

# EFETOS DA FOSFATAGEM NOS ATRIBUTOS QUÍMICOS DO SOLO E PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR PARA FORRAGEM<sup>1</sup>

L. A. M. LISBOA<sup>2</sup>, R. HEINRICH<sup>2\*</sup>, P. A. M. FIGUEIREDO<sup>2</sup>

<sup>1</sup>Recebido em 16/06/2016. Aprovado em 03/10/2017.

<sup>2</sup>Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Campus Experimental de Dracena Dracena, SP, Brasil.

\*Autor correspondente: reges@dracena.unesp.br

RESUMO: O fósforo (P) é considerado um elemento essencial para o cultivo da cana-de-açúcar, assumindo grande importância no enraizamento, no perfilhamento e na produção de forragem. Com o objetivo de avaliar os efeitos da fosfatagem em pré-plantio nos atributos químicos do solo e no desenvolvimento da cultura da cana-de-açúcar para produção de forragem foi realizado um experimento com a variedade RB 86 7515, junto à unidade produtora da Usina Santa Mercedes, Tupi Paulista, SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 8 tratamentos e 4 repetições, totalizando 32 unidades experimentais, em esquema fatorial 2 x 4, duas fontes de fósforo (fosfato decantado e fosfato de monoamônio) e quatro doses de fósforo (0; 80; 120; 160 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). As fontes e doses testadas de fósforo (P) aumenta a disponibilidade de P no solo, sendo a dose de 120 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que apresenta maior produção de massa verde de forragem. A fonte fosfato monoamônico reduz o pH do solo e aumenta a disponibilidade dos micronutrientes como ferro, boro e zinco.

Palavras-chave: fosfato decantado, fosfato de monoamônio, *Saccharum* spp.

## EFFECT OF PHOSPHATING ON SOIL CHEMICAL ATTRIBUTES AND CULTIVATION OF SUGARCANE FOR FORAGE

ABSTRACT: Phosphorus (P) is an essential element for the cultivation of sugarcane, which plays an important role in rooting, tillering and forage production. With the objective to evaluate the effects of pre-planting phosphating on soil chemical attributes and sugarcane growth for forage production, an experiment was conducted at the Santa Mercedes plant, Tupi Paulista, SP, using the RB 86 7515 variety. The experimental design consisted of random blocks with 8 treatments and 4 replicates, totaling 32 experimental units, in a 2 x 4 factorial scheme including two P sources (decanted phosphate and monoammonium phosphate) and four P doses (0, 80, 120, and 160 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>). The P sources and doses tested increase the availability of P in soil, with the dose of 120 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> providing the highest production of green forage mass. Monoammonium phosphate as P source reduces soil pH and increases the availability of micronutrients such as iron, boron and zinc.

Keywords: decanted phosphate, monoammonium phosphate, *Saccharum* spp.

## INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é a principal fonte de alimento volumoso para produção animal principalmente de ruminantes, destacando-se pela grande produção de forragem por área, facilidade de cultivo e manejo, e baixo custo de massa seca produzida. Apresenta flexibilidade quanto às épocas de plantio e corte, facilitando o gerenciamento da atividade tornando-se uma das fontes de energia de menor custo para os rebanhos (FREITAS *et al.*, 2006; OLIVEIRA *et al.*, 2007). Para aumentar a produção de forragem é necessária a correção da acidez do solo e adubação adequada. Além disso, a variedade da cana-de-açúcar, umidade do solo e disponibilidade de nutrientes também podem influenciar no perfilhamento (SILVA JÚNIOR *et al.*, 2012).

Os solos brasileiros, de modo geral, apresentam deficiência na disponibilidade de fósforo (P) (MOREIRA e MALAVOLTA, 2001; DUARTE *et al.*, 2015; SILVA *et al.*, 2015), que é considerado um elemento essencial para as plantas. Consequentemente, a ausência do fósforo representa grande prejuízo na produção de cana-de-açúcar (SIMÕES *et al.*, 2015). Segundo CALHEIROS *et al.* (2012), o acúmulo de matéria seca, fósforo e de proteína bruta é influenciado pela adubação fosfatada. Para o fornecimento do nutriente, a utilização dos fosfatos decantados de origem industrial está em expansão por ser uma fonte de valor econômico baixo, além, de diminuir o impacto ambiental.

Segundo CHIBA, MATTIAZZO e OLIVEIRA (2009), não se sabem as quantidades exatas dos teores de P em resíduos industriais que são efetivamente disponibilizados para as plantas, bem como a importância ou a necessidade de aplicar parte da quantidade requerida do nutriente numa forma prontamente disponível.

