UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA
UNOESTE
PRESIDENTE PRUDENTE - SP

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA

Fosfatos reativo e solúvel associado a torta de filtro na adubação da cana planta

LEANDRO DE OLIVEIRA

Presidente Prudente – SP
2012

UNIVERSIDADE DO OESTE PAULISTA
UNOESTE
PRESIDENTE PRUDENTE - SP

PRÓ-REITORIA DE PESQUISA E PÓS-GRADUAÇÃO
MESTRADO EM AGRONOMIA

Fosfatos reativo e solúvel associado a torta de filtro na adubação da cana planta

LEANDRO DE OLIVEIRA

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia.

Área de Concentração: Produção Vegetal

Orientador: Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego

Presidente Prudente – SP
2012

633.611
O48f

Oliveira, Leandro.
Fosfatos reativo e solúvel associado a torta de filtro na adubação da cana planta / Leandro Oliveira. – Presidente Prudente, 2012.
(53)f.: il.

Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista – Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2012.
Bibliografia.
Orientador: Juliano Carlos Calonego

1. Fósforo 2. Superfosfato. Simples 3. *Saccharum spp* L. 4. Cultura da Cana. I. Título.

LEANDRO DE OLIVEIRA

Fosfatos reativo e solúvel associado a torta de filtro na adubação da cana planta.

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Agronomia- Área de Concentração: Produção Vegetal

Presidente Prudente, 07 de Dezembro de 2012

BANCA EXAMINADORA

_____

Prof. Dr. Juliano Carlos Calonego
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

_____

Prof. Dr. Carlos Sérgio Tiritan
Universidade do Oeste Paulista – Unoeste
Presidente Prudente-SP

_____

Prof. Dr. Sandro Roberto Brancalião
IAC – Centro Avançado de Pesquisa Tecnológica do Agronegócio da Cana.

DEDICATÓRIA

À minha mãe Zenith Goes de Oliveira e ao meu pai João Quirino de Oliveira que me incentivaram para a realização do mestrado, e à minha esposa Cristiany G. M. de Oliveira que sempre me incentivou e apoiou nos momentos que mais precisei.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente a Jesus Cristo que sempre esteve e estará junto a mim me dando força e entusiasmo para enfrentar os desafios da vida.

Ao meu orientador, Professor Dr. Juliano Carlos Calonego, pelos conhecimentos passados, comprometimento e empenho.

Ao Programa de Pós-Graduação em Agronomia da Universidade do Oeste Paulista, pela oportunidade dada para a titulação de Mestre.

Aos Professores do Programa de Pós-graduação em Agronomia da UNOESTE, pelo conhecimento transmitido.

Aos funcionários da UNOESTE que ajudaram na realização do plantio e condução do experimento com muita dedicação.

Aos alunos da graduação que ajudaram na condução do experimento.

A vida é uma peça de teatro que não permite ensaios. Por isso, cante, chore, dance, ria e viva intensamente, antes que a cortina se feche e a peça termine sem aplausos.

Charles Chaplin

RESUMO

Fosfatos reativo e solúvel associado a torta de filtro na adubação da cana planta

A utilização de fosfatos naturais reativos, com disponibilização gradual e contínua de fósforo para a solução do solo pode ser uma alternativa para garantir a produtividade da cana planta e das soqueiras e reduzir a formação de P não lábil. A mistura entre adubos fosfatados com solubilidades distintas pode ser uma estratégia para fornecer P prontamente disponível, visando a produtividade da cana planta e para fornecer P que estará disponível ao longo dos anos, pois somente o uso de fosfatos solúveis no plantio da cana pode indisponibilizar fósforo no desenvolvimento, maturação da cana-planta e das soqueiras devido à fixação pelo solo. Além disso, pode haver alteração do efeito da fonte mineral de P em função da presença de fertilizantes orgânicos. Assim, presente trabalho teve por objetivo estudar a melhor proporção entre adubos fosfatados na produção de cana-planta, bem como, verificar o efeito da torta de filtro em mistura com essas fontes minerais de P, o Super Simples (SS) e o Fosfato Natural Arad (FNA), e avaliar parâmetros biométricos, tecnológicos, diagnose foliar e produtivos da cana-de-açúcar. O experimento foi conduzido no Campus II da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente-SP, em um solo classificado como Argissolo Vermelho distroférrico, entre março de 2011 e junho de 2012. O experimento foi instalado em delineamento experimental em blocos casualizados, com quatro repetições, em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pela aplicação de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 via superfosfato simples (SS) e (ou) fosfato natural reativo de Arad (FNA). E as subparcelas foram compostas pela presença ou ausência de torta de filtro (TF). Assim, os tratamentos foram os seguintes: 1) 100% SS, com TF; 2) 100% SS, sem TF; 3) 66% SS e 33% FNA, com TF; 4) 66% SS e 33% FNA, sem TF; 5) 33% SS e 66% FNA, com TF; 6) 33% SS e 66% FNA, sem TF; 7) 100% FNA, com TF; 8) 100% FNA, sem TF, todos aplicados no sulco de plantio. Os resultados foram submetidos à análise de variância e ao teste t de comparação de médias ao nível de 5% de probabilidade. A substituição total ou parcial da fonte solúvel de fósforo por uma fonte menos reativa não alterou a produtividade da cana planta, independente da presença ou não de torta de filtro. A adubação no sulco de plantio com 66% da dose com Super Simples e o restante com Fosfato Natural de Arad aumentou os teores de P disponível no solo. Não houve efeito das fontes de fósforo e da torta de filtro nos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar de primeiro corte. O uso de torta de filtro não aumentou a produtividade da cana planta, independente da fonte de fósforo utilizada.

Palavras-chave: Fósforo; Fosfato Natural de Arad; Superfosfato Simples; *Saccharum spp* L.; Cultura da Cana.

ABSTRACT

Reactive phosphate and soluble associated with filter cake fertilization on sugarcane plant

The use of reactive rock phosphates, with gradual and continuous availability of phosphorus in the soil solution may be an alternative to ensure the productivity of the plant and ratoon cane and reduce the formation of labile P not. A blend of phosphate fertilizers with different solubilities may be a strategy to provide readily available P in order to plant sugarcane productivity and to provide P that will be available over the years, because only the use of soluble phosphates in planting sugarcane can unavailable phosphorus the development, maturation of sugarcane plant and ratoon due to fixation by soil. Furthermore, there may be the effect of changes mineral source of P due to the presence of organic fertilizers. Thus, the present work was to study the best ratio in the production of phosphate fertilizers plant cane, and determining the effect of the filter cake mixed with these sources of minerals P, Super Single (SS) and the Natural Phosphate Arad (FNA), and evaluate biometric parameters, technological and production of cane sugar. The experiment was conducted at the Campus II of the University of the West Paulista - UNOESTE in Presidente Prudente-SP, in a soil classified as Typic dystroferric between March 2011 and June 2012. The experiment was conducted in randomized complete block design with four replications in a split plot, as the plots formed by the application of 150 kg ha-1 P2O5 via superphosphate (SS) and (or) phosphate Arad reactive (FNA). And the subplots were composed by the presence or absence of filter cake (TF). Thus, treatments were: 1) 100% SS with TF; 2) 100% SS without TF; 3) 66% 33% SS and ANF, with TF, 4) 66% 33% SS and ANF, without TF; 5) 33% SS and 66% FNA, with TF; 6) 33% SS and 66% FNA without TF; 7) 100% FNA, with TF; 8) 100% FNA without TF, all applied in the furrow planting. The results were submitted to analysis of variance and t test comparison of means at 5% probability. The total or partial replacement of the soluble source of phosphorus by a source less reactive did not alter the productivity of the sugar cane plant, regardless of the presence or absence of filter cake. Fertilization at planting with 66% of the dose and the remainder with Super Simple Natural Phosphate Arad increased levels of available P in soil. No effect of phosphorus sources and filter cake on technological parameters of sugar cane cut first. The use of filter cake did not increase the productivity of the sugar cane plant, independent of the phosphorus source used.

Keywords: Phosphorus; Natural Phosphate of Arad; Simple Super, Saccharum spp L.; Culture Cane.

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Dados de precipitação, temperaturas máximas e mínimas mensais no período de março de 2011 a maio de 2012..... 25

Tabela 2. Análise química do solo..... 26

Tabela 3. Análise granulométrica..... 26

Tabela 4. Análise química da torta de filtro..... 27

Tabela 5. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os resultados de P disponível no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm..... 31

Tabela 6. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de P disponível no solo na camada de 0 a 20 cm..... 32

Tabela 7. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de P disponível no solo na camada de 20 a 40 cm..... 33

Tabela 8. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros de teores foliares da cana-de-açúcar..... 33

Tabela 9. Teores foliares (g kg^{-1}) de N, P, K, Mg e S em função da adubação fosfatada mineral envolvendo super fosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio..... 34

Tabela 10. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de Cálcio na folha em g/kg para a avaliação realizada 432 dias após o plantio..... 35

Tabela 11. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para o parâmetro de número de perfilhos aos 146 dias após o plantio..... 35

Tabela 12. Número de perfilhos em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 146 dias após o plantio..... 36

Tabela 13. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros de crescimento da cana-de-açúcar aos 244 dias após o plantio..... 36

Tabela 14. Altura das plantas, comprimento médio de entrenós, diâmetro do colmo e nº de perfilhos em função da adubação fosfatada mineral envolvendo super fosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 244 dias após o plantio..... 38

Tabela 15. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros de crescimento e produtividade da cana-de-açúcar aos 432 dias após o plantio..... 40

Tabela 16. Altura das plantas, comprimento dos entrenós, nº de perfilhos e produtividade em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio..... 41

Tabela 17. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de diâmetro médio da base do colmo por 10 plantas, para a avaliação realizada 432 dias após o plantio..... 43

