



Uso do gesso agrícola na disponibilidade de nutrientes e desenvolvimento de sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench)

Use of Agricultural Gypsum on Nutrient Availability and Sorghum Development (Sorghum bicolor L. Moench)

Cleybson José Cruz da Silva¹, Renato Lemos dos Santos¹, José Lucas Farias da Silva², Márcio José Pereira¹, Lluan dos Santos Costa Ataíde¹, Monalisa Barbosa da Costa Santos³

¹ Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Pernambuco, Campus Vitória de Santo Antão, Pernambuco, Brasil.

² Universidade Estadual Paulista, Campus Jaboticabal, São Paulo, Brasil.

³ Universidade Federal de Pernambuco, Pernambuco, Brasil.

Contato: cleybsoncruz@gmail.com

Palavras-Chave

acidez trocável
acidez em subsuperfície
gessagem
biomassa
sorgo forrageiro

Key-word

exchangeable acidity
subsurface acidity
gypsum
biomass
forage sorghum

RESUMO

A maioria dos solos da Chapada do Araripe são Latossolos, que apresenta acidez elevada trocável, fator limitante para o desenvolvimento do sorgo. Como alternativa para correção dessa acidez está o gesso agrícola. O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito do gesso agrícola na disponibilidade de bases trocáveis, saturação por Al^{3+} (m) e no desenvolvimento do sorgo. O trabalho foi dividido em dois ensaios. No primeiro ensaio foi avaliado o efeito de doses de gesso (0, 1, 2 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$) no teor das bases trocáveis e na m, nas profundidades de 0 a 0,2, de 0,2 a 0,4 e de 0,4 a 0,6 m em coluna de solo. No segundo ensaio, foi avaliado o efeito das doses de gesso no desenvolvimento de sorgo forrageiro. A saturação por Al^{3+} e o teor de Na^+ não foram influenciados pela aplicação das doses de gesso em coluna de solo. O gesso agrícola proporciona incremento de Ca^{2+} na superfície do solo. A dose de gesso que proporciona maior incremento de massa fresca no sorgo é 1,74 $Mg \cdot ha^{-1}$. A dose de gesso agrícola que proporciona o maior acúmulo de matéria seca é 1,88 $Mg \cdot ha^{-1}$.

ABSTRACT

Most of the Chapada of Araripe soils are Oxisols, which has high acidity, a limiting factor for the development of sorghum. As an alternative to correct this acidity is agricultural gypsum. The objective of the work was to evaluate the effect of agricultural gypsum on the availability of exchangeable bases and saturation by Al^{3+} (m) and in the development of sorghum. The work was divided in two essays. In the first essay, the effect of gypsum doses (0, 1, 2, and 4 $Mg \cdot ha^{-1}$) at content of exchangeable bases and in the m, in the depths of 0 to 0.2, from 0.2 to 0.4 and 0.4 to 0.6 m in soil column, was evaluated. In the second essay, the effect of the doses in the development forage sorghum was evaluated. The Al^{3+} saturation and Na^+ content was not influenced by the application of gypsum doses to the soil column. The Agricultural gypsum provides an increase in Ca^{2+} on the soil surface. The gypsum dose that provides greater increment in fresh mass is 1.74 $Mg \cdot ha^{-1}$. The dose of agricultural gypsum that provides greater accumulation dry matter is 1.88 $Mg \cdot ha^{-1}$.

Informações do artigo

Recebido: 08 de maio, 2020

Aceito: 02 de fevereiro, 2021

Publicado: 30 de abril, 2021

Introdução

O estado de Pernambuco é o principal produtor de gesso do Brasil, sendo responsável, em 2015, por 87,6% do total produzido. Essa produção é oriunda do Polo Gesseiro do Araripe, situado no extremo oeste pernambucano, formado pelos municípios de Araripina, Trindade, Ipubi, Bodocó e Ouricuri (FILHO; NETO; DANTAS, 2016).

Na produção do gesso, a gipsita precisa ser aquecida à elevada temperatura durante o processo de calcinação, e para isso é necessária grande quantidade de energia. A principal fonte de energia utilizada nas calcinadoras é a de biomassa florestal, outra parte dessa matriz energética é proveniente do óleo baixo poder de fluidez (BPF). Porém, a oscilação do preço do óleo BPF fez com que a utilização de lenha seja preferencial do setor gesseiro. A maior parte da lenha é proveniente de desmatamento e comercialização ilegal (GADELHA et al., 2012). Nesse contexto, as gramíneas, como o sorgo forrageiro, surgem como alternativa para a demanda energética da região. A cultura do sorgo é bastante adaptável à diferentes condições edafoclimáticas, podendo ser cultivada em regiões áridas e semiáridas. O sorgo (*Sorghum bicolor* L. Moench) apresenta tolerância à salinidade e a acidez do solo. Apresentando alta conversão energia em biomassa seca, por unidade de área, uma planta de ciclo C4, alcança produtividades de biomassa seca entre 8,9 a 39,5 Mg.ha⁻¹, em um período de 90 dias. Essa velocidade de crescimento e acúmulo de biomassa são mais elevadas que em espécies florestais, como o eucalipto, por exemplo, que apresenta produtividades de 20 Mg.ha⁻¹.ano⁻¹ (SILVA et al., 2014; TOLENTINO, 2016; MARAFON et al., 2016).

Para atender a demanda do Polo Gesseiro utilizando biomassa de sorgo forrageiro, é necessário utilizar genótipos que sejam de rápido crescimento, alta produtividade de matéria seca e que possuam alto poder calorífico (ALBUQUERQUE, 2013). Porém, grande parte dos solos da Chapada do Araripe são Latossolos, que apresentam limitações agrícolas pelos elevados índices de acidez, tanto em superfície como em subsuperfície (CAVALCANTI e LOPES, 1994).

Os Latossolos, em geral, apresentam-se ácidos, profundos, sem incremento significativo de argila entre os horizontes e baixa fertilidade natural. Associado a essas características pode ainda ser encontrado teores tóxicos de Al³⁺ em subsuperfície, o que restringe o crescimento do sistema radicular das plantas e consequentemente, o acesso à água e nutrientes, além de inibir a absorção e translocação de P para parte aérea das plantas (RHEINHEIMER et al., 1994; ABICHEQUER, BOHNEN; ANHINONI, 2003).

A prática mais eficiente na correção da acidez é a calagem. Porém, devido à baixa solubilidade e mobilidade do calcário, não é possível alcançar resultados satisfatórios em subsuperfície, pois sua atuação fica restrita ao local de aplicação.

