

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**FONTES DE FÓSFORO E TORTA DE FILTRO SOBRE O
ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA CANA-
PLANTA**

Ricardo de Lima Vasconcelos
Engenheiro Agrônomo

2013

UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA - UNESP
CÂMPUS DE JABOTICABAL

**FONTES DE FÓSFORO E TORTA DE FILTRO SOBRE O
ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA CANA-
PLANTA**

Ricardo de Lima Vasconcelos

Orientador: Prof. Dr. Renato de Mello Prado

Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – Unesp, Câmpus de Jaboticabal, como parte das exigências para a obtenção do título de Mestre em Agronomia (Ciência do Solo).

2013

V331f Vasconcelos, Ricardo de Lima
Fontes de fósforo e torta de filtro sobre o estado nutricional e
produtividade da cana-planta / Ricardo de Lima Vasconcelos. –
Jaboticabal, 2013
x, 50 f. 60 : il. ; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista,
Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2013
Orientador: Renato de Mello Prado
Banca examinadora: Anice Garcia, Livia Cordaro Galdiano
Chicone
Bibliografia

1. *Saccharum officinarum* L. 2. Superfosfato triplo. 3. Produção
de colmos. 4. Trocas gasosas. 5. Fosfatase ácida. I. Título. II.
Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 631.85:633.61

Ficha catalográfica elaborada pela Seção Técnica de Aquisição e Tratamento da Informação –
Serviço Técnico de Biblioteca e Documentação - UNESP, Câmpus de Jaboticabal.



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA
CAMPUS DE JABOTICABAL
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS DE JABOTICABAL

CERTIFICADO DE APROVAÇÃO

TÍTULO: FONTES DE FÓSFORO E TORTA DE FILTRO SOBRE O ESTADO NUTRI
CIONAL E PRODUTIVIDADE DA CANA-PLANTA

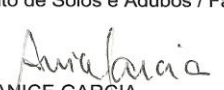
AUTOR: RICARDO DE LIMA VASCONCELOS

ORIENTADOR: Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

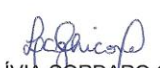
Aprovado como parte das exigências para obtenção do Título de MESTRE EM AGRONOMIA
(CIÊNCIA DO SOLO), pela Comissão Examinadora:


Prof. Dr. RENATO DE MELLO PRADO

Departamento de Solos e Adubos / Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias de Jaboticabal


Profa. Dra. ANICE GARCIA

Faculdade Dr. Francisco Maeda / Ituverava/SP


Profa. Dra. LÍVIA CORDARO GALDIANO CHICONE

Faculdade Dr. Francisco Maeda / Ituverava/SP

Data da realização: 24 de outubro de 2013.

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

RICARDO DE LIMA VASCONCELOS – nascido em Matão (SP), formado pela Faculdade Dr. Francisco Maeda – FAFRAM em julho de 2010 no curso de Agronomia, em sua monografia trabalhou com a avaliação de métodos para extração de DNA genômico de aceroleiras, objetivando encontrar o protocolo que elevasse a eficiência qualiquantitativa do DNA obtido. Ingressou em março de 2011 no curso de Mestrado do Programa de Pós-Graduação em Agronomia (Ciência do Solo) na Universidade Estadual Paulista “Júlio de Mesquita Filho” - UNESP, Câmpus de Jaboticabal, sendo bolsista da CAPES e obteve auxílio da FAPESP para o projeto, participou do Grupo de Estudos de Nutrição de Plantas-GENPLANT, atuando como colaborador em projetos de pesquisa, entre eles no Programa de cooperação internacional em estudos sobre o uso biofertilizantes na agricultura brasileira e cubana, no mestrado desenvolveu pesquisa com cana-de-açúcar sob aplicação de fontes de P associadas à torta de filtro.

“Mas de todas as coisas que podem dar lucro a um homem, não há nada melhor do que a agricultura, nada mais produtivo, mais doce, nada que melhor convenha a um homem livre”.
(Cícero, 44 a. C).

A Deus.
Ofereço.

Aos meus pais, Sônia Maria Delfina de Lima e Ivan Alves Vasconcelos
Dedico.

AGRADECIMENTOS

Ao programa de pós-graduação em Agronomia – Ciência do Solo, pela oportunidade de ingressar no curso de doutorado;

A CAPES e FAPESP pelo apoio financeiro durante a condução do curso;

Ao Prof. Dr. Renato de Mello Prado, pela orientação e perseverança;

Aos professores que ministraram aulas durante o curso de mestrado (José Carlos Barbosa, Miguel Ângelo Mutton, Edson Luiz Mendes Coutinho, José Marques Júnior, Manoel Evaristo Ferreira, Mara Cristina Pessôa da Cruz, Wanderley José de Melo, Leónides Castellanos González, Francisco Javier Romera Ruiz); Aos membros da banca de qualificação e de defesa (Renato de Mello Prado, Mara Cristina Pessôa da Cruz, Jairo Osvaldo Cazetta, Anice Garcia e Livia Cordaro Galdiano Chicone), pela valiosa colaboração contida em suas sugestões e seus questionamentos;

Aos funcionários do Departamento de Solos (Claudinha, Xerim, Mauro, Celinha, Anderson, Luís, Dejair e Thiago), Seção de Pós-Graduação (Márcia, Gabriela, Nina, Fernanda, Diego, Antônio, Rodrigo, Isabel) e Seção de Biblioteca (Fátima, Neli, Tatiana, Adriana, Alexandra, Marta, Mabel, Núbia, Marli, Renata, Luciane, Karina, Tiêko, Jonas, Antônio, Kyoto e Matheus) pelo auxílio nas diversas etapas do trabalho.

Ao grupo Genplant, pela colaboração na condução dos experimentos e na contribuição com sugestões durante os seminários apresentados ao longo do curso;

Aos amigos de graduação e de pós-graduação que me apoiaram em muitos momentos difíceis.

Em especial a Lúdia Galdiano, Lucimara Antônio Borges, Zezinha e família, Fernanda Rego Freitas, Jaime Forti Benassi e a nossa diretora Maria Cristina Thomaz que me apoiaram na realização deste sonho.

SUMÁRIO

	Página
RESUMO.....	IX
SUMMARY.....	X
I. INTRODUÇÃO	1
II. REVISÃO DE LITERATURA	4
2.1. Importância da cana-de-açúcar	4
2.2. Importância da nutrição fosfatada	5
2.3. Importância da adubação fosfatada na produtividade da cana-planta	7
2.4. Importância da torta de filtro.....	8
III. MATERIAL E MÉTODOS...	12
3.1. Local do experimento.....	12
3.2. Cultura e características da área experimental	12
3.3. Características climáticas da área experimental	13
3.4. Tratamentos e delineamento experimental	14
3.5. Unidade experimental.....	15
3.6. Avaliação de solo	15
3.7. Avaliação fisiológica e bioquímica.....	16
3.8. Avaliação do estado nutricional, acúmulo e produção de colmos	16
3.9. Análises estatísticas	17
IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO	18
4.1. Efeitos dos tratamentos no solo, no estado nutricional, acúmulo e na produção de colmos de cana-de-açúcar	18
4.2. Efeitos dos tratamentos nas trocas gasosas e na fosfatase ácida	31
V. CONCLUSÕES.....	35
VI. REFERÊNCIAS	36

FONTES DE FÓSFORO E TORTA DE FILTRO SOBRE O ESTADO NUTRICIONAL E PRODUTIVIDADE DA CANA-PLANTA

RESUMO – O manejo adequado do P é importante na cana-de-açúcar podendo interferir em todo o desenvolvimento da cultura, elevando, portanto os retornos econômicos com o seu cultivo. Objetivou-se avaliar o efeito de fontes de P e torta de filtro na cana-planta, a partir de avaliações do teor de P no solo e na planta, acúmulo do nutriente na folha, colmo e parte aérea (folha e colmo), trocas gasosas, fosfatase ácida, produção de colmos. O experimento foi realizado em um Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura média, no município de Itajobi-SP. O delineamento experimental foi em blocos ao acaso, com três repetições, dispostos em esquema fatorial 3x4x2 sendo três fontes de P (superfosfato triplo, fosfato natural reativo Bayóvar e fosfato natural de Araxá), quatro doses (0, 90, 180 e 360 kg de P_2O_5 ha⁻¹), na ausência e na presença da torta de filtro (7,5 t ha⁻¹, base seca). O efeito das doses de fósforo no aumento do teor de P no solo, na folha, no acúmulo na planta destaca-se na presença da torta de filtro em relação a sua ausência. No entanto, o uso da torta de filtro sem a adubação fosfatada foi suficiente para propiciar a maior produção de colmos da cana-planta. O uso da maior dose de superfosfato triplo ou a associação da torta de filtro com esta fonte propiciou as maiores reduções na atividade da fosfatase ácida. O uso da maior dose de fósforo aumentou a atividade da fotossíntese, condutância estomática e transpiração nas plantas de cana-de-açúcar.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum* L., superfosfato triplo, produção de colmos, trocas gasosas, fosfatase ácida

PHOSPHORUS SOURCES AND FILTER CAKE ON NUTRITIONAL STATUS AND PRODUCTIVITY OF CANE PLANT

SUMMARY - Proper management of phosphorus is important in cane sugar and may interfere with the whole development of culture, raising therefore the economic returns to its cultivation. This study aimed to evaluate the effect of sources of phosphorus and filter cake on the cane, from assessments of P content in soil and plant P, accumulation in leaves, stalks and canopy (leaf and stalk), gas exchange, acid phosphatase stalk production. The experiment was conducted on a Dystrophic Red Yellow Latosol, medium texture, in the city of Itajobi-SP. The experimental design was a randomized block design with three replications in a factorial 3x4x2 with three phosphorus sources (triple superphosphate, natural Bayóvar reactive phosphate and natural Araxá phosphate), four doses (0, 90, 180 and 360 kg of P_2O_5 ha⁻¹) in the absence and in the presence of filter cake (7,5 t ha⁻¹, dry basis). The effect of increasing doses of phosphorus in the P content in soil, leaf, accumulation in the plant stands out in the presence of the filter cake in relation your absence. However, the use of filter cake without phosphorus was sufficient to provide the highest stalks yield of sugarcane. The use of higher dose of triple superphosphate or the combination of the filter cake with this source provided the greatest reductions in acid phosphatase activity. The use of higher dose of phosphorus increased the activity of photosynthesis, stomatal conductance and transpiration in plants of cane sugar.

Keywords: *Saccharum officinarum* L., triple superphosphate, stalks production, gas exchange, acid phosphatase

I. INTRODUÇÃO

Em solos tropicais, os teores de fósforo (P) nas formas lábil, que é prontamente disponível para plantas e não lábil, que está adsorvido na fase sólida, é muito baixo, e a sua disponibilidade é ainda mais reduzida devido à elevada acidez e às altas taxas de adsorção deste nutriente no solo. Essa reduzida disponibilidade natural de P limita a expansão da agricultura nas áreas tropicais, com destaque para a cultura da cana-de-açúcar, que ocupa grandes áreas de plantio.

O P apresenta grande importância para cana-de-açúcar, pois plantas deficientes em P apresentam diminuição da altura, diâmetro de colmos e encurtamento dos entrenós (HAAG; DECHEN; CARMELO, 1987; ROSSETTO; DIAS; VITTI, 2009a) e diminuiu a absorção de nitrogênio pela planta (SCHJORRING, 1996), e o excesso deste nutriente na planta diminui a absorção de Cu e Zn (OLSEN, 1972). Os teores adequados de P no solo além de elevar a produtividade da cultura da cana-de-açúcar melhora qualidade do caldo e do açúcar (KORNDÖRFER, 1994; SANTOS et al., 2010).

Além disso, o P é responsável pelo funcionamento de processos bioquímicos, entre eles a fosfatase ácida e de trocas gasosas, como fotossíntese, condutância estomática e transpiração nas plantas (BESFORD, 1979; KUWAHARA; SOUZA, 2009). A fosfatase ácida é uma enzima que apresenta sua atividade aumentada quando a planta está deficiente em P (BOVI; BASSO; TUCCI, 1998). Portanto, níveis adequados de P, reduzem a atividade da fosfatase ácida nas folhas de cana-de-açúcar, ocorrendo uma correlação inversa entre nível de atividade da enzima e produção de matéria seca (SILVA; BASSO, 1993). Foi observado resultado semelhante por McLachlan et al. (1982) que encontraram aumento na produção de grãos de trigo de inverno quando houve uma redução da atividade da fosfatase ácida na cultura.

Em relação às trocas gasosas, plantas deficientes em P apresentam menor capacidade fotossintética, refletindo a baixa concentração de CO₂ intercelular, nesta condição, há uma redução na condutância estomática (ASPELMEIER; LEUSCHNER, 2004). Quando o processo de condutância estomática é prejudicado, há uma diminuição do fluxo de vapor de água para atmosfera e, conseqüentemente

redução na transpiração (GONÇALVES et al., 2010). Portanto, a baixa disponibilidade de P para a planta interfere nos processos metabólicos, com redução no transporte de fotoassimilados, que por consequência reduz a produção de massa (GAUME et al., 2010).

O manejo da fertilização fosfatada pode ser melhorado em solos tropicais empregando-se adequadamente a fonte de P (mineral, orgânica ou organo-mineral).

As fontes de elevada solubilidade apresentam maior eficiência em curto prazo, no entanto, ao longo prazo há redução da eficiência devido ao elevado poder do solo de adsorção de P (HOROWITZ; MEURER, 2004). Uma alternativa seria o uso de fosfatos reativos, que tem apresentado resultados satisfatórios no aumento da disponibilidade de P quando na associação com resíduos orgânicos (HOUSSAIN; ABO GHALIA; ABDALLAH, 2001). No uso de fosfatos naturais, a ação dos microrganismos é responsável pela maior liberação de P, elevando a eficiência na disponibilização do P em longo prazo (VASSILEV et al., 2006).

Neste contexto, têm-se um importante composto orgânico, a torta de filtro, que é produzida em grande volume, rica em matéria orgânica, e em macronutrientes, especialmente o P. Porém, a elevada capacidade do solo na adsorção de P requer aplicação de altas doses de fertilizantes fosfatados, fato comum em diversos trabalhos empregando fonte do nutriente com diferentes solubilidades (SANTOS et al., 2009; CAIONE et al., 2011; SIMÕES NETO et al., 2012).