O fosfato decantado tem origem nos efluentes da produção dos fosfatos solúveis e apresentam características ácidas. O material sobrenadante resultante do primeiro tratamento é encaminhado para uma segunda lagoa, onde recebe cal hidratada. O material formado é sedimentado para obtenção do fosfato decantado com 9% de fósforo solúvel em água. Com essas características químicas, o produto passa a ser viável e recomendado para uso na agricultura (ESTADO DE MINAS GERAIS, 2008).

Pelo fato do P apresentar interações com os demais componentes do solo, e ser um nutriente essencial no desenvolvimento da cana-de-açúcar, o uso de compostos residuais industriais surgem como alternativa para adubação fosfática. Contudo,

são necessários estudos para viabilizar a reciclagem de tais compostos. Diante disso, este trabalho teve por objetivo avaliar fosfatagem nos atributos químicos do solo e na cultura da cana-de-açúcar para produção de forragem.

## MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado na unidade produtora da Usina Santa Mercedes, Tupi Paulista, SP, situada na longitude oeste 51° 36' 53,83", latitude sul de 21° 24' 59,85" e altitude de 396 m. O clima, conforme a classificação de Köppen, é do tipo Aw, caracterizado pelas estações de clima quente no verão e de inverno seco, nos meses de novembro a março apresentam o maior índice pluviométrico. As médias anuais de temperatura são 30,4°C de máxima, 19,2°C de mínima e umidade relativa média de 78%, e precipitação acumuladas durante o experimento foi de 1311,6 mm.

O solo da área foi classificado como Argissolo Vermelho Amarelo distrófico (EMBRAPA, 2006) com boa drenagem. Em julho de 2012, foi realizada amostragem de solo nas profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm, com auxílio de uma sonda, foram coletados vinte subamostras, para análise química e física do solo (RAIJ *et al.*, 2001). Os resultados da análise física e química do solo estão descritos na Tabela 1.

O delineamento experimental foi em blocos ao acaso com 8 tratamentos e 4 repetições, totalizando 32 unidades experimentais, em esquema fatorial 2 x 4, duas fontes de fósforo (fosfato decantado e fosfato de monoamônio) (Tabela 2) e quatro doses de fósforo (0; 80; 120; 160 kg/ha P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>).

Em setembro de 2012, foi realizada a gessagem em área total (1,5 t/ha de gesso agrícola) e o plantio da cana-de-açúcar ocorreu em outubro, utilizando a variedade RB 86 7515 de primeiro corte. Foram distribuídos no sulco aproximadamente 16 gemas/metro, com 500 kg/ha do adubo 05-25-25, aplicado no sulco de plantio com profundidade de 0,45 m. Foram aplicados 0,25 kg/ha de Fipronil, para controle de nematoides, diluído em um condicionador de solo líquido na forma de ácidos húmicos e fúlvicos na dosagem de 250 L/ha. As unidades experimentais foram compostas por 10,0 m x 9,0 m, totalizando 90,0 m<sup>2</sup>.

Em outubro de 2013, foi realizada a colheita manual da cana-de-açúcar em área total das unidades experimentais juntamente com a bordadura. Nesta ocasião, foi realizada a segunda amostragem de solo com oito subamostras nas

**Tabela 1. Análise química e física do solo na profundidade de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm, coletada antes da implantação do experimento (Julho/2012)**

	Profundidade	
	0 - 20 cm	20 - 40 cm
pH CaCl <sub>2</sub>	5,6	5,2
<sup>1</sup> MO, g/dm <sup>3</sup>	13	9
P, mg/dm <sup>3</sup> (resina)	2	3
K, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	2,7	2,5
Ca, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	13	12
Mg, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	7	7
H + Al, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	18	20
Al, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	0	0
Soma de bases, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	23	22
<sup>1</sup> CTC, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	41	42
Saturação por bases, %	56	52
Saturação Al, %	0	0
S (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ), mg/dm <sup>3</sup>	8	11
Cu, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA-TEA)	0,6	0,8
Fe, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA-TEA)	15	11
Zn, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA-TEA)	0,4	0,4
Mn, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA-TEA)	14,0	8,8
B, mg/dm <sup>3</sup> (Água quente)	0,15	0,28
Argila, g/kg	113	137
Silte, g/kg	37	33
Areia total, g/kg	850	830
Areia grossa, g/kg	150	120
Areia fina, g/kg	700	710

<sup>1</sup>MO: matéria orgânica; CTC: capacidade de troca de cátions.

profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm para análise química. No solo foi determinado o teor de fósforo (P), potássio (K), cálcio (Ca) e magnésio (Mg) utilizando-se o método da resina trocadora de íons, S (SO<sub>4</sub><sup>-2</sup>) por turbidimetria extraído com fosfato de cálcio, pH em CaCl<sub>2</sub>; matéria orgânica (MO) por colorimetria, H + Al com solução tampão SMP, Al em KCl. O boro (B) foi extraído via água quente, e o cobre (Cu), ferro (Fe), magnésio (Mn) e zinco (Zn) em DTPA TEA pH 7,3 (RAIJ *et al.*, 2001). A produção de massa verde de forragem (MVF) foi obtida a partir do corte e pesagem das plantas da unidade experimental, sendo posteriormente os valores transformados para t/ha.