Tabela 18. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar aos 432 dias após o plantio..... 43

Tabela 19. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar aos 432 dias após o plantio..... 43

Tabela 20. Teores de fibra, Pol, ART consecana e sacarose em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio..... 44

Tabela 21. ATR consecana, ART consecana indústria e álcool tn cana em função da adubação fosfata mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio..... 44

Tabela 22. Valores de ^{o}Brix e P no caldo em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio..... 45

Tabela 23. Valores médios de biomassa microbiana do solo em diferentes tratamentos com adubação fosfatada com e sem torta de filtro. SS=Super Simples; FNA= Fosfato Natural Reativo de Arad; TF=Torta de filtro..... 45

Tabela 24. Valores médios da respiração do solo em diferentes tratamentos com adubação fosfatada com e sem torta de filtro. SS=Super Simples; FNA=

Fosfato Natural Reativo de Arad; TF=Torta de filtro..... 46

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....13
2 REVISÃO DE LITERATURA.....16
2.1 P no Solo e Eficiência das Fontes de P na Cultura da Cana-de-açúcar.....16
2.2 Uso de Torta de Filtro como Fertilizante Orgânico na Cultura da Cana-de-açúcar e sua Importância para a Fertilidade do Solo.....19
2.2.1 A importância do P orgânico.....21
2.3 Crescimento da Planta (Cana-de-açúcar).....21
2.4 Parâmetros Tecnológicos na Cultura da Cana-de-açúcar.....23
3 MATERIAL E MÉTODOS.....25
3.1 Localização e Características Climáticas e do Solo da Área Experimental.....25
3.2 Tratamentos e Delineamento Experimental.....26
3.3 Instalação e Condução do Experimento.....27
3.4 Avaliações.....28
3.4.1 Crescimento das Plantas.....28
3.4.2 Produtividade de colmos e parâmetros tecnológicos (fibra, pol, ART consecana, ATR consecana, ATR consecana ind, Alc tn cana e sacarose).....29
3.4.3 Análise de P disponível no solo por ocasião da colheita.....29
3.4.4 Diagnose foliar.....29
3.4.5 Análise microbiológica.....29
3.5 Análise Estatística.....30
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....31
4.1 Fósforo Disponível no Solo.....31
4.2 Diagnose Foliar.....33
4.3 Perfilhamento Inicial (146 Dias Após o Plantio).....35
4.4 Avaliação de Parâmetros de Crescimento da Cana-de-açúcar aos 244 Dias Após o Plantio.....36
4.5 Avaliação de Parâmetros de Crescimento, Produção e Tecnológicos da Cana-de-açúcar por Ocasião da Colheita (432 Dias Após o Plantio).....38
4.6 Análise Microbiológica do Solo.....45
5 CONCLUSÕES.....47
REFERÊNCIAS.....48

1 INTRODUÇÃO

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, com previsão do total de cana moída na safra 2012/13 de 602,2 milhões de toneladas, com aumento de 5,4% em relação à safra 2011/12, que foi de 571,4 milhões de toneladas, significando que a quantidade que será moída deve ser 30,7 milhões de toneladas a mais que a moagem da safra anterior (CONAB, 2012).

Na cana-de-açúcar o P desempenha função-chave no metabolismo, particularmente na formação de proteínas, no processo de divisão celular, fotossíntese, armazenamento de energia, desdobramento de açúcares, respiração e fornecimento de energia a partir do ATP e formação de sacarose para as plantas (KORNDÖRFER, 2004). Assim, o P é necessário em praticamente todos os estágios de desenvolvimento da planta.

Na cana-de-açúcar o P assume grande importância no enraizamento e no perfilhamento e, portanto, na produtividade final e no rendimento de açúcar (SANTOS, 2009). A deficiência de P também é problemática, pois, segundo Mahadevaiah et al. (2007), reduz a absorção de nitrogênio e dificulta a clarificação do caldo durante a fabricação do açúcar, elevando o custo de fabricação em virtude da necessidade de adição de fosfatos solúveis para atingir o teor ideal de P_2O_5, fundamental para uma clarificação eficiente. Além dos benefícios no campo, uma boa adubação fosfatada também é de grande importância na qualidade da cana-de-açúcar, influenciando a porcentagem aparente de sacarose contida no caldo da cana (pol%) e pureza de caldo (SIMÕES NETO et al., 2009). A qualidade da matéria-prima é definida como o conjunto de características que a cana-de-açúcar deve apresentar, atendendo às exigências da indústria, por ocasião do processamento, em especial o teor de sacarose e a fibra industrial (MOURA et al., 2005).

O fósforo é considerado um elemento essencial para as plantas e se encontra em baixa quantidade nos solos brasileiros (BASTOS et al., 2008). Os principais fatores que afetam a disponibilidade de P no solo são o teor de matéria orgânica, o teor e o tipo de argila, a capacidade de troca de cátions, o poder tampão, os teores de cálcio, ferro e alumínio e a umidade interferindo, consequentemente, na sua absorção pelas plantas (KORNDÖRFER; MELO, 2009).

Em condições de solos ácidos e intemperizados ocorre aumento gradual na retenção de ânions, como o fosfato, o sulfato e o molibdato, entre outros

(BENEDITO et al., 2010). Verifica-se nessa situação alta fixação química dos íons fosfato por colóides do solo, principalmente oxidróxidos de ferro e alumínio, por meio de troca de ligantes (ligação covalente) da superfície dos óxidróxidos (OH^-) por fosfato da solução ($H_2PO_4^-$) (NOVAIS; MELLO, 2007). Em decorrência disto, os solos mudam gradualmente de fonte para dreno de fósforo inorgânico (NOVAIS; SMYTH, 1999; VANCE; STONE; ALLAN, 2003; BASTOS et al., 2008).

As principais fontes de fósforo utilizadas na agricultura são obtidas industrialmente pelo tratamento de rochas fosfáticas com ácidos. De acordo com Prochnow, Alcarde e Chien (2004), podem ser divididas em: a) fosfatos naturais (rocha fosfatada moída, com eficiência agronômica variável, dependendo da mineralogia); b) termofosfatos (processo térmico com consumo de elevada quantidade de energia); c) fosfatos totalmente acidulados (acidulação total); e d) fosfatos alternativos (parcialmente acidulados, compactados entre outros).

Como fontes minerais de P, os adubos fosfatados acidulados apresentam solubilidades relativamente elevadas em água (como os superfosfatos simples e triplo), e por isso têm alta eficiência agronômica quando comparados aos fosfatos naturais, porém, os elevados custos de fabricação dos fosfatos solúveis têm incentivado o uso de fontes alternativas de P (PROCHNOW; ALCARDE; CHIEN, 2004). Por outro lado, no que diz respeito aos fertilizantes fosfatados naturais, Caione et al. (2011) relatam que tais adubos apresentam graus distintos de reatividade no solo em função do tipo de material de origem, ou seja, os fosfatos naturais de origem vulcânica (apatitas), por exemplo, devido ao seu alto grau de cristalização e natureza físico-química dos minerais, são menos solúveis quando comparados aos de origem sedimentar (bauxitas fosfóricas), influenciando fortemente a eficiência agronômica da adubação.

No caso da cana-de-açúcar a adubação da cana planta se torna um item muito importante, por determinar a longevidade dos canaviais. Nesse contexto, o elemento P é de suma importância pela sua baixa mobilidade no solo, não devendo ser aplicado em cobertura na soca, ao contrário do que ocorre com as adubações nitrogenadas e potássicas. A principal dificuldade encontrada em termos de adubação fosfatada é a fixação do P pelo solo, tornando-o indisponível para as plantas. No caso da cana, como a longevidade do canavial é indicador de sucesso, criar um banco de P disponível, é um fator determinante. Desta forma, a utilização de fontes de P com efeito residual, como é o caso dos fosfatos naturais, se torna

uma alternativa promissora, pois libera o nutriente fósforo para a solução do solo, de forma gradual e contínua, garantindo a produtividade, além de reduzir a formação de P não lábil. Porém, é necessário se atentar quanto à demanda inicial de P pelas plantas, havendo, portanto, a necessidade de P disponível em quantidades suficientes para que não ocorram prejuízos ao crescimento do vegetal. De modo geral quando as plantas atingirem 25% da altura total, elas já armazenaram 78% de suas necessidades totais em P (PALHARIM, 2007).

A mistura de fontes de P envolvendo fosfatos com solubilidades distintas pode ser uma alternativa de se manter uma disponibilidade contínua de P ao longo dos anos de um canavial. Além disso, o aumento da atividade microbiana no solo por meio de adubação orgânica pode favorecer a solubilização de fosfatos de fontes com menor solubilidade através da liberação de ácidos orgânicos e outros componentes do metabolismo microbiano.

O presente trabalho tem por objetivo estudar a melhor proporção entre adubos fosfatados na produção de cana-planta, bem como, verificar o efeito da torta de filtro em mistura com essas fontes minerais de P, o Super Simples (SS) e o Fosfato Natural Arad (FNA), e avaliar parâmetros biométricos, tecnológicos e produtivos da cana-de-açúcar.

