



Geama

Revista GEAMA – Ciências Ambientais e Biotecnologia
 Scientific Journal of Environmental Sciences and Biotechnology
 ISSN: 2447-0740

6

3

ARTIGO

Qualidade de agregados em solo ácido tratado com gesso *Quality of aggregates in acid soil treated with gypsum*

Igor Tenório Marinho da Rocha¹, Fernando José Freire¹, Edivan Rodrigues de Souza¹, Emídio Cantídio Almeida de Oliveira¹, Djalma Euzébio Simões Neto², Renato Lemos dos Santos³

¹ Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, Pernambuco, Brasil

² Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina, Universidade Federal Rural de Pernambuco, Bairro Novo, Carpina, Pernambuco, Brasil

³ Instituto Federal de Pernambuco, Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil

Contato: tenorio_igor@hotmail.com

Palavras-Chave

solos intemperizados
 agregação de solo
 estabilidade de agregados
 porosidade de solo

Key-word

weathered soils
 soil aggregation
 aggregate stability
 soil porosity

RESUMO

A aplicação de gesso em solos ácidos é um manejo agrícola recomendado para reduzir teores elevados de alumínio e aumentar teores baixos de cálcio trocável. Contudo, poucos estudos têm sido realizados para avaliar seu efeito sobre a qualidade dos agregados, principalmente de solos intemperizados, que possuem naturalmente uma elevada agregação. Nesses solos, a substituição do Al^{3+} por Ca^{2+} no complexo de troca pode provocar dispersão e redução da agregação do solo. Esse estudo teve por objetivo avaliar o efeito da aplicação de gesso agrícola na qualidade da agregação de um ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso. Para isso foram aplicadas cinco doses de gesso agrícola (0, 2, 4, 6 e 8 $Mg \cdot ha^{-1}$), com quatro repetições. Os tratamentos foram distribuídos aleatoriamente em blocos. Foi avaliado o índice de estabilidade dos agregados e também a percentagem, diâmetro médio geométrico e diâmetro médio ponderado dos agregados, bem como a macro e microporosidade do solo. Houve redução da estabilidade de agregados e na percentagem de agregados com diâmetro entre 1,0-0,5 mm, em média 12%, excetuando a dose de 4 $Mg \cdot ha^{-1}$, com a aplicação de gesso agrícola.

ABSTRACT

Gypsum application in acid soils is a recommended agricultural management to reduce high contents of aluminum and to increase low contents of exchangeable calcium. However, few studies have been carried out to evaluate its effect on the quality of the aggregates, especially of weathered soils, which naturally have a high aggregation. In these soils, substitution of Al^{3+} by Ca^{2+} in the exchange complex can cause dispersion and reduce soil aggregation. The objective of this study was to evaluate the effect of the gypsum application on the quality of the aggregation of a Hardsetting Ultisol. For this, five doses of agricultural gypsum (0, 2, 4, 6 and 8 $Mg \cdot ha^{-1}$) were applied, with four repetitions. Treatments were randomly distributed in blocks. Was evaluated the stability index of the aggregates and too the percentage, geometric mean diameter and weighted mean diameter of the aggregates, as well as macro and microporosity of the soil. There was a reduction of aggregate stability and in the percentage of aggregates with a diameter of 1.0-0.5 mm, an average of 12%, except for the dose of 4 $Mg \cdot ha^{-1}$, with the application of agricultural gypsum.

Informações do artigo

Recebido: 24 de maio, 2020

Aceito: 02 de novembro, 2020

Publicado: 30 de dezembro, 2020

Introdução

A degradação das características físicas dos solos cultivados reduz o crescimento e distribuição radicular (BERGAMIN et al., 2010; SOUZA et al., 2012) e, com isso, a produtividade agrícola diminui (MAZURANA et al., 2011). Desse modo a identificação de práticas agrícolas que promovam a redução da estabilidade física dos solos é imperativo para o controle e aplicação de práticas de recuperação (BONINI; ALVES, 2011).

