

## Fertilizantes fosfatados e torta de filtro em Latossolo Vermelho Distrófico cultivado com cana-de-açúcar<sup>(1)</sup>

**Gustavo Caione<sup>(2)</sup>; Renato de Mello Prado<sup>(3)</sup>; Cid Naudi Silva Campos<sup>(4)</sup>; Leandro Rosatto Moda<sup>(4)</sup>; Claudia C. Dela Marta<sup>(5)</sup>; Andréia Nayara Knupp<sup>(6)</sup>**

<sup>(1)</sup> Trabalho executado com recursos da Fundação de Amparo à Pesquisa do Estado de São Paulo (FAPESP)

<sup>(2)</sup> Professor; Universidade do Estado de Mato Grosso; Alta Floresta, MT; gcaione@unemat.br; <sup>(3)</sup> Professor; Universidade Estadual Paulista; Jaboticabal, SP; <sup>(4)</sup> Doutorando; Universidade Estadual Paulista; Jaboticabal, SP; <sup>(5)</sup> Técnica de Laboratório; Universidade Estadual Paulista; Jaboticabal, SP; <sup>(6)</sup> Estudante, Universidade do Estado de Mato Grosso; Alta Floresta, MT.

**RESUMO:** A aplicação de doses de fertilizantes fosfatados com distintas características químicas, associados à torta de filtro, pode resultar em diferentes respostas das plantas. Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de fósforo, em diferentes fontes, na presença e na ausência de torta de filtro, sobre o comprimento, o diâmetro, o número de colmos e a produtividade de colmos da cana planta cultivada em Latossolo Vermelho Distrófico. Foram utilizadas três fontes de P (superfosfato triplo, fosfato de Araxá e fosfato Bayóvar) e quatro doses de fósforo (zero; 90; 180 e 360 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub>), na ausência e na presença de 7,5 t ha<sup>-1</sup> de torta de filtro (base seca). Avaliaram-se o comprimento, o diâmetro, o número de colmos e a produtividade de colmos. A aplicação de doses de fósforo, independentemente da fonte, incrementou o número de colmos e a produtividade de colmos da cana planta. A aplicação de 187 kg ha<sup>-1</sup> de P<sub>2</sub>O<sub>5</sub> na presença de torta de filtro proporcionou maior produtividade de colmos (169 t ha<sup>-1</sup>), sendo 22% superior a média obtida na ausência da torta (138 t ha<sup>-1</sup>).

**Termos de indexação:** adubação fosfatada, produtividade de colmos, adubação organo-mineral.

### INTRODUÇÃO

A adubação fosfatada no plantio da cana-de-açúcar assume grande importância para o aumento de produtividade da cana planta, soqueiras subsequentes e longevidade dos canaviais.

Na cana-de-açúcar, estudos indicam que o fornecimento adequado de fósforo (P) aumenta o desenvolvimento radicular, incrementando a absorção de nutrientes, maior perfilhamento e produção (Devi et al., 2012). No entanto, em solos tropicais, submetidos ao intenso intemperismo, a eficiência da adubação fosfatada é baixa e, frequentemente, o P é um dos nutrientes que mais limita a produção. Nestes solos, com predominância dos Argissolos e dos Latossolos, a fração argila é composta basicamente por caulinita e óxidos de ferro (Fe) e de alumínio (Al). Nestas condições, os processos de adsorção de P com a fração argila e

precipitação com o Fe e o Al são favorecidos. Estima-se que apenas 5 a 20% do P aplicado via fertilizante mineral é aproveitado pelas plantas no primeiro ano após sua aplicação e o restante torna-se indisponível (Alcarde & Prochnow, 2004), necessitando, assim, de doses muito mais elevadas do que a necessidade das plantas. Há indicações de que a associação de fertilizante mineral fosfatado com produto orgânico apresenta incrementos na disponibilidade do nutriente no solo, absorção pelas plantas e a produtividade (Gichangi et al., 2009; Almeida Júnior et al., 2011; Krey et al., 2013), havendo relatos de que a eficiência da adubação fosfatada via fertilizante orgânico pode atingir valores próximos de 60% (Malavolta, 1967). Um resíduo orgânico da agroindústria sucroalcooleira é a torta de filtro, que apresenta em sua composição química teores consideráveis de nutrientes, em especial o P. Alguns autores descrevem que em cultivos de cana-de-açúcar a torta de filtro tem potencial para substituir parcialmente a adubação mineral (Anjos et al., 2007; Santos et al., 2011).