Nesse sentido, vários autores têm estudado o uso do gesso como corretivo da acidez trocável em subsuperfície, tendo esse material, origem industrial (GUIMARÃES, 1985; WADT, 2000) ou mineral (SALDANHA et al., 2007; ROCHA et al., 2008; SANTOS et al., 2015). Ao reagir com a água, o gesso agrícola (CaSO₄.2H₂O) sofre uma dissociação entre íon Ca²⁺ e o ânion SO₄²⁻, sendo considerado fonte de Ca²⁺ e SO₄²⁻ para a planta na superfície e subsuperfície. Além de ser fonte desses macronutrientes, o gesso pode ser capaz de promover a lixiviação do Al³⁺ devido a formação do complexo AlSO₄⁺, para a subsuperfície, arrastando o Al³⁺ além da zona radicular e transformando em uma forma que a planta não absorve. Essas condições possibilitam melhor exploração do sistema radicular e é considerado por alguns autores como condicionador de solo (FARIA, 2003; MEURER et al., 2004; NEIS et al., 2010).

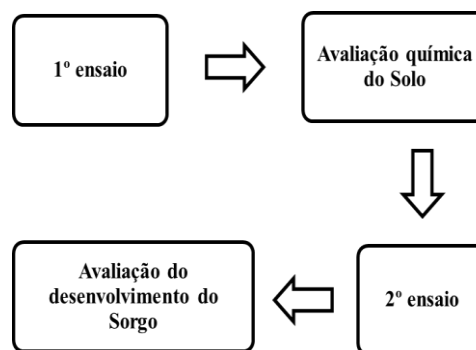
O gesso agrícola produzido no Polo Gesseiro do Araripe pode ser a própria gipsita de forma “*in natura*”, triturada, e/ou o mineral residual do processo de calcinação, a gipsita não calcinada. Se não aplicada na agricultura, a gipsita residual pode, em condições de pH baixo, alta umidade e anaerobiose, pode trazer danos ao ambiente, pela formação do gás sulfídrico (H₂S) (MELO, 2012). Assim, o uso da gipsita residual do próprio Polo Gesseiro do Araripe minimiza os impactos ambientais e contribui para melhoria na qualidade química dos solos e desenvolvimento dos vegetais (CAVALCANTI, 2014; ROCHA, 2017; SANTOS et al., 2014).

O objetivo do trabalho foi avaliar o efeito da aplicação de doses crescentes de gesso agrícola na correção da acidez trocável em Latossolo Amarelo e através desta, observar o desenvolvimento da cultura do sorgo forrageiro (*Sorghum bicolor*, L. Moench).

Material e Métodos

O trabalho foi composto em duas partes, dois experimentos sequenciais (Figura 1), conduzidos em casa de vegetação, no Instituto Federal de Pernambuco Campus Vitória de Santo Antão (IFPE CVSA), em Vitória de Santo Antão - PE.

Figura 1. Fluxograma dos ensaios experimentais conduzidos em casa de vegetação, IFPE-Campus Vitória de Santo Antão



Fonte: Silva et al. (2020)

O município se localiza na mesorregião da Mata Pernambucana, com coordenadas geográficas de 08° 07' 05'' de latitude sul e 35° 17' 29'' de longitude oeste, a 156 m de altitude, distando 45,1 km da capital Recife.

A primeira etapa foi um ensaio realizado para avaliar o comportamento do gesso em uma coluna de solo de até 0,6 m. A segunda foi utilizar a camada 0 a 0,2 m do ensaio anterior para avaliar desenvolvimento do sorgo (Figura 1). Foram coletadas amostras deformadas de um Latossolo Amarelo da Chapada do Araripe, especificamente da cidade de Araripina – PE, na profundidade de 0 a 0,2, 0,2 a 0,4 e 0,4 a 0,6 m. O solo foi seco ao ar, destorroado e tamisado em peneira de 2 mm de malha. Posteriormente foi caracterizado quanto a suas propriedades químicas e físicas (Tabela 1). As propriedades químicas determinadas foram pH (H₂O), Ca²⁺, Mg²⁺, Na⁺, K⁺, Al³⁺, (H + Al) seguindo as metodologias propostas pela Embrapa (2009). Fisicamente o solo foi caracterizado pela: granulometria (areia, silte e argila), para a determinação da classe textural; densidade do solo; densidade de partícula; e porosidade total. As metodologias utilizadas foram as propostas pelo Manual de Análises do Solo (EMBRAPA, 2017), exceto para granulometria, que foi determinada pelo método da pipeta de acordo com o Manual de Análises de Solo (EMBRAPA, 1997).

Tabela 1. Atributos químicos e físicos de Latossolo Amarelo, em três profundidades coletadas, do município de Araripina – PE

Atributos	Profundidades (m)		
	0,0 a 0,20	0,20 a 0,40	0,40 a 0,60
pH água	4,57	4,49	4,68
Ca ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,7	0,5	0,3
Mg ²⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,4	0,2	0,4
Na ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,26	0,26	0,25
K ⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,24	0,22	0,21
SB (cmol _c .dm ⁻³)	1,60	1,17	1,16
Ca ²⁺ + Mg ²⁺	1,1	0,7	0,7
Al ³⁺ (cmol _c .dm ⁻³)	0,4	0,5	0,3
CTC efetiva (cmol _c .dm ⁻³) ¹	2,01	1,67	1,36
(H+Al) (cmol _c .dm ⁻³)	3,30	2,92	1,43
T (cmol _c .dm ⁻³) ²	4,91	4,09	2,59
V (%) ³	32,59	28,61	44,79
m (%) ⁴	16,9	19,6	10,4
Areia (g.kg ⁻¹)	618,65	703,80	712,11
Silte (g.kg ⁻¹)	32,69	36,28	33,17
Argila (g.kg ⁻¹)	348,66	259,92	254,72
Classe Textural	Franco Argilo Arenoso		
Ds (kg.dm ⁻³) ⁵	2,65	2,74	2,84
Dp (kg.dm ⁻³) ⁶	1,41	1,46	1,46
PT (%) ⁷	46,79	46,59	48,59

Legenda: ¹Capacidade de troca de cátions; ²CTC Potencial; ³Saturação por bases; ⁴Saturação por Al³⁺; ⁵Densidade do Solo; ⁶Densidade de Partícula; ⁷ Porosidade Total.

Fonte: Silva et al. (2020)

Para a formação das colunas de solo, fez-se o uso de cano de PVC com diâmetro de 100 mm. Cada coluna foi composta por três peças de cano de 0,20 m de altura, interligadas com o uso de fita Silver Tape, representando o solo da superfície até 0,6 m de profundidade. Na base de cada coluna foi utilizado tampão em PVC, com perfurações, e papel filtro, para favorecer a drenagem e evitar perdas de solo. Entre as camadas foi posto um papel filtro qualitativo.