A torta de filtro apresenta papel importante no aumento da disponibilidade de P no solo para a cultura de cana-de-açúcar, pois libera ácidos orgânicos que competem pelos mesmos sítios de adsorção de P (ANDRADE et al., 2003; SOUZA et al., 2006), proporcionando incremento na produtividade média de colmos e de açúcar da cultura de cana-de-açúcar (FRAVET et al., 2010; SANTOS et al., 2010).

A associação de fontes orgânicas e minerais pode proporcionar redução na dependência de fontes minerais de fósforo, incrementando a eficiência agrônômica da adubação fosfatada na cultura de cana-de-açúcar. No entanto, os trabalhos com esse tema são incipientes na literatura o que é motivo de preocupação quando se objetiva conhecer o potencial do uso de um composto orgânico na cana-planta e se a complementação com fertilizantes fosfatados é necessária para atender a necessidade nutricional do primeiro ciclo da cana-de-açúcar.

Portanto, o objetivo deste trabalho foi avaliar o efeito de fontes de P associadas à torta de filtro sobre o estado nutricional e produtividade da cana-planta.

II. REVISÃO DE LITERATURA

2.1. Importância da cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar apresenta uma ligação histórica muito remota com o homem, há relatos com mais de 8.000 anos na Nova Guiné (MARIN et al., 2009). No Brasil, apesar de estar presente desde o período do descobrimento, foi durante meados do século XVI que essa monocultura foi economicamente interessante para Portugal, pois lhe garantia lucros e a ocupação de uma terra que começava a despertar o interesse de outras nações.

Durante séculos a cultura da cana-de-açúcar foi itinerante no país e, hoje, segundo dados da Agrianual (2013), a cultura apresentou para a safra 2010-2011, uma área de colhida de 9,5 milhões de hectares, com produção de colmos de 715,1 milhões toneladas tendo produção de 30,2 milhões de m³ de álcool etílico (anidro e hidratado), e 35,9 milhões de toneladas de açúcar, sendo que o estado de São Paulo representa 50% da produção e da área e produtividade média de 78 toneladas por hectare.

No estado de São Paulo a região de Jaboticabal, apresenta área cultivada de 40.500 hectares, produzindo 4.050.000 de toneladas de cana-de-açúcar, com produtividade média de 100 toneladas por hectare (IBGE, 2011a).

No Brasil, na safra 2009/2010 a cultura de cana-de-açúcar apresentou o valor de produção próximo de 24 bilhões de reais (IBGE, 2011b). Na safra 2008/2009 o Brasil gerou receitas com a exportação de açúcar acima de US\$ 6 bilhões e, nas exportações de etanol o montante ultrapassou US\$ 2 bilhões (ÚNICA, 2011).

Além da importância econômica, a cadeia agroindustrial do setor sucroalcooleiro apresenta grande relevância social, empregando direta e indiretamente na safra 2009/2010 aproximadamente 4,5 milhões de pessoas, na produção de cana-de-açúcar, açúcar, etanol e bioeterecidade (PROCANA, 2012).

2.2. Importância da nutrição fosfatada

A disponibilidade do P no solo é dependente de vários fatores ligados às propriedades químicas e físicas do solo, dentre os quais se destacam: teores elevados de óxidos e hidróxidos de ferro e de alumínio, tipo de argila presente no solo, matéria orgânica, pH, teor de cálcio no solo (NOVAIS; SMYTH, 1999).

Em relação à matéria orgânica, existem alguns estudos que observaram sua correlação com a disponibilidade de P no solo, devido à adsorção competitiva entre os ácidos orgânicos e o P (OTHIENO, 1973; BAR-YOSEF, 1996; NGACHIE, 1996; ERICH; FITZGERALD; PORTER, 2002).

Para Sanyal; De Datta (1991) a matéria orgânica pode favorecer ou prejudicar a disponibilidade de P, já que atua de forma ambígua, adsorvendo o P ou saturando/bloqueando os sítios de adsorção das argilas e óxidos de ferro e alumínio, entretanto, essa adsorção do P na fase húmica da M.O., pode ser temporária, evitando que o P seja adsorvido no solo.

A matéria orgânica apresenta a capacidade de bloquear a adsorção de P, devido à competição dos ácidos de grupos OH e COOH originados das reações de síntese que ocorrem na matéria orgânica, com os sítios de absorção do P (SCHWERTMANN; KODAMA; FISCHER, 1986).

Em geral, os teores de P na solução do solo são baixos, devido à baixa solubilidade dos compostos de P existentes no solo e da alta capacidade de adsorção do elemento pelas partículas do solo (RAIJ, 1991). De acordo com Malavolta (2006), as quantidades totais de P nos solos brasileiros variam entre 110-4400 kg ha⁻¹, na profundidade de 0-20 cm; entretanto, pequena quantidade do nutriente está disponível às plantas.

Korndörfer et al. (1995) observaram correlação do teor de P em solos orgânicos da Flórida em ácido acético (0,5 M L⁻¹) e produtividade da cana-de-açúcar, definindo a interpretação do P no solo em faixas de baixo (0-9 mg dm⁻³), médio (9-39 mg dm⁻³) e alto (> 39 mg dm⁻³). De acordo com Raij et al. (1997), no estado de São Paulo, as classes de interpretação do teor de P em resina nos solos para a cultura da cana-de-açúcar seriam muito baixo (0-6 mg dm⁻³), baixo (7-15 mg dm⁻³), médio (16-40 mg dm⁻³), alto (41-80 mg dm⁻³) e muito alto (> 80 mg dm⁻³). Portanto, solos

com teor de P classificado como muito baixo ou baixo, indicam alta resposta da cana-de-açúcar à aplicação de P no solo. No solo o P se movimenta através da difusão, sendo absorvido na forma de ortofosfato (MALAVOLTA, 2006).

A cana-de-açúcar acumula 13 a 24 kg de P para cada 100 toneladas de colmos (TASSO JÚNIOR et al., 2007; COLETI et al., 2006); já nas folhas, há um acúmulo de 6 kg para cada 100 toneladas de colmos produzidos (ORLANDO FILHO, 1993), sendo o macronutriente exportado em menor quantidade na época da colheita. Elamin et al. (2007) comentam que a extração de P pela cana-de-açúcar é influenciada por diversos fatores como, variedade utilizada, fertilidade natural do solo e o manejo da área.

O período de maior demanda de P nas plantas é no início do desenvolvimento do vegetal, onde este elemento será fundamental na formação de raízes, na transferência de energia das células, na respiração e na fotossíntese, o P é responsável por diversas funções na planta como: acelerar a formação de raízes, aumentar o perfilhamento de cereais e forrageiras e, em conjunto com o N nas gramíneas, regula a maturação, maior teor de carboidratos, óleo, gordura e proteínas (MALAVOLTA, 2006). A baixa disponibilidade de P nos solos brasileiros influencia o crescimento da planta, reduz o teor de carboidratos solúveis, e também interfere no metabolismo e absorção de outros nutrientes (MACHADO et al., 2003; MENDES et al., 2004).

Existem algumas indicações para o teor de P para folha +1 adequado para a cana-planta, é de $1,9 \text{ g kg}^{-1}$ (FARONI et al., 2009) e $1,5\text{-}3,0 \text{ g kg}^{-1}$ (RAIJ; CANTARELLA, 1997). A deficiência de P pode afetar a qualidade da cultura de cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2010), entretanto, Korndörfer (1994) observou que apesar do P incrementar a produção da cana-de-açúcar, a Pol % cana foi pouco afetada. A adubação fosfatada pode influenciar o processo industrial e de produção do açúcar, como foi visto por Korndörfer (2004), relatando que a presença de P no caldo exerce papel fundamental no processo de clarificação, interferindo na floculação e decantação, pois baixos teores de P resultam em açúcar de menor valor comercial por ter sido produzido de um caldo turvo.

2.3. Importância da adubação fosfatada na produtividade da cana-planta

As propriedades químicas e físicas do solo, o modo de aplicação e a fonte utilizada influenciam a eficiência agronômica dos adubos fosfatados (CHIEN; MENON, 1995). Meyer; Wood (1989), ao avaliarem as respostas em cana-de-açúcar à aplicação de P, seja em cana-planta ou na cana-soca, observaram variação de respostas, que eram influenciadas pelo tipo de solo, clima e modo de aplicação.

Os mesmos autores sugerem a dose de 250 kg ha⁻¹ de P em área total, complementando a dose de 100 kg de P no sulco de plantio, pois esta combinação proporcionou acréscimo na produção da cultura de cana-de-açúcar (21 toneladas de cana ou 2,4 toneladas de açúcar por hectare). El Tilib; El Nasikh; Elamin (2004), ao avaliarem a resposta das variedades de cana-planta Co 6806 e Co 527 à aplicação de P, cultivadas em solos de baixos teores de P, observaram que o nutriente promoveu incremento no comprimento dos colmos no início do desenvolvimento da planta.

Em um estudo, avaliando a produção do primeiro e segundo corte da cana-de-açúcar variedade CP 72-2086 em quatro Andisols da Guatemala (P= 2,7 mg kg⁻¹ e matéria orgânica= 7-12%), à aplicação de 94 kg de P₂O₅ por hectare, verificaram um incremento na produção da cultura igual a 32 toneladas de colmos por hectare (PEREZ; MELGAR, 1998).

Outro aspecto que influencia a produção de cana-de-açúcar à aplicação de P seria o fator genético. Glaz et al. (2000), avaliaram a aplicação de P em experimentos com diversas variedades e locais e, obtiveram respostas distintas das variedades de cana-de-açúcar.

No estudo com diversas fontes de P em cana-planta cultivada em um Argissolo Amarelo Distrófico (P= 13 mg dm⁻³ em Mehlich I), Santos et al. (2009) observaram que o uso da fonte de P na forma de superfosfato triplo foi a que proporcionou o maior incremento na produtividade da cultura.

Um experimento foi realizado avaliando as fontes de P: superfosfato triplo, superfosfato simples, ácido fosfórico e uma mistura de ácido fosfórico e fosfato natural, na dose de 100 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na cana-de-açúcar cultivar SP 71-1406 implantada em um solo Podzólico Vermelho-Amarelo Distrófico (P= 7 mg dm⁻³ em

H₂SO₄ 0,5 N) nos rendimentos agrícolas da cana-planta e da primeira e da segunda soca, não sendo observado efeito das fontes de P (fluídas ou sólidas) nos rendimentos da cultura de cana-de-açúcar (KORNDÖRFER; MELO, 2009).

Enquanto Garcia et al. (2009), empregando P proveniente de diferentes fontes (resíduos de alambique, fertilização orgânica e mineral) na cana-planta variedade SP 79-1011, cultivada em um Latossolo Vermelho-Amarelo Distrófico (P= 0,6 mg dm⁻³ em Mehlich I) verificaram que a fosfatagem não afetou os rendimentos de colmos e de aguardente teórica da cana-de-açúcar.

Além dos fertilizantes minerais, que são as fontes de P convencionais, existem outros materiais alternativos como os orgânicos que contém o nutriente, destacando-se a torta de filtro.

2.4. Importância da torta de filtro

A torta de filtro é um produto orgânico rico em matéria orgânica e P e, que serve como recuperador de solos exauridos e/ou de baixa fertilidade, além de apresentar teores consideráveis de magnésio e micronutrientes (NUNES JÚNIOR, 2008). E ainda a torta de filtro contém cálcio, nitrogênio e potássio, dependendo da variedade da cana e da sua maturação (SANTOS et al., 2010).

Do conteúdo total de P, 30% estão na forma orgânica e o nitrogênio predomina na forma protéica, propiciando lenta liberação desses elementos e consequentemente alto aproveitamento pelas plantas (NARDIN, 2007). Para cada tonelada de cana-de-açúcar moída, há produção de 40 kg de torta de filtro (KORNDÖRFER, 2003) que é resultante da mistura do processo de clarificação do açúcar (lodo de decantação) com o bagaço moído (ALVARENGA; QUEIROZ, 2008).

O potencial de retorno de nutrientes ao solo pela torta de filtro foi calculado por Rossetto et al. (2009b) que estimaram que o Brasil produzindo 200 milhões de toneladas de cana-de-açúcar para produção de açúcar, considerando 35 kg de torta de filtro por tonelada moída e com 70% de umidade, ao final de um ano, retornaria ao solo cerca de 28.000, 38.000 e 7.800 toneladas de N, P₂O₅ e K₂O respectivamente.

A torta de filtro poderá ser utilizada como complemento da adubação convencional, que utiliza normalmente os fosfatos naturais, os fosfatos acidulados como os superfosfatos simples e o triplo (MATIAS, 2010). Nota-se que a produção de fertilizantes fosfatados solúveis apresenta altos custos, e isso induziu aos estudos de fontes alternativas de P, como a torta de filtro (REIS, 2002).

Um estudo avaliando doses de P, na forma de superfosfato triplo e com uso da torta de filtro com aplicação no sulco e em área total em cana-planta RB86 7515 cultivada em um Argissolo Vermelho Distroférrico ($P = 16 \text{ mg dm}^{-3}$ em resina), observou-se que a maior produtividade ocorreu nas doses de 2,6 e 2,7 t ha⁻¹ de torta de filtro, associada a 160 e 190 kg ha⁻¹ de P₂O₅ respectivamente (SANTOS et al., 2011). Os autores concluíram que a torta de filtro aplicada no sulco de plantio tem o potencial de substituir parte da adubação fosfatada para cultura de cana-de-açúcar.

E empregando o superfosfato simples em conjunto com a torta de filtro, Dinardo-Miranda et al. (2003), notaram um incremento de 20 t ha⁻¹ de colmos. Um estudo em cana-de-açúcar cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo com doses de torta de filtro úmida (5, 10 e 15 t ha⁻¹) e a adubação mineral, Penatti; Boni (1989) verificaram que a partir do terceiro corte as doses de torta de filtro incrementaram a produtividade da cultura em relação à área não tratada com torta de filtro.

Em outro ensaio, os mesmos autores, estudaram doses de torta de filtro (0, 3, 6, 9 t ha⁻¹ aplicada no sulco), com e sem adubação mineral de cobertura (nitrogênio e potássio) na cultura da cana-de-açúcar e observaram incremento na produtividade de colmos, independentemente do uso da adubação mineral de cobertura. O uso da torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel na cana-planta, cultivada em um Latossolo Vermelho Distrófico ($P = 16 \text{ mg dm}^{-3}$ em resina) proporcionou incremento no perfilhamento e na produtividade de colmos da cultura da cana-de-açúcar (SANTOS et al., 2010).