Objetivou-se avaliar os efeitos de doses de P, em diferentes fontes, na presença e na ausência de torta de filtro, sobre o comprimento, o diâmetro, o número de colmos e a produtividade de colmos da cana planta cultivada em Latossolo Vermelho Distrófico.

### MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi realizado em campo, durante o ano agrícola 2012/2013. A área experimental localiza-se no município de Santa Adélia, estado de São Paulo, Brasil (21°20'S, 43°53'O, altitude de 600 m). De acordo com a classificação de Köppen, o clima predominante na região é do tipo Aw, tropical chuvoso com inverno seco. O solo é o ARGISSOLO VERMELHO Eutrófico (Santos et al., 2013).

Inicialmente realizou-se a amostragem de solo a partir de 20 sub-amostras na camada de 0,0-0,20 m de profundidade. De acordo com a análise química, seguindo a metodologia descrita por Raij et al. (2001), os resultados foram: pH (CaCl<sub>2</sub>)= 6,0; matéria orgânica= 7 g dm<sup>-3</sup>; P (resina)= 5 mg dm<sup>-3</sup>; K<sup>+</sup>= 1,4 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Ca<sup>2+</sup>= 11 mmol<sub>c</sub> dm<sup>-3</sup>; Mg<sup>2+</sup>= 6



$\text{mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ;  $\text{H}^+ + \text{Al}^{3+} = 11 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$ ; capacidade de troca de cátions =  $29 \text{ mmol}_c \text{ dm}^{-3}$  e saturação por bases de 63%. O teor de P foi classificado como muito baixo e a saturação por bases média (Raij et al., 1997). A área experimental havia recebido aplicação de calcário há cinco meses e, assim, não foi necessária a correção da acidez do solo, devido à saturação por bases encontrar-se adequada para a cana-de-açúcar (Raij & Cantarella 1997). Em março de 2012 realizou-se o preparo convencional do solo, com aração e gradagem e em maio de 2012 realizou outra gradagem para o nivelamento do terreno, seguido da sulcação (aproximadamente a 0,30 m de profundidade) e plantio. Utilizou-se a variedade de cana-de-açúcar CTC 15 de ciclo médio/tardio. A adubação básica de plantio foi realizada de acordo com as recomendações de Raij & Cantarella (1997), variando apenas as doses de P e de torta de filtro, segundo os tratamentos utilizados. Foram balanceados os tratamentos com ausência da torta com o N e o K de acordo com a quantidade que a torta iria fornecer. Para o Ca e o Mg os níveis encontravam-se elevados em todo o experimento com a calagem. Os adubos foram misturados com betoneira e, em seguida, distribuídos uniformemente no fundo dos sulcos. Aos 40 dias após o plantio foi realizada a adubação em cobertura ao lado da linha de plantio, aplicando  $50 \text{ kg ha}^{-1}$  de N, na forma de nitrato de amônio, segundo recomendações de Raij & Cantarella (1997).

O delineamento experimental foi o de blocos ao acaso com três repetições, em esquema fatorial  $3 \times 4 \times 2$ , sendo três fontes de P: superfosfato triplo (41% solúvel em ácido cítrico a 2%), fosfato natural de Araxá (4% solúvel em ácido cítrico a 2%) e fosfato natural reativo Bayóvar® (14% solúvel em ácido cítrico a 2%); quatro doses de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (zero; 90; 180 e  $360 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  solúvel em ácido cítrico a 2%); na ausência e na presença de composto orgânico, na dose de  $7,5 \text{ t ha}^{-1}$  de torta de filtro, em base seca. O composto orgânico foi obtido da torta de filtro decomposta. A análise química seguindo a metodologia descrita por Bataglia et al. (1983) apresentou os seguintes valores, expressos na matéria seca a 60-65°C: N=  $21,2 \text{ g kg}^{-1}$ ; P=  $9,2 \text{ g kg}^{-1}$ ; K=  $3,4 \text{ g kg}^{-1}$ ; Ca=  $25,3 \text{ g kg}^{-1}$ ; Mg=  $9,0 \text{ g kg}^{-1}$ ; S=  $3,3 \text{ g kg}^{-1}$ ; B=  $16 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Cu=  $43 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Fe=  $9.374 \text{ mg kg}^{-1}$ ; Mn=  $753 \text{ mg kg}^{-1}$  e Zn=  $70 \text{ mg kg}^{-1}$ .