Os resultados foram submetidos à análise de variância e interação entre fontes de fósforo e doses (P≤0,05), quando significativa foi realizada

**Tabela 2. Análise química dos fertilizantes fosfato decantado e fosfato monoamônico**

<sup>1</sup> Fonte	Nutriente	<sup>2</sup> Solubilidade	Teor (%)
FD	Fósforo	P (total)	12,67
		P (água)	4,81
		P (CNA + água)	10,43
		P ácido cítrico	10,58
MAP	Fósforo	Nitrogênio	9,15
		P (total)	50,10
		P (água)	44,19
		P (CNA + água)	49,42
		P ácido cítrico	47,46

<sup>1</sup>FD: fosfato decantado; MAP: fosfato monoamônico. <sup>2</sup>CNA: citrato neutro de amônio.

a análise de regressão para as doses de cada fonte. Nas interações não significativas, realizou-se o desdobramento e foram avaliadas as médias dos tratamentos com a análise de regressão para as doses de fósforo e teste Tukey a 5% de probabilidade para avaliar fontes fosfatadas. Todos os procedimentos estatísticos seguiram o método proposto por PIMENTEL-GOMES e GARCIA (2002). O programa utilizado para a análise foi o Assistat (7.6 Beta) (SILVA e AZEVEDO, 2002).

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

A produção de massa verde de forragem não apresentou interação entre fontes e doses. No entanto, foi significativa em relação às doses de fósforo em pré-plantio (Figura 1).

Pode ser observado que a dose de 113 de kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> apresentou uma produção de 154 t/ha de massa verde de forragem. Para TOMAZ (2009), na avaliação do efeito residual de fontes de fósforo, não verificou efeito significativo das fontes de fósforo na produtividade da primeira e segunda soqueira de cana-de-açúcar.

Na Tabela 3 são apresentados os valores médios dos atributos químicos do solo das amostras coletadas nas profundidades de 0 - 20 cm e 20 - 40 cm na época da colheita da forragem. Não foi verificada diferença significativa (P>0,05) entre os tratamentos na camada de 0 - 20 cm nos teores de matéria orgânica, K, Ca, H + Al, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, B, Cu e Mn. Na camada de 20 - 40 cm, nos valores de pH, matéria orgânica, K, Ca, Mg, H + Al, soma de bases, capacidade de troca de cátions, saturação por bases, S, Cu, Mn e Zn.

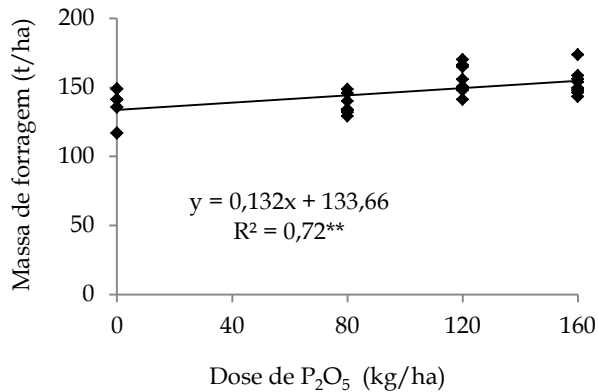


Figura 1. Produção de massa verde(t/ha) de forragem de cana- de- açúcar submetida a doses de fósforo no pré-plantio.\*\*Significativo (P<0,01).

Para os valores de pH do solo, a interação entre fontes e doses não foi significativa, no entanto, verificou-se diferença entre as médias das fontes na profundidade de 0 - 20 cm, (Figura 2A). Possivelmente, a redução do pH com a aplicação de MAP está relacionada com a fonte nitrogenada presente no fertilizante. Conforme HEINRICH *et al.* (2012), a presença do nitrogênio amoniacal ocasiona a oxidação do amônio, liberando H<sup>+</sup> para o meio, resultando na acidificação do solo. No entanto,

todos os valores encontrados estão dentro da mesma faixa de interpretação, considerada de média acidez (RAIJ *et al.*, 1996).