As colunas de solo foram submetidas a quatro doses de gesso (0, 1, 2 e 4 Mg.ha⁻¹), definidas com base no

trabalho de Tiecher et al. (2018). Foram utilizadas três repetições por coluna, totalizando 12 colunas e 36 camadas. A aplicação das doses de gesso ocorreu em superfície, sem incorporação, e após procedeu-se com o umedecimento do solo com lâminas de água destilada, afim de evitar a introdução de íons de fonte diferente do gesso agrícola.

O experimento teve duração de 60 dias, sendo realizada irrigação duas vezes por semana. Foi aplicada, em cada irrigação, o volume de 500 mL por coluna, estimada pelo teste de capilaridade no solo (BALDOVINO et al., 2017).

Aos 60 dias após a aplicação dos tratamentos, as colunas foram desmontadas e as camadas separadas. Após a coleta, os solos foram secos ao ar e depois acondicionados em sacos plásticos. As amostras foram levadas ao Laboratório de Química e Fertilidade do Solo, do IFPE CVSA, para a realização das análises químicas. Foram determinados: pH (H₂O), utilizando pHmetro; o Ca²⁺, Mg²⁺ e Al³⁺ extraídos com a solução de KCl a 1 Mol.L⁻¹ e determinado por titulometria; o Na⁺ e K⁺ foram extraídos por Mehlich-1 e determinados por fotometria de chama. As análises foram realizadas pelas metodologias sugeridas pela Embrapa (2009). Ainda, foi estimada a saturação por alumínio (m) (IPA, 2008).

Com a camada superficial do solo (0 a 0,2 m) foi realizado um segundo experimento para a avaliação da biomassa de sorgo. Para isso, a camada recebeu a dose de 1,4 Mg.ha⁻¹ de calcário, estimada com base na análise de solo e o manual de recomendação do Instituto Agrônomo de Pernambuco (IPA, 2008), sendo aplicado como carbonato de cálcio PA. A dose foi aplicada, a mistura homogeneizada e umedecida.

O período de incubação durou 30 dias após a aplicação do CaCO₃ e posteriormente o solo foi posto para secagem ao ar e destorroado.

Os solos da camada corrigida foram alocados para os mesmos canos de PVC, representando uma profundidade de 0 a 0,2 m. Após umedecimento com água destilada, foi realizado o plantio da variedade de sorgo forrageiro SF 15, fornecida pelo IPA. Foram semeadas 4 sementes da variedade SF 15 em cada unidade experimental e após a germinação foi realizado o desbaste, deixando-se apenas 1 planta.

Foi realizada adubação de fundação conforme o manual de Recomendação de Adubação para Estado de Pernambuco (IPA, 2008), sendo aplicados 30 kg.ha⁻¹ de N, 60 kg.ha⁻¹ de P₂O₅ e 30 kg.ha⁻¹ de K₂O.

As quantidades e fertilizantes utilizadas foram: 142,86 kg.ha⁻¹ de sulfato de amônio (SA), 333,33 kg.ha⁻¹ de superfosfato simples (SS) e 50,00 kg.ha⁻¹ cloreto de potássio (KCl). Esses valores foram convertidos para o volume de solo trabalhado, sendo utilizados 0,1121 g de SA, 0,2617 g de SS e 0,0393 g de KCl.

Para a irrigação foram aplicados 350 mL de água destilada, na primeira semana. As sucessivas irrigações foram de acordo com a umidade presente no solo, sendo realizadas a cada 15 dias, com volume de 250 mL de água destilada.

A avaliação do crescimento do sorgo foi realizada 45 dias após o plantio (DAP). Foram feitas as avaliações na biomassa da parte aérea e radicular.

Para a biomassa da parte aérea foram avaliadas: altura da planta, com medição do colo da planta até a folha +1, com o auxílio de uma régua graduada; o diâmetro do colmo, utilizando um paquímetro digital; a área foliar foi estimada pelo produto da largura e comprimento da folha, de acordo com a metodologia proposta por Sans e Pellegrin (1998); matéria fresca da parte aérea (MFPA) e matéria seca da parte aérea (MSPA), que consistiu da MFPA seca em estufa de circulação forçada a 65 °C até peso constante. Na biomassa radicular foram avaliados: comprimento da raiz, utilizando uma régua graduada, sendo medida da ponta da raiz até o colo da planta; e matéria fresca da raiz (MFR) e matéria seca da raiz (MSR). As amostras foram pesadas em balança de precisão.

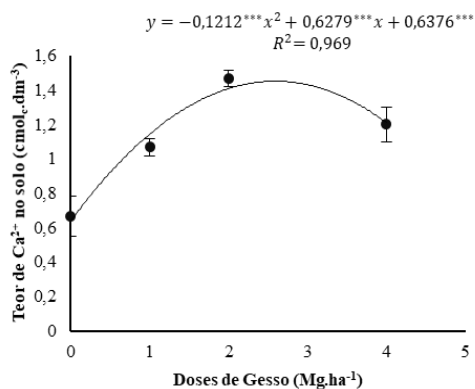
Os dados das variáveis de solo e de desenvolvimento do sorgo foram submetidos à análise de variância considerando apenas as diferentes doses de gesso. Quando se observaram efeitos significativos (Teste F, $p \leq 0,05$), foi realizada análise de regressão, sendo selecionado o modelo com maior coeficiente de determinação e todos os parâmetros significativos. Quando não foi possível ajuste, aplicou-se o teste de comparação de médias de Scott-Knott ($p \leq 0,05$).

Resultados e Discussão

Efeito do gesso no teor de bases trocáveis e na saturação por Al^{3+}

Apenas o teor de Ca^{2+} na camada superficial se ajustou ao modelo matemático quadrático crescente (Figura 2).

Figura 2. Teor de Ca^{2+} na camada de 0 a 0,2 m de profundidade de LATOSSOLO AMARELO da Chapada do Araripe – PE, em função de doses de gesso (0, 1, 2 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$)



Legenda: *** significativo a 0,1% pelo teste t. Barra de erros equivale ao desvio-padrão.

Fonte: Silva et al. (2020)

O teor de Ca^{2+} aumentou com a aplicação do gesso até a dose de 2,6 $Mg \cdot ha^{-1}$, alcançando 1,45 $cmolc \cdot dm^{-3}$. O incremento máximo na camada de 0 a 0,20 m foi de 107%. É possível que o Ca^{2+} liberado pelo gesso em contato com a água se adsorveu às cargas negativas do solo. Maschietto (2009), trabalhando com Latossolo

Vermelho distrófico, utilizou doses crescentes de gesso e também observou que houve incremento do Ca^{2+} em camada superficial. Na camada 0,20 a 0,40 m o teor de Ca^{2+} foi maior nas doses de 2 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$ (Tabela 2), aumento de 39,5% nas duas doses. Na camada mais profunda, de 0,40 a 0,60 m, a aplicação do gesso promoveu aumento de 110%, 100% e 143,3% nas doses de 1, 2 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$ respectivamente, no teor de Ca^{2+} no solo (Tabela 2). O aumento do teor de Ca^{2+} nestas camadas pode ser explicado pela dissociação do Ca^{2+} e SO_4^{2-} ao reagir com a água e movimentação e adsorção do cátion às cargas negativas do solo.