As parcelas foram de cinco linhas de cana-de-açúcar, com 15 m de comprimento, distanciadas 1,5 m entre si. Consideraram-se as três linhas centrais úteis para as avaliações, descartando 1,0 m em cada extremidade.

Aos 12 meses após a brotação (junho de 2013) foram realizadas as avaliações. Foram determinados o diâmetro do colmo (meio do

primeiro entrenó acima do colo da planta) e o comprimento dos colmos (após o desponte) em 10 colmos por parcela. O número de colmos foi determinado em 2 m de cada linha central da parcela. Para a determinação da produtividade de colmos colheram-se manualmente, e sem queima, 3 m de cada parcela (1 m em cada linha útil).

Os dados foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, com o auxílio do programa estatístico Sisvar, versão 5.3 (Ferreira, 2011). As médias das fontes de variação, fontes de P e torta de filtro, foram comparadas pelo teste de Tukey ( $P \leq 0,05$ ). Para a fonte de variação doses de P foi realizada a análise de regressão polinomial.

## RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os componentes de produção, comprimento e diâmetro de colmos não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 1). O número de colmos por metro foi influenciado pelas doses de P, havendo maior número (13 colmos por metro) com a dose de  $189 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na presença da torta (Figura 1). Na ausência da torta de filtro, não houve efeito das doses de P.

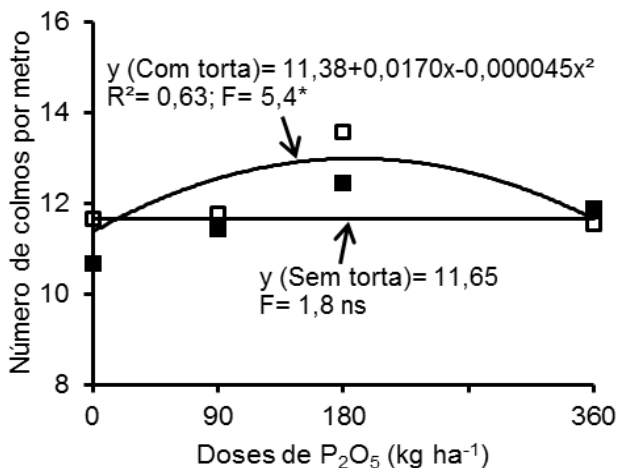
**Tabela 1** - Comprimento (CC), diâmetro (DC), número de colmos (NC) e produtividade de colmos (colmo) de cana-de-açúcar cultivada em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico, em função de fontes e doses de fósforo ( $\text{kg ha}^{-1}$ ), na presença ( $7,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) e na ausência de torta de filtro. Santa Adélia, SP, Brasil, 2013.

	CC m	DC mm	NC	Colmo $\text{t ha}^{-1}$
<b>Fontes de P</b>				
Araxá	3,4	27,1	12	146,1
Bayóvar	3,4	26,9	11	146,0
Superf. Triplo	3,4	27,1	12	151,3
<b>Doses de <math>\text{P}_2\text{O}_5</math></b>				
0	3,4	27,1	11	141,2
90	3,3	26,7	12	139,1
180	3,5	27,2	13	164,9
360	3,4	27,1	12	146,0
<b>Torta</b>				
Presença	3,4	27,0	12	157,1
Ausência	3,4	27,1	11	138,4
----- Teste F -----				
Fonte (F)	0,6 ns	0,2 ns	0,3 ns	0,4 ns
Dose (D)	2,1 ns	1,0 ns	4,0*	4,6**
Torta (T)	1,4 ns	0,0 ns	1,8 ns	11,6**
F x D	1,1 ns	0,3 ns	0,5 ns	0,6 ns
F x T	0,5 ns	2,1 ns	0,1 ns	0,1 ns
D x T	2,6 ns	2,5 ns	0,7 ns	0,7 ns
F x D x T	0,6 ns	1,2 ns	0,6 ns	0,6 ns
CV (%)	5,6	3,6	14,1	15,7

\*\*, \* e ns: significativo ( $P < 0,01$ ); ( $P < 0,05$ ) e não significativo, respectivamente, pelo teste F.