Em relação ao teor de fósforo no solo, observou-se efeito na média das doses até a profundidade de 20 cm, sendo a melhor resposta nas doses de 120 e 160 kg/ha conforme demonstrado na Figura 2B. Esses resultados evidenciam a houve o deslocamento do fósforo no perfil do solo possivelmente, devido às condições de manejo do solo na cultura da cana-de-açúcar, ocorre o preparo até 50 cm de profundidade, o solo apresenta maior porosidade e menor densidade, facilitando o deslocamento vertical. Entre as fontes verificou-se diferença na camada 20 - 40 cm, com maior concentração de P utilizando MAP, podendo ser atribuído pela formação do composto sem carga do fósforo com o amônio, reduzindo a possibilidade de fixação nas camadas superiores, bem como, a dose de P foi calculada a partir do teor total de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> no fertilizante, sendo que no fosfato decantado em torno de 20% não está disponível em citrato neutro de amônio mais água (Figura 2E).

O teor de P no solo no início do experimento foi de 2 - 3 mg/dm<sup>3</sup> e após um ano as concentrações foram 8 - 16 mg/dm<sup>3</sup>, esses valores segundo RAIJ *et al.* (1996) mostraram que o solo passou a ser classificado de baixa para média concentração de P disponível, mostrando a eficiência das fontes e

Tabela 3. Valores médios dos atributos químicos do solo por ocasião da colheita de massa verde de forragem (outubro/2013)

<sup>1</sup> Atributo	<sup>2</sup> Fonte		<sup>1</sup> Atributo	<sup>2</sup> Fonte	
	FD	MAP		FD	MAP
----- Profundidade 0 - 20 cm -----					
MO, g/dm <sup>3</sup>	14,12 ± 0,62	14,50 ± 1,15	CTC, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	33,37 ± 0,94	34,12 ± 3,16
K, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	0,88 ± 0,02	0,94 ± 0,08	Saturação por bases, %	64,56 ± 2,62	63,75 ± 2,45
Ca, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	15,37 ± 1,23	15,25 ± 1,95	B, mg/dm <sup>3</sup>	0,32 ± 0,01	0,37 ± 0,03
H + Al, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	11,93 ± 0,14	12,12 ± 0,14	Cu, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA)	0,55 ± 0,01	0,61 ± 0,12
Soma de bases, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	21,75 ± 1,62	22,00 ± 3,07	Mn, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA)	7,61 ± 1,40	7,97 ± 2,51
----- Profundidade 20 - 40 cm -----					
pH CaCl <sub>2</sub>	5,60 ± 0,07	5,67 ± 0,09	CTC, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	33,62 ± 0,66	33,50 ± 1,01
MO, g/dm <sup>3</sup>	12,12 ± 0,90	12,43 ± 1,25	Saturação por bases, %	64,68 ± 0,62	64,68 ± 1,04
K, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	0,68 ± 0,03	0,76 ± 0,04	S (SO <sub>4</sub> <sup>-2</sup> ), mg/dm <sup>3</sup>	9,37 ± 0,86	10,31 ± 1,52
Ca, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	15,87 ± 0,80	15,25 ± 0,86	Cu, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA)	0,60 ± 0,02	0,65 ± 0,13
Mg, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup> (resina)	5,25 ± 0,28	5,37 ± 0,38	Mn, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA)	6,77 ± 0,75	6,80 ± 1,98
H + Al, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	11,50 ± 0,43	11,50 ± 0,50	Zn, mg/dm <sup>3</sup> (DTPA)	0,54 ± 0,13	0,49 ± 0,08
SB, mmol <sub>c</sub> /dm <sup>3</sup>	22,12 ± 0,66	21,62 ± 0,87			

<sup>1</sup>MO: matéria orgânica; CTC: capacidade de troca de cátions; SB: soma de bases. <sup>2</sup>FD: fosfato decantado; MAP: fosfato monoamônico.