Observou-se ainda que o uso de 2,0 t ha⁻¹ de torta de filtro na presença ou ausência de P resultaram na produção semelhante de colmos e que as doses de torta de filtro e suas combinações com o fosfato não alteraram a qualidade do caldo da cana-de-açúcar (°Brix). Avaliando a aplicação de 35 t ha⁻¹ de torta de filtro úmida no sulco de plantio, como fonte exclusiva de P em 20 clones de cana-de-açúcar cultivada em Areia Quartzosa, Nunes Júnior; Morelli; Nelli (1988), obtiveram ganho

médio de 13% em produtividade e, em sacarose em todas as variedades avaliadas, sendo que a variedade SP 71-1406 se destacou com produção média de 92 toneladas por hectare em quatro colheitas.

Em experimento de vasos com a cana-de-açúcar RB92 5798 com aplicação de torta de filtro (0; 9,25; 18,5; 27,75 e 35 g vaso⁻¹) em um Espodossolo com textura arenosa (P em Mehlich 1= 9 mg dm⁻³), observou-se incremento no acúmulo de P, potássio e cobre na parte aérea da planta (ALMEIDA JÚNIOR et al., 2011).

Realizou-se um estudo com a cana-de-açúcar RB72 454, cultivada em um Latossolo Vermelho-Amarelo de textura arenosa (P= 32 mg dm⁻³ em resina), com uso de doses de torta de filtro combinada, com diversas fontes de P e outros compostos orgânicos (bagaço de cana-de-açúcar e/ou esterco bovino), sobre o teor de P disponível no solo e a produção de colmos (FACTUR, 2008). Observou-se que a adubação com fosfato reativo e o fosfato natural, associados ao composto orgânico incrementaram o teor de P disponível no solo, mas os rendimentos da cana-de-açúcar RB72 454, não foram influenciados pela fonte de fertilizante fosfatado e matéria orgânica utilizada.

Avaliaram-se a resposta da cana-planta submetida à aplicação de 5 t ha⁻¹ de torta de filtro no sulco de plantio, e 30 e 50 t ha⁻¹ de composto (torta de filtro e bagaço) aplicado em área total, sendo que em ambos tratamentos combinados ou não com a adubação mineral (CARDOZO; BENEDINI; PENNA, 1988). Observaram que com apenas 5 t ha⁻¹ de torta de filtro houve melhoria no teor de nutrientes no solo, sendo que a melhor produtividade ocorreu com 50 t ha⁻¹ de composto aplicado em área total.

No entanto, para o uso da torta de filtro associada às fontes naturais de P, é importante a inoculação com microorganismos solubilizadores de P, para aumentar a disponibilidade de P no solo e também uma mineralização do P orgânico da torta de filtro (MOREIRA; SIQUEIRA, 2002).

O aumento do teor de P disponível do solo pode ser explicado pela atividade secretora específica dos microrganismos que transformam os compostos fosforados em formas de assimilação fácil e imediata; e devido ao alto teor de CO₂ no meio, que se combina com o fosfato tricálcico, insolúvel, formando o fosfato bicálcico, solúvel (AVALHÃES; PRADO, 2009). Além disso, os mesmos autores acrescentam que o

composto organo-mineral formado promove liberação mais lenta de nutrientes, especialmente de P, devido à quelatização dos nutrientes por parte dos ácidos húmicos e fúlvicos provenientes do processo de compostagem.

O uso de microrganismos solubilizadores de P (fosfobactérias) inoculadas em compostos orgânicos ocorre desde a década de 1950 na Europa, em cana-de-açúcar não há muitos estudos sobre esses microrganismos (SUNDARA; NATARAJAN; HARI, 2002), os mesmos autores concluíram que ao aplicar bactérias solubilizadoras de P sobre a rocha fosfatada houve um efeito benéfico no crescimento, rendimento e qualidade da cana-de-açúcar, reduzindo em 25% o uso de fertilizante fosfatado quando associado com esses microrganismos.

Corroborando com as informações anteriores, Yadav; Singh (1990) observaram aumento no rendimento da cana-de-açúcar cultivada na região de Bihar em solos aluviais, quando utilizada à bactéria *Bacillus megatherium*, solubilizadora de P, com diferentes doses de fertilizantes fosfatados.

Um estudo com cana-de-açúcar cultivada em um Vertisol ($P = 5,3 \text{ mg kg}^{-1}$) com diferentes fontes e doses de P, na ausência e na presença de microrganismos solubilizadores de P-BSF (concentração de 10^8 células g^{-1} de substrato), observou-se uma maior produção da cultura com a adubação fosfatada associada com BSF (SUNDARA; NATARAJAN; HARI, 2002).

Os mesmos autores observaram que a população de BSF e os teores de P no solo foram maiores com o uso de rochas fosfatadas comparando com o superfosfato simples, constataram que a utilização conjunta de BSF e fertilizantes fosfatados, podem reduzir o requerimento da dose de P em até 25% e 50% dos superfosfatos podem ser substituídos por outras fontes de P, como as rochas fosfatadas, que, além do menor custo que o superfosfato, apresentou maior viabilidade na utilização junto a microrganismos.

É notório o potencial de resposta da cultura da cana-de-açúcar a aplicação de P em uso conjunto com a torta de filtro, um subproduto da agroindústria canavieira que é produzido em grande escala e, que ao mesmo tempo, é considerada fonte de um nutriente, diminuindo o uso de fertilizantes fosfatados, gerando economia e prolongando o uso das reservas das jazidas.

III. MATERIAL E MÉTODOS

3.1. Local do experimento

O experimento foi instalado no período de junho de 2011 a maio de 2012 na Fazenda Santo Antônio, município de Itajobi-SP, nas coordenadas 21° 11' S e 49° 1' W com altitude de 469 m, e clima Aw (Figura 1). A área apresenta verão chuvoso e inverno seco, com temperatura média anual de 23,2 °C e precipitação pluvial média anual de 1.328 mm (CEPAGRI, 2012).



Figura 1. Foto da área do experimento com a cana-planta variedade RB86 7515 aos 120 dias após o plantio. Itajobi-SP.

3.2. Cultura e características da área experimental

A variedade de cana-de-açúcar utilizada foi a RB86 7515 que apresenta alta velocidade de crescimento, porte alto, hábito de crescimento ereto, alta densidade

de colmo, teor de sacarose e produtividade agrícola elevados (PMGCA, 2008). O solo da área experimental foi classificado como Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, textura média (EMBRAPA, 2006). A análise química e granulométrica do solo (Tabela 1) foi realizada conforme Raij et al. (2001) e Camargo et al. (2009).

Tabela 1. Análise química e granulométrica do solo da área experimental. Itajobi-SP, 2011.

Profundidade (m)	pH CaCl ₂	M.O. g dm ⁻³	P mg dm ⁻³	K	Ca	Mg	H+Al	SB	T	V %
-----mmolc dm ⁻³ -----										
0,00-0,20	6,1	10,0	5,0	1,1	29,0	13,0	10,0	42,3	52,3	81
0,20-0,40	5,6	10,0	4,0	0,9	25,0	9,0	12,0	34,8	46,8	74
Profundidade (m)	Granulometria									
0,00-0,20	argila		silte		Areia fina			Areia grossa		
----- g kg ⁻¹ -----										
	209		40		464			287		

3.3. Características climáticas da área experimental

Os dados meteorológicos foram obtidos da estação agrometeorológica mais próxima da área experimental, situada na cidade de Catanduva-SP (Figura 2).

Observa-se ainda na Figura 2., que durante o plantio e o perfilhamento da cultura houve um grande período de déficit hídrico, que se repetiu logo após um curto período de excedente hídrico, como ocorreu na maior parte do cultivo escassez hídrica, o desenvolvimento da cana-de-açúcar pode ter sido influenciado.

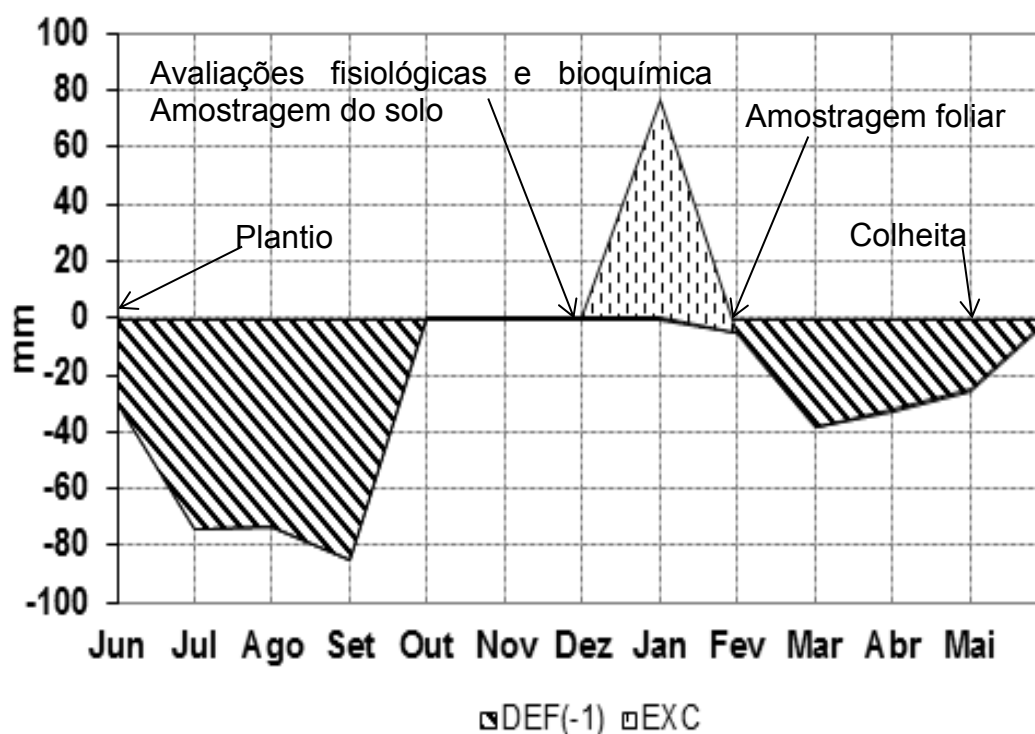


Figura 2. Balanço hídrico do período de junho de 2011 a maio de 2012 do município de Catanduva – SP.

3.4. Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos foram compostos por doses de P, empregando-se como referência a dose de 180 kg ha^{-1} de P_2O_5 indicada para o Estado de São Paulo (SPIRONELLO et al., 1997). O delineamento experimental utilizado foi o de blocos completos ao acaso com três repetições em esquema fatorial $3 \times 4 \times 2$, sendo três fontes de P: superfosfato triplo (41% de P_2O_5 em ácido cítrico), fosfato natural reativo Bayóvar (14% de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico), e fosfato natural de Araxá (4% de P_2O_5 em ácido cítrico); quatro doses de P_2O_5 solúvel em ácido cítrico (0, 90, 180 e 360 kg ha^{-1}), na ausência e na presença da torta de filtro ($7,5 \text{ t ha}^{-1}$ em base seca).

A adubação básica de plantio e de cobertura utilizada foi a recomendada por Spironello et al. (1997), no plantio foi aplicado $151,1 \text{ kg ha}^{-1}$ de sulfato de amônio, $204,4 \text{ kg ha}^{-1}$ de cloreto de potássio e $24,8 \text{ kg ha}^{-1}$ sulfato de zinco. Na adubação de cobertura foram utilizados 30 kg ha^{-1} de nitrogênio na forma de uréia e 160 kg ha^{-1} de K_2O como cloreto de potássio.

A caracterização química da torta de filtro foi realizada conforme Alcarde (2009), obtendo-se: N(total): 3,4 g kg⁻¹; P₂O₅ (total): 8,2 g kg⁻¹; P₂O₅ (solúvel ácido cítrico 2%): 7,8 g kg⁻¹; K₂O: 2,2 g kg⁻¹; CaO: 12,2 g kg⁻¹ e para o teor de matéria orgânica, utilizou-se metodologia de Walkley, Black (1934), obtendo-se: 304,7 g kg⁻¹.

Foi adicionado o aditivo BioPack^{sc®}, (que contém ácidos orgânicos e microrganismos solubilizadores de P) na torta de filtro. Utilizou-se 800 mL do produto para compostagem de oito toneladas de torta de filtro. Os tratamentos e a adubação básica de plantio foram adicionados e homogeneizados, após a sulcação permanecendo os fertilizantes na profundidade de 0,30 m.

3.5. Unidade experimental

Cada unidade experimental foi composta por cinco linhas de 15 m de comprimento, espaçadas 1,5 m entre si, totalizando uma área de 112,5 m². Para as avaliações, foi considerada a área útil de 67,5 m² representada pelas três linhas centrais, sendo as fileiras externas denominadas bordaduras. As parcelas foram separadas por corredores de 1,5 m.

3.6. Avaliação de solo

Foi realizada amostragem de solo, aos seis meses após o plantio, na linha de plantio, na camada de 0,20-0,40 m de profundidade, a partir de 12 pontos aleatórios na área útil de cada parcela. Determinou-se o teor de P disponível, pelo método da resina (RAIJ et al., 2001).

3.7. Avaliação fisiológica e bioquímica

Realizou-se aos sete meses após o plantio, a avaliação das respostas fisiológicas, como assimilação líquida de CO_2 (A , $\mu\text{mol m}^{-2} \text{s}^{-1}$), condutância estomática (g_s , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) e transpiração (E , $\text{mmol m}^{-2} \text{s}^{-1}$) que foram determinadas utilizando-se um medidor portátil de trocas gasosas por infravermelho (Infrared Gas Analyzer – IRGA, Li Cor 6400). Além disso, foi realizada, na folha +1, avaliação nutricional alternativa; a bioquímica, determinando a atividade da fosfatase ácida na folha de cana-de-açúcar (PIZAURO et al., 1988).

3.8. Avaliação do estado nutricional, acúmulo e produção de colmos

Aos oito meses após o plantio, coletou-se 15 folhas +1 retirando-se a nervura central e utilizando somente o terço médio de cada folha amostrada para cada parcela (RAIJ; CANTARELLA, 1997). Em seguida, as amostras foram secas em estufa a 65°C até atingirem peso constante, foram moídas em moinho tipo Willey.