O estudo dos efeitos do manejo agrícola do cultivo sobre as propriedades físicas do solo é importante para o planejamento das práticas agrícolas adotadas. Estudos sobre qualidade física do solo e dos fatores que contribuem para sua deterioração focam, principalmente, no efeito do uso da mecanização agrícola (CAVALIERI et al., 2011; MAZURANA et al., 2011; SOUZA et al., 2012; SANTOS et al., 2020). Poucos foram os estudos realizados sobre a ação de corretivos e condicionantes químicos, como o gesso agrícola na qualidade dos agregados do solo (MÜLLER et al., 2012; OLIVEIRA et al., 2020; SANTOS et al., 2020).

A gessagem é uma prática bastante difundida, sendo utilizada quando se objetiva melhorar características químicas de solos ácidos, como diminuição de teores elevados de Al^{3+} e aumento dos teores de Ca^{2+} , além de seu efeito corretivo em solos afetados por sais (TAVARES FILHO et al., 2012; RASOULI et al., 2013; SANTOS et al., 2013; SANTOS et al., 2015; ROCHA et al., 2017; CAIRES; GUIMARÃES, 2018; GUARÇONI et al., 2019).

Solos com baixa estruturação como os sódicos, quando tratados com gesso apresentam maior condutividade hidráulica e estabilidade de agregados, aumento da macroporosidade e porosidade total, diminuição da densidade do solo e menor escoamento superficial (LEBRON et al., 2001; KUMAR; SAHA, 2011; CHI et al., 2012; MÜLLER et al., 2012; RASOULI et al., 2013).

Por outro lado, em solos com elevado grau de intemperismo alguns estudos constataram efeitos negativos da aplicação de gesso, como maior dispersão de argilas, redução da infiltração e aumento da resistência à penetração (MÜLLER et al., 2012; SANTOS et al., 2020).

Mesmo com toda a importância que as propriedades físicas possuem para os processos de infiltração e redistribuição de água, erosão e crescimento radicular das plantas, os atributos físicos do solo são características pouco estudadas em experimentos com gesso agrícola (KEMPER; CHEPIL, 1965; CASTRO FILHO et al., 1998; LEBRON et al., 2001; RASOULI et al., 2013).

Entre as características físicas, o diâmetro médio ponderado (DMP), o diâmetro médio geométrico (DMG) e o índice de estabilidade dos agregados (IEA) são variáveis utilizadas na discussão da estabilidade dos solos (DEMARCHI et al., 2011; MELO et al., 2017). O DMP se relaciona com a porcentagem de agregados com diâmetro superior a 0,25 mm, os macroagregados; o DMG é uma estimativa do tamanho da classe de agregados predominante, de maior ocorrência; e o IEA representa a agregação total do solo, independente da distribuição por classes de agregados, sendo menor à medida que se tem

maior quantidade de agregados com diâmetro inferior a 0,25 mm.

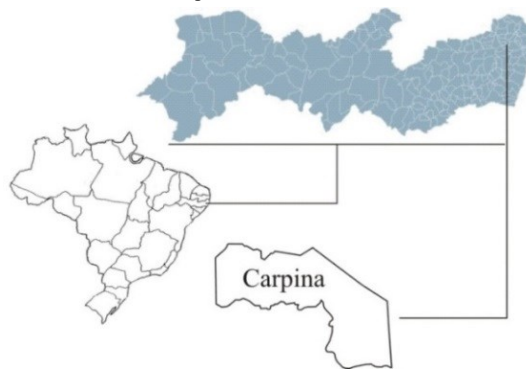
Acredita-se que a substituição do Al^{3+} por Ca^{2+} no complexo de troca pode provocar dispersão e redução da agregação, principalmente de solos intemperizados, que possuem naturalmente uma elevada agregação pelo efeito que o Al^{3+} tem sobre a dupla camada difusa (SPERA et al., 2008). A dispersão pode ser maior ou menor, dependendo da quantidade de Ca^{2+} aplicada, porque por efeito de massa a maior valência do cátion Al pode ser compensada pela maior quantidade do cátion Ca, minimizando a dispersão ou mesmo não tendo efeito sobre a agregação do solo (AZEVEDO; BONUMÁ, 2004; SPERA et al., 2008).