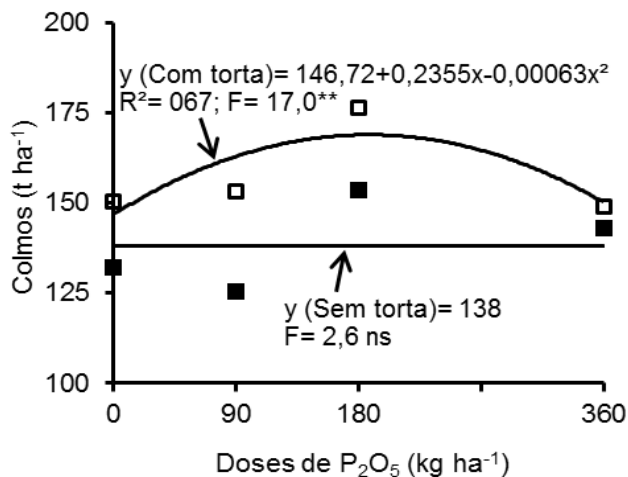


Houve efeito da torta de filtro e das doses de P sobre a produtividade de colmos (Tabela 1). Na presença da torta, a produtividade foi 13,5% superior a produtividade obtida na sua ausência.



**Figura 1** - Número de colmos por metro da cana-de-açúcar, em função de doses de P em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico. \* e ns: significativo ao nível de 0,05 de probabilidade e não significativo, respectivamente.

Com a aplicação de doses de P, na presença da torta, houve aumento de produtividade de colmos que se ajustou ao modelo quadrático, obtendo produtividade de  $169 \text{ t ha}^{-1}$  com a dose de  $187 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  (Figura 2). Na ausência da torta não observou-se efeito das doses de P, sendo a produtividade média de  $138 \text{ t ha}^{-1}$ . Portanto, a produtividade máxima obtida com a aplicação de doses de P, na presença da torta, foi 22% superior a média obtida na ausência da torta.



**Figura 2** - Produtividade de colmos da cana-de-açúcar, em função de doses de P em LATOSSOLO VERMELHO Distrófico. \*\* e ns: significativo ao nível de 0,01 de

probabilidade e não significativo, respectivamente.

O número de colmos foi o principal componente de produção que contribuiu para o aumento de produtividade, havendo correlação significativa e positiva ( $r = 0,58^{**}$ ), seguido do diâmetro de colmos ( $r = 0,29^*$ ) e do comprimento de colmos ( $r = 0,28^*$ ).

Na literatura é amplamente relatado aumento de produtividade, em função da adubação fosfatada na cana planta (Shankaraiah & Murthy, 2005; Bokhtiar et al., 2008; Santos et al., 2009; Santos et al., 2010; Caione et al., 2011; Devi et al., 2012; Caione et al., 2013; Tsado et al., 2013). Em um estudo em LATOSSOLO VERMELHO AMARELO Distrófico, com baixo teor inicial de P, a aplicação de  $100 \text{ kg de P}_2\text{O}_5$  na forma de superfosfato triplo no sulco de plantio da cana-de-açúcar proporcionou incremento de produtividade de 34%, em relação à ausência de sua aplicação (Caione et al., 2013). Em outro trabalho, avaliando o efeito isolado de doses de P em solo da Nigéria com baixo teor de P, Tsado et al. (2013) verificaram maior produção de colmos da cana planta ( $102,5 \text{ t ha}^{-1}$ ) com a aplicação de  $150 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na forma de fosfato de rocha, enquanto o tratamento controle proporcionou produtividade de apenas  $62,5 \text{ t ha}^{-1}$ , representando, portanto, incremento de 64%.

Dentre os principais benefícios do P para as plantas, destaca-se o aumento do perfilhamento da cultura, o qual tem sido o componente de produção que mais contribui para o aumento de produtividade da cana-de-açúcar (Bokhtiar et al., 2008; Caione et al., 2011; Devi et al., 2012). Neste contexto, há aumentos de até 191% na população de perfilhos da cana-de-açúcar com a redução de 25% da adubação mineral e adição de  $15 \text{ t ha}^{-1}$  de torta de filtro, refletindo em maior produtividade de colmos (Bokhtiar et al., 2008). Os autores descrevem que a associação entre fertilizantes inorgânicos e orgânicos é de fundamental importância para manter a fertilidade do solo e obter altos rendimentos da cana-de-açúcar. Portanto, com o uso da torta de filtro ( $10 \text{ t ha}^{-1}$ , base úmida) podem ser reduzidas as dependências por fertilizantes químicos em até 25% (Rakkiyappan et al., 2001).

## CONCLUSÕES

A aplicação de doses de fósforo, independentemente da fonte, incrementou o número de colmos e a produtividade de colmos da cana planta.