2 REVISÃO DE LITERATURA

2.1 P no Solo e Eficiência das Fontes de P na Cultura da Cana-de-açúcar

As doses de P aplicadas nas adubações são bem maiores que as quantidades exportadas, já que normalmente a utilização de P pela cana é de 10 a 15% da quantidade total do fertilizante aplicado (TOMAZ, 2009). Apesar de seu pequeno requerimento pelos vegetais, é um dos nutrientes aplicados em maiores quantidades nos solos brasileiros em face à sua baixa disponibilidade natural e à afinidade com a fração mineral por este elemento (BASTOS et al., 2008; KORNDÖRFER; MELO, 2009). Segundo Prochnow, Alcarde e Chien (2004), de forma geral, a disponibilidade de P é maior em solos com pH na faixa de 5,5 a 7,0. Valores muito baixos de pH favorecem a formação de fosfatos de Fe e de Al de baixa solubilidade, enquanto sua elevação conduz a precipitação do P (solução) como fosfato de cálcio de menor disponibilidade. Demattê (2004) fez um cálculo sobre o balanço de P no solo, ao longo de 5 cortes (produção de 400 t de cana), após a utilização de dose comumente recomendada de P (150 kg ha^{-1} de P_2O_5 no plantio), e verificou a extração de 0,43 kg t^{-1} de massa verde e considerando a fixação pelo solo de 30%. Em solos tropicais, os principais fatores responsáveis por essa baixa eficiência da adubação com P é o alto teor de óxidos de ferro e alumínio, que promovem a fixação do elemento (ROSSETTO; DIAS; VITTI, 2008).

As principais fontes de fósforo podem ser classificadas, basicamente, em solúveis, pouco solúveis e insolúveis; as primeiras são prontamente disponíveis, e por isso mesmo as mais utilizadas para aumentar a quantidade de P disponível para as plantas. Esta rápida liberação pode também favorecer o processo de adsorção e precipitação das formas solúveis aos componentes do solo, indisponibilizando-o às plantas (HOROWITZ; MEURER, 2003) sendo este processo mais expressivo quanto mais argiloso for o solo. Segundo EMBRAPA (2011), Quando uma fonte de P solúvel é adicionada a um solo tipicamente tropical, até 90% do P aplicado pode reagir na primeira hora de contato, por meio de reações químicas de adsorção ou precipitação.

Segundo Castro (2007), a incorporação de novas áreas à agricultura brasileira, a baixa disponibilidade de P desses solos, a existência de grandes jazidas de fosfatos naturais (FNs) em diversas regiões do país e as facilidades de

importações de FNs de maior reatividade tem feito com que a utilização desses fosfatos “in natura” seja uma boa opção de uso. Essa utilização tem como problema principal a baixa reatividade, particularmente dos FNs brasileiros, e, como conseqüência, a baixa ou lenta liberação de P para as plantas, na maioria dos casos. Assim, a utilização desses materiais tem ocorrido como fosfatagem corretiva, com aplicação sobre toda a área e incorporação com arado ou grade, porém sem substituir integralmente a adubação de implantação, no sulco de plantio, feita com uma fonte considerada mais solúvel e de disponibilidade imediata. Assim, a aplicação apenas de FN de baixa reatividade não supre, em muitos casos, a demanda da planta por P, uma vez que a pequena quantidade de P geralmente liberada, em curto prazo, não é satisfatória para o crescimento inicial da planta.

O fósforo remanescente (Prem) é uma medida estreitamente correlacionada à capacidade máxima de adsorção e à capacidade tampão de fosfatos (PEREIRA et al., 2010).

O uso de fontes de P de menor solubilidade é uma forma de aumentar a eficiência de recuperação do P aplicado via fertilizantes pelas plantas (fósforo remanescente), ou seja, quantidade do P-adicionado que fica na solução de equilíbrio após definido tempo de contato com o solo. Com o uso de fontes de menor solubilidade, é possível sincronizar a disponibilização do elemento com a demanda da planta. Isso resulta em menor quantidade de P na solução do solo e em menos P fixado. Todavia em culturas com alta demanda inicial de P, o uso de fontes menos solúveis pode não ser satisfatória por não atender a demanda inicial pelo nutriente (NAKAYAMA et al., 1998; NOVAIS; SMITH, 1999; RESENDE et al., 2006). Sarmento, Corsi e Campos (2001) observaram que as fontes mais solúveis promoveram maior produção de massa de alfafa seca, comparativamente às fontes de menor solubilidade. Entretanto num terceiro cultivo, a produção de biomassa do tratamento com a fonte de menor solubilidade foi superior a fonte de maior solubilidade. A maior produção nos primeiros anos da fonte solúvel em comparação as fontes menos solúveis está relacionado a demanda inicial elevada por P pela maioria das plantas e à realização de solubilização lenta das fontes de menor solubilidade (NOVAIS; SMYTH, 1999; SARMENTO; CORSI; CAMPOS, 2001).

A adsorção da argila em solos tropicais é menor pela formação de solos com argilas 1:1, pois possuem uma superfície específica menor que as 2:1, pois não expandem sua estrutura por adsorção de água. Também não possuem

elevada CTC, apresentando predominância de cargas dependentes de pH. Seu tamanho e forma fazem com que a expressão de plasticidade e pegajosidade seja muito inferior às argilas 2:1 (MOREIRA, 2001).

Quispe (2004) verificou que a eficiência agronômica relativa das fontes com menor solubilidade em água foi maior no solo de mais elevada capacidade de fixação de P quando da aplicação em solos com baixa capacidade de fixação de P. Neste contexto, a mistura de fontes de P envolvendo fosfatos com diferentes solubilidades pode ser uma alternativa para aumentar o efeito residual da adubação fosfatada, importante para culturas perenes e semi-perenes, sem prejudicar a demanda inicial das plantas. Para Rossetto e Dias (2005), essa aplicação em mistura das fontes de P deve ser feita no sulco de plantio da cana, pois é a única oportunidade de colocar o P próximo às raízes. Com isso terão menor contato com o solo diminuindo a fixação do P pelo solo. Para os fosfatos solúveis, a recomendação é que este seja aplicado no sulco de plantio, de forma localizada, havendo assim, maior contato e proximidade com o sistema radicular das plantas, facilitando o processo de absorção (PRADO; FERNANDES; ROQUE, 2001).

Como a aplicação de fosfato no sulco de plantio é a única oportunidade de colocar o fósforo próximo às raízes, uma estratégia seria a de aplicar a dose de P_2O_5 recomendada na forma de mistura de fosfato solúvel e fosfato natural. Isto porque o fosfato natural, de solubilidade mais lenta, teria maior efeito residual e poderia fornecer P para as soqueiras. Pensando assim, Cantarella et al. (2002) estudaram diferentes proporções de fosfato solúvel e fosfato natural reativo de Daoui e observaram que não houve resposta às misturas de diferentes proporções dos fertilizantes, mas a resposta da cana-planta foi linear em função das doses, independente se o P foi fornecido como fosfato reativo ou fosfato solúvel. Apesar dos resultados desses experimentos, essa ainda é uma estratégia a ser melhor abordada.

Castro et al. (2007), estudando a competição ente fosfatos solúveis e insolúveis na cana-de-açúcar, observaram que solos com teores inferiores a 5 mg dm^{-3} e com aplicação de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 os fosfatos solúveis tiveram uma reposta significativa em produtividade comparados aos fosfatos insolúveis e relatam que os termofosfatos apresentam eficiência agronômica superior aos fosfatos solúveis, atribuindo também essa maior eficiência agronômica pela presença de alguns elementos como o silício e o magnésio. Os autores observaram ganhos

expressivos de produtividade da ordem de até 36% em solo arenoso tanto para fosfatos naturais como para o superfosfato triplo. Enquanto que em solos argilosos esse ganho foi de 9 a 11% na produtividade quando aplicados no sulco e a lanço, respectivamente. A maior eficiência dos adubos fosfatados em solos arenosos foi atribuída pelos autores devido a menor fixação nesse tipo de solo.

O principal mecanismo de transporte do fósforo no solo é a difusão, que é influenciada por vários fatores, tais como: o conteúdo volumétrico de água no solo, a interação fósforo-colóide do solo, a distância a percorrer até as raízes, o teor do elemento e a temperatura do solo. Em geral, são registrados valores muito baixos de transporte de P, em razão de sua forte interação com os colóides do solo, especialmente em solos tropicais muito intemperizados; assim, a baixa mobilidade do nutriente se tem constituído num problema para a nutrição fosfatada das culturas (PARFITT, 1989; KAMPF; CURI, 2003; AZEVEDO et al., 2004).

2.2 Uso de Torta de Filtro como Fertilizante Orgânico na Cultura da Cana-de-açúcar e sua Importância para a Fertilidade do Solo

A torta de filtro é um sub-produto da agroindústria canavieira, obtida nos filtros rotativos após extração da sacarose residual da borra. Sua composição é variável, em função da variedade da cana, tipo de solo, maturação da cana, processo de clarificação do caldo e outros. A concentração da torta de filtro é constituída de cerca de 1,2 a 1,8% de P e cerca de 70% de umidade, que é importante para garantir a brotação da cana em plantios feitos em épocas de inverno nas Região Sul e Sudeste. A torta também apresenta alto teor de cálcio e consideráveis quantidades de micronutrientes (EMBRAPA, 2007; SANTIAGO; ROSSETTO, 2009).

Nunes Júnior (2008) relata que a torta de filtro é um excelente produto orgânico para a recuperação de solos exauridos ou de baixa fertilidade, que sai da filtragem com 75-80% de umidade, e que sua composição química média apresenta altos teores de matéria orgânica e P, sendo, também, rica em nitrogênio e cálcio, além de teores consideráveis de potássio, magnésio e micronutrientes. O P existente na torta de filtro é orgânico, sendo que a liberação do mesmo e do nitrogênio se dão gradativamente, por mineralização e por ataque de micro-organismos no solo.

Durante o processo de clarificação do caldo, adição de produtos que auxiliam na floculação das impurezas pode aumentar o teor de alguns minerais, principalmente P e Ca. Segundo Castro (2007), o teor mínimo de P_2O_5 necessário para uma boa floculação é de 200 mg dm^{-3}, e sempre que esses teores forem inferiores deve-se realizar a complementação através da adição de um fosfato solúvel ao caldo. O Ca também aparece em grande quantidade, e é resultado da chamada caleação do caldo durante o processo de tratamento do mesmo para a fabricação do açúcar.