O objetivo deste estudo foi avaliar a aplicação de gesso agrícola na qualidade da agregação de ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso com longo histórico de plantio de cana-de-açúcar no Nordeste do Brasil.

Material e Métodos

O experimento foi instalado em campo na Estação Experimental de Cana-de-açúcar do Carpina (EECAC), pertencente à Universidade Federal Rural de Pernambuco, localizada no Município de Carpina – PE. A EECAC localiza-se nas coordenadas geográficas 7°51'04" de Latitude Sul e 35°14'27" de Longitude Oeste, a 178 m, em clima do tipo "AS" tropical chuvoso com verão seco, de acordo com a classificação de Köppen (ALVARES et al., 2013) (Figura 1).

Figura 1. Localização do município de Carpina, Pernambuco, Brasil onde foi realizado o ensaio de Campo



Fonte: Autor (2020)

O solo da área estudada foi classificado como ARGISSOLO AMARELO Distrocoeso A proeminente sendo constituído pelos horizontes Ap (0-19 cm), A2 (19-53 cm), A3 (53-101 cm), AB (101-130 cm) e Btx (130-200 cm) (ALVES, 1994).

Caracterizou-se o solo química e fisicamente nas profundidades de 0,0-0,2; 0,2-0,4 e 0,4-0,6 m (Tabela 1), antes da aplicação dos tratamentos. Para caracterização química determinou-se: pH em água e em $CaCl_2$ (0,01 mol L^{-1}), Ca^{2+} , Mg^{2+} , Al^{3+} , K^+ e carbono orgânico total (COT). O Ca^{2+} , Mg^{2+} e Al^{3+} foram extraídos com KCl 1,0 mol L^{-1} e dosados por titulometria; o K^+ foi extraído com Mehlich-1, sendo dosado por fotometria de chama; COT foi realizada por oxidação pelo método do dicromato de potássio. Com os resultados dessas análises químicas, calculou-se a saturação por Al (m) e a capacidade de troca de cátions efetiva ($CTC_{efetiva}$).

Fisicamente o solo foi caracterizado pela densidade do solo, porosidade (macro e micro) e a granulometria, definindo sua classe textural. Todos os procedimentos analíticos foram realizados conforme Donagema *et al.* (2011). A mineralogia da fração argila foi composta por Caulinita 7,23 Å (1); Goethita 4,18 Å (2); Caulinita 3,59 Å (3) e Quartzo 3,35 Å (4) (WHITTING; ALLARDICE, 1986).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos do solo da área experimental em diferentes profundidades antes da aplicação dos tratamentos

Atributo	Profundidade (m)		
	0,0-0,2	0,2-0,4	0,4-0,6
pH água	5,39	5,30	5,17
pH CaCl ₂	3,83	3,79	3,71
Ca ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,36	0,26	0,17
Mg ²⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,30	0,27	0,22
K ⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,06	0,03	0,01
Al ³⁺ (cmol _c dm ⁻³)	0,19	0,28	0,36
CTC _{efetiva} (cmol _c dm ⁻³)	0,91	0,84	0,76
m (%)	20,88	33,33	47,37
COT (g Kg ⁻¹)	11,2	11,5	9,8
Macrop (cm ³ cm ⁻³)	0,17	0,11	0,10
Microp. (cm ³ cm ⁻³)	0,29	0,20	0,23
Ds (g cm ⁻³)	1,61	1,80	1,79
Areia (g Kg ⁻¹)	776,4	760,4	728,4
Silte (g Kg ⁻¹)	52,2	36,3	37,3
Argila (g Kg ⁻¹)	171,4	203,3	234,3
Classe textural	Franco-argilo-arenosa	Franco-argilo-arenosa	Franco-argilo-arenosa

* CTC: capacidade de troca de cátions; COT: carbono orgânico total; Macrop: macroporosidade; Microp: microporosidade; Ds: densidade do solo.