A aplicação de  $187 \text{ kg ha}^{-1}$  de  $\text{P}_2\text{O}_5$  na presença de torta de filtro proporcionou maior produtividade de colmos ( $169 \text{ t ha}^{-1}$ ), sendo 22% superior a média obtida na ausência da torta ( $138 \text{ t ha}^{-1}$ ).



### AGRADECIMENTOS

À FAPESP pela concessão do auxílio à Pesquisa (11/12810-1).

À CAPES pela concessão de bolsa de doutorado ao primeiro autor.

### REFERÊNCIAS

- ALCARDE, J. C.; PROCHNOW, L. I. Metodologias de extração química para avaliação da eficiência de fertilizantes fosfatados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed.). Fósforo na agricultura brasileira. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 589-603. Anais do Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira, 2003.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F. et al. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15: 1004-1013, 2011.
- ANJOS, I. A.; ANDRADE, L. A. B.; GARCIA, J. C. et al. Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta). *Ciência e Agrotecnologia*, 31: 59-63, 2007.
- BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F. et al. Métodos de análise química de plantas. *Boletim Técnico* 78, Campinas: Instituto Agronômico, 48 p. 1983.
- BOKHTIAR, S. M.; PAUL, G. C.; ALAM, K. M. Effects of organic and inorganic fertilizer on growth, yield, and juice quality and residual effects on ratoon crops of sugarcane. *Journal of Plant Nutrition*, 31: 1832-1843, 2008.
- CAIONE, G.; FERNANDES, F. M.; LANGE, A. Efeito residual de fontes de fósforo nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. *Agrária: Revista Brasileira de Ciências Agrárias*, 8: 189-196, 2013.
- CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A. et al. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo. *Revista de Ciências Agro-Ambientais*, 9: 1-11, 2011.
- DEVI, T. C.; BHARATHALAKSHMI, M.; KUMARI, M. B. G. S. Effect of sources and levels of phosphorus with zinc on yield and quality of sugarcane. *Sugar Tech*, 14: 195-198, 2012.
- FERREIRA, D. F. Sisvar: a computer statistical analysis system. *Ciência e Agrotecnologia*, 35: 1039-1042, 2011.
- GICHANGI, E. M.; MNKENI, P. N. S.; BROOKES, P. C. Effects of goat manure and inorganic phosphate addition on soil inorganic and microbial biomass phosphorus fractions under laboratory incubation conditions. *Soil Science Plant Nutrition*, 55: 764-771, 2009.
- KREY, T.; VASSILEV, N.; BAUM, C.; EICHLER-LÖBERMANN, B. Effects of long-term phosphorus application and plant-growth promoting rhizobacteria on maize phosphorus nutrition under field conditions. *European Journal of Soil Biology*, 55: 124-130, 2013.
- MALAVOLTA, E. Manual de química agrícola: adubos e adubação. São Paulo: Agronômica Ceres, 1967. 606 p.
- RAIJ, B. van.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais. Campinas: Instituto Agronômico, 285p. 2001.
- RAIJ, B. van.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. Van.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. Recomendações de adubação e calagem para o estado de São Paulo. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico, pp 233-239. *Boletim técnico*, 100. 1997.
- RAKKIYAPPAN, P.; THANGAVELU, S.; MALATHI, R.; RADHAMANI, R. Effect of biocompost and enriched pressmud sugarcane yield and quality. *Sugar Tech*, 3: 92-96, 2001.
- SANTOS, D. H., TIRITAN, C. S., FOLONI, J. S. S., FABRIS, L. B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Pesquisa Agropecuária Tropical*, 40: 454-461, 2010.
- SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S. et al. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 15: 443-449, 2011.
- SANTOS, H. G., JACOMINE, P. K. T., ANJOS, L. H. C. et al. (Ed.). Sistema brasileiro de classificação de solos. Rio de Janeiro: Embrapa Solos. 3 ed 353 p. 2013.
- SANTOS, V. R., MOURA FILHO, G., ALBUQUERQUE, A. W. et al. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental* 13: 389-396, 2009.
- SHANKARAIAH, C.; MURTHY, K. N. K. Effect of enriched pressmud cake on growth, yield and quality of sugarcane. *Sugar Tech*, 7: 1-4, 2005.
- TSADO, P. A.; LAWAL, B. A.; IGWE, C. A. et al. Effects of sources and levels of phosphorus on yield and quality of sugarcane in Southern Guinea Savanna Zone of Nigeria. *Agriculture Science Developments*, 2: 25-27, 2013.