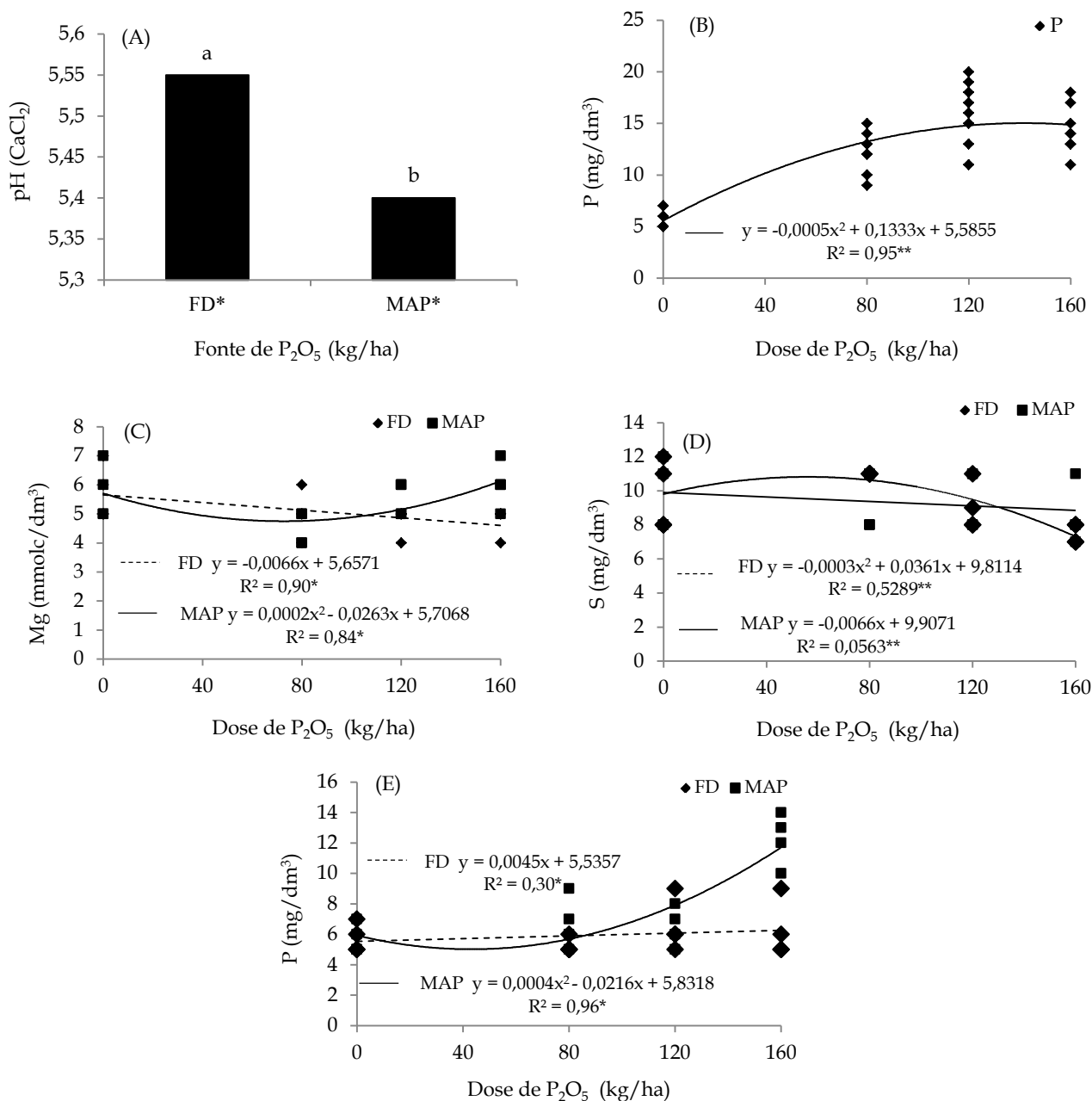


Figura 2. Atributos químicos do solo aoós o período experimental. (A) pH no solo na camada 0 – 20 cm; (B) fósforo no solo na camada 0 – 20 cm; (C) magnésio no solo na camada 0 – 20 cm; (D) enxofre no solo na camada 0 – 20 cm; (E) fósforo no solo na camada 20 – 40 cm. \*Significativo ( $P \leq 0,05$ ). \*\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ).

doses testadas, por apresentarem valores entre 13 – 30 mg/dm<sup>3</sup> (Figura 2B e Tabela 1).

Houve uma interação significativa entre as fontes e doses testadas nos teores de Mg na profundidade de 0 – 20 cm (Figura 2C), o que não ocorreu na profundidade de 20 – 40 cm (Tabela 2). Embora as médias tenham apresentado efeito significativo,

segundo RAJ *et al.* (1996) e MALAVOLTA, VITTI e OLIVEIRA (1997) os valores são considerados médios por apresentar valores entre 5 – 8 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, e 5 – 10 mmol<sub>c</sub>/dm<sup>3</sup>, respectivamente. Os teores encontrados são superiores quando comparados com BLUM, MELFI e MONTES (2012) e iguais aos encontrados por PRADO, FERNANDES e NATALE (2003)



estudando o efeito residual da escória de siderúrgica como corretivo de acidez do solo na soqueira da cana-de-açúcar.

Os teores de enxofre (S) no solo na profundidade de 0 - 20 cm apresentaram um efeito significativo somente para as doses (Figura 2D), o que não ocorreu na profundidade de 20 - 40 cm (Tabela 2). No entanto, é necessário considerar que todos os valores estão dentro da mesma faixa de interpretação (RAIJ *et al.*, 1996). Os teores de S no solo são considerados de médio para alto segundo RAIJ *et al.* (1996) por estarem entre 5 - 10 mmol/dm<sup>3</sup> e algumas médias acima de 10 mmol/dm<sup>3</sup>. As condições adequadas de enxofre no solo podem ser atribuídas à aplicação de 1,5 t/ha de gesso agrícola durante o preparo do solo.