As determinações de P no tecido vegetal seguiram o método descrito por Bataglia et al. (1983), e no momento da colheita, aos 12 meses, realizou-se o cálculo do acúmulo de P na folha, no colmo e na parte aérea (folha e colmo), obtido a partir da multiplicação do valor da matéria seca e do teor do nutriente de cada compartimento da planta.

Na colheita coletaram-se as plantas nos três sulcos centrais de plantio de cada parcela, separando-se os colmos das folhas. Em seguida, procedeu-se a pesagem dos colmos correspondente a cada parcela e realizou-se o cálculo das médias de produtividade de colmos.

3.9. Análises estatísticas

Os resultados obtidos foram submetidos à análise de variância, pelo teste F, para os efeitos significativos, as médias foram comparadas entre si pelo teste de Tukey ($P \leq 0,05$), para fonte de variação qualitativa e análise de regressão polinomial para fonte de variação quantitativa, utilizando-se o programa estatístico AgroEstat (BARBOSA; MALDONADO JÚNIOR, 2012).

IV. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1. Efeitos dos tratamentos no solo, no estado nutricional, acúmulo e na produção de colmos

A interação de torta de filtro e fontes de P apresentou efeito significativo para o teor foliar de P e para o acúmulo do nutriente na folha e na parte aérea da cana-de-açúcar (Tabela 1). A associação de torta de filtro e doses de P exerceu influência para os teores de P no solo (camada 0,20-0,40 m) e foliar, acúmulos de P na folha, colmos e parte aérea e, na produção de colmos. O uso combinado de fontes e doses de P afetaram os teores de P no solo, acúmulos do nutriente na folha, colmo e parte aérea, na produção de colmos. A presença da torta de filtro proporcionou excessivo crescimento vegetativo, resultando em maior produção de colmos.

Tabela 2. Valores médios do teor de P no solo, teor foliar de P, acúmulos de P na folha, colmos e parte aérea (folha e colmo), produção de colmos da cana-de-açúcar, em função da aplicação de fontes e doses de fertilizantes fosfatados na ausência e na presença de torta de filtro.

Tratamentos	Teor de P no solo	Teor de P foliar	Acúmulo			Produção de colmos
			Folha	Colmo	Parte Aérea	
	mg dm ⁻³	g kg ⁻¹		kg ha ⁻¹		t ha ⁻¹
Torta de filtro (T)						
Presença	16,7	1,56a	2,68a	10,27a	12,9a	120,8a
Ausência	14,6	1,46b	1,30b	9,03b	10,3b	112,8b
Teste F	2,34 ^{NS}	37,61 ^{**}	269,04 ^{**}	15,08 ^{**}	54,72 ^{**}	13,48 ^{**}
Fontes (F)						
Superfosfato triplo	19,9a	1,61a	2,42a	11,90a	14,3a	117,5
Fosfato Bayóvar	15,2b	1,49b	1,81b	9,03b	10,8b	115,9
Fosfato de Araxá	12,1b	1,42c	1,73b	8,02c	9,8c	117,0
Teste F	10,52 ^{**}	47,13 ^{**}	26,78 ^{**}	53,00 ^{**}	61,25 ^{**}	0,18 ^{NS}
Doses (D)						
0 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	6,7	1,27	0,36	5,67	6,0	105,1
90 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	13,8	1,42	1,50	8,51	10,0	110,7
180 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	14,8	1,51	1,97	9,65	11,6	117,1
360 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	18,5	1,58	2,50	10,80	13,3	122,6
Teste F	3,81 [*]	30,54 ^{**}	47,55 ^{**}	17,29 ^{**}	29,40 ^{**}	10,13 ^{**}
Teste F						
(T) x (F)	1,07 ^{NS}	4,17 [*]	6,08 ^{**}	3,07 ^{NS}	4,69 [*]	1,39 ^{NS}
(T) x (D)	10,61 ^{**}	5,64 ^{**}	16,97 ^{**}	12,21 ^{**}	6,98 ^{**}	11,88 ^{**}
(F) x (D)	4,11 ^{**}	2,47 ^{NS}	12,69 ^{**}	6,47 ^{**}	4,06 ^{**}	12,19 ^{**}
(T) x (F) x (D)	5,60 ^{**}	1,12 ^{NS}	1,18 ^{NS}	4,19 ^{**}	4,00 ^{**}	8,66 ^{**}
C.V. (%)	13,7	4,0	16,4	12,4	11,4	6,8

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

As doses de P (média de fontes de P) incrementaram com ajuste linear o teor de P do solo, destacando-se uso da torta de filtro em relação a sua ausência (Figura 3a). As doses de P (média da ausência e da presença da torta de filtro) incrementaram linearmente o teor de P no solo, destacando-se o superfosfato triplo em relação ao fosfato natural reativo Bayóvar e fosfato natural de Araxá (Figura 3b).

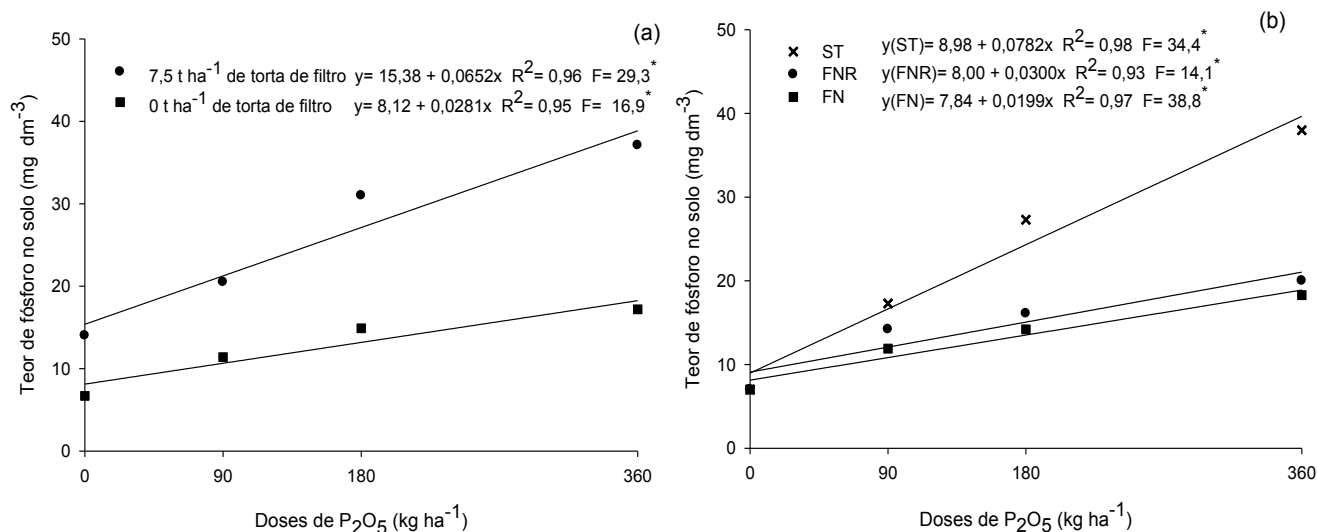


Figura 3. Teor de P no solo (camada de 0,20-0,40 m) aos seis meses após o plantio da cana-de-açúcar, em função de doses de P na ausência e na presença da torta de filtro (média de fontes de P) (a) e de doses de P na forma de superfosfato triplo - ST, fosfato natural reativo Bayóvar - FNR e fosfato natural de Araxá - FN (média da ausência e da presença de torta de filtro) (b). * - Significativo pelo teste F a 5% de probabilidade.

O uso da dose de 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅ associada à torta de filtro atingiu teor de P igual a 38,8 mg dm⁻³ ($P \leq 0,05$) que é interpretado como teor médio (16 - 40 mg dm⁻³) segundo Raji et al. (1997). Observa-se que o maior teor de P no solo com emprego da torta de filtro comparado a sua ausência, deve-se pelo fato que a torta de filtro apresenta em sua composição o P, que após a mineralização libera o nutriente no solo (SANTOS et al., 2010). Além deste fato, a torta de filtro pode liberar compostos orgânicos, como as substâncias húmicas e saturar sítios de adsorção promovendo maior disponibilidade de P do solo (LEE; KIM, 2007).

Na Figura 3a, ainda verifica-se que, sem a aplicação de fósforo, houve uma elevação do teor de P em comparação com o teor inicial do nutriente no solo, possivelmente ocorreu disponibilização do P da matéria orgânica do solo, além disso, o valor elevado pH pode ter reduzido a fixação do elemento.

O uso da maior dose do nutriente na forma de superfosfato triplo e de fosfato Bayóvar atingiu teor de P igual a 37,1 e 18,8 mg dm⁻³ ($P \leq 0,05$) respectivamente, que é interpretado como teor médio (16 - 40 mg dm⁻³) de acordo com Raji et al. (1997). A

importância do superfosfato triplo no aumento do teor de P do solo em cultivos com cana-de-açúcar é amplamente relatado na literatura (KORNDÖRFER; MELO, 2009).

O uso do fosfato natural de Araxá resultou em menor teor de P no solo possivelmente pelo elevado valor pH (6,1) do solo da área, que pode ter diminuído a sua solubilidade, pois é conhecido que o fosfato tricálcico presente nesta fonte tem baixa reatividade em solo com pH próximo da neutralidade. Nota-se, portanto, que o teor de P no solo depende de características físico-químicas do solo, da fonte fosfatada e sua solubilidade.

A aplicação de P na forma de superfosfato triplo e fosfato Bayóvar em relação ao fosfato de Araxá (média de doses de P) promoveram maiores teores foliares de P na planta, especialmente quando associado à torta de filtro (Figura 4a). As doses de P (média de fontes de P) incrementaram com ajuste linear o teor de P foliar, principalmente com o uso da torta de filtro em relação a sua ausência (Figura 4b).

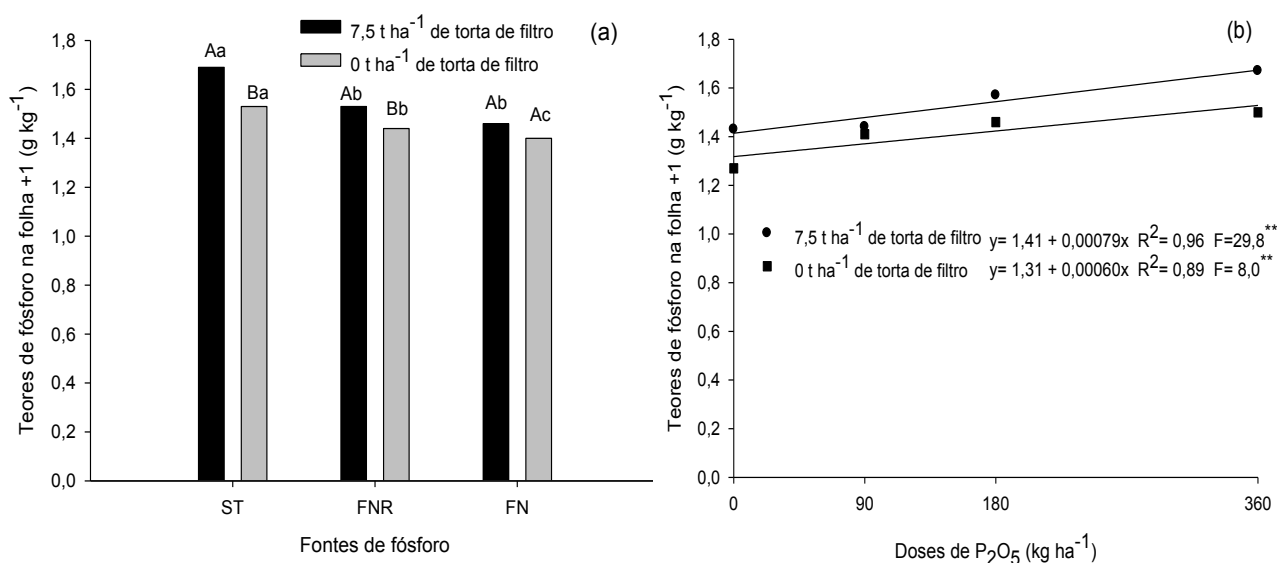


Figura 4. Teor foliar de P, em função de fontes de P na ausência e na presença da torta de filtro (média de doses de P) (a) e de doses de P na ausência (0 t ha⁻¹) e na presença de torta de filtro (7,5 t ha⁻¹) (média de fontes de P) (b). Letras maiúsculas referem-se à ausência e presença da torta de filtro dentro das fontes de P e letras minúsculas referem-se às fontes de P dentro da torta de filtro, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e DMS (5%) para torta de filtro (0,05) e para fontes de P (0,06). ** - Significativo pelo teste F a 1% de probabilidade, em relação ao teste de F.

Observa-se que, o uso do superfosfato triplo associado à torta de filtro, destacou-se em relação a sua ausência, atingindo $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ de P. A concentração de P na planta obtido com este tratamento se enquadra na faixa adequada ($1,5 - 3,0 \text{ g kg}^{-1}$) para a cultura de cana-de-açúcar indicada por Raji et al. (1997).

Porém, Bokhtiar; Paul; Alam (2008) não observaram efeito no teor de P foliar de cana-de-açúcar com o uso do superfosfato triplo associado à torta de filtro, em relação ao uso exclusivo do fertilizante fosfatado. A aplicação de torta de filtro associada com bagaço de cana-de-açúcar em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, cultivado com a variedade RB86 7515 promoveu incrementos de P foliar superiores aos obtidos com o uso de bagaço e cinza de bagaço de cana-de-açúcar e esterco de galinha poedeira associado com fertilização mineral (LIMA, 2011).

O efeito apresentado pela torta de filtro em elevar os teores de P foliar, pode estar relacionado ao potencial dos ácidos orgânicos existentes em sua constituição, que saturam e/ou bloqueiam os sítios de adsorção de P, resultando em uma maior disponibilidade do nutriente às plantas.

