAMIN, A. C. ; ROSA, Y. B. C. J. ; ZEVIANI, W. M. (2012) Efeito do gesso nas propriedades químicas do solo sob dois sistemas de manejo. **Semina: Ciências Agrárias**: v.33, n.5, p. 1717-1732, 2012.
- SUMMER, M. E.; MILLER, W. P.; RADCLIFFE, D. E.; MCCRAY, M. **Use of phosphogypsum as an amendment for highly weathered soil**. In: Proc. Third workshop on by products of phosphate industries. Florida Institute of Phosphate Research. 1986. p.111-136.

Costa (2018)

VITTI, G.C. **Uso eficiente do gesso agrícola na agropecuária**. Piracicaba-SP. Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". 2000. 30p.

WANG, H. L.; HEDLEY, M. J.; BOLAN, N. S.; HORNE, D. J. The influence of surface incorporated lime and gypsiferous by products on surface and sub surface soil soil acidity. 1. soil solution chemistry. **Australian Journal of soil Research**: v.37, p.165-180, 1999.

ZANDONÁ, R. R.; BEUTLER, A. N.; BURG, G. M.; BARRETO, C. F.; SCHMIDT, M. R. Gesso e calcário aumentam a produtividade e amenizam o efeito do déficit hídrico em milho e soja. **Pesquisa Agropecuária Tropical**: v.45, n.2, p.128-137, 2015.

Applied Research & Agrotechnology v.11, n.2, may/aug. (2018)

Print-ISSN 1983-6325 (On line) e-ISSN 1984-7548