A concentração de ferro (Fe) encontrados no solo nas profundidades de 0 - 20 e 20 - 40 cm está apresentada nas Figuras 3A e 3D, respectivamente. Os resultados apresentaram uma interação entre as

fontes e dose de P, é possível observar que os teores do micronutriente nas profundidades 0 - 20 cm e 20 - 40 cm apresentaram valores entre 10 - 20 mg/dm<sup>3</sup>. No entanto, apenas com a aplicação de FD foi encontrada regressão significativa, sendo a dose de 80 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> que apresentou maior valor de ferro na profundidade de 0 - 20 cm. Por sua vez, na camada de 20 - 40 cm a fonte MAP apresentou o maior teor de ferro nas doses de 160 kg/ha de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>.

Os teores do micronutriente boro estão apresentados na Figura 3C. O fator fonte não influenciou as concentrações desse elemento no solo, mas o fator dose de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na profundidade de 20 - 40 cm teve influência significativa. Segundo RAIJ *et al.* (1996) esses teores são considerados médios, por apresentarem valores entre 0,21 - 0,60 mg/dm<sup>3</sup>. Os valores são semelhantes aos verificados por BLUM *et al.* (2012) quando estudaram a nutrição mineral da cana-de-açúcar irrigada com efluente de esgoto tratado, em área com aplicação de fosfogesso.

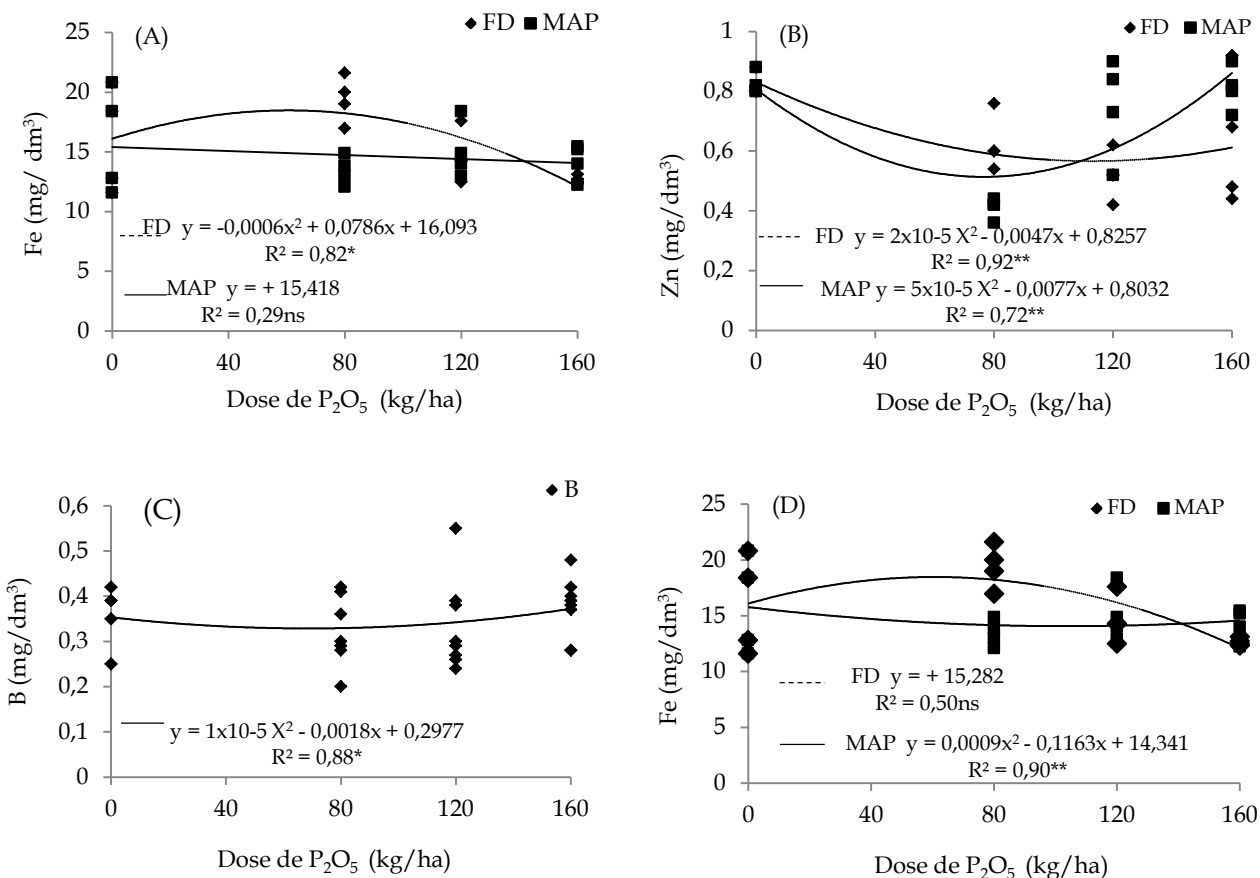


Figura 3. Teores de micronutrientes no solo. (A) ferro no solo na camada 0 - 20 cm; (B) zinco no solo na camada 0 - 20 cm; (C) boro no solo na camada 20 - 40 cm; (D) ferro no solo na camada 20 - 40 cm; \*Significativo ( $P \leq 0,05$ ); \*\*Significativo ( $P \leq 0,01$ ).