Tabela 2. Teores de cálcio (Ca^{2+}), magnésio (Mg^{2+}), sódio (Na^+) e potássio (K^+) e saturação por alumínio (m), de 0 a 0,2, de 0,2 a 0,4 e de 0,4 a 0,6 m de profundidades de Latossolo Amarelo da Chapada do Araripe – PE, tratado com doses de gesso (0, 1, 2 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$)

Doses ($Mg \cdot ha^{-1}$)	Teor de Ca^{2+} no solo ($cmolc \cdot dm^{-3}$)		
	0 a 0,2 m	0,2 a 0,4 m	0,4 a 0,6 m
0	0,70 c	0,43 b	0,30 b
1	1,10 b	0,43 b	0,63 a
2	1,50 a	0,60 a	0,60 a
4	1,20 b	0,60 a	0,73 a
Teste F	44,44**	4,17*	8,95**
CV%	7,87	15,80	19,06
Doses ($Mg \cdot ha^{-1}$)	Teor de Mg^{2+} no solo ($cmolc \cdot dm^{-3}$)		
	0 a 0,2 m	0,2 a 0,4 m	0,4 a 0,6 m
0	0,37 a	0,20 a	0,43 a
1	0,07 b	0,20 a	0,10 b
2	0,07 b	0,13 a	0,13 b
4	0,27 a	0,10 a	0,27 a
Teste F	6,23*	0,71 ^{ns}	0,02*
CV%	54,30	79,47	47,92
Doses ($Mg \cdot ha^{-1}$)	Teor de Na^+ no solo ($cmolc \cdot dm^{-3}$)		
	0 a 0,2 m	0,2 a 0,4 m	0,4 a 0,6 m
0	0,26 a	0,26 a	0,25 a
1	0,25 a	0,25 a	0,25 a
2	0,24 a	0,22 a	0,25 a
4	0,22 a	0,24 a	0,24 a
Teste F	2,22 ^{ns}	2,22 ^{ns}	0,25 ^{ns}
CV%	8,22	8,22	9,36
Doses ($Mg \cdot ha^{-1}$)	Teor de K^+ no solo ($cmolc \cdot dm^{-3}$)		
	0 a 0,2 m	0,2 a 0,4 m	0,4 a 0,6 m
0	0,24 a	0,22 a	0,21 a
1	0,22 a	0,22 a	0,25 a
2	0,20 b	0,21 a	0,22 a
4	0,20 b	0,19 b	0,25 a
Teste F	7,33**	8,0**	3,05 ^{ns}
CV%	5,70	4,12	7,83
Doses ($Mg \cdot ha^{-1}$)	Saturação por Al^{3+} (m) em %		
	0 a 0,2 m	0,2 a 0,4 m	0,4 a 0,6 m
0	16,93 a	19,60 a	10,40 a
1	13,30 a	18,10 a	7,20 a
2	14,80 a	17,27 a	12,33 a
4	11,57 a	17,30 a	8,07 a
Teste F	4,53 ^{ns}	3,14 ^{ns}	1,58 ^{ns}
CV%	13,10	5,91	33,74

Legenda: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ^{ns}: Não significativo. * e ** significativo a 5% e 1%, respectivamente.

Fonte: Silva et al. (2020)

Serafim et al. (2012) em trabalho com doses crescentes de gesso em coluna de Latossolo Vermelho distroférrico gibbsítico, em duas condições de umidade na cultura da soja, avaliou a dinâmica dos nutrientes no solo.

Os autores observaram aumento no teor de Ca^{2+} estimados de 26% e 22% nas camadas de 0,0 a 0,20 m e 0,7 a 0,9 m respectivamente. Os maiores teores de Mg^{2+} nas camadas de 0,0 a 0,2 m e 0,4 a 0,6 m foram observados nas doses de 0 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$ (Tabela 2).

Houve grande redução (428,6%) no teor de Mg^{2+} na camada de 0 a 0,2 m para as doses 1 e 2 $Mg \cdot ha^{-1}$. Na camada de 0,4 a 0,6 m houve redução de 76,7% e 69,8% respectivamente, para as mesmas doses anteriormente citadas. As doses de gesso não demonstraram efeito no teor de Mg^{2+} na camada de 0,2 a 0,4 m. A redução no teor de Mg^{2+} pode ter sido decorrente do efeito de massa do Ca^{2+} oriundo do gesso, removendo quantidade significativa das camadas e/ou pela formação do $MgSO_4^0$.

Crusciol et al. (2014), utilizando duas doses de gesso (0 e 1,7 $Mg \cdot ha^{-1}$) sobre cultivo de cana-de-açúcar, observaram que houve movimentação nos teores de Mg^{2+} no perfil do solo. Alguns autores recomendam que na aplicação do gesso seja introduzida uma fonte de Mg^{2+} , devido ao gesso poder promover a sua lixiviação.

Os teores de Na^+ no solo não foram influenciados pelas doses, até a profundidade de 0,6 m (Tabela 2). Talvez a CTC do solo possuísse cargas suficientes para adsorver o Ca^{2+} do gesso que ficou na camada e não permitir a lixiviação do Na^+ . Matos et al. (2014) avaliando o desenvolvimento do jatobá em Argissolo salino submetidos a 4 doses de gesso (0, 3, 6 e 9 $g L^{-1}$), em casa de vegetação, também não constataram efeito significativo na redução do teor de Na^+ no solo aos 60 dias após a aplicação. Entretanto, a prática da gessagem tem-se mostrado eficaz na redução do teor do Na^+ em solos com elevadas concentrações de sódio (solos sódicos), como comprovado por Tavares Filho et al. (2012) e Leite et al. (2010).