Fonte: Autor (2020)

Durante o experimento aplicou-se três lâminas de água por irrigação, sendo de 50, 25 e 25 mm, totalizando 100 mm. As lâminas foram adicionadas à precipitação pluviométrica com o objetivo de manter o solo em capacidade de campo. Assim, a quantidade de água acumulada durante o ensaio foi de 515,5 mm (irrigação e precipitação pluviométrica), após a aplicação do gesso agrícola. O experimento foi composto por cinco tratamentos (0; 2; 4; 6; e 8 Mg.ha⁻¹ de gesso) e quatro repetições, totalizando 20 unidades experimentais, distribuídas casualmente em quatro blocos. As parcelas apresentaram dimensões de 6,0 x 12 m, com 72,0 m² de área total. A área útil correspondeu a 32 m² (3,2 x 10 m), sendo eliminados 1,0 m de bordadura no sentido da largura da parcela útil e 1,4 m no sentido do comprimento da parcela. A aplicação das doses de gesso foi efetuada a lanç em superfície sem incorporação (Figura 2).

Cinco meses após a aplicação dos tratamentos foram realizadas coletas de solo não deformado com cilindro volumétrico (212 cm³) na camada superficial (0,0-0,2 m). A macroporosidade foi calculada pela diferença entre o volume de água no anel saturado e sob 0,6 m de tensão; A microporosidade pela diferença entre o conteúdo de água na amostra a 0,6 m de tensão e seca em estufa. Foi também determinada a estabilidade dos agregados maiores que 0,5 mm e menores que 0,125 mm de diâmetro e a percentagem de agregados estáveis nas classes de diâmetro correspondentes a 4,0-2,0; 2,0-1,0; 1,0-0,5; 0,5-0,250 e 0,250-0,125 mm (DONAGEMA *et al.*, 2011). Determinou-se também o diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG) (KEMPER;

CHEPIL, 1965) e o índice de estabilidade de agregados (IEA) (CASTRO FILHO *et al.*, 1998).

Figura 2 - Ilustração da aplicação de gesso em campo com a delimitação das parcelas experimentais na Estação Experimental de Cana-de-açúcar de Carpina, Pernambuco, Brasil.



Fonte: Autor (2020)

Para calcular o DMP utilizou-se a Equação 1.

$$DMP = \sum_{i=1}^n \bar{X}_i W_i \quad (\text{Eq. 1})$$

Em que: \bar{X}_i corresponde ao diâmetro médio de cada fração e W_i corresponde à proporção entre o peso de agregados em cada uma das classes em relação ao total da amostra. Para calcular o DMG utilizou-se a Equação 2.

$$DMG = \exp \frac{\sum_{i=1}^n W_i \log \bar{X}_i}{\sum_{i=1}^n W_i} \quad (\text{Eq. 2})$$

Em que: \bar{X}_i corresponde ao diâmetro médio de cada fração; W_i corresponde ao peso dos agregados em cada fração; e $\sum_{i=1}^n W_i$ corresponde ao peso total da amostra. Para calcular o IEA utilizou-se a Equação 3.

$$IEA = \frac{\text{peso da amostra seca} - \text{wp25} - \text{areia}}{\text{peso da amostra seca} - \text{areia}} 100 \quad (\text{Eq. 3})$$

Em que: Wp25 corresponde ao peso das amostras com diâmetro de agregados superiores a 0,25 mm. Os dados foram submetidos à análise de variância. Quando o efeito do gesso foi significativo, os dados foram submetidos à análise de regressão, escolhendo-se os modelos para descrever o comportamento dos dados pela significância dos parâmetros da regressão e os maiores coeficientes de determinação.