Na Figura 3B estão apresentadas as interações significativas para os teores de zinco no solo na profundidade 0 – 20 cm. Destaca-se que o B, Zn e Fe na camada de 0 – 20 a e o Fe na de 20 – 40 quando a fonte foi o MAP, proporcionou aumento na disponibilidade destes micronutrientes no solo, a qual foi influenciada pela aplicação de fósforo e redução do pH do meio.

### CONCLUSÃO

As fontes e doses testadas de fósforo (P) aumenta a disponibilidade de P no solo, sendo a dose de 120 kg/ha  $P_2O_5$  que apresenta maior produção de massa verde de forragem. A fonte fosfato monoamônico reduz o pH do solo e aumenta a disponibilidade dos micronutrientes.

### REFERÊNCIAS

- BARROS, R.P.; VIEGAS, P.R.A.; SILVA, T.L.; SOUZA, R.M.; BARBOSA, L.; VIEGAS, R.A.; BARRETTO, M.C.V.; MELO, A.S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 40, n. 3, p. 341-346, 2010. <https://doi.org/10.5216/pat.v40i3.6422>
- BLUM, J.; MELFI, A.J.; MONTES, C.R. Nutrição mineral da cana-de-açúcar irrigada com efluente de esgoto tratado, em área com aplicação de fosfogesso. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 47, n. 4, p. 593-602, 2012.
- CALHEIROS, A.S.; OLIVEIRA, M.W.; FERREIRA, V.M.; BARBOSA, G.V.S.; SANTIAGO, A.D.; ARISTIDES, E.V.S. Production of biomass, from sugar and protein in function of sugarcane varieties and phosphorous fertilization. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 809-818, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n2p809>
- CHIBA, M.K.; MATTIAZZO, M.E.; OLIVEIRA, F.C. Rendimento de cana-de-açúcar cultivada em Argissolo, utilizando lodo de esgoto como fonte de fósforo. **Acta Scientiarum Agronomy**, v. 31, n. 3, p. 495-501, 2009. <https://doi.org/10.4025/actasciagron.v31i3.692>
- DUARTE, C.F.D.; PAIVA, L.M.; FERNANDES, H.J.; PROCHERA, D.L.; CASSARO, L.H.; BREURE, M.F.; FLORES, L.S.; FERNANDES, R.L.; SOUZA, E.R.C.; FLEITAS, A.C.; FALCÃO, K.R.S. Capim-piatã adubado com fontes de fósforo de diferente solubilidade em água. **Arquivo Brasileiro Medicina Veterinária e Zootecnia**, Belo Horizonte, v. 67, n. 1, 2015. <https://doi.org/10.1590/1678-7463>
- EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA - EMBRAPA. CENTRO NACIONAL DE PESQUISA DE SOLOS. **Sistema Brasileiro de Classificação de solos**. 2. Ed. Rio de Janeiro: Embrapa, 2006, 306 p.
- ESTADO DE MINAS GERAIS. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. Superintendência Regional de Meio Ambiente e Desenvolvimento Sustentável. In: PEREIRA, N.T.L. (Rel.). **Parecer único**: protocolo N° 25544/2009. Licenciamento Ambiental N°. 00042/1978/026/2008. SUPRAM – TM e AP, p. 1-16, 15 dez. 2008.
- FELIPE, D.C. **Produtividade da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.) submetida a diferentes épocas de plantio e a adubação mineral**. 2008. 58 f. Dissertação (Mestrado) - Universidade Federal da Paraíba, Areia, 2008.
- FLORES, R.A.; PRADO, R.M.; POLITI, L.S.; ALMEIDA, T.B.F. Potássio no desenvolvimento inicial da soqueira de cana crua. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 42, n. 1, p. 106-111, 2012. <https://doi.org/10.1590/s1983-40632012000100015>
- FREITAS, A.W.P.; PEREIRA, J.C.; ROCHA, F.C.; COSTA, M.G.; LEONEL, F.P.; RIBEIRO, M.D. Avaliação da qualidade nutricional da silagem de cana-de-açúcar com aditivos microbianos e enriquecida com resíduo da colheita de soja. **Revista Brasileira de Zootecnia**, Viçosa, MG, v. 35, n. 1, p. 38-47, 2006. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982006000100005>
- HEINRICH, R.; FILHO, C.V.S.; CROCIOLLI, C.A.; FIGUEIREDO, P.A.M. de; FRUCHI, V.M.; KODEL, F.J.; ROFRIGUES, T.A. Doses and sources of nitrogen fertilizer and their effects on soil chemical properties and forage yield of *Brachiaria brizantha* cv. Xaraés. **Semina: Ciências Agrárias**, Londrina, v. 33, n. 5, p. 1745-1754, 2012. <https://doi.org/10.5433/1679-0359.2012v33n5p1745>
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G.C.; OLIVEIRA, S.A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. Piracicaba: Potafos, 1997. 319 p.
- MARQUES, M.O.; BELLINGIERI, P.A.; MARQUES, T.A.; NOGUEIRA, T.A.R. Qualidade e produtividade da cana-de-açúcar cultivada em solo com doses crescentes de lodo de esgoto. **Bioscience Journal**, Uberlândia, v. 23, n. 2, p. 11-122, 2007.
- MOREIRA, A.; MALAVOLTA, E. Fontes, doses e