O teor de P foliar com a aplicação da maior dose de P associada à torta de filtro atingiu $1,7 \text{ g kg}^{-1}$ ($P \leq 0,01$). Relacionando-se aos incrementos de P no solo, observados com este tratamento (Figura 3a), que possibilitaram um maior teor de P foliar. Este fato relaciona-se com a maior disponibilidade de P no solo quando a torta de filtro é associada às fontes de P, confirmando o seu potencial como complemento da adubação mineral. Na ausência da torta de filtro, o uso da maior dose de P promoveu teor foliar de $1,5 \text{ g kg}^{-1}$ do nutriente, valor inferior ao observado por Santos et al. (2009) que foi de $4,0 \text{ g kg}^{-1}$ de P foliar na variedade RB75 125 em um estudo com o uso de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 em Argissolo Amarelo Distrófico.

A aplicação de doses de P na forma de superfosfato triplo equivalentes a 229, 458 e 687 kg ha^{-1} de P_2O_5 em Argissolo Vermelho Amarelo cultivado com braquiária proporcionou incrementos constantes nos teores foliares de P, que variaram de 2,1 a $3,4 \text{ g kg}^{-1}$ de P foliar (KUWAHARA; SOUZA, 2009).

A torta de filtro combinada com o superfosfato triplo (média de doses de P) foi responsável pelo maior acúmulo de P na folha (Figura 5a). A aplicação das doses de P (média de fontes de P) elevou linearmente o acúmulo de P foliar, atingindo maiores valores do nutriente na presença da torta de filtro em relação a sua

ausência (Figuras 5b). As doses de P (média da ausência e presença da torta de filtro) incrementaram com ajuste linear o acúmulo de P na folha, com destaque para o superfosfato triplo em relação às demais fontes fosfatadas (Figura 5c).

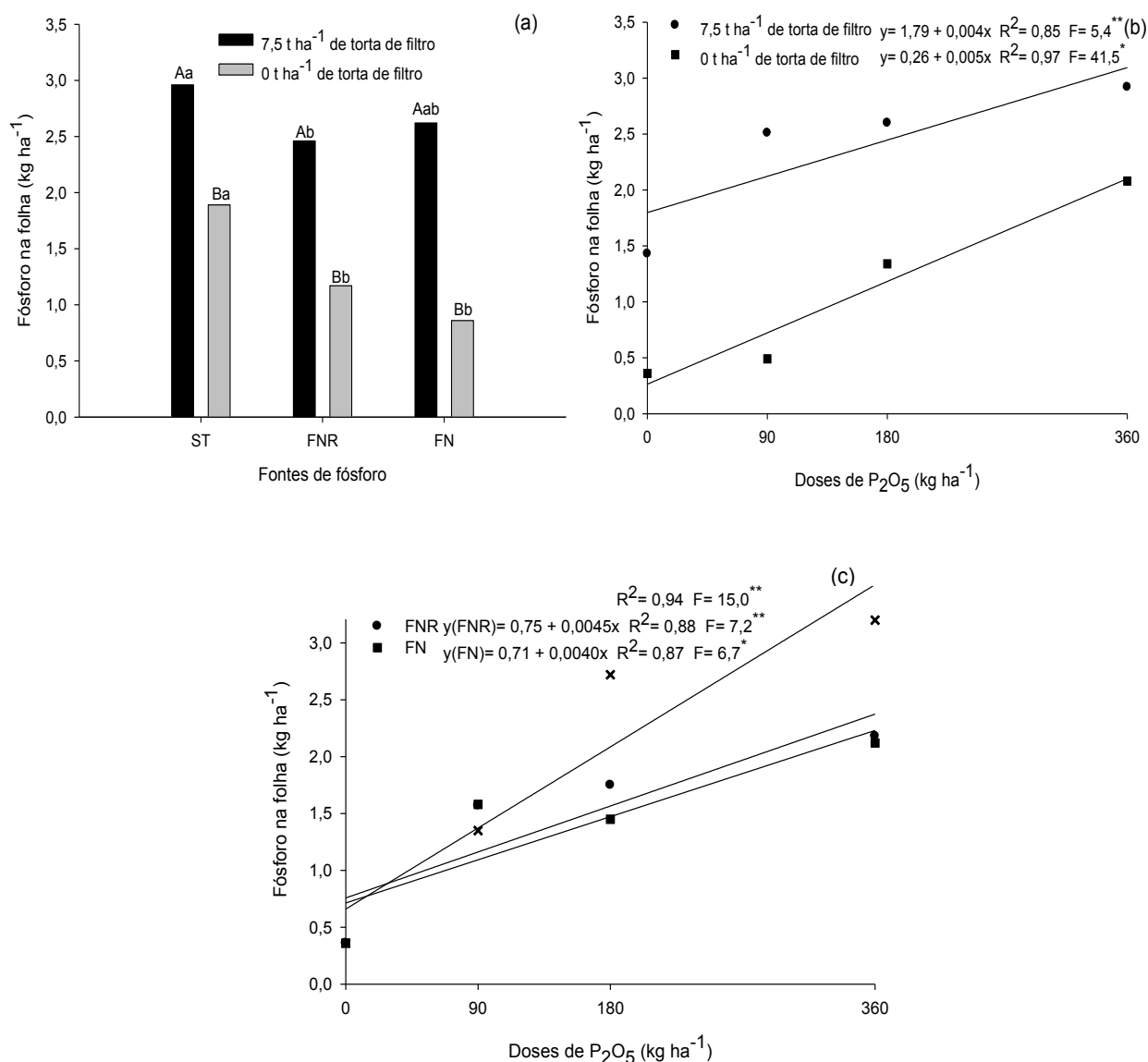


Figura 5. Acúmulo de P na folha da cana-de-açúcar, em função de fontes de P na ausência e na presença da torta de filtro (média de doses de P) (a) e de doses de P na ausência (0 t ha⁻¹) e na presença de torta de filtro (7,5 t ha⁻¹) (média de fontes de P) (b) e de doses de P na forma de superfosfato triplo - ST, fosfato natural reativo Bayóvar - FNR e fosfato natural de Araxá - FN (média da ausência e presença de torta de filtro) (c). Letras maiúsculas referem-se à ausência e presença da torta de filtro dentro das fontes de P e letras minúsculas referem-se às fontes de P dentro da torta de filtro, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e DMS (5%) para torta de filtro (0,29) e para fontes de P (0,35). ** e * - Significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

O maior acúmulo do nutriente na folha, de $2,9 \text{ kg ha}^{-1}$ proporcionado pela associação de torta de filtro e fontes de P, é reflexo do maior teor de P foliar observado com este tratamento (Figura 4a). No entanto, apenas com o uso de superfosfato triplo, foi obtido $1,9 \text{ kg ha}^{-1}$ de P foliar, esse valor é inferior ao verificado por Franco et al. (2008) que utilizando esta mesma fonte em Latossolo Vermelho Distrófico, cultivado com a variedade SP81 3250 verificaram acúmulo de 4 kg ha^{-1} de P.

O maior acúmulo de P foliar observado, foi de $3,2 \text{ kg ha}^{-1}$ ($P \leq 0,01$), obtido com a associação de 360 kg ha^{-1} de P_2O_5 com a torta de filtro (Figura 5b) sendo consequência do incremento dos teores de P no solo (Figura 3a) e foliar (Figura 4b) obtidos com este tratamento. Na ausência da torta de filtro, o uso da maior dose de P promoveu acúmulo de $2,1 \text{ kg ha}^{-1}$ do nutriente, valor semelhante ao observado por Franco et al. (2008) que foi de $2,0 \text{ kg ha}^{-1}$ de P foliar na variedade SP81 3250 em um estudo com o uso de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.

A aplicação de 360 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo propiciou o maior acúmulo de P na folha, com $3,9 \text{ kg ha}^{-1}$ ($P \leq 0,01$). O maior acúmulo de P observado por este tratamento relaciona-se também com maior incremento no teor de P no solo obtido por este tratamento (Figura 3b). O acúmulo de P foliar, observado no presente experimento, é superior ao observado por Simões Neto (2008), que verificou $0,42 \text{ kg ha}^{-1}$ do nutriente na folha da variedade RB86 3129 cultivada em Latossolo Amarelo Distrófico sob aplicação de $255,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo.

A aplicação das doses de P (média de fontes de P) elevou linearmente o acúmulo de P no colmo, atingindo maiores valores do nutriente na presença da torta de filtro em relação a sua ausência (Figuras 6a). As doses de P (média da ausência e presença da torta de filtro) incrementaram com ajuste linear o acúmulo de P no colmo, com destaque para o superfosfato triplo em relação às demais fontes fosfatadas (Figura 6b).

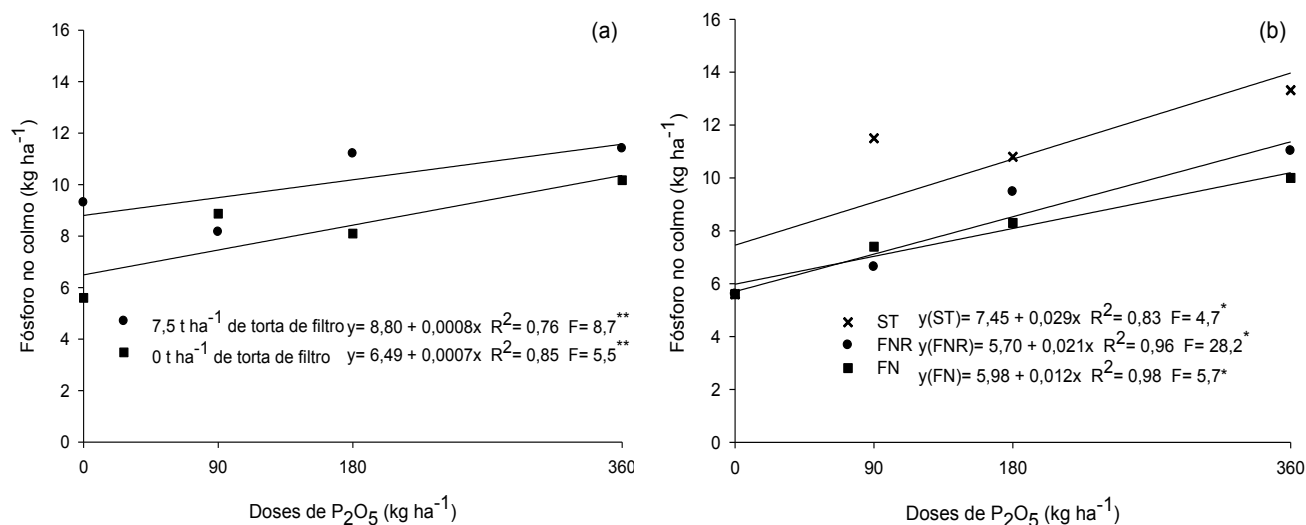


Figura 6. Acúmulo de P no colmo da cana-de-açúcar, em função de doses de P na ausência e na presença de torta de filtro (média de fontes de P) (a) e de doses de P na forma de superfosfato triplo - ST, fosfato natural reativo Bayóvar – FNR e fosfato natural de Araxá - FN (média da ausência e presença de torta de filtro) (b). ^{**} e ^{*} - Significativo pelo teste F a 1e 5% de probabilidade.

O maior acúmulo de P no colmo observado foi de 9,1 kg ha⁻¹ ($P \leq 0,01$), obtido com a associação de 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅ com a torta de filtro (Figura 6a) sendo consequência do incremento dos teores de P no solo (Figura 3a) e foliar (Figura 4b) obtidos com este tratamento. Na ausência da torta de filtro, o uso da maior dose de P promoveu acúmulo de 6,7 kg ha⁻¹ do nutriente, valor inferior ao observado por Franco et al. (2008) que foi de 10,0 kg ha⁻¹ de P no colmo na variedade SP81 3250 em um estudo com o uso de 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅ em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico.

A aplicação de 360 kg ha⁻¹ de P₂O₅ na forma de superfosfato triplo propiciou o maior acúmulo de P no colmo, com 17,9 kg ha⁻¹ ($P \leq 0,05$). O maior acúmulo de P observado por este tratamento relaciona-se também com maior incremento no teor de P no solo obtido por este tratamento (Figura 3b). O acúmulo de P no colmo, observado no presente experimento, é inferior ao encontrado por Franco et al. (2008) que observaram que, para a produção de 100 t ha⁻¹ de colmos houve acúmulo de 22 kg ha⁻¹ do nutriente no colmo de cana-planta cultivada em Latossolo

Vermelho Amarelo Distrófico, sob aplicação de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo.

A torta de filtro combinada com o superfosfato triplo (média de doses de P) foi responsável pelo maior acúmulo de P da parte aérea (Figura 7a). O maior acúmulo do nutriente na parte aérea foi obtido com a associação de 360 kg ha^{-1} de P_2O_5 (média de fontes de P) com a torta de filtro (Figura 7b). As doses de P (média da ausência e presença da torta de filtro) incrementaram com ajustamento linear o acúmulo de P na parte aérea, o superfosfato triplo destacou-se em relação às demais fontes fosfatadas (Figura 7c).