Resultados e Discussões

O gesso aplicado ao solo proporcionou efeito no diâmetro médio geométrico dos agregados e na percentagem de agregados ($p < 0,05$) nas classes de agregados compreendidas entre $< 0,125$ e $0,125-0,25$ mm, em média 16% (Tabela 2). Como a aplicação de gesso eleva a concentração de Ca²⁺ no solo, é esperado que o Ca²⁺ possa proporcionar maior agregação e estabilização de agregados devido a sua ação na formação de complexos argila-Ca²⁺ - matéria orgânica das partículas da fração coloidal do solo (SIX *et al.*, 2004; SÉQUARIS, 2010).

Tabela 2. Diâmetro médio ponderado (DMP), diâmetro médio geométrico (DMG), índice de estabilidade de agregados (IEA), macro e microporosidade e percentagem de agregados em função da aplicação de diferentes quantidades de gesso em ARGISSOLO AMARELO Distrocioso, análise da variância da regressão e coeficiente de variação dos dados

Fator	Diâmetro		Índice	Porosidade		Agregados mm		Classe de agregados com diâmetros médios (mm)				
	DMP	DMG	IEA	Macro	Micro	> 0,5	< 0,125	0,125-0,25	0,25-0,5	0,5-1	1,0-2,0	2,0-4,0
Gesso (Mg.ha ⁻¹)	mm		%	cm ³ cm ⁻³		%						
0	1,06	0,85	79,29	0,19	0,22	63,48	6,44	8,47	21,19	30,35	16,62	15,80
2	1,01	0,82	76,86	0,15	0,22	59,65	7,53	9,56	22,87	27,92	16,23	14,92
4	1,03	0,84	80,59	0,17	0,21	61,78	6,43	9,85	21,60	29,41	16,65	15,13
6	1,02	0,82	75,97	0,16	0,22	58,16	8,03	10,61	22,80	25,30	16,72	15,56
8	1,06	0,84	76,36	0,19	0,22	61,65	7,47	9,64	20,77	27,09	17,49	16,29
Média	1,04	0,83	77,81	0,17	0,22	60,94	7,18	9,62	21,85	28,01	16,74	15,54
F regressão												
Gesso	0,02 ^{ns}	0,007* ^{Cub}	0,58 ^{ns}	0,01 ^{ns}	0,76 ^{ns}	0,41 ^{ns}	0,0003* ^{Cub}	1,40 ^{ns}	0,04 ^{ns}	7,28* ^{Ln}	0,0004* ^{Cub}	0,12 ^{ns}
CV (%) ¹	6,16	5,55	7,18	36,04	8,69	8,40	18,99	18,78	12,73	7,64	17,35	16,68

¹Coeficiente de variação (CV) = 100 x desvio padrão/média. *^{Cub} Modelo cúbico significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. *^{Ln} Modelo linear significativo a 5% de probabilidade pelo teste F. ^{ns} Não significativo. Fonte: Autor (2020)

Mesmo com o pouco tempo decorrido entre a aplicação de gesso e o tempo de amostragem, o efeito da ação do gesso sobre as duas menores faixas de agregados foi efetiva.

Müller et al. (2012), após 50 meses da aplicação de gesso, observaram aumento do tamanho de agregados e microporosidade e diminuição da macroporosidade na camada superficial de um Latossolo.

Resultados positivos na melhoria da estruturação do solo após aplicação de gesso também foram encontrados por Lebron et al. (2001) e Chi et al. (2012).

A redução da estruturação do solo, observado pelo IEA exceto para a dose de 4 Mg.ha⁻¹, em curto prazo devido à aplicação do gesso indicou possível fragilização das suas características físicas (Tabela 2).