Uma forma para aumentar a eficiência da adubação fosfatada com fontes de baixa solubilidade, e de aumentar a disponibilidade de P dessas fontes para as plantas, seria aumentar a população microbiana no solo, aumentando-se assim a produção de ácidos orgânicos e outros produtos do metabolismo microbiano (GADD, 1999) que atuam diretamente na dissolução do fósforo. Contudo, os microrganismos heterotróficos solubilizadores dependem de uma fonte de carbono e energia para a realização desse processo (NAHAS et al., 1994).

Uma alternativa para se aumentar a disponibilidade de P, em áreas cultivadas com cana-de-açúcar, é a aplicação de fertilizantes fosfatados, em mistura com resíduos orgânicos. Para aumentar a eficiência da adubação fosfatada, em lavouras de cana-de-açúcar, com a conseqüente redução das doses empregadas, principalmente em áreas que vêm sendo cultivadas com a poaceae por um longo período, Bittencourt et al. (2006) recomendam utilizar um carregador orgânico, como a torta de filtro e proteger o fósforo da fixação elevando a produtividade e o rendimento de açúcar por hectare.

A atividade biológica e vegetação (SANTOS; GATIBONI; KAMINSKI, 2008) e, ainda, o manejo e o histórico de uso do solo também podem influenciar na disponibilidade de P e, consequentemente, na sua absorção pelas plantas (WRIGHT, 2009).

No Brasil a importância da torta de filtro resulta não só do grande volume gerado (30 a 40 kg por tonelada de cana moída), mas também do percentual considerável de matéria orgânica e de elementos essenciais às plantas podendo substituir, ainda que parcialmente, os fertilizantes minerais (NUNES JÚNIOR, 2008; SANTOS et al., 2011). Na fração mineral, integrando a composição química da torta de filtro, o P é o elemento predominante (ALMEIDA JÚNIOR, 2010).

2.2.1 A importância do P orgânico

Considerando-se a expressiva influência da matéria orgânica no solo (MOS) na superfície específica dos solos tropicais, sistemas de uso que promovem maior aporte ou preservação da matéria orgânica no solo provavelmente contribuirão para maior alteração na geração de cargas e, consequentemente, alterarão a dinâmica de P no solo, além de promoverem aumento do compartimento orgânico de P (Po) (MATOS et al., 2006). Em relação ao aumento do Po no solo, esse fato é bastante relevante, pois, de acordo com Condron e Tiessen (2005), parece provável que a aquisição de P pelas plantas que crescem em solos altamente intemperizados, como a maioria dos solos tropicais, é regulada pela mineralização do Po; conforme Nziguheba e Bunemann (2005), há evidências indiretas de que o Po em solos tropicais cultivados pode ser relativamente lábil, sendo bastante influenciado pelo histórico de uso do solo (GUGGENBERGER et al., 1996).

Segundo Vincent, Turnerb e Tanner, (2010), em solos minerais tropicais, em torno de 30 % do P total está presente na forma orgânica e, dependendo da labilidade, esse estoque pode constituir-se numa importante fonte de P para as plantas. Xavier et al. (2010), avaliando as frações de P em diferentes agroecossistemas, verificaram que a distribuição desse nutriente nos compartimentos orgânicos e inorgânicos foi dependente das características específicas de cada agroecossistema e que a disponibilidade de P estava associada à ciclagem do seu compartimento orgânico. De modo semelhante, Wright (2009), avaliando os efeitos do uso da terra (cana-de-açúcar por 50 anos, pastagens por 100 anos e gramado por 60 anos) sobre a distribuição de P no perfil do solo e entre frações químicas para um Histosol na região úmida da Flórida, verificou influência do histórico de uso nas frações de P ligado a Fe, Al e Ca, além dos compartimentos inorgânicos e orgânicos de P.

2.3 Crescimento da Planta (Cana-de-açúcar)

A brotação do tolete ocorre 20 a 30 dias após o plantio, emergindo o perfilho primário. Na sequência, forma-se, da base deste colmo, os perfilhos secundários, da base destes colmos, surgem os perfilhos terciários e assim sucessivamente. Estes perfilhos também contribuirão para o incremento do sistema

radicular da touceira, pois novas raízes se formam a partir deles, com o surgimento dos colmos terciários, a cana-de-açúcar não depende mais de suas substâncias de reserva por já terem folhas dos colmos primários e secundários. Entre 90 e 120 dias após o plantio, aproximadamente 100% do sistema radicular concentra-se nos próximos 30 cm do solo. Perfilhamento intenso se dá quando é atingido o máximo da produção de perfilhos, chegando a produzir 25 ou mais colmos por touceira, a partir do ponto máximo de perfilhamento em função da concorrência pelos fatores limitantes do meio, sobretudo a luz, cessa-se esta fase e os colmos mais jovens chegam inclusive a morrer e os perfilhos sobreviventes prosseguem seu crescimento (SEGATO et al., 2006).

A análise de crescimento da cana-de-açúcar tem permitido identificar as fases de desenvolvimento da cultura nos diferentes ambientes de cultivo, proporcionando sua condução, de forma que o máximo desenvolvimento coincida com os períodos de maior disponibilidade hídrica e radiação solar, o que leva a cultura a expressar todo o seu potencial genético, além de permitir manejar diferentes formas de adubação e tratos culturais (STONE et al., 1999). A avaliação de algumas variáveis morfológicas das plantas, como altura, diâmetro, plantas m^{-1}, área foliar e produção, torna possível a identificação da capacidade produtiva de diferentes variedades e a investigação dos efeitos do manejo da cultura. Adicionalmente, a análise de crescimento pode ser realizada por meio de avaliações sequenciais do acúmulo de matéria seca e/ou fresca ou, ainda, dos índices fisiológicos dela obtidos (GAVA et al., 2001). Assim, a identificação das prováveis variações no desenvolvimento da cana-de-açúcar que ocorrem durante o ciclo, é fundamental para que se possa modelar e quantificar o crescimento nos diferentes ambientes de produção (TERUEL; BARBIERE; FERRARO JÚNIOR, 1997).

Segundo Landell e Silva (2004), os atributos de produção determinantes para a formação do potencial agrícola são: altura de colmo (h), número de perfilhos (C) e diâmetro de colmos (d). Considerando-se a densidade do colmo igual a 1,0, o valor da tonelada de cana por hectare (TCH) pode ser estimada pela fórmula abaixo, no espaçamento entre os sulcos (E): TCH = d2 x C x h (0,007854)/E.

2.4 Parâmetros Tecnológicos na Cultura da Cana-de-açúcar

A presença de P no caldo exerce papel fundamental no processo de clarificação. Caldos contendo baixos teores de P_2O_5 são de difícil floculação e, neste caso, a decantação das impurezas (bagacilho, argila, clorofila, etc.) é dificultada. Caldo turvo e de coloração intensa implica na produção de açúcar de pior qualidade e, portanto, de menor valor comercial (KORNDORFER, 2004). A nutrição adequada da planta em P influencia a porcentagem aparente de sacarose contida no caldo da cana (pol%) e a pureza de caldo (SIMÕES NETO et al., 2009).

O processo de maturação da cana consiste em um acúmulo de sacarose que ocorre concomitantemente com uma redução do teor de AR e aumento da pureza. Leme Filho et al. (2003) observaram que a umidade da cana diminui, e o teor de fibra aumenta à medida que aumentam a POL, o brix e a pureza, e diminui o teor de AR, ou seja, à medida em que a cana torna-se mais madura.

De acordo com Fernandes (2000), uma das variáveis agroindustriais mais facilmente determinadas em laboratório ou mesmo em campo, é o Brix. Quando se trata de cana madura existe estreita relação entre essa porcentagem e o conteúdo de sacarose na solução. Por consenso, admite-se o Brix como sendo a porcentagem de sólidos solúveis contidos em uma solução açucarada. A Pol% caldo representa a porcentagem de sacarose contida numa solução de açucares, enquanto que a Pol% cana é a porcentagem de sacarose existente na cana (caldo + fibra). Além da sacarose, participam da fração de açucares no caldo de cana, a glicose e a frutose, dentre outros menos importantes. Os açúcares redutores são produtos percursores de cor no processo industrial de açúcar, isto é, intensificam a cor do açúcar, depreciando sua qualidade. A fibra da cana é a parte sólida da planta formada por celulose, hemicelulose, ligninas, pentosanas, pectinas, e outros componentes. É o material que da sustentação a planta e a formação aos órgãos de condução da seiva e estocagem do caldo e seus constituintes.

A fibra também é empregada nos cálculos de determinações expressas em porcentagem de cana, como a Pol, ATR, AR e demais parâmetros que definem a qualidade da cana-de-açúcar como matéria-prima. Na verdade, há dificuldade de se conhecer o teor real de fibra em função dos vários fatores envolvidos (STUPIELLO, 2002).

De acordo com Marques, Marques e Tasso Júnior et al. (2001), na fase de extração, o aumento no teor de fibra de cana resulta na dificuldade da moenda em extrair a sacarose. Isso acontece, pois, a fração do caldo uma vez extraída, em parte é reabsorvida pela fibra da cana. A quantidade reabsorvida varia de forma proporcional ao teor de fibra na matéria-prima.

Segundo Fernandes (2000), para a indústria sucroalcooleira, é importante estimar a quantidade de sacarose na matéria-prima que é passível de ser recuperada na forma de açúcar cristal. O ATR representa todos os açúcares na forma de açúcares invertidos. O teor de ATR pode ser obtido por análise após inversão ácida de sacarose, calculada pela soma dos açucares, ou, para matérias-primas de alta pureza. Fatores inerentes não só a matéria-prima, mas também as instalações industriais devem ser consideradas. Assim, a variável que cumpre este papel denomina-se Açúcar Total Recuperável (ATR), expressado em Kg de açúcar por tonelada de cana.