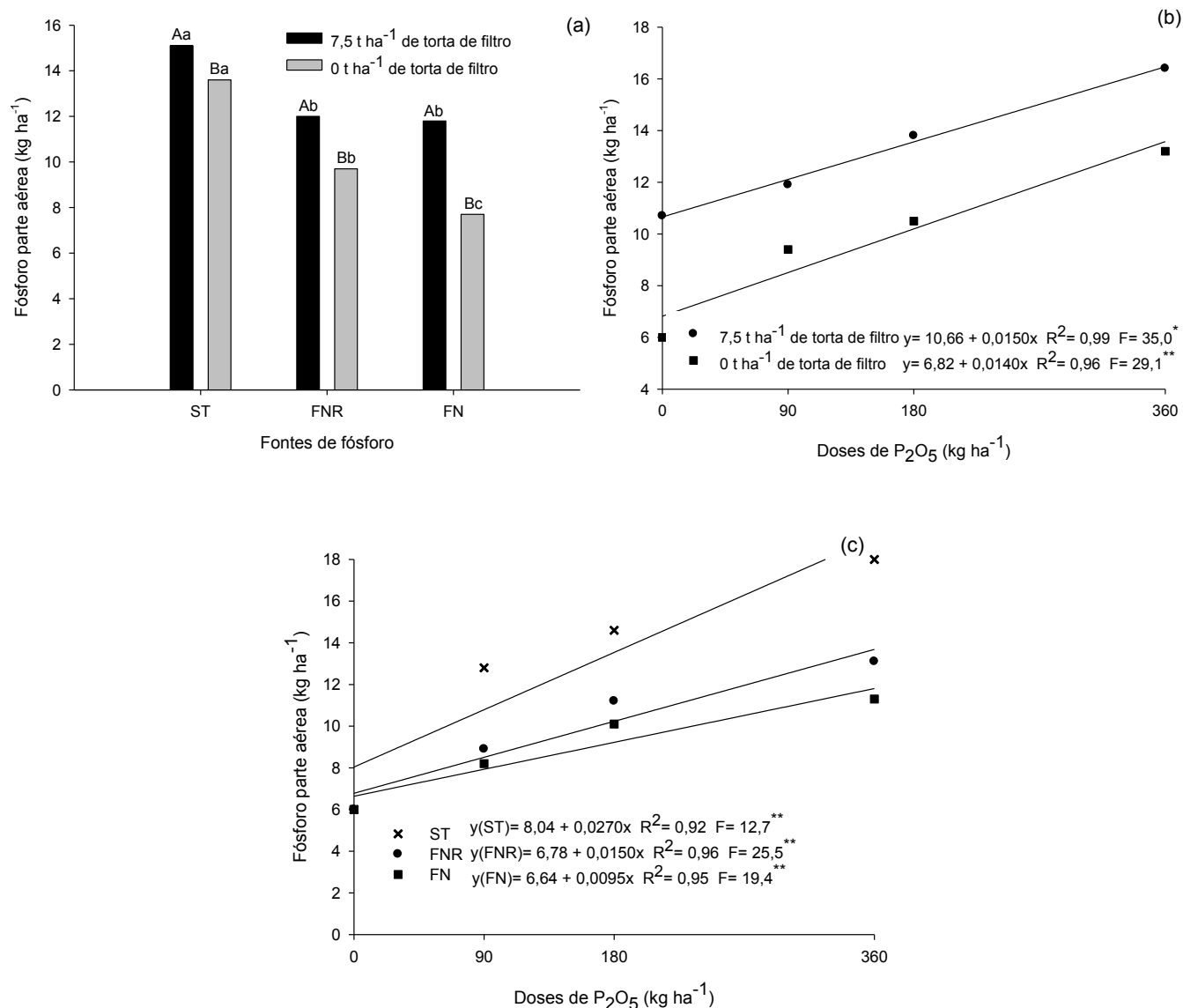


Figura 7. Acúmulo de P na parte aérea na cana-de-açúcar, em função de fontes de P na ausência e na presença da torta de filtro (média de doses de P) (a) e de doses de P na ausência (0 t ha⁻¹) e na presença de torta de filtro (7,5 t ha⁻¹) (média de fontes de P) (b) e de doses de P na forma de superfosfato triplo – ST, fosfato natural reativo Bayóvar – FNR e fosfato natural de Araxá – FN (média da ausência e presença da torta de filtro (c). Letras maiúsculas referem-se à ausência e presença da torta de filtro dentro das fontes de P e letras minúsculas referem-se às fontes de P dentro da torta de filtro, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e DMS (5%) para torta de filtro (1,23) e para fontes de P (1,48). ** e * - Significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

A torta de filtro combinada com o superfosfato triplo promoveu acúmulo de $15,1 \text{ kg ha}^{-1}$ do nutriente na parte aérea (Figura 7a). Esse comportamento é coerente, pois este mesmo tratamento promoveu o maior acúmulo do nutriente na folha (Figura 5a). No entanto, foi verificado acúmulo de $13,6 \text{ kg ha}^{-1}$ do nutriente na parte aérea, na ausência da torta de filtro, este valor é superior ao verificado por Franco et al. (2008) que observaram que, para a produção de 100 t ha^{-1} de colmos da variedade SP81 3250 cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico houve um acúmulo de 12 kg ha^{-1} de P na parte aérea.

O maior acúmulo do nutriente na parte aérea foi de $16,1 \text{ kg ha}^{-1}$ ($P \leq 0,05$) obtido com a associação de 360 kg ha^{-1} de P_2O_5 com a torta de filtro (Figura 7b) está relacionado ao incremento do teor de P acumulado no colmo obtido com este tratamento (Figura 6a). Na ausência da torta de filtro, a maior dose de P propiciou acúmulo de $11,8 \text{ kg ha}^{-1}$ do nutriente na parte aérea, porém, Calheiros et al. (2011), ao aplicarem 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 verificaram na variedade RB92 579, produção de colmos de $126,4 \text{ t ha}^{-1}$, com acúmulo na parte aérea de $14,3 \text{ kg ha}^{-1}$ de P. No entanto, para a produção de 100 t ha^{-1} de colmos, da variedade SP81 3250 cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico que recebeu 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 , houve acúmulo de 26 kg ha^{-1} de P na parte aérea (FRANCO et al., 2008).

A aplicação de 360 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo propiciou acúmulo de P na parte aérea (Figura 7c), de $17,8 \text{ kg ha}^{-1}$ ($P \leq 0,01$). O maior acúmulo de P observado por este tratamento relaciona-se também com maior acúmulo do nutriente na folha (Figura 4c) e colmo (Figura 5b). O acúmulo de P na parte aérea, observado no presente experimento, é inferior ao verificado por Caione; Fernandes; Lange (2013), que observaram $26,3 \text{ kg ha}^{-1}$ do nutriente acumulado na parte aérea de cana-planta cultivada em Latossolo Vermelho Amarelo Distrófico, sob aplicação de 100 kg ha^{-1} de P_2O_5 na forma de superfosfato triplo, essa concentração de nutriente proporcionou uma produção de colmos de $142,3 \text{ t ha}^{-1}$.

No entanto, o acúmulo de P na parte aérea da cana-planta foi maior que o obtido por Korndörfer e Melo (2009) em um estudo com fontes de P em cana-planta (SP71 1406) cultivada em um Argissolo Vermelho Amarelo Distrófico, obtendo acúmulo de P de 15 a 14 kg ha^{-1} para produção de colmos de 132 a 153 t ha^{-1} , respectivamente.

Aplicando P na forma de superfosfato triplo na dose de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 em Latossolo Amarelo Coeso Distrófico cultivado com a variedade RB86 7515, foi verificado um acúmulo de P na parte aérea de $14,5 \text{ kg ha}^{-1}$, proporcionando a produção de colmos de $89,6 \text{ t ha}^{-1}$ (CALHEIROS et al., 2012). Essas diferenças no acúmulo de P possivelmente devem-se as condições distintas de cultivo, variando com o tipo de solo e também as cultivares de cana-de-açúcar estudada.

Nas doses de P (média de fontes de P) ocorreu incremento na produção de colmos com ajuste linear apenas na ausência da torta de filtro (Figura 8a). As doses de P (média da ausência e presença da torta de filtro) incrementaram a produção de colmos com ajustamento linear, destacando-se as fontes fosfato Bayóvar e o superfosfato triplo em relação ao fosfato de Araxá (Figura 8b).

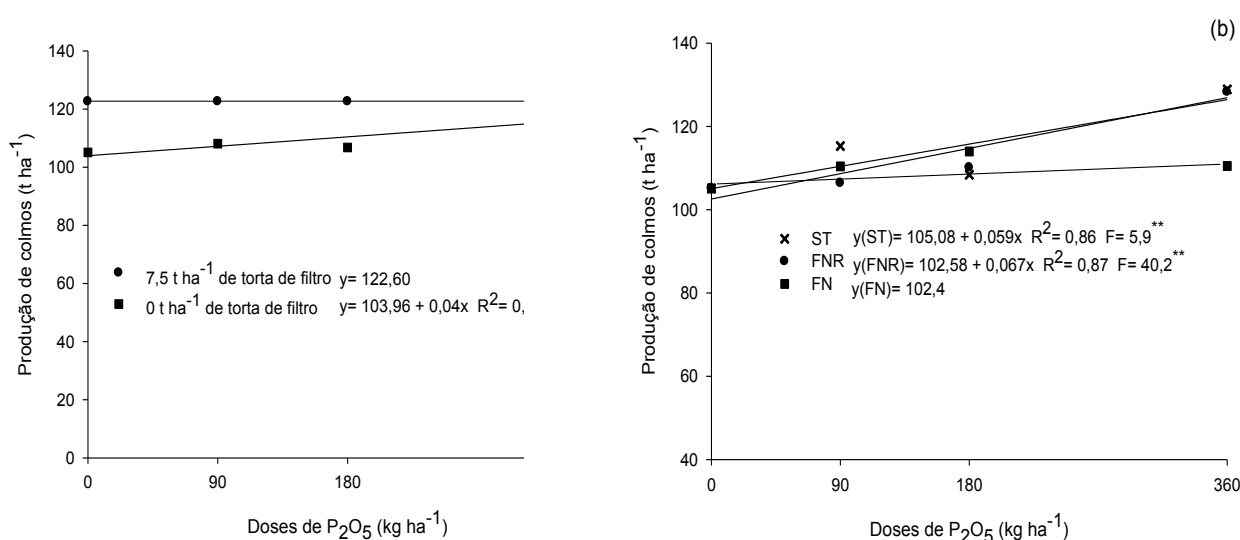


Figura 8. Produção de colmos da cana-de-açúcar, em função de doses de P na ausência e na presença da torta de filtro (média de fontes de P) (a) e de doses de P na forma de superfosfato triplo - ST, fosfato natural reativo Bayóvar – FNR e fosfato natural de Araxá - FN (média da ausência e da presença de torta de filtro) (b). ^{**} e ^{*} - Significativo pelo teste F a 1e 5% de probabilidade.

O uso da maior dose de P na ausência de torta de filtro propiciou produção de colmos de 118 t ha^{-1} ($P \leq 0,05$), no entanto, sem efeito das doses de P, a presença da torta de filtro, promoveu produção de colmos de 123 t ha^{-1} (Figura 8a). A obtenção da maior produção de colmos por este tratamento ocorre devido ao fato de que a

torta de filtro é fonte de P, com a dose aplicada houve o fornecimento de $58,5 \text{ kg ha}^{-1}$ de P_2O_5 para a planta, além disso, têm-se o P orgânico do solo, que compreende de 20 a 80% do P total (STEFFENS et al., 2010).

O uso da torta de filtro promoveu os maiores incrementos nos acúmulos de P na parte aérea (Figuras 7a e 7b). Ressalta-se que, a maior produção de colmos, obtida com o uso exclusivo de torta de filtro no presente experimento, foi observada no sistema de cana-planta (colheita aos 12 meses), sendo, portanto necessárias avaliações nas soqueiras. O efeito benéfico da aplicação do P em um Latossolo Vermelho na forma de superfosfato triplo associado com torta de filtro (4 t ha^{-1} base seca) foi também constatado por Santos et al. (2010) atingindo a maior produção de colmos, com 155 t ha^{-1} na dose de 200 kg ha^{-1} de P_2O_5 .

A aplicação da maior dose de fosfato Bayóvar e de superfosfato triplo propiciaram produção de colmos, respectivamente, de 127 e 126 t ha^{-1} ($P \leq 0,01$), contudo, não houve efeito com uso do fosfato de Araxá (Figura 8b). As maiores produções de colmos, observadas no uso das fontes fosfato Bayóvar e superfosfato triplo podem ser relacionadas ao aumento nos teores de P no solo (Figura 3b) e aos acúmulos do nutriente obtidos com o fosfato Bayóvar na parte aérea, que foi de $12,2 \text{ kg ha}^{-1}$ (Figura 7c) e $17,8 \text{ kg ha}^{-1}$ com a aplicação de superfosfato triplo (Figura 7c).

Resultado inferior ao obtido por Calheiros et al. (2012) tendo um acúmulo de P na parte aérea de $25,6 \text{ kg ha}^{-1}$ com a produção de colmos de $89,6 \text{ t ha}^{-1}$.

4.2. Efeitos dos tratamentos nas trocas gasosas e fosfatase ácida

A associação de torta de filtro e fontes de P e, fontes e doses do nutriente proporcionaram efeito significativo para a atividade da fosfatase ácida na folha de cana-de-açúcar (Tabela 2). A maior dose de P promoveu a maior atividade para fotossíntese, com $27,7 \mu\text{mol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($P \leq 0,05$), para a condutância estomática atingiu $201,7 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($P \leq 0,05$) e transpiração com $2,6 \text{ mmol m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ ($P \leq 0,05$).

Kuwahara; Souza (2009) observaram elevação na atividade da fotossíntese, condutância estomática e transpiração conforme aumentava as doses de P em braquiária, o que corrobora com o observado no presente experimento e, é

confirmado por Flügge et al. (2003) que associa a disponibilidade de fosfato inorgânico citoplasmático livre (Pi) a atividade fotossintética, pois o Pi é o substrato para tal reação. Além disso, o elevado teor de cálcio no solo também pode ter influenciado para um maior crescimento das raízes, já que este nutriente atua na divisão celular (SANTOS et al., 2009).

Tabela 3. Valores médios de assimilação líquida de CO₂ (A), condutância estomática (g_s), transpiração (E) e fosfatase ácida na cana-de-açúcar, em função da aplicação de fontes e doses de fertilizantes fosfatados na ausência e na presença de torta de filtro.

Tratamentos	A	g _s	E	Fosfatase ácida
Torta de filtro (T)	μmol m ⁻² s ⁻¹	mmol m ⁻² s ⁻¹	mmol m ⁻² s ⁻¹	nmol min ⁻¹ mg ⁻¹
Presença	25,6	205,0	2,6	178,8b
Ausência	21,7	181,8	2,5	196,1a
Teste F	3,76 ^{NS}	2,07 ^{NS}	0,13 ^{NS}	91,77 ^{**}
Fontes (F)				
Superfosfato triplo	22,8	180,2	2,5	177,5c
Fosfato Bayóvar	25,1	193,3	2,5	189,7b
Fosfato de Araxá	23,0	206,2	2,5	195,2a
Teste F	0,53 ^{NS}	0,84 ^{NS}	0,03 ^{NS}	33,76 ^{**}
Doses (D)				
0 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	23,1	90,0	1,2	196,3
90 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	23,8	182,1	2,5	195,5
180 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	24,0	196,5	2,5	188,2
360 kg ha ⁻¹ de P ₂ O ₅	27,7	201,7	2,6	178,8
Teste F	3,92	4,29	7,0	28,64 ^{**}
		Teste F		
(T) x (F)	1,18 ^{NS}	0,10 ^{NS}	0,57 ^{NS}	5,56 [*]
(T) x (D)	3,17 ^{NS}	1,31 ^{NS}	1,32 ^{NS}	1,82 ^{NS}
(F) x (D)	1,15 ^{NS}	1,02 ^{NS}	2,54 ^{NS}	2,81 [*]
(T) x (F) x (D)	0,78 ^{NS}	0,36 ^{NS}	2,02 ^{NS}	2,86 [*]
C.V. (%)	32,0	32,4	25,4	3,5

^{**}, ^{*} e ^{NS} – Significativo a 1 e 5% de probabilidade e não significativo, respectivamente, em relação ao teste de F.