Na camada de 0 a 0,2 m, os menores teores K^+ foram observados nas doses de 2 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$, diferindo da dose 0 e 1 $Mg \cdot ha^{-1}$ (Tabela 2). Foi possível observar redução de 20% a partir da dose de 2 $Mg \cdot ha^{-1}$. Para a camada de 0,2 a 0,4 m, apenas a dose de 4 $Mg \cdot ha^{-1}$ apresentou a menor média entre as demais, com redução de 13,6%. A redução dos teores da K^+ com as maiores doses aplicadas pode estar relacionada com o efeito de massa do Ca^{2+} do gesso e da formação do $K_2SO_4^0$ e posterior movimentação no perfil. Não foi evidenciado o efeito do gesso no teor de K^+ para a camada de 0,4 a 0,6 m. Rampim et al. (2011), avaliando doses crescentes de gesso (0, 1, 2, 3, 4 e 5 $Mg \cdot ha^{-1}$) em sistema de plantio direto para cultura do trigo e soja, observaram uma redução linear nos teores de K^+ na ordem de 50% e 21,7% nas camadas superficiais de 0 a 0,1 m e 0,1 a 0,2 m respectivamente, analisadas 12 meses e 6 meses após a aplicação. Os autores ainda relatam que não houve acúmulo do elemento na camada subsuperficial (0,2 a 0,4 m) e que possivelmente esteja além da camada analisada, no caso do trabalho em questão, pode ter escoado com a água para fora da coluna do solo.

A saturação por alumínio não diferiu significativamente entre as doses utilizadas, em todas as camadas (Tabela 2). Possivelmente ao reagir com a água, o sulfato (SO_4^{2-}) liberado na reação lixiviou pela coluna de solo e não formou composto insolúvel com o Al^{3+} , não afetando a saturação por alumínio; ainda o aumento do Ca^{2+} não foi o suficiente para promover efeito significativo das doses na saturação por alumínio.

Esse comportamento foi semelhante ao observado por Santos et al. (2013), que testaram a influência da aplicação do gesso na redução da saturação por alumínio

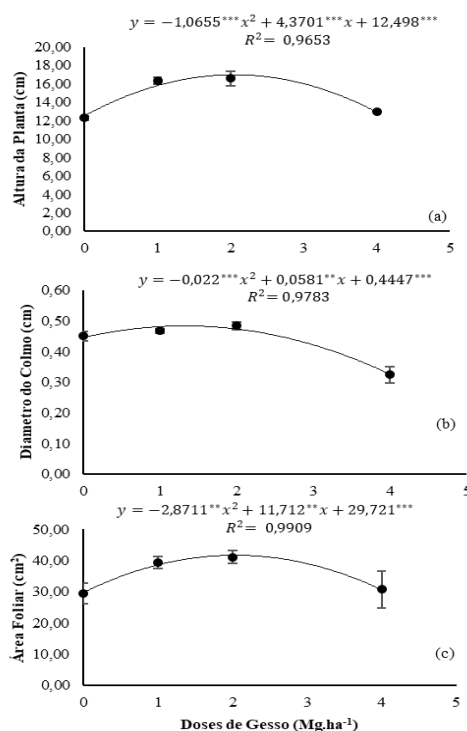
nas camadas de 0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 m. Pauletti et al. (2014) trabalhando com o efeito de doses crescente de gesso em sistema de plantio direto, também nas camadas de 0 a 0,2 e 0,2 a 0,4 m, não observaram redução da saturação por alumínio.

Efeito do gesso no crescimento e produção de biomassa do sorgo

Todas as variáveis, com exceção do comprimento da raiz, apresentaram comportamento quadrático crescente (Figuras 3, 4 e 5).

A altura da planta apresentou incremento de 35,9%, quando se observou o maior valor da variável (16,91 cm), obtido com a dose de 2,05 $Mg \cdot ha^{-1}$ (Figura 3a). Essa resposta possivelmente se deu pelo aumento do teor de Ca^{2+} no solo (Figura 2) e conseqüente absorção pela planta, favorecendo o crescimento do sorgo. Oliveira et al. (2009) avaliaram diferentes fontes de Ca^{2+} em gramíneas do gênero *Brachiaria* spp. Ao analisar a altura da planta aos 30 dias, os autores constataram que ao utilizar o gesso houve aumento de 382% na dose de 3,1 $Mg \cdot ha^{-1}$.

Figura 3. Altura planta (a) e diâmetro do colmo (b) e área foliar (c) em sorgo cultivado em Latossolo Amarelo, da Chapada do Araripe – PE, em função de doses de gesso (0, 1, 2 e 4 $Mg \cdot ha^{-1}$)



Legenda: ** e *** significativo a 1% e 0,1% pelo teste t, respectivamente. Barra de erros equivale ao desvio-padrão.

Fonte: Silva et al. (2020)

A dose que proporcionou maior diâmetro do colmo (0,50 cm) foi de 1,3 $Mg \cdot ha^{-1}$, contribuindo com um acréscimo de 7% (Figura 3b). Dias et al. (2017) em experimento no campo testando doses crescente de gesso (0; 2,5; 5,0; 7,5; e 10 $Mg \cdot ha^{-1}$) em híbrido de milho (P4285YH) observam um aumento de 19,8% no diâmetro

com a dose de 5,84 Mg.ha⁻¹. O maior crescimento da área foliar foi observado com a dose de 2,04 Mg.ha⁻¹, aumentando a área fotossintética em 28,7% (Figura 3c).

Holanda Leite et al. (2015) em experimento em casa de vegetação, avaliaram o efeito do gesso, rejeitos de mineradoras e composto orgânico no crescimento de maracujazeiro amarelo em solo salino e obtiveram um acréscimo de 15,29% utilizando a dose de 100% da NG, correspondendo 8,3 g.kg⁻¹. Esse aumento na área foliar contribuiu para uma maior interceptação dos raios solares que converte a energia solar em energia química, utilizada na fotossíntese, conseqüentemente ocorre o aumento da produção dos fotossimilados (TEXEIRA et al. 2011).

Não houve efeito das doses de gesso no comprimento das raízes do sorgo (Tabela 3). É possível que a coluna de PVC não tenha permitido que as raízes crescessem adequadamente e, apesar do aumento do teor de Ca²⁺ na camada superficial (Figura 2), não alterou o comprimento da raiz.

Na coleta, as raízes se encontravam concentradas no fundo da coluna. Provavelmente, aconteceu pela menor resistência oferecida no ponto de contato do material em PVC e o solo, que facilitou o crescimento radicular em direção ao fundo da coluna e lá se acumulou. No estudo realizado por Oliveira et al. (2009), citado anteriormente, também não foi observado efeito significativo no comprimento das raízes, na variedade de *Brachiaria humidicola* solteira e consorciada.

Tabela 3. Comprimento da raiz de sorgo cultivado em LATOSSOLO AMARELO da Chapada do Araripe – PE, tratado com doses de gesso (0,1, 2 e 4 Mg.ha⁻¹)

Doses (Mg.ha ⁻¹)	Comprimento da raiz (cm)
0	32,30 a
1	34,00 a
2	34,33 a
4	34,50 a
Teste F	1,13 ^{ns}
CV%	4,88

Legenda: Médias seguidas da mesma letra na mesma coluna não diferem estatisticamente pelo teste de Scott-Knott ($p \leq 0,05$). ^{ns}: não significativo.