Uma vez que o menor IEA indica a maior suscetibilidade à erosão (MELO et al., 2017). Fato que pode propiciar maior susceptibilidade à erosão.

Assim como observado por Nishimura et al. (2005), que relataram diminuição no tempo para que ocorresse escorrimento superficial em um solo ácido do Japão devido à aplicação de gesso.

Observou-se que a aplicação de gesso diminuiu a percentagem de agregados com diâmetro entre 1,0-0,5 mm mais do que nas demais classes de agregados, em média 12%, excetuando a dose de 4 Mg.ha⁻¹ (Tabela 2).

A diminuição nessa classe foi de aproximadamente 5% quando se aplicou 6 Mg.ha⁻¹ de gesso em relação ao controle, em que não se aplicou gesso (p<0,05) (Tabela 2).

Six et al. (2004) relataram que em solos com elevada carga variável é de se esperar, em curto prazo, diminuição da estabilidade de agregados entre 1-3%.

Nesse estudo foi constatada uma redução de 12%, excetuando a dose de 4 Mg.ha⁻¹, mesmo em Argissolo que não apresentou carga variável (Tabela 1).

A redução na quantidade de agregados entre 1,0-0,5 mm pode estar ligada a troca de ligantes trivalentes (Al³⁺) por divalentes (Ca²⁺), ocasionando menor agregação das partículas, porque o Al³⁺ possui maior ação floculante do que o Ca²⁺ (NISHIMURA et al., 2005).

Assim, um dos mecanismos de atuação do gesso na redução a absorção do Al pelas plantas (CAIRES; GUIMARÃES, 2018), provavelmente levou à redução da estabilidade de agregados com diâmetro de 1-0,5 mm.

Conclusão

Apesar do efeito positivo do gesso na correção química de solo, conforme a indicação de uso, ele pode levar a alterações negativas nas características físicas.

Em ARGISSOLO AMARELO Distrocioso a aplicação do gesso, com exceção da dose de 4 Mg.ha⁻¹, promoveu redução em torno de 5% na percentagem de agregados com diâmetro entre 1,0-0,5 mm na camada de 0 a 0,2 m.

Caso a dose de gesso recomendada para correção do Al trocável em solo seja de 4 Mg.ha⁻¹, a sua aplicação não provocará alterações negativas na estabilidade de agregados, avaliada pelo IEA, e na percentagem de agregados com diâmetro entre 1,0-0,5 mm na camada de 0 a 0,2 m.

Agradecimentos

À CAPES, pela concessão da bolsa de estudo ao primeiro autor, a Estação Experimental de cana-de-açúcar do Carpina por todo suporte oferecido para condução do experimento e ao CNPq pela bolsa de pesquisa aos demais pesquisadores.