A aplicação de P na forma de superfosfato triplo e fosfato Bayóvar apresentaram as maiores reduções na atividade da fosfatase ácida em relação ao fosfato de Araxá (média de doses de P), especialmente quando associado à torta de filtro (Figura 9a). As doses de P (média da ausência e da presença da torta de filtro) promoveram decréscimo com ajuste linear na atividade da fosfatase ácida, o superfosfato triplo destacou-se em relação às demais fontes fosfatadas (Figura 9b).

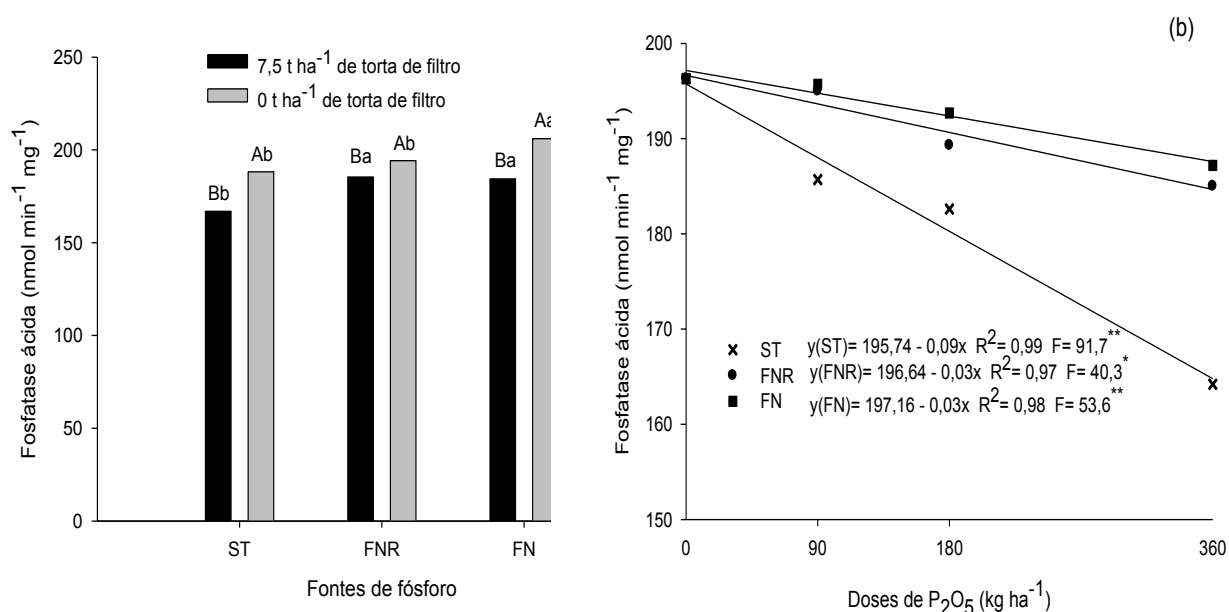


Figura 9. Fostatase ácida na folha da cana-de-açúcar, em função de fontes de P na ausência e na presença da torta de filtro (média de doses de P) (a) e de doses de P na forma de superfosfato triplo - ST, fosfato natural reativo Bayóvar – FNR e fosfato natural de Araxá - FN (média da ausência e da presença de torta de filtro) (b). Letras maiúsculas referem-se à ausência e presença da torta de filtro dentro das fontes de P e letras minúsculas referem-se às fontes de P dentro da torta de filtro, pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade e DMS (5%) para torta de filtro (6,30) e para fontes de P (7,59). ** e * - Significativo pelo teste F a 1 e 5% de probabilidade.

O superfosfato triplo associado à torta de filtro promoveu a menor atividade da fosfatase ácida, com 166,9 nmol min⁻¹ mg⁻¹ (Figura 9a). A maior redução na atividade desta enzima relaciona-se ao melhor suprimento de P da cana-de-açúcar obtido com este tratamento no acúmulo do nutriente na parte aérea (Figura 7a). Em plantas de trigo, foi observado que a aplicação de superfosfato triplo proporcionou redução de 90% da atividade da fosfatase ácida, no entanto o estágio da cultura também influencia possíveis variações na atividade desta enzima (MCLACHLAN et al., 1987).

Possivelmente, a redução da atividade da fosfatase ácida e, consequentemente menor remobilização do nutriente na planta, seja atribuída, ao maior teor de P disponível da fonte solúvel, associada ao fornecimento de P da torta de filtro (SANTOS et al., 2010). O uso da maior dose de P na forma de superfosfato triplo reduziu a atividade da enzima, atingindo 163,3 nmol min⁻¹ mg⁻¹ ($P \leq 0,01$) (Figura

9b). A resposta observada pode ser devido ao maior fornecimento de P para a planta (Figura 7c). Também em cana-de-açúcar, foi observado redução na atividade da fosfatase ácida conforme aumento no fornecimento de P às plantas (SILVA; BASSO, 1993).

Comportamento semelhante foi observado por Rossi; Monteiro (1999) que, com aplicações de doses crescentes de P (3,1; 15,5 e 31,0 mg L⁻¹) em gramíneas, sob deficiência do nutriente em casa de vegetação, verificaram decréscimo na atividade da fosfatase ácida nas plantas. Reduções na atividade desta enzima também foram observadas com a elevação das doses de P em plantas de milho deficientes (YUN; KAEPPLE, 2001). Deste modo, o monitoramento da nutrição fosfórica a partir da atividade da fosfatase ácida, com valores de referência tornar-se uma ferramenta alternativa para a diagnose do estado nutricional em P, antes do aparecimento de sintomas visuais de deficiência.

V. CONCLUSÕES

O efeito das doses de fósforo no aumento do teor de P no solo, na folha, no acúmulo na planta destaca-se na presença da torta de filtro em relação a sua ausência. No entanto, o uso da torta de filtro sem a adubação fosfatada foi suficiente para propiciar a maior produção de colmos da cana-planta.

O uso da maior dose de superfosfato triplo ou a associação da torta de filtro com esta fonte propiciou as maiores reduções na atividade da fosfatase ácida. O uso da maior dose de fósforo aumentou a atividade da fotossíntese, condutância estomática e transpiração nas plantas de cana-de-açúcar.

VI. REFERÊNCIAS

AGRIANUAL. **Anuário da Agricultura Brasileira**. São Paulo: AgraFNP, 2013. p. 227-230.

ALCARDE, J C. **Manual de análise de fertilizantes**. FEALQ, Piracicaba. 2009, 279 p.

ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011.

ALVARENGA, R. P.; QUEIROZ, T. R. Caracterização dos aspectos e impactos econômicos, sociais e ambientais do setor sucroalcooleiro Paulista. In: CONGRESSO DA SOCIEDADE BRASILEIRA DE ECONOMIA, ADMINISTRAÇÃO E SOCIOLOGIA RURAL, 46., 2008, Rio Branco. **Anais...** Rio Branco: SOBER, 2008. p. 21.

ANDRADE, F. V.; MENDONÇA, E. S.; ALVAREZ, V. H.; NOVAIS, R. F. Adição de ácidos orgânicos e húmicos em Latossolo e adsorção de fosfato. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 27, n. 6 , p. 1003-1011, 2003.

ASPELMEIER, S.; LEUSCHNER, C. Genotypic variation in drought response of silver birch (*Betula pendula*): leaf water status and carbono gain. **Tree Physiology**, Oxford, v. 24, n. 5, p. 517-528, 2004.

AVALHÃES, C. C.; PRADO, R. M. Compostagem de resíduos da indústria sucroalcooleira enriquecidos com fontes alternativas de P. **Nucleus**, Ituverava, v. 6, n. 1, p. 271-283, 2009.

BARBOSA, J. C.; MALDONADO JÚNIOR, W. **AgroEstat**: Sistema para Análises Estatísticas de Ensaios Agronômicos Jaboticabal, FCAV/UNESP. 2012.

BAR-YOSEF, B. Root excretion and their environmental effects: Influence on availability of phosphorus. In: WASEL, Y.; ESHEL, A.; KAFKAFI, U. (Ed.). **Plant roots: the hidden half**. New York: Marcel Dekker, 1996. p. 581-605.

BATAGLIA, O. C.; FURLANI, A. M. C.; TEIXEIRA, J. P. F.; FURLANI, P. R.; GALLO, J. R. **Métodos de análise química de plantas**. IAC, Campinas. 1983, 48 p.

BESFORD, R. T. Nutrients imbalances in tomato plants and acid phosphatase activity in the leaves. **Journal of the Science Food Agriculture**, Londres, v. 30, n. 3, p. 275-280.1979.

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**, Georgia, v. 31, p. 1832 – 1843, 2008.

BOVI, M. L. A.; BASSO, L. C.; TUCCI, M. L. S. Avaliação da atividade “in vivo” da fosfatase ácida e do crescimento de progênies de pupunheira cultivadas em duas doses de nitrogênio e P. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 22, n. 3, p. 427-434. 1998.

CAIONE, G.; FERNANDES, F. M.; LANGE, A. Efeito residual de fontes de P nos atributos químicos do solo, nutrição e produtividade de biomassa da cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, Recife, v. 8, n. 2, p. 189-196, 2013.

CAIONE, G.; LANGE, A.; BENETT, C. G. S.; FERNANDES, F. M. Fontes de P para adubação de cana-de-açúcar forrageira no cerrado. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v. 41, n. 1, p. 66-73. 2011.

CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. S.; COSTA, J. P. V.; LIMA, G. S. A.; ARISTIDES, E. V. S. Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função de doses de P. **STAB- Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 29, n. 3, p. 34-37. 2011.

CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. S.; SANTIAGO, A. D.; ARISTIDES, E. V. S. Produção de biomassa, de açúcar e de proteína em função de variedades de cana e de adubação fosfatada. **Semina**, Londrina, v. 33, n. 2, p. 809-818. 2012.

CAMARGO, O. A.; MONIZ, A. C.; JORGE, J. A.; VALADARES, J. M. A. S. **Métodos de análise química, mineralógica e física de solos do Instituto Agrônomo de Campinas**. IAC, Campinas. 2009. 77p.

CARDOZO, C. O. N.; BENEDINI, M. S.; PENNA, M. J. **Viabilidade técnica do uso do composto no plantio comercial de cana-de-açúcar**. São Paulo: IAC, 1988. p. 13-17. (Boletim Técnico Copersucar, 41).

CEPAGRI. Centro de Pesquisas Meteorológicas e Climáticas Aplicadas a Agricultura. **Clima dos municípios paulistas**. Disponível em: <http://www.cpa.unicamp.br/outras-informacoes/clima_muni_253.html>. Acesso em: 10 fev. 2012.

CHIEN, S. H.; MENON, R. G. Factors affecting the agronomic effectiveness of phosphate rock for direct application. **Fertilizer Research**, Dordrecht, v. 41, n. 2, p. 227-234, 1995.

COLETI, J. J.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. O.; OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em argissolos, variedades RB835486 e SP 81-3250. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 24, n. 5, p. 32-36, 2006.

DINARDO-MIRANDA, L. L.; GIL, M. A.; COELHO, A. L.; GARCIA, V.; MEGATTI, C. C. Efeito da torta de filtro e de nematicida sobre infestações de nematóides e a produtividade da cana-de-açúcar. **Nematologia Brasileira**, Piracicaba, v. 27, n. 1, p. 61-67, 2003.

EL TILIB, M. A.; ELNASIKH, M. H.; ELAMIN, E. A. Phosphorus and potassium fertilization effects on growth attributes and yield of two sugarcane varieties grown on three soil series. **Journal of Plant Nutrition**, Georgia, v. 27, n. 4, p. 663-669, 2004.

ELAMIN, E. A.; EL TILIB, M. A.; ELNASIKH, M. H.; IBRAIM, S. H.; ELSHEIKH, M. A.; BABIKER, E. E. The influence of phosphorus and potassium fertilization on the quality of sugar of two sugarcane varieties grown on three soil series of Sudan. **Journal of Applied Sciences**, New York, v. 7, n. 16, p.2345-2350, 2007.

EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos**. Embrapa, Rio de Janeiro. 412 p. 2006.

ERICH, M. S.; FITZGERALD, C. B.; PORTER, G. A. The effect of organic amendments on phosphorus chemistry in a potato cropping system. **Agriculture Ecosystems and Environment**, Zurich, v. 88, n. 1, p. 79-88, 2002.

FACTUR, V. D. **Fontes de P associadas à adubação orgânica no plantio de cana de ano**. 2008. 27 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrônômicas. Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente, 2008.

FARONI, C. E.; TRIVELIN, P. C. O.; FRANCO, H. C. J.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; CANTARELLA, H. Estado nutricional da cultura de cana-de-açúcar (cana-planta) em experimentos com ^{15}N . **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 33, n. 6, p. 1919-1927. 2009.

FLÜGGE, U. I.; HÄUSLER, R. E.; LUDEWIG, F.; FISCHER, K. Functional genomics of phosphate antiport systems of plastids. **Physiologia Plantarum**, Lund, v. 118, n. 4, p. 475-482, 2003.

FRANCO, H. C. J.; CANTARELLA, H.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OTTO, R.; FARONI, C. E.; SARTORI, R. H.; TRIVELIN, M. O. Acúmulo de nutrientes pela cana-planta. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 26, n. 5, p. 47-51. 2008.

FRAVET, P. R. F.; SOARES, R. A. B.; LANA, R. M. Q.; LANA, A. M. Q.; KORNDÖRFER, G. H. Efeito de doses de torta de filtro e modo de aplicação sobre a produtividade e qualidade tecnológica da soqueira de cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 34, n. 3, p. 618-624, 2010.

GARCIA, J. C.; ANDRADE, L. A. B.; ANJOS, I. A.; LEITE, G. M. V.; FIGUEIREDO, P. A. M. Uso de resíduos de alambique, fertilização orgânica e mineral nos rendimentos agrícola e de aguardente em cana-de-açúcar, primeira soqueira. **Revista Biociências**, Taubaté, v. 15, n. 1, p. 65-73, 2009.