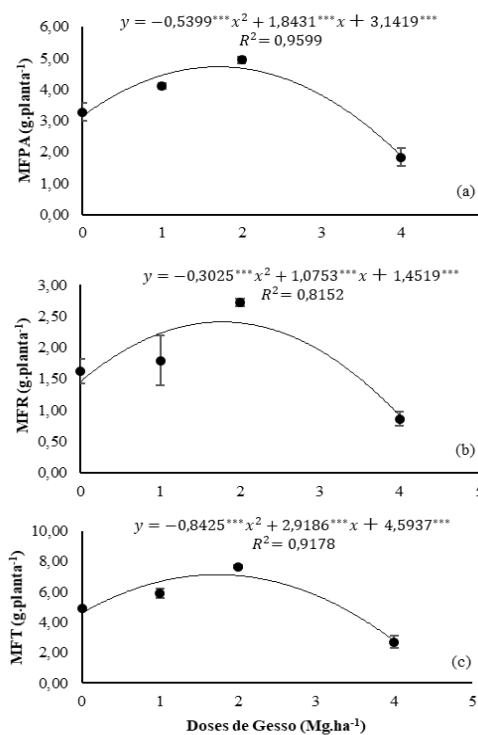
Fonte: Silva et al. (2020)

A MFPA, MFR e MFT, tiveram incrementos máximos de 50%, 65% e 55%, com a dose máxima estimada de 1,71, 1,78 e 1,73 Mg.ha⁻¹, respectivamente (Figura 4). As massas obtidas com essas doses foram de 4,71 g.planta⁻¹ para MFPA, MFR de 2,41 g.planta⁻¹ e a MFT apresentou 7,12 g.planta⁻¹ (Figura 4a, b e c).

Aumento na produção da biomassa aérea em gramínea pela aplicação do gesso (0,494 Mg.ha⁻¹) também foi observada por Santos et al. (2012), em trabalho com genótipo de capim elefante. O ganho foi de 35,4% na produção de matéria fresca da variedade Cameron.

O maior acúmulo de MSPA ocorreu com a dose de 1,86 Mg.ha⁻¹, representando incremento de 63% (Figura 5a). A maior produção de MSR (Figura 5b), ocorreu com a aplicação de 1,89 Mg.ha⁻¹ de gesso, proporcionando acúmulo de 85,4% superior de quando não se aplicou o insumo.

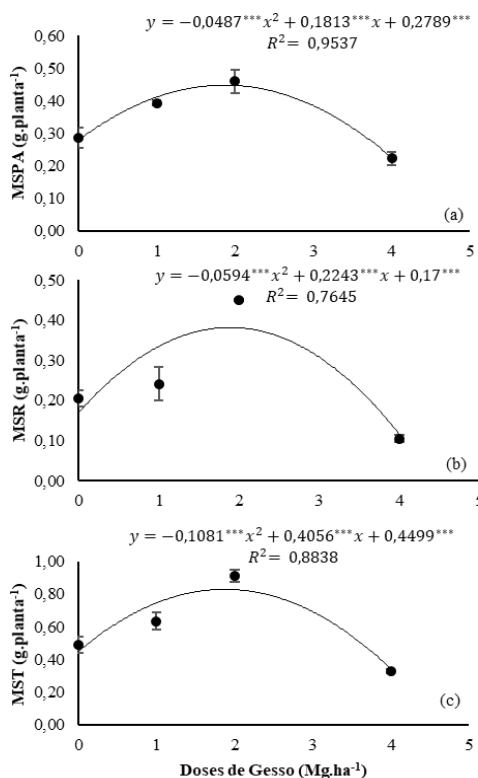
Figura 4. Massa fresca da parte aérea - MFPA - (a), raiz - MFR - (b) e total - MFT - (c) em LATOSSOLO AMARELO da Chapada do Araripe – PE em função de doses de gesso (0, 1, 2 e 4 Mg.ha⁻¹)



Legenda: *** significativo a 0,1% pelo teste t. Barra de erros equivale ao desvio-padrão.

Fonte: Silva et al. (2020)

Figura 5. Massa seca da parte aérea - MSPA - (a), raiz - MSR - (b) e total - MST - (c) em LATOSSOLO AMARELO da Chapada do Araripe – PE em função das doses de gesso (0, 1, 2 e 4 Mg.ha⁻¹)



Legenda: *** significativo a 0,1% pelo teste t. Barra de erros equivale ao desvio-padrão.

Fonte: Silva et al. (2020)

A MST foi máxima com dose de 1,88 Mg.ha⁻¹, proporcionando incremento de 68,22% (Figura 5c).

Apesar da aplicação do gesso não alterar a saturação por alumínio (m) (Tabela 2), aumentou o teor de Ca²⁺, que foi suficiente para aumentar a produção de biomassa do sorgo.

Santos et al. (2012) constataram aumento na matéria seca de 37,5% na variedade de capim Cameron, na dose de gesso de 0,494 Mg.ha⁻¹.

É provável que os ganhos expressos em todas as variáveis analisadas no desenvolvimento do sorgo, com exceção no comprimento das raízes, estejam relacionados com o aumento do teor de Ca²⁺ na camada superficial do solo (Figura 2).

A camada superficial foi a que o Ca²⁺ foi aplicado e liberado, sendo também onde se localizam a maioria dos pelos absorventes das raízes (MAGALHÃES et al. 2003; CARMO et al. 2012) e conseqüentemente pôde ser mais absorvido e utilizado pela planta.

O Ca²⁺ é fundamental para manutenção da integridade e permeabilidade das células, sendo responsável pela divisão e expansão celular (GARRONE et al. 2016).

Além dos benefícios agrônômicos observados neste estudo, com a melhoria da qualidade química do solo (Figura 1 e Tabela 2) e maior produção de biomassa do sorgo forrageiro (Figuras 3 e 4), a aplicação do gesso agrícola (gipsita triturada e gipsita residual da calcinação) contribui redução da contaminação ambiental.

Conclusão

A saturação por Al³⁺ e Na⁺ não foram influenciados pela aplicação das doses de gesso em coluna de solo.

O gesso agrícola proporciona incremento de Ca²⁺ na superfície do solo.

A dose de gesso que proporciona maior incremento de massa fresca no sorgo forrageiro SF 15 é de 1,74 Mg.ha⁻¹.

A dose de gesso agrícola que proporciona o maior acúmulo de matéria seca forrageiro SF 15 é de 1,88 Mg.ha⁻¹.

Contribuição dos autores

Os autores desse artigo declaram que contribuíram de forma igualitária na sua elaboração.

Agradecimentos

Ao IFPE - *Campus* Vitória de Santo Antão; Grupo de Estudo e Pesquisa em Fertilidade do Solo e Agroenergia; CNPq.