Referências

- ALVARES, C.A.; STAPE, J.L.; SENTELHAS, P.C.; GONÇALVES, J.L.M.; SPAROVEK, V. Köppen's climate classification map for Brazil. **Meteorologische Zeitschrift**, vol. 22, p. 711-728, 2013.
- ALVES, A.J.D.O. **Caracterização e potencialidade dos solos da Estação Experimental de Cana-de-Açúcar de Carpina**. Tese de Doutorado, Recife, Universidade Federal Rural de Pernambuco, 154 p, 1994.
- AZEVEDO, A.C.; BONUMÁ, A.S. Partículas coloidais, dispersão e agregação em latossolos. **Ciência Rural**, v.34, p.609-617, 2004.
- BERGAMIN, A.C.; VITORINO, A.C.T.; FRANCHINI, J.C.; SOUZA, C.M.A.D.; SOUZA, F.R.D. Compactação em um latossolo vermelho distroférrico e suas relações com o crescimento radicular do milho. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 34, p. 681-691, 2010.
- BONINI, C.S.B.; ALVES, M.C. Estabilidade de agregados de um LATOSSOLO VERMELHO degradado em recuperação com adubos verdes, calcário e gesso. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, p. 1263-1270, 2011.
- CAIRES, E. F.; GUIMARÃES, A. M. A Novel Phosphogypsum Application Recommendation Method under Continuous No-Till Management in Brazil. **Agronomy Journal**, vol. 110, p. 1-9, 2018.
- CASTRO FILHO, C.; MUZILLI, O. ; PODANOSCHI, A.L. Estabilidade dos agregados e sua relação com o teor de carbono orgânico num latossolo roxo distrófico, em função de sistemas de plantio, rotações de culturas e métodos de preparo das amostras. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 22, p. 527-538, 1998
- CAVALIERI, K.M.V.; CARVALHO, L.A.; SILVA, A.P.; LIBARDI, P.L.; TORMENA, C.A. Qualidade física de três solos sob colheita mecanizada de cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, vol. 35, n. 5, p. 1541-1549, 2011.
- CHI, C.; ZHAO, C.; SUN, X. ; WANG, Z. Reclamation of saline-sodic soil properties and improvement of rice (*Oriza sativa* L.) growth and yield using desulfurized gypsum in the west of Songnen Plain, northeast China. **Geoderma**, vol. 187, p. 24-30, 2012.
- DEMARCHI, J.C.; PERUSI, M.C.; PIROLI, E.L. Análise da estabilidade de agregados de solos da microbacia do Ribeirão São Domingos, Santa Cruz do Rio Pardo – SP, sob diferentes tipos de uso e ocupação. **Revista Brasileira de Tecnologia Aplicada nas Ciências Agrárias**, v.4, p.07–29, 2011.
- DONAGEMMA, G.K.; CAMPOS, D.V.B.; CALDERANO, S.B.; TEIXEIRA, W.G.; VIANA, J.H.M. **Manual de métodos de análise de solo**. Rio de Janeiro, Embrapa, 230 p., 2011.
- GUARÇONI, A.; FAVARATO, L. F.; STIPP, S. R.; CASARIN, V. Manejo da fertilidade do solo para uma produção agropecuária mais sustentável. **Incapere em Revista**, v. 10, p. 22-42, 2019.
- KEMPER, W.D.; CHEPIL, W.S. SIZE DISTRIBUTION OF AGGREGATES. *In*: BLACK, C.A. (ed.) - **Methods of Soil Analysis. Part 1. Physical and Mineralogical Properties, Including Statistics of Measurement and Sampling**. Agron. Monogr. 9.1. Madison, ASA, SSSA, p. 499-510, 1965.
- KUMAR, A.; SAHA, A. Effect of polyacrylamide and gypsum on surface runoff, sediment yield and nutrient losses from steep slopes. **Agricultural Water Management**, vol. 98, p. 999-1004, 2011.
- LEBRON, I.; SUAREZ, D.L.; YOSHIDA, T. Gypsum Effect on the Aggregate Size and Geometry of Three Sodic Soils Under Reclamation. **Soil Science Society American Journal**, vol. 66, p. 92-98, 2001.
- MAZURANA, M.; LEVIEN, R.; MÜLLER, J.; CONTE, O. Sistemas de preparo de solo: alterações na estrutura do solo e rendimento das culturas. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 35, p. 1197-1206, 2011.