3 MATERIAL E MÉTODOS

3.1 Localização e Características Climáticas e do Solo da Área Experimental

O experimento foi conduzido no Campus II da Universidade do Oeste Paulista - UNOESTE, em Presidente Prudente-SP, em um solo classificado como Argissolo Vermelho distroférrico (EMBRAPA, 2007). O clima da região de Presidente Prudente-SP, segundo a classificação de Köppen, é do tipo AW, com temperaturas médias anuais em torno de 25ºC e regime pluvial caracterizado por dois períodos distintos, um chuvoso de outubro a março e outro de baixa precipitação pluvial de abril a setembro. Foram coletados os dados diários de precipitação, temperaturas máximas e mínimas para caracterizar as condições do clima no decorrer da condução do experimento (Tabela 1). Também foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm para realização de análise química (Tabela 2) e física (Tabela 3), de acordo procedimentos descritos em Raij et al. (2001) e Embrapa (1999), respectivamente. Com os resultados de fertilidade inicial do solo foi possível realizar a recomendação de adubação e calagem (RAIJ; CANTARELLA, 1996).

Tabela 1. Dados de precipitação, temperaturas máximas e mínimas mensais no período de março de 2011 a maio de 2012.

Leitura	Chuva (mm)	Temperatura Máxima (°C)	Temperatura Mínima (°C)	Temperatura Média (°C)
mar/2011	111,4	26,5	20,9	23,7
abr/2011	89,4	29,5	19,9	24,7
mai/2011	18,0	27,2	16,2	21,7
jun/2011	54,4	25,2	13,6	19,4
jul/2011	29,6	27,8	16,0	21,9
ago/2011	22,2	29,9	16,6	23,2
set/2011	7,6	31,6	17,8	24,7
out/2011	261,6	31,3	19,6	25,45
nov/2011	160,4	34,4	19,3	26,8
dez/2011	170,5	32,5	21,3	26,9
jan/2012	216,2	29,6	20,9	25,2
Fev/2012	167,6	33,0	22,4	27,7
Mar/2012	221,4	31,4	21,0	26,2
Abr/2012	149,0	26,4	20,1	23,2
10Mai/2012	0	25,0	15,9	20,4

Número total de dias = 449; Número de dias com chuva = 85.

Tabela 2. Análise química do solo.

Análise química do solo													
Profundidade	pH ($CaCl_2$)	M.O.	P	S-SO^2_4	Al^{3+}	H + Al	K	Ca	Mg	SB	CTC	m	V
	(g dm^{-3})	---------(mg dm^{-3})-------			----------($mmol_c$ dm^{-3})----------							-----(%)-----	
0 a 20 cm	5,3	11	1	****	0	15	2,5	7,8	0,7	10,8	26	0	42
20 a 40 cm	5,3	10	1		0	18,6	1,8	8,8	1,2	12,3	26	0	46

Tabela 3. Análise granulométrica.

RESULTADO DE ANÁLISE GRANULOMÉTRICA				
Amostra	Profundidade	AREIA (g kg^{-1})	SILTE (g kg-1)	ARGILA (g kg^{-1})
		Total		
1	0 a 20	868	89	43
1	20 a 40	822	80	99
2	0 a 20	838	71	91
2	20 a 40	791	79	129
3	0 a 20	851	84	64
3	20 a 40	866	74	60
4	0 a 20	871	70	59
4	20 a 40	799	87	113

3.2 Tratamentos e Delineamento Experimental

O delineamento experimental foi blocos casualizados, com quatro repetições em esquema de parcelas subdivididas, sendo as parcelas constituídas pela aplicação de 150 kg ha^{-1} de P_2O_5 via superfosfato simples (SS) e/ou fosfato natural reativo de Arad (FNA) com diferentes proporções entre SS com FNA. E as subparcelas foram compostas pela presença ou ausência de torta de filtro (TF) no sulco de plantio. Assim, os tratamentos foram os seguintes:

1.1 – 100% SS, com TF;

1.2 - 100% SS, sem TF;

2.1 – 66% SS e 33% FNA; com TF;

2.2 – 66% SS e 33% FNA; sem TF;

3.1 – 33% SS e 66% FNA; com TF;

3.2– 33% SS e 66% FNA; sem TF;

4.1 – 100% FNA; com TF;

4.2 – 100% FNA; sem TF.

Amostras de torta de filtro foram encaminhadas para o laboratório de solo e de plantas da Unoeste para realização de análise química e caracterização do material (Tabela 4).

Tabela 4. Análise química da torta de filtro

N total	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
---------- g kg $^{-1}$ ----------						---------- mg kg $^{-1}$ ----------				
9	9,4	1,4	34,1	9,8	6,6	8	22,6	5426	785	110

3.3 Instalação e Condução do Experimento

O plantio da cana-de-açúcar ocorreu em março de 2011 em área previamente preparada com aração e gradagem e calcariada em área total com 500 kg ha^{-1} de calcário dolomítico com o PRNT de 80% na camada de 0 a 20 cm. Realizou-se a abertura dos sulcos de plantio, com espaçamento entre eles de 1,5m, onde foram efetivadas as adubações com N, P e K, sendo 30 kg ha^{-1} de N, utilizando como fonte o nitrato de amônia, 100 kg ha^{-1} de K_2O, via cloreto de potássio, e 150 kg ha^{-1} de P_2O_5, utilizando as fontes de acordo com o tratamento experimental, descrito no item 3.2. Os adubos foram pesados colocados em sacos e levados a área. Em seguida foram aplicados no sulco de plantio, e sobre os mesmos aplicada a torta de filtro, nas subparcelas com esse tratamento, na quantidade de 20 t ha^{-1} com 71% de umidade em matéria seca. Após adubação, foi efetuado o plantio da cana com 18 a 22 gemas por metro linear utilizando-se a variedade RB867515, considerada de elevada rusticidade e recomendada para ambientes de produção com restrição hídrica expressiva (UDOP, 2008). As operações de abertura de sulco e plantio, assim como os tratos culturais para implantação e condução da cultura da cana-de-açúcar foram seguidas por recomendações técnicas de acordo com Raij e Cantarella (1996).

As unidades experimentais foram constituídas por 5 linhas de plantio, com espaçamento de 1,5 m entre linhas e com 10 m de comprimento, sendo utilizadas para fim de avaliação apenas as 3 linhas centrais, descartando 1 m nas extremidades de cada subparcela. Foram deixados carreadores de 1m de comprimento entre parcelas dentro de cada bloco. Entre os blocos os carreadores foram de 3 m.

3.4 Avaliações

Foram realizadas avaliações em três ocasiões durante o ciclo da cana-de-açúcar, sendo a primeira avaliação efetivada com 146 dias após o plantio, a segunda avaliação realizada 244 dias após o plantio e a terceira 432 dias após o plantio, na ocasião da colheita. Na primeira avaliação foi realizada apenas contagem de número de perfilhos, devido ao estágio de desenvolvimento da cultura não permitir a avaliação de outras variáveis.

3.4.1 Crescimento das plantas

O crescimento das plantas foi acompanhado por meio da avaliação dos seguintes parâmetros:

a) Contagem de perfilhos

O perfilhamento das plantas foi avaliado por meio da contagem do número de colmos por metro linear. Foram contados os colmos em 4 m lineares no total em 4 pontos de 1 m distintos dentro de cada subparcela.

b) Diâmetro da base do colmo, altura da planta e comprimento médio dos entrenós

As medidas de diâmetro dos colmos e a altura das plantas foram realizadas em 10 plantas da área útil de cada subparcela. Para a avaliação do diâmetro de colmo foi utilizado um paquímetro digital, realizando-se as medições sempre a uma altura de 15 cm da superfície do solo. As medidas para altura de planta foi realizado a partir da superfície do solo até a altura de inserção da folha +1 (folha mais alta com colarinho visível). Nessa ocasião foi avaliado o comprimento médio dos entrenós, por meio da razão entre a medida efetuada de altura da planta e o número de entrenós, ou seja, dividindo a altura de planta pelo nº de entrenós.

3.4.2 Produtividade de colmos e parâmetros tecnológicos (fibra, pol, ART consecana, ATR consecana, ATR consecana ind, Alc tn cana e sacarose)

Por ocasião da colheita foram amostrados os colmos dentro da área útil de 3 metros lineares de cada subparcela. Esses colmos tiveram a massa determinada para avaliação da produtividade de colmos por área (toneladas de massa fresca de colmos por hectare). Em seguida, foi selecionado um colmo por subparcela que foi moído para pesagem de uma alíquota de 200 gramas. O caldo foi extraído em prensa hidráulica com pressão mínima e constante de 24,5 MPa correspondente à 250 kgf cm^{-2} sobre a amostra, durante 1 min de acordo com os procedimentos descritos por Fernandes (2003).

3.4.3 Análise de P disponível no solo por ocasião da colheita

Logo após a colheita foram coletadas amostras de solo nas camadas de 0 a 20 cm e 20 a 40 cm para análise do teor de P disponível no solo. Foram coletadas 3 subamostras por subparcela em cada profundidade, sempre procurando amostrar o mais próximo da touceira, para que a amostragem fosse feita no sulco de plantio. As amostras foram encaminhadas para o laboratório de solos da UNOESTE, onde foram secas, moídas e analisadas de acordo com Raij et al. (2001).

3.4.4 Diagnose foliar

Foram coletadas 20 folhas +1 por suparcela, após foram conduzidas ao laboratório da UNOESTE onde foram secas em estufa em ventilação forçada a 65º C por 72 horas e moídas no triturador onde foi encaminhada para as análises.