Referências

ABICHEQUER, A. D.; BOHNEN, H.; ANHINONI, I. Absorção, translocação e utilização de fósforo por variedades de trigo submetidas à toxidez de alumínio. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v.27, n.2, p.373-378, 2003.

ALBUQUERQUE, S. S. **Desempenho energético, uso de água e de nutrientes por cana-de-açúcar cultivada na Chapada do Araripe**. Dissertação, (Mestrado), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Serra Talhada, 2013, 71 p.

BALDOVINO, J. A.; MOREIRA, E. B.; CARDOSO, A.; MAZZAROLLO, J.; IZZO, R. L. S. Análise da ascensão capilar de um solo arenoso. *Anais do Simpósio da Prática de Engenharia Geotécnica na Região Centro-Oeste, Brasil*, p. 556-562, 2017.

CARMO, F. F.; DE FIGUEIREDO, C. C.; RAMOS, M. L. G.; VIVALDI, L. J.; ARAÚJO, L. G. Frações granulométricas da matéria orgânica em Latossolo sob plantio direto com gramíneas. *Bioscience Journal*, v. 28, n. 3, 2012.

CAVALCANTI, A. C.; LOPES, O. F. **Condições edafoclimáticas da Chapada do Araripe e viabilidade de produção sustentável de culturas**. Embrapa, Centro de Pesquisa Agropecuária do Trópico Semiárido, Unidade de Execução de Pesquisa e Desenvolvimento, Brasília, 41p., 1994.

CAVALCANTI, N. S. **RESÍDUOS DE GESSO DA CONSTRUÇÃO CIVIL COMO CORRETIVO DE SOLO SALINO-SÓDICO DE PERNAMBUCO**. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola) – Universidade Federal Rural de Pernambuco, Departamento de Engenharia Agrícola, Recife, 2014.

CRUSCIOL, C. A. C.; FOLTRAN, R.; ROSSATO, O. B.; MCCRAY, J. M.; ROSSETTO, R. Effects of surface application of calcium-magnesium silicate and gypsum on soil fertility and sugarcane yield. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 6, p. 1843-1854, 2014.

DIAS, J. H. R. SOARES, F. A. L.; TEXEIRA, M. B.; CUNHA, E. S.; MORAES, G. S.; TOLEDO, L. F. DIÂMETRO DE COLMO, ALTURA DE PLANTA E PRODUTIVIDADE NA CULTURA DO MILHO. In: Anais do Congresso Estadual de Iniciação Científica e Tecnológica do Instituto Federal Goiano. *Anais... Urutaí (GO) Instituto Federal Goiano - Campus Urutaí*, 2017. Disponível em: <<https://www.even3.com.br/anais/ceictifgoiano/62032-DIAMETRO-DE-COLMO-ALTURA-DE-PLANTA-E-PRODUTIVIDADE-NA-CULTURA-DO-MILHO>>. Acesso em: 28/04/2020.

HOLANDA LEITE, M. J.; GOMES, A. D. V.; SANTOS, R. V.; ARAÚJO, J. L. Comportamento inicial do maracujazeiro em solos afetados por sais submetidos a tratamentos alternativos com o uso de coprodutos de mineradoras. *Irriga*, v. 20, n. 3, p. 401-413, 2015.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análises de solos**. 2.ed. Rio de Janeiro, 1997. 212p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. 2.ed. Brasília – DF. 2009. 627p.

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. **Manual de métodos de análise de solo**. 3.ed. ver. e ampl. Brasília - DF. 2017. 573p.

FARIA, C.M.B.; COSTA, N.D.; FARIA, A.F. Ação de calcário e gesso sobre características químicas do solo e na produtividade e qualidade do tomate e melão. *Horticultura Brasileira*, Brasília, v. 21, n. 4, p.615-619, outubro/dezembro 2003.

FILHO, A. de A. Q.; NETO A. A. A.; DANTAS, J. O. C. Sumário Mineral – GIPSITA., **Departamento Nacional de Produção Mineral – DNP**. 2016. v. 34, p. 78.