- MELO, M.L.A.; BATISTA, A.M.; ARAÚJO, G.S.S.; SILVA, B.M.; VIANA, M.C. Estabilidade de agregados em solo cultivado com capim-tifton 85 sob irrigação e formas de suprimento de nitrogênio. **Enciclopédia Biosfera**, v.14, p. 531-543, 2017.
- MÜLLER, M.M.L.; TORMENA, C.A.; GENÚ, A.M.; KRAMER, L.F.M.; MICHALOVICZ, L.; CAIRES, E.F. Structural quality of a no-tillage red latosol 50 months after gypsum application. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, vol. 36, p. 1005-1014, 2012.
- NISHIMURA, T.; YAMAMOTO, T.; SUZUKI, S.; KATO, M. Effect of Gypsum and Polyacrylamide Application on Erodibility of an Acid Kunigami Mahji Soil. **Soil Science & Plant Nutrition**, vol. 51, p. 641-644, 2005.
- OLIVEIRA, M. P.; ROQUE, C. G.; PIATI, G. L.; GODINHO, O. L.; TEODORO, P. E. Plantas de cobertura e efeito residual do calcário e gesso nos atributos físicos do solo em subsuperfície. **Research, Society and Development**, v. 9, p. 1-18, 2020.
- RASOULI, F.; KIANI POUYA, A.; KARIMIAN, N. Wheat yield and physico-chemical properties of a sodic soil from semi-arid area of Iran as affected by applied gypsum. **Geoderma**, vol. 193–194, p. 246-255, 2013.
- ROCHA, I. T. M.; FREIRE, F. J. ; SOUZA, E. R. ; SOBRAL, N. M. ; FREIRE, M. G. B. S.; OLIVEIRA, E. C. A.; SIMOES NETO, D. E. Aluminum buffering in acid soil under mineral gypsum application. **African Journal of Agricultural Research**, v. 12, p. 597-605, 2017.
- SANTOS, R. L.; FREIRE, F. J.; AZEVEDO, V. M.; ROCHA, A. T.; TAVARES, J. A. Produção de capim elefante e movimentação de cátions em função de gesso mineral. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 17, p. 1030-1037, 2013.
- SANTOS, R. L.; FREIRE, F. J. ; ROCHA, A. T. ; SILVA, J. A. A. ; TAVARES, J. A. ; FERREIRA, E. G. B. S. ; OLIVEIRA, E. C. A. . Elephant grass (*Pennisetum purpureum* Schum) biomass production with gypsum application as alternative source of energy in Brazil's semiarid area. **Australian Journal of Crop Science**, v. 9, p. 1082-1088, 2015.
- SANTOS, E. L.; MARONEZE, L. P.; TONSIC, D. H.; ARMACOLO, N. M.; GUIMARÃES, M. F.; DEBIASI, H.; FRANCHINI, J.; BALBINO JR, A. A. Distribuição de raízes, resistência tênsil e friabilidade de agregados em solo com diferentes sistemas de manejo. **Colloquium Agrariae**, v. 16, p. 19-28, 2020.
- SÉQUARIS, J-M. Modeling the effects of Ca²⁺ and clay-associated organic carbon on the stability of colloids from topsoils. **Journal of Colloid and Interface Science**, vol. 343, p. 408-414, 2010.
- SIX, J.; BOSSUYT, H.; DEGRYZE, S.; DENEK, K. A history of research on the link between (micro)aggregates, soil biota, and soil organic matter dynamics. **Soil and Tillage Research**, vol. 79, p. 7-31, 2004.
- SOUZA, G.S.D.; SOUZA, Z.M.D.; SILVA, R.B.D.; ARAÚJO, F.S.; BARBOSA, R.S. Compressibilidade do solo e sistema radicular da cana de açúcar em manejo com e sem controle de tráfego. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, vol. 47, p. 603-612, 2012.
- SPERA, S.T.; DENARDIN, J.E.; ESCOSTEGUY, P.V.A.E.; SANTOS, H.P.; FIGUEROA, E.A. Dispersão de argila em microagregados de solo incubado com calcário. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 32, p. 2613-2620, 2008,
- TAVARES FILHO, A.N.; BARROS, M.F.C.; ROLIM, M.M.; SILVA, E.F.D.F. Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino-sódicos. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, vol. 12, p. 247-252, 2012.

WHITTING, L.D.; ALLARDICE, W.R. X-RAY DIFFRACTION TECHNIQUES. *In*: Klute, A. (ed.) - **Methods of soil analysis**. Madison. ASA, SSSA, p. 331-359, 1986.