- extratores de fósforo em alfafa e centrosema. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v. 36, n. 10, p. 1519-1527, 2001. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2001001200009>
- NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. **Fertilidade do solo**. Viçosa, MG: SBCS, 2007. 1017 p.
- OLIVEIRA, A.S. CAMPOS, J.M.S.; FILHO, S.C.V.; ASSIS, A.J.; TEIXEIRA, R.M.A.; VALADARES, R.F.D.; PINA, D.S.; OLIVEIRA, G.S. Substituição do milho por casca de café ou de soja em dietas para vacas leiteiras: consumo, digestibilidade dos nutrientes, produção e composição do leite. **Revista Brasileira de Zootecnia**, v. 36, p. 1172-1182, 2007. <https://doi.org/10.1590/s1516-35982007000500026>
- PIMENTEL-GOMES, F.; GARCIA, C.H. **Estatística aplicada a experimentos agrônomicos e florestais: exposição com exemplos e orientações para uso de aplicativos**. Piracicaba: Editora FEALQ, 2002. 309p,
- PRADO, R.M.; FERNANDES, F.M.; NATALE, W. Efeito residual da escória de siderurgia como corretivo de acidez do solo na soqueira de cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciências do Solo**, Piracicaba, v. 27, p. 237-296, 2003. <https://doi.org/10.1590/s0100-06832003000200009>
- RAIJ, B. V.; ANDRADE, J.C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: IAC, 2001. p. 285.
- RAIJ, B. V.; SILVA, N.M. da; BATAGLIA, O.C.; QUAGGIO, J.A.; HIROCE, R.; CANTARELLA, H.; BELIINAZZI JÚNIOR, R.; DECHEN, A.R.; TRANI, P.E. (Eds.). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2ed. Campinas: IAC, 1996. 285p. (Boletim Técnico, 100).
- SILVA JÚNIOR, J.M. da; CASTRO, E.M.; RODRIGUES, M.; PASQUAL, M.; BERTOLUCCI, S.K.V. Variações anatômicas de *Laelia purpurata* var. *cárnea* cultivada in vitro sob diferentes intensidades e qualidade spectral de luz. **Ciência Rural**, Santa Maria, v. 42, n. 3, p. 480-486, 2012. <https://doi.org/10.1590/s0103-84782012000300015>
- SILVA, F.A.S.; AZEVEDO, C.A.V. de. Versão do programa computacional Assistat para o sistema operacional Windows. **Revista Brasileira de Produtos Agroindustriais**, Campina Grande, v.4, n.1, p. 71-78, 2002. <https://doi.org/10.15871/1517-8595/rbpa.v4n1p71-78>
- SILVA, M.C. da; COSTA, F.R. da; LEANDRO, W.M.; LIMA JUNIOR, A. F. de; BRITO, G. de S.; SILVA, L.R. da. Eficiência de uso de termofosfato de alumínio como fonte de fósforo na produção de feijão, em solo incubado. **Revista Faculdade Montes Belos**, São Luís de Montes Belos, v. 8, n. 5, p.1-139, 2015.
- SIMÕES NETO, D.E.; OLIVEIRA, A.C. de; FREIRE, F.J.; FREIRE, M.B.G. dos S.; OLIVEIRA, E.C.A. de; ROCHA, A.T. da. Adubação fosfatada para cana-de-açúcar em solos representativos para o cultivo da espécie no Nordeste brasileiro. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.50, n.1, p.73-81, 2015. <https://doi.org/10.1590/s0100-204x2015000100008>
- TOMAZ, H.V. de Q. **Fontes, doses e formas de aplicações do fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. 93 f. Dissertação (Mestrado) - Curso de Agronomia, Escola Superior de Agricultura «Luiz de Queiroz», Piracicaba, 2009.