- GADELHA, F. H. D. L.; DA SILVA, J. A. A.; FERREIRA, R. L. C.; MELO, I. V.; JORGE, D. L.; TAVARES, J. A.; SILVA, S. P. R. Volumetric and energy efficiency of hybrids clones of Eucalyptus sp. in the gypsum pole of Araripe, Pernambuco state. *Ciência Florestal*, v. 22, n. 2, p. 331-341, 2012.
- GARRONE, R. F.; CAMPOS, A. G.; SILVEIRA, C. P.; LAVRES JUNIOR, J. Produção de biomassa, diagnose nutricional e absorção de nitrogênio e cálcio durante crescimento inicial do pinhão-mansão. *Revista Ciência Agronômica*, v. 47, n. 1, p. 22-31, 2016.
- GUIMARÃES, P.C.T. O gesso agrícola na neutralização de alumínio nas camadas subsuperficiais do solo: aplicações às culturas anuais e perenes. In: Seminário Sobre o uso do fosfogesso Na Agricultura, I, *Anais...* Brasília: IBRAFOS, p.145-168, 1985.
- IPA - Instituto Agronômico de Pernambuco. **Recomendação de adubação para o Estado de Pernambuco**: 2ª aproximação. 2008.
- LEITE, E. M.; DINIZ, A. A.; CAVALCANTE, L. F.; GHEYI, H. R.; CAMPOS, V. B. Redução da sodicidade em solo irrigado com a utilização de ácido sulfúrico e gesso agrícola. *Revista Caatinga*, v. 23, n. 2, p. 110-116, 2010.
- MASCHIETTO, E. H. G. **Gesso agrícola na produção de milho e soja em solo de alta fertilidade e baixa acidez em subsuperfície em plantio direto**. 2009. 58 f. Dissertação (Mestrado em Agricultura) - UNIVERSIDADE ESTADUAL DE PONTA GROSSA, Ponta Grossa, 2009.
- MAGALHÃES, P. C.; DURAES, F. O. M.; RODRIGUES, J. A. S. **Fisiologia da planta de sorgo**. Embrapa Milho e Sorgo-Comunicado Técnico (INFOTECA-E), 2003.
- MARAFON, A. C.; SANTIAGO, A. D.; AMARAL, A. F. C.; BIERHALS, A. N.; PAIVA, H. L. GUIMARAES, V. dos S. **Poder calorífico do capim-elefante para a geração de energia térmica**. 21 ed. Aracaju: Embrapa Tabuleiros Costeiros. 28 p. II. (Boletim de Pesquisa/Embrapa Tabuleiros Costeiros, ISSN 1678-1961, 115), 2016.
- MATOS, C.; ALMEIDA, K.; ALVES, R.; FIGUEIRÊDO, F. L.; CARVALHO, A.; SOUSA, M. Influência da aplicação de gesso em Argissolo salino no desenvolvimento do jatobá. *Acta Iguazu*, v. 3, n. 4, p. 79-86, 2014.
- MEURER, E. J.; RHENHEIMER, D.; BISSANI, C. A. Fenômeno de sorção em solos. In: MEURER, J. E. (Ed.). **Fundamentos de química do solo**. 2. ed. Porto Alegre: Gênese, 2004. p. 131-179.
- MELO, D. C. P. **Processo de calcinação da gipsita/resíduo em um forno piloto rotativo contínuo para a produção de gesso beta reciclável**. Tese (Doutorado) - UFPE, Centro de Tecnologia e Geociências, Programa de Pós-graduação em Engenharia Química, Recife, 2012.
- NEIS, L.; PAULINO, H. B.; DE SOUZA, E. D.; REIS, E. F.; PINTO, F. A. Gesso agrícola e rendimento de grãos de soja na região do sudoeste de Goiás. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, Viçosa, v. 34, n. 2, p. 409-416, 2010.
- OLIVEIRA, I. P. D.; COSTA, K. A. D. P.; FAQUIN, V.; MACIEL, G. A.; NEVES, B. P. D.; MACHADO, E. L. Effects of calcium sources on grass growth in monoculture and intercropping. *Ciência e Agrotecnologia*, v. 33, n. 2, p. 592-598, 2009.
- PAULETTI, V.; PIERRI, L. D.; RANZAN, T.; BARTH, G.; MOTTA, A. C. V. Efeitos em longo prazo da aplicação de gesso e calcário no sistema de plantio direto. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 38, n. 2, p. 495-505, 2014.
- RAMPIM, L.; LANA, M.C.; FRANDOLOSO, J.F.; FONTANIVA, S. Atributos químicos de solo e resposta do trigo e da soja ao gesso em sistema semeadura direta. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, 35:1687-1698, 2011.
- RHEINHEIMER, D. S.; PETRY, C.; KAMINSKI, J.; BARTZ, H. R. Influência do estresse de alumínio em plantas de fumo: I. Efeito no sistema radicular, na absorção de fósforo e cálcio e na produtividade de matéria seca. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 8, p.63-68, 1994.
- ROCHA, A. T.; OLIVEIRA, A. C.; RODRIGUES, Á. N.; JÚNIOR, M. A. L.; FREIRE, F. J. Emprego do gesso do Araripe na melhoria do ambiente radicular da cana-de-açúcar. *Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, v.3, n.4, p.307-312, 2008.
- ROCHA, S. S. **Análise comparativa dos benefícios econômicos, operacionais e ambientais do método Terrace Mining na mineração de gipsita do polo gesseiro do Araripe**. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal de Pernambuco, Recife 2017.
- SALDANHA, E. C. M.; ROCHA, A. T.; OLIVEIRA, E. C. A.; NASCIMENTO, C. W. A.; FREIRE, F. J. Uso do gesso mineral em Latossolo cultivado com cana-de-açúcar. *Revista Caatinga*, v.20, n. 1, p.36-42, 2007.
- SANTOS, R. L.; AZEVEDO, V. M.; FREIRE, F. J.; ROCHA, A. T.; TAVARES, J. A.; FREIRE, M. B. G. S. Nutrient uptake and use efficiency of elephant grass in the presence of crude gypsum. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 36, n. 2, p. 497-505, 2012.
- SANTOS, R. L.; FREIRE, F. J.; AZEVEDO, V. M.; ROCHA, A. T.; TAVARES, J. A. Yield of elephant grass and movement of cations as a function of mined gypsum. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 17, n. 10, p. 1030-1037, 2013.
- SANTOS, P. M.; ROLIM, M. M.; DUARTE, A. BARROS, M. F.C.; SILVA, E.F.F. Use of gypsum residues as a corrective for saline-sodic soil. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, v. 44, n. 1, p. 95-103, 2014.
- SANTOS, R. L.; FREIRE, F. J.; ROCHA, A. T.; SILVA, J. A. A.; TAVARES, J. A.; SOUSA FERREIRA, E. G. B.; OLIVEIRA, E. C. A. Elephant grass (*Pennisetum purpureum Schum.*) biomass production as promising alternative source of energy in Brazil's semiarid area using gypsum. *Australian Journal of Crop Science*, v. 9, n. 11, p. 1082-1088, 2015.
- SANS, L. M. A.; PELLEGRIN, L. A. Método simples para estimar a área foliar da cultura do sorgo. In: CONGRESSO NACIONAL DE MILHO E SORGO, 22., 1998, Recife. Globalização e segurança alimentar: *Anais...* Recife: ABMS, 1998. Embrapa Milho e Sorgo.
- 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*, 2012, 71.1: 75-81.
- SILVA, A. S.; TEIXEIRA, R. S. S.; BARCELOS, C. A.; MARTINS, M. T. B.; MOLINARI, H. B. C.; PEREIRA JR, N. FERREIRA-LEITÃO, V. BON, E. P. S. Biomassa como fonte de energia renovável. In: REIS, R. A.; BERNARDES, T. F.; SIQUEIRA, G. R. **Forragicultura: ciência, tecnologia e gestão dos recursos forrageiros**. Jaboticabal: Multipress, 2014. p. 629-644. ISBN 978-85-88805-40-8.
- TAVARES FILHO, A. N.; BARROS, M. C. F.; ROLIM, M. M.; SILVA, Ê. F. F. Incorporação de gesso para correção da salinidade e sodicidade de solos salino sódicos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, v. 16, n. 3, p. 247-252, 2012.
- TEIXEIRA, C.; FERREIRA, V. M.; ENDRES L.; FERREIRA, D. T. D. R. G.; GONÇALVES, E. R. Crescimento e produtividade de quatro variedades de cana-de-açúcar no quarto ciclo de cultivo. *Revista Caatinga*, v. 24, n. 3, p. 56-63, 2011.
- TIECHER, T.; PIAS, O. H. C.; BAYER, C.; MARTINS, A. P.; DENARDIN, L. G. O.; ANGHINONI, I. Crop response to gypsum application to subtropical soils under no-till in Brazil: a systematic review. *Revista Brasileira de Ciência do Solo*, v. 42, 2018.
- TOLENTINO, D. C.; RODRIGUES, J. A. S.; PIRES, D. A. A.; VERIATO, F. T.; LIMA, L. O. B.; MOURA, M. M. A. The quality of silage of different sorghum genotypes. *Acta Scientia Animal Science*, v. 38, n. 2, p. 143-149, 2016.
- WADT, P. G. S. Alterações eletroquímicas de um LATOSSOLO VERMELHO-AMARELO tratado com carbonato e sulfato de cálcio. *Scientia Agrícola*, v.57, n.3, p.519-524, 2000.