3.4.5 Análise microbiológica

Para a análise de biomassa foi utilizada a metodologia descrita por Ferreira et al. (1999), onde o solo foi seco em estufa com ventilação a 30º C por 24 horas, após este processo as amostras foram passadas em peneira de 2,0 mm de malha. Depois foram pesadas em erlenmeyer de 250 mL2 amostras de 50 g de cada parcela, foram reumedecidas com 3 mL de água destilada para atingir

aproximadamente 25% da capacidade de campo de um solo arenoso (REICHARDT, 1987), agitadas para uniformizar a distribuição da umidade e colocada 1 amostra de cada tratamento para irradiar no microondas por 70 segundos. As amostras irradiadas e não – irradiadas foram submetidas à extração com 50mL de Sulfato de Potássio - K_2SO_4 (0,5 mol L-1) por 30 minutos, em agitador rotatório circular. Deixados decantar e filtrados em papel filtro.

A determinação do Carbono nos extratos irradiados e não irradiados foram feitas utilizando-se 10mL do extrato, oriundo dos 50mL após filtração, e adicionando-se em seguida 2mL de K2Cr2O7 (0,066 mol L-1), 10mL de H_2SO_4 concentrado e 5mL de H_3PO_4 concentrado. Após o resfriamento foi adicionado 50mL de água destilada.

A titulação foi feita utilizando-se Sulfato Ferroso Amoniacal (0,04 mol L^{-1}) com fenil-alanina como indicador.

A respiração do solo foi avaliada pelo método condutimétrico (RODELLA; SABOYA, 1999). Para a análise da respiração do solo foram pesadas 50 gramas de solo de cada amostra, que foram colocadas dentro dos frascos herméticos. Juntamente com os solos, uma solução foi preparada com 1 litro de água destilada e 1 grama de Hidróxido de Sódio (NaOH). Após o preparo da solução, a mesma foi colocada em beckers, com o conteúdo de 40 ml cada, que ficaram sobre o solo, nos vidros herméticos. Foi utilizado também um becker com 40 ml da solução, sem solo, no frasco para servir como o branco da análise. A leitura da condutividade das soluções de hidróxido de sódio foi realizada em 24 horas, com o condutivímetro.

3.5 Análise Estatística

Os resultados foram submetidos à análise de variância ($p<0,05$) e ao teste t de comparação de médias ao nível de 5% de probabilidade de acordo com procedimentos propostos por Pimentel Gomes (2000).

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Fósforo Disponível no Solo

Para os resultados de teor de P disponível no solo nas camadas de 0 a 20 e 20 a 40 cm, observou-se interação significativa entre as combinações de adubação fosfatada (SS, FNA e SS+FNA) e presença ou não de torta de filtro (Tabela 5).

Tabela 5. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os resultados de P disponível no solo nas camadas de 0-20 e 20-40 cm.

Causas de variação	P disponível	
	0 a 20cm	20-40cm
Fonte de P (FP)	3.182^{ns}	0.870 ^{ns}
Torta de filtro (TF)	2.440 ^{ns}	2.848 ^{ns}
FP x TF	8.672**	16.834**
Bloco	1.391 ^{ns}	0.525 ^{ns}
CV% (Fonte de P)	*78.14*	*72.17*
CV% (Torta de filtro)	*52.63*	*33.53*

ns, ** Não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A adubação fosfatada utilizando 66% da dose de P_2O_5 com superfosfato simples e 33% com fosfato natural de Arad aumentou o teor de P na camada de 0 a 20 cm, na presença de torta de filtro do sulco de plantio (Tabela 6). Na ausência da adubação orgânica, não houve efeito das formas de adubação fosfatada. Dessa forma, o uso de torta de filtro aumentou o teor de P disponível no solo, quando aplicou-se 66% da dose de de P_2O_5 na forma de SS e 33% na forma de FNA. De acordo Korndörfer (2004), a torta de filtro pode não só substituir parcialmente o P requerido pela cultura, ao longo do seu ciclo, mas proporcionar alterações profundas nos atributos químicos e físicos do solo, disponibilizando nitrogênio, fósforo e cálcio e aumentando a sua capacidade de retenção de água.

Santos et al. (2009), avaliou P disponível no solo em cana-de-acúcar aos 4 meses após o plantio, em diferentes doses de fósforo com Superfosfato simples (SS); Superfosfato triplo (ST); Fosmag; Gafsa; MAP; Fórmula 06-26-24 (460 kg ha^{-1}) e Composto (TF, bagaço de cana e cinza de caldeira) na dose de 120

kg ha^{-1} de P_2O_5, e obtiveram teores 70, 71, 100, 61, 81, 52 e 118 mg dm^{-3}, respectivamente. Rosseto et al. (2002), verificaram que aos 4 meses após plantio os teores de P disponíveis no solo na camada de 0-20 cm se situavam ao redor de 60 mg dm^{-3} no tratamento com super triplo no fundo do sulco, sendo que 2 anos após a aplicação o teor nessa profundidade já estava quase próximo ao tratamento que não recebeu fósforo. Com o decorrer do tempo de aplicação de fertilizantes fosfatados no solo, ocorre diminuição no P disponível em virtude das reações sofridas entre as partículas do fertilizante e a fase mineral do solo.

Tabela 6. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de P disponível no solo na camada de 0 a 20 cm.

	Com torta de filtro	Sem torta de filtro
	mg dm^{-3}	
100%SS	8.7 bA	16.9 aA
66%SS + 33%FNA	36.9 aA	9.1 aB
33%SS + 66%FNA	10.4 bA	8.3 aA
100% FNA	4.0 bA	8.4 aA

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t.

Na camada de 20 a 40 cm, na presença de torta de filtro, novamente obteve-se maior teor de P disponível no tratamento 66%SS + 33%FNA. No entanto, na ausência da torta de filtro a adubação com 100% de FNA proporcionou maior teor de P no solo, em relação à mistura com 66%SS + 33%FNA, sem diferir dos demais tratamentos (Tabela 7).

Santos et al. (2010), afirma que a torta de filtro promove alterações significativas nos atributos químicos do solo, tais como: aumento da disponibilidade de P, Ca e N; aumento nas doses de C orgânico; aumento na CTC; diminuição nos teores de Al trocável. Em condições de solo e clima semelhantes ao deste trabalho, Santos et al. (2010) verificaram que a torta de filtro promoveu melhoria na fertilidade do solo na camada de 20-40 cm com aumentos significativos de Ca e P.

Tabela 7. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de P disponível no solo na camada de 20 a 40 cm.

	Com torta de filtro	Sem torta de filtro
	mg dm^{-3}	
100%SS	7.4 bA	10.7 abA
66%SS + 33%FNA	20.3 aA	3.5 bB
33%SS + 66%FNA	6.5 bA	5.2 abA
100% FNA	6.8 bB	13.1 aA

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t..

4.2 Diagnose Foliar

Na avaliação dos teores de macronutrientes foliares na cana-de-açúcar observou-se efeito da presença ou não da torta de filtro no teor de P foliar, e da interação entre torta de filtro e adubação fosfatada para os teores de Ca (Tabela 8).

Tabela 8. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros de teores foliares da cana-de-açúcar.

Causas de variação	**N total**	**P**	**K**	**Ca**	**Mg**	**S**
Fonte de P (FP)	$0,470^{ns}$	$1,743^{ns}$	$0,138^{ns}$	$1,476^{ns}$	$1,709^{ns}$	$0,613^{ns}$
Torta de filtro (TF)	$1,879^{ns}$	6,209 *	$0,054^{ns}$	$0,044^{ns}$	$0,676^{ns}$	$1,082^{ns}$
FP x TF	$2,074^{ns}$	$0,995^{ns}$	$0,586^{ns}$	3,497*	$0,401^{ns}$	$0,056^{ns}$
CV% (Fonte de P)	15,34	10,51	23,81	15,42	17,77	19,13
CV% (Torta de filtro)	13,13	8,76	19,85	13,01	19,34	20,14

ns, * Não significativo e significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

A aplicação de torta de filtro no sulco de plantio aumentou o teor de P foliar da cana-de-açúcar (Tabela 9). Esse resultado pode estar relacionado ao aumento do teor de P disponível no solo, ou devido à adubação orgânica com torta de filtro ser fonte de P (Tabela 4). Além disso, o aumento da matéria orgânica pode favorecer a retenção de água no solo e consequentemente a absorção de P.

Tabela 9. Teores foliares (g kg^{-1}) de N, P, K, Mg e S em função da adubação fosfatada mineral envolvendo super fosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio.

Tratamentos	N	P	K	Mg	S
Fonte de P					
100% SS	10,1a	1,3a	8,9a	2,0a	1,4a
66% SS + 33% FNA	10,2a	1,2a	9,2a	1,8a	1,3a
33% SS +66% FNA	10,9a	1,2a	9,5a	1,7a	1,2a
100% FNA	10,7a	1,3a	8,9a	1,9a	1,3a
Torta de filtro					
Com	10,8A	1,3A	9,2A	1,9A	1,4A
Sem	10,1A	1,2B	9,1A	1,8A	1,3A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t. Letras minúsculas compararam a adubação fosfatada e letras maiúsculas comparam com e sem torta de filtro.

Maule, Mazza e Martha (2001) encontraram teores foliares de P variando de 1,5 a 2 g Kg^{-1}, para Planossolo e Argissolo Vermelho, respectivamente. Souza, Quaggio e Silva (2011), avaliando a aplicação de 300 Kg de P_2O_5 em pré plantio na variedade RB867515 em cana planta com diferentes fontes de P, como Superfosfato Triplo, MAP, Fosfato Reativo de Arad, Fosfato Natural Itafós e Termofosfato Yoorin obtive teores foliares de P de 1,4; 1,5; 1,3; 1,3 e 1,5 g kg^{-1}, respectivamente. Sendo que, os fosfatos solúveis diferiram significativamente em relação aos fosfatos de Itafós e Arad.