GAUME, A. E. L.; RAO, I. M.; GAUME, A. J.; FROSSARD, E. A. A comparative study on plant growth and root plasticity responses of two *Brachiaria* forage grasses grown in nutrient solution at low and high phosphorus supply. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 328, n. 1-2, p. 155-164. 2010.

GLAZ, B.; POWELL, G.; PERDOMO, R.; ULLOA, M. F. Sugarcane genotype response to phosphorus fertilizer in the Everglades. **Agronomy Journal**, Madison, v. 92, n. 5, p. 887-894, 2000.

GONÇALVES, E. R.; FERREIRA, V. M.; SILVA, J. V.; ENDRES, L.; BARBOSA, T. P.; DUARTE, W. G. Trocas gasosas e fluorescência da clorofila a em variedades de cana-de-açúcar submetidas à deficiência hídrica. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 14, n. 4, p. 378-386. 2010.

HAAG, H. P.; DECHEN, A. R.; CARMELO, Q. A. C. Nutrição mineral da cana-de-açúcar. In: PARANHOS, S.B. **Cana-de-açúcar, cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. cap. 1, p. 88-159.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência agrônômica de fosfatos naturais. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (ed). **P na agricultura brasileira**. POTAFOS, Piracicaba. 2004. p. 665-682.

HOUSSAIN, A. A.; ABO GHALIA, H. H.; ABDALLAH, S. A. Rock phosphate solubilization by Aspergilli species grown on olive-cake waste and its application in plant growth improvement. **Egyptian Journal of Biology**, Cairo, v. 3, p. 89-96. 2001.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Cidades**. Disponível em: <<<http://www.ibge.gov.br/cidadesat/link.php?uf=sp>>>. Acesso em: 29 out. 2011a.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Produção agrícola municipal anual lavouras temporárias**. Disponível em: <ftp://ftp.ibge.gov.br/Producao_Agricola/Producao_Agricola_Municipal_%5Banual%5D/2009/lav_temp_brasil.zip>. Acesso em: 20 jan. 2011b.

KORNDÖRFER, G. H. Fósforo na cultura da cana-de-açúcar. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S. (Ed). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 2004. p. 290-306.

KORNDÖRFER, G. H. Importância da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: SÁ, M. E.; BUZETTI, S. (Ed.). **Importância da adubação na qualidade dos produtos agrícolas**. São Paulo: Ícone, 1994, cap. 7. p. 133-142.

KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cultura da cana-de-açúcar à adubação fosfatada. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 102, p. 7, 2003.

KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L.; PORTIER, K. M.; HANLON, E. A. Phosphorus soil test correlation to sugarcane grown on Histosols in the Everglades. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v. 59, p. 1655-1661. 1995.

KORNDÖRFER, G. H.; MELO, S. P. Fontes de P (fluida ou sólida) na produtividade agrícola e industrial da cana-de-açúcar. **Ciência e Agrotecnologia**, Lavras, v. 33, n. 1, p. 92-97. 2009.

KUWAHARA, F. A.; SOUZA, G. M. P como possível mitigador dos efeitos da deficiência hídrica sobre o crescimento e as trocas gasosas de *Brachiaria brizantha* cv. MG-5 Vitória. **Acta Scientiarum Agronomy**, Maringá, v. 31, n. 2, p. 261-267. 2009.

LEE, Y. B.; KIM, P. J. Reduction of phosphate adsorption by ion competition with silicate in soil. **Korean Journal of Environmental Agriculture**, Seul, v. 26, n. 4, p. 286-293, 2007.

LIMA, C. C. Disponibilidade de P para a cana-de-açúcar em solo tratado com compostos orgânicos ricos em silício. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 12, p. 1222-1227.2011.

MACHADO, J. C.; OLIVEIRA, M. W.; BARBOSA, M. H. P.; MENDES, L. C.; SILVA, F. L.; ROZANE, D. E. Adubação fosfatada, produção de sacarose e qualidade do caldo da RB72-454 no ciclo de cana-planta e de primeira rebrota. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 29., 2003 Ribeirão Preto, SP. **Anais...** Ribeirão Preto, SP: SBCS, 2003.

MALAVOLTA, E. **Manual de nutrição mineral de plantas**. São Paulo: Ceres, 2006. 638 p.

MARIN, F. R.; PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULIO JÚNIOR, J. Cana-de-açúcar. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Org.). **Agrometeorologia dos cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, 2009. p. 111-130.

MATIAS, G. C. S. **Eficiência agrônômica de fertilizantes fosfatados em solos com diferentes capacidades de adsorção de P e teores de matéria orgânica**. 2010. 175f. Tese (Doutorado em Solos e Nutrição de Plantas). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Piracicaba, 2010.

MCLACHLAN, K. D. Leaf acid phosphatase activity and the phosphorus status of field-grown wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 33, n. 3, p. 453-464, 1982.

MCLACHLAN, K. D.; ELLIOTT, D. E.; DE MARCO, D. G.; GARRAN, J. H. Leaf acid phosphatase isozymes in the diagnosis of phosphorus status in field-grown wheat. **Australian Journal of Agricultural Research**, Collingwood, v. 38, n. 1, p. 1-13, 1987.

MENDES, L. C.; BARBOSA, M. H. P.; OLIVEIRA, M. W.; ROZANE, D. E.; MARQUES, W. P.; RIBEIRO, W. R. M. Perdas de nitrogênio pela folhagem da cana durante a senescência foliar. In: ZOOTECA 2004., 2004, Brasília, DF. **Anais....** Brasília: SBCS, 2004. 1 CD Room.

MEYER, H.; WOOD, R. A. Factors affecting phosphorus nutrition and fertilizer use by sugarcane in South Africa. **Proceedings of The South African Sugar Technologists Association**, Mount Edgecombe, v. 63, p. 153-158, 1989.

MOREIRA, F. M. S.; SIQUEIRA, J. O. **Microbiologia e bioquímica do solo**. Lavras: UFLA, 2002, 626 p.

NARDIN, R. R. **Torta-de-filtro aplicada em argissolo e seus efeitos agrônômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. 2007. 51f. Dissertação (Mestrado em Agricultura Tropical e Subtropical). Instituto Agrônomo de Campinas, Campinas, 2007.

NGACHIE, V. Phosphate sorption of an acid-mineral soil as affected by liming, organic material additional, and heating. **Tropical Agriculture**, New Delhi, v. 73, n. 3, p. 175-179, 1996.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. T. **P em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999.

NUNES JÚNIOR, D. Torta de filtro: de resíduo a produto nobre. **IDEA News**, Ribeirão Preto, v. 8, n. 92, p. 22-30, 2008.

NUNES JÚNIOR., D.; MORELLI, J.L.; NELLI, E.J. **Comportamento de variedades de cana-de-açúcar na presença de torta de filtro e de mamona**. São Paulo: Copersucar, 1988. p. 3-12 (Boletim Técnico, 41, Parte II).

OLSEN, S. R. Micronutrients interactions. In: MOTVERDT, J. J.; GIORDANO, P. M; LINDSAY, W. L. (Ed). **Micronutrients in agriculture**. Madison: Soil Science Society of America, 1972. p. 243-264.

ORLANDO FILHO, J. Calagem e adubação da cana-de-açúcar. In: CÂMARA, G. M. S.; OLIVEIRA, E. A. M. (Ed). **Produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: FEALQ, 1993. p. 133-46.

OTHIENO, C. O. The effect of organic mulches on yields and phosphorus utilization by plants in acids soils. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 38, n. 1, p. 17-32, 1973.

PENATTI, C. P.; BONI, P. S. **Efeito da torta de filtro na cana-planta e na cana-soca**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Copersucar, 1989, p. 7.

PEREZ, O.; MELGAR, M. Sugar cane response to nitrogen, phosphorus and potassium application in Andisol soils. **Better Crops International**, Atlanta. v. 12, n. 2, p. 20-24, 1998.

PIZAURO, J. M.; CURTI, C.; CIANCAGLINI, P.; LEONE, F. A.; Kinetic properties of triton X-100 solubilized bone matrix-induced alkaline phosphatase. **Cellular and Molecular Biology**, Elmsford, v. 34, n. 5, p. 921-926, 1988.

PMGCA. Programa de Melhoramento Genético da Cana-de-Açúcar. **Variedades RB de cana-de-açúcar**. Centro de Ciências Agrárias/UFSCAR, 2008.

PROCANA. **Centro de Informações Sucroenergéticas**. Disponível em: <<<http://www.jornalcana.com.br/conteudo/Conheca%20o%20Setor.asp>>>. Acesso: 20. jan 2012.

RAIJ, B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1991. 343 p.

RAIJ, B.; ANDRADE, J. C.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. IAC, Campinas. 2001. 285 p.

RAIJ, B.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: IAC, 1997. p. 233-243. (Boletim, 100).

RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. IAC. Campinas. 1997. 285 p.

REIS, N. P. Perspectivas para o P. In: SIMPÓSIO NACIONAL DO SETOR DE FERTILIZANTES, 2., 2002, São Paulo. **Palestra...** São Paulo: ANDA, 2002. 364 p.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Fertilidade do solo, nutrição e adubação. In: DINARDO-MIRANDA, L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2009a, p. 234.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; PRADO JÚNIOR, J. P. Q. P. In: DINARDO-MIRANDA, L.; VASCONCELOS, A. C. M.; LANDELL, M. G. A. (Ed.). **Cana-de-açúcar**. Campinas: IAC, 2009b, p. 272.

ROSSI, C.; MONTEIRO, F. A. Doses de P, épocas de coleta e o crescimento e diagnose nutricional nos capins braquiária e colônia. **Scientia Agrícola**, Piracicaba, v. 56, n. 4, p. 1101-1110. 1999.

SANTOS, D. H.; SILVA, M. A.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; ECHER, F. R. Qualidade tecnológica da cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 15, n. 5, p. 443-449, 2011.

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**, Goiânia, v. 40, n. 4, p. 454-461, 2010.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de P. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 13, n. 4, p. 389-396, 2009.

SANYAL, S. K.; DE DATTA, S. K. Chemistry of phosphorus transformations in soil. **Advances in Soil Science**, New York, v. 16, n. 2, p. 1-120, 1991.

SCHJORRING, J. K. Nitrate and ammonium absorption by plants growing at a sufficient or insufficient level of phosphorus in nutrient solution. In: LAMERS, H. (Ed.). **Fundamental ecological and agricultural aspects of nitrogen metabolism in higher plants**. Dordrecht: Martinus Nijhoff, 1996, p. 53-58.

SCHWERTMANN, U.; KODAMA, H.; FISCHER, W. R. Mutual interactions between organics and iron oxides. In: HUANG, P. M.; SCHNITZER, M. (Ed.). **Interaction of soil mineral with natural organics and microbes**. Madison: SSSA, 1986. Special. Publication. n. 17, p. 223-247.

SILVA, F. C.; BASSO, L. C. Avaliação da atividade in vivo da fosfatase ácida da folha na diagnose da nutrição fosfórica em cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 17, n. 3, p. 371-375, 1993.

SIMÕES NETO, D. E. **Avaliação da disponibilidade de fósforo e recomendação de adubação fosfatada para cana-planta em solos do estado de Pernambuco**. 2008. 105 f. Tese (Doutorado em Ciência do Solo). Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2008.

SIMÕES NETO, D. E.; OLIVEIRA, A. C. D.; ROCHA, A. T. D.; FREIRE, F. J.; FREIRE, M. B. D. S.; NASCIMENTO, C. W. D. Industrial characteristics of sugar cane under phosphate fertilization in soils of Pernambuco Brazil. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v. 16, n. 4, p.347-354. 2012.

SOUZA, R. F.; FAQUIN, V.; TORRES, P. R. F.; BALIZA, D. P. Calagem e adubação orgânica: Influência na adsorção de P em solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v. 30, n. 6, p. 975-983, 2006.

SPIRONELLO, A.; RAIJ, B.; PENATTI, C. P.; CANTARELLA, H.; MORELLI, J. L.; ORLANDO FILHO, J.; LANDELL, M. G. A.; ROSSETTO, R. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. (Ed). **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. IAC, Campinas. 1997. p. 233-243.

STEFFENS, D.; LEPPIN, T.; LUSCHIN-EBENGREUTH, N.; YANG, Z. M.; SCHUBERT, S. Organic soil phosphorus considerably contributes to plant nutrition but is neglected by routine soil-testing methods. **Journal of Plant Nutrition in Soil Science**, Tharandt, v. 173, p. 765-771, 2010.

SUNDARA, B.; NATARAJAN, V.; HARI, K. Influence of phosphorus solubilizing bacteria on changes in soil available phosphorus and sugarcane and sugar yields. **Field Crops Research**, Amsterdam, v. 77, n. 1, p. 43-49, 2002.

TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; CAMILOTTI, F.; SILVA, T. Exportação de macronutrientes em cinco variedades de cana-de-açúcar cultivadas na região centro norte do Estado de São Paulo. **STAB - Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 25, n. 6, p. 38-42, 2007.

ÚNICA. União da Indústria de Cana-de-Açúcar. **Cotações**. Disponível em: <<http://www.unica.com.br/dadosCotacao/estatistica/>>. Acesso em: 18 ago. 2011

VASSILEV, N.; MEDINA, A.; AZCON, R.; VASSILEVA, M. Microbial solubilization of rock phosphate on media containing agro-industrial wastes and effect of the resulting products on plant growth and P uptake. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 287, n. 1-2, p. 77-84. 2006.

WALKLEY, A.; BLACK, I. A.; (1934) An examination of Degtjareff method for determining soil organic matter and a proposed modification of the chromic acid titration method. **Soil Science**, Baltimore, v. 37, n. 1, p. 29-37, 1934.

YADAV, K.; SINGH, T. Effect of *Bacillus megatherium* on the solubilization of phosphatic fertilizers influencing yield and uptake by sugarcane. **Bharatiya Sugar Journals**, Pune, v. 15, n. 2, p. 15-23, 1990.

YUN, S. J.; KAEPLER, S. M. Induction of maize acid phosphatase activities under phosphorus starvation. **Plant and Soil**, Dordrecht, v. 237, n. 1, p. 109-115. 2001.