Santos (2009) avaliou P na folha em cana-de-acúcar aos 4 meses após o plantio, em diferentes doses de fósforo com Superfosfato Simples (SS); Superfosfato triplo (ST); Fosmag; Gafsa; MAP; Fórmula 06-26-24 (460 kg ha^{-1}) e Composto (TF, bagaço de cana e cinza de caldeira) na dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e obteve 3,3; 4,0; 3,8; 3,0; 3,0; 3,0 e 2,5 g kg^{-1}, respectivamente.

Para Ca na folha verificou-se que com a adubação fosfatada feita com 100% via FNA os teores foram maiores na presença de torta de filtro, sendo que nas subparcelas com 100% FNA com torta de filtro obteve teores foliares de 5.82 g kg^{-1} e as sem torta obteve 4.62 g kg^{-1} havendo efeito significativo entre os tratamentos analisados (Tabela 10). A torta apresenta alto teor de cálcio e consideráveis quantidades de micronutrientes (EMBRAPA, 2007). Nos processos ocorridos nas usinas para floculação do caldo pode ser adicionado fosfato solúvel para aumentar o

ppm de fósforo no caldo e a realização da caleação (Ca), com isso a torta possui teores consideráveis de Ca e P.

Tabela 10. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de Cálcio na folha em g/kg para a avaliação realizada 432 dias após o plantio.

	Com torta de filtro	Sem torta de filtro
	----------Cálcio g kg^{-1}----------	
100% SS	5.40 Aa	5.65 Aa
66% SS + 33% FNA	4.75 Aa	5.65 Aa
33% SS + 66% FNA	4.57 Aa	4.82 Aa
100% FNA	5.82 Aa	4.62 Ba

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t.

4.3 Perfilhamento Inicial (146 Dias Após o Plantio)

De acordo a análise de variância para os resultados número de perfilhos na primeira época de avaliação (Tabela 11), verificou-se que os fatores “adubação” e “torta de filtro” não influenciaram no perfilhamento inicial da cana planta, e também não houve interação significativa entre esses fatores. A média de número de perfilhos nessa época foi de 21 perfilhos por metro linear.

Tabela 11. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para o parâmetro de número de perfilhos aos 146 dias após o plantio.

Causas de variação	**Perfilho**
Fonte de P (FP)	1.344^{ns}
Torta de filtro (TF)	0.028^{ns}
FP x TF	1.482^{ns}
Bloco	4.664**
CV% (Fonte de P)	*20.48*
CV% (Torta de filtro)	*16.00*

ns, ** Não significativo e significativo a 1 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 12. Número de perfilhos em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 146 dias após o plantio

Tratamentos	Nº de perfilhos
Fonte de P	
100% SS	22,5 a
2/3 SS + 1/3 FNA	23,1 a
1/3 SS + 2/3 FNA	19,7 a
100% FNA	19,8 a
Torta de filtro	
Com	21,4 a
Sem	21,2 a

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a 5% de probabilidade pelo teste de Turkey. Letras minúsculas comparam a adubação fosfatada e letras maiúsculas comparam com e sem torta de filtro

4.4 Avaliação de Parâmetros de Crescimento da Cana-de-açúcar aos 244 Dias Após o Plantio

A análise de variância para os resultados de número de perfilhos, comprimento médio dos entrenós, diâmetro médio da base do colmo e altura da planta na segunda época de avaliação (Tabela 13) indicou efeito significativo para o parâmetro altura de plantas, em função da adubação fosfatada e da presença de torta de filtro, e para o diâmetro de colmos, em função da torta de filtro. Não houve interação entre adubação fosfatada e torta de filtro para os parâmetros avaliados nessa época.

Tabela 13. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros de crescimento da cana-de-açúcar aos 244 dias após o plantio.

Causas de variação	Altura	Comprimento médio de entrenós	Diâmetro de colmo	Nº de perfilhos
Fonte de P (FP)	3,817*	$1,460^{ns}$	$3,397^{ns}$	$1,385^{ns}$
Torta de filtro (TF)	4,443*	$0,016^{ns}$	5,023*	$0,926^{ns}$
FP x TF	$0,016^{ns}$	$0,643^{ns}$	$1,767^{ns}$	$1,123^{ns}$
CV% (Fonte de P)	*5,98*	*7,90*	*4,45*	*16,87*
CV% (Torta de filtro)	*5,40*	*9,63*	*3,07*	*12,89*

ns, * Não significativo e significativo a 5 % de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

No resultado do teste de médias para adubação (Tabela 14), as maiores alturas de planta foram observadas no tratamento com 66% SS + 33% FNA, 100% SS e 33% SS + 66% FNA, que diferiram significativamente do tratamento com 100% FNA. Os tratamentos com e sem torta de filtro apresentaram efeito significativo para altura de planta, sendo os tratamentos com torta de filtro apresentando maior altura. Barbosa et al. (2002) relatam que a estatura de colmos tem correlação positiva com a produtividade, ou seja, genótipos com altura de colmo maior teriam a tendência de maior produção de massa por colmo, consequentemente, maior produtividade.

De acordo Cesnik e Miocque (2004), a maior necessidade de fósforo pela cultura da cana-de-açúcar verifica-se nos três primeiros meses de vegetação, representando mais de 50% do fósforo absorvido pela planta durante todo o seu ciclo, sendo isso verificado no presente experimento, quando observou-se maior altura de planta nos tratamentos com mais fosfato solúvel na avaliação realizada aos 244 dias após o plantio.

Santos (2009) avaliou o número de perfilhos em cana-de-açúcar aos 240 dias após o plantio em diferentes doses de fósforo, com Superfosfato simples (SS); Superfosfato triplo (ST); Fosmag; Gafsa; MAP; Fórmula 06-26-24 (460 kg ha^{-1}) e Composto (TF, bagaço de cana e cinza de caldeira) na dose de 120 kg ha^{-1} de P_2O_5 e obteve 11 perfilhos por metro linear em média.

Os maiores diâmetros foram observados nos tratamentos sem torta de filtro que diferiu significativamente do tratamento com torta (Tabela 10). Os tratamentos com 100% FNA sem torta teve um efeito significativo comparado ao tratamento com 100% FNA com torta.

Tabela 14. Altura das plantas, comprimento médio de entrenós, diâmetro do colmo e nº de perfilhos em função da adubação fosfatada mineral envolvendo super fosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 244 dias após o plantio.

Tratamentos	Altura (m)	Comprimento médio dos entrenós (cm)	Diâmetro de colmo (cm)	Nº de perfilhos
Fonte de P				
100% SS	1,40 ab	9,76 a	3,00 a	14,75 a
66% SS + 33% FNA	1,49 a	9,58 a	3,07 a	12,75 a
33% SS + 66% FNA	1,40 ab	10,24 a	3,21 a	14,75 a
100% FNA	1,34 b	9,51 a	3,06 a	14,75 a
Torta de filtro				
Com	1,44 A	9,75 A	3,05 B	14,56 A
Sem	1,38 B	9,79 B	3,12 A	13,93 A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t. Letras minúsculas compararam a adubação fosfatada e letras maiúsculas comparam com e sem torta de filtro.

4.5 Avaliação de Parâmetros de Crescimento, Produção e Tecnológicos da Cana-de-açúcar por Ocasião da Colheita (432 Dias Após o Plantio)

Nas avaliações realizadas por ocasião da colheita da cana verificou-se efeito significativo dos tratamentos apenas para o diâmetro de colmos, em função da interação entre torta de filtro e adubação fosfatada (Tabela 15). Para os demais parâmetros avaliados, como comprimento de entrenós, altura, número de perfilhos e produtividade, não se observou diferença estatística entre os tratamentos. Verificou-se que o número de perfilhos, que na primeira avaliação (146 DAP) foi de 21 perfilhos por metro, reduziu para 14 perfilhos por metro na segunda avaliação (244 DAP) e finalizou o ciclo com 9 perfilhos por metro na última avaliação (432 DAP). Desta forma, houve redução de 42% no perfilhamento. Oliveira et al. (2004) verificaram redução de 27% no perfilhamento da variedade RB72454, 52% na variedade RB855113 e 57% na RB855536 do período de máximo perfilhamento até a colheita. Comprovando o decréscimo de perfilhos de acordo com o aumento da competitividade por água, luz e nutrientes. A intensidade do perfilhamento é variável entre as diferentes cultivares, podendo ocorrer até quatro meses após o plantio (10 a 20 perfilhos), com posterior decréscimo no número de brotações, em virtude da competição natural por luz, água e nutrientes (CASTRO; CHRISTOFOLETTI, 2005).

A produtividade de colmos de cana planta de ano (Tabela 15) não sofreu influência dos tratamentos testados, ou seja, independente da presença ou

ausência de torta de filtro, as produtividades com a utilização de maiores proporções de FNA foram semelhantes às produtividades com mais fosfato solúvel, com média de 151 t ha^{-1}.

Para Novais e Mello (2007), a solubilização de fosfatos naturais, principalmente os pouco reativos, é dependente da acidez, dreno P-solo, dreno P-planta e tempo de contato. Os fosfatos naturais com forma farelada apresentam uma eficiência no 1° ano de até 65%, sendo seu efeito residual superior a de fontes solúveis. Castro (2007) relata que os fertilizantes fosfatados têm sua eficiência agronômica aumentada de forma considerável, quando se leva em conta três aspectos: i) aplicação após uma calagem adequada; ii) na forma granulada; e iii) de maneira localizada (em sulcos). Outro fator bem discutido por Novais e Mello (2007) é em relação ao tempo e superfície de contato onde em inúmeros trabalhos (CASTRO et al, 2007) a conclusão é que o maior tempo e superfície de contato solo-fonte solúvel acarreta em uma menor disponibilidade de P-lábil, a imediata presença do P na solução segue preferencialmente a rota não lábil. No caso deste experimento o fosfato natural foi aplicado no sulco diminuindo a superfície do contato com o solo. Castro et al. (2007) generaliza para pastagens e eucalipto que a correta compatibilização das fontes de fósforo é a utilização de fontes solúveis como arranque e fontes naturais como manutenção. É freqüente o número de trabalhos que demonstram que o maior tempo de contato solo-fosfato causa uma maior solubilidade de FN, porém acarretam em menor disponibilidade de P às plantas. Castro et al. (2007), incubaram diferentes solos com doses de fosfato de Araxá 0,5, 1,0 e 2,0 vezes a capacidade máxima de adsorção de P do solo- CMAP, em diferentes épocas (0, 73, 133, 253 dias antes do plantio). A produção de matéria seca e o P absorvido por plantas de sorgo foram menores nos períodos de 253 dias. Os resultados indicaram que, mesmo havendo reação de fosfato com o solo ao longo do período de incubação, essa reação forma produtos de menor disponibilidade de P para as plantas.

Santos (2009) avaliou a produtividade da cana-de-açúcar com diferentes fontes de P, e obteve com Superfosfato Simples 81,2 t ha^{-1}, com Superfosfato Triplo 91,5 t ha^{-1}, com Fosmag 79,5 t ha^{-1}, com fosfato de Gafsa 82,9 t ha^{-1}, com MAP 87,7 t ha^{-1} e com o formulado (6-26-24) 79,3 t ha^{-1}, sendo que o ST, Gafsa e MAP proporcionaram produtividades significativamente maiores que os demais tratamentos. Já em trabalho realizado na região canavieira de Alagoas,

Figueiredo Filho (2002) verificou que o fosfato de Gafsa apresentou resultados de produtividades superiores ao MAP e ao Superfosfato Simples. Possivelmente, a seqüência de adubações fosfatadas de fundação ao longo do tempo, promoveu a saturação progressiva da superfície de adsorção, implicando na redução da energia de ligação de fósforo com a superfície, disponibilizando maior quantidade de fósforo ligado com menor energia para a cultura (COSTA et al., 2006).

Normalmente, a eficiência dos fosfatos naturais aumenta quando são utilizados em solos com baixo pH e que mantêm baixas concentrações de P e de Ca na solução, que aumenta sua solubilidade (KAMINSKI; PERUZZO, 1997). A torta de filtro possui quantidades consideráveis de Ca e P, além de aumentar o pH. Em um trabalho realizado na Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), que avaliou a fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro, concluiu que a aplicação de torta de filtro promoveu melhoria na fertilidade do solo em virtude de aumentar seus teores de macro e micronutrientes e reduzir os teores de Al promovendo, desta forma, uma ação corretiva da acidez do solo enquanto os fertilizantes minerais promoveram a acidificação.

Tabela 15. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros de crescimento e produtividade da cana-de-açúcar aos 432 dias após o plantio.

Causas de variação	**Altura**	**Comprimento entrenós**	**Diâmetro de colmo**	**N^{o} de perfilhos**	**Prod**
Fonte P (FP)	0.329^{ns}	0.437^{ns}	0.526^{ns}	0.432 ^{ns}	0,598^{ns}
Torta de filtro (TF)	0.084^{ns}	1.188^{ns}	0.123^{ns}	1.318 ^{ns}	0,360^{ns}
FP x TF	0.542^{ns}	1.490^{ns}	5.871**	1.572 ^{ns}	0,777^{ns}
CV% (Fonte de P)	7.32	24.26	10.24	16.10	17,95
CV% (Torta de filtro)	5.28	14.63	6.05	14.47	18,1

ns, ** Não significativo e significativo a 1% de probabilidade pelo teste F, respectivamente.

Tabela 16. Altura das plantas, comprimento dos entrenós, nº de perfilhos e produtividade em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio.

Tratamentos	Altura (m)	Comp_médio dos entrenós (cm)	Nº de perfilhos	Produtividade (t ha^{-1})
Fonte de P				
100% SS	3,0 a	24,9 a	9,1 a	157,8 a
66% SS + 33% FNA	3,1 a	25,7 a	9,0 a	146,8 a
33% SS + 66% FNA	3,1 a	22,7 a	9,3 a	156,7 a
100% FNA	3,0 a	23,4 a	9,8 a	142,8 a
Torta de filtro				
Com	3,1 A	23,5 A	9,6 A	148,1 A
Sem	3,1 A	24,9 A	9,0 A	153,9 A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t. Letras minúsculas compararam a adubação fosfatada e letras maiúsculas comparam com e sem torta de filtro.

No desdobramento da interação entre presença ou não de torta de filtro dentro da adubação fosfatada, verifica-se na tabela 16 que quando aplicou-se 100% da dose de P via FNA o maior diâmetro foi observado nos tratamentos sem torta de filtro. No desdobramento da adubação fosfatada dentro do fator “torta de filtro” verificou-se que na ausência da torta de filtro os maiores diâmetros foram com 100% FNA, porém sem diferir no tratamento com 33% SS + 66% FNA.

Os tratamentos com mais fosfatos solúveis não interferiram no diâmetro do colmo, assim como já observado na avaliação aos 244 dias após o plantio e também constatado por Caione et al. (2011).

Tabela 17. Desdobramento da interação entre a adubação fosfatada e a aplicação de torta de filtro para o resultado de diâmetro médio da base do colmo por 10 plantas, para a avaliação realizada 432 dias após o plantio.

	Com torta de filtro	Sem torta de filtro
	----------diâmetro cm----------	
100% SS	2,97 aA	2,90 bA
66% SS + 33% FNA	3,19 aA	2,93 bA
33% SS + 66% FNA	3,05 aA	3,00abA
100% FNA	2,89 aB	3,36 aA

Médias seguidas de letras iguais, maiúsculas na linha e minúsculas na coluna, não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t.

Quanto aos parâmetros tecnológicos (Tabela 18), ^{o}Brix e P do caldo (Tabela 19), não houve efeito significativo dos tratamentos testados. Rossetto et al.

(2002) também não observaram influência da adubação fosfatada nas características tecnológicas da cana-de-açúcar.

O valor médio de Pol% foi de 16,74%. De acordo com Ripoli e Ripoli (2004), as variedades são consideradas ricas em POL na cana quando os valores são maiores que 14%, médias com Pol entre 12,5 e 14%, e pobres com Pol menor que 12,5%. No Estado de São Paulo, segundo este autor, uma cana para ser considerada madura deve apresentar Pol% cana variando de 14,4 (início da safra) a 15,3 (transcorrer da safra). Franco (2003) observou dados de Pol (caldo e cana) para a cana-planta e a cana-soca e desta forma verificou que os colmos foram colhidos após atingirem o ponto de maturação (Pol% cana com 14,7% na cana-planta e 16,7% na cana-soca). Segundo Fernandes (2000), este valor deve ser ≥ que 14,4%. O Brix (Tabela 20) apresentou valor médio de 22,1. A indústria sucroalcooleira, no Estado de São Paulo, considera que uma cana para ser industrializada deve ter, entre outras características, um caldo que contenha no mínimo 18° Brix, ou seja, 18% de sólidos solúveis (FERNANDES, 2000).

O teor de fibra é uma característica varietal de muita importância para a geração de energia, que os fitomelhoristas praticamente descartam variedades obtidas que não superem 10,5% de fibra. Além do fator condicionante ambiental, os ambientes como solo, umidade, idade ou corte, exercem grande influência na formação das partes moles (75% do colmo, com 8% de fibra e 80% do caldo) e das partes duras (25% do colmo, com 75% de fibra e 75% do caldo) (HORII, 2004).

Para o resultado de fibra, os tratamentos obtiveram a média de 11,3% de fibra (Tabela 20), que está de acordo com a média de outros trabalhos. A análise de mais de três mil amostras de cinco importantes variedades (representantes de 40% da área colhida em São Paulo em 1999) mostrou média da fibra “botânica” de 11,35%. Os dados do sistema de pagamento de cana pelo teor de sacarose de São Paulo (PCTS) mostram que a fibra “industrial” oscilou entre 13% e 14% de 1987 a 1998 (FERNANDES, 2000). De modo geral os teores de fibra oscilaram entre 9,5 a 12,84%. Franco (2003) cita que os níveis de fibra de uma cana normal devem oscilar numa faixa de 10-11%. Nunes Júnior (2008) avaliando parâmetros tecnológicos de diversas variedades no estado de SP verificou que a variedade RB 86 7515 teve o teor de fibra variando entre 11 a 11,5%, pol entre 16 e 17% e ATR com a média de 150 kg t^{-1} de cana.

Santos et al. (2011) realizaram um experimento com torta de filtro (0; 0,5; 1,0; 2,0 e 4,0 t ha^{-1}) e níveis de fósforo (0, 50, 100, 200 kg ha^{-1} de P_2O_5) com o objetivo de avaliar parâmetros tecnológicos na cana-planta da variedade RB867515. Para as doses de torta de filtro, o maior valor de fibra(%) foi encontrado com 4,0 t ha^{-1}, mas os maiores valores de Brix% caldo foram observados para as doses de 1,0 e 2,0 t ha^{-1}, enquanto para ART% cana e pol% cana, valores significativamente iguais foram obtidos para as doses 0,5, 1,0 e 2,0 t ha^{-1}. A dose de 2,0 t ha^{-1} proporcionou maior produtividade de açúcar (TPH). Para os fosfatos, a dose de 200 kg ha^{-1} resultou em maior Brix% caldo e, para as variáveis pol% cana e TPH, além desta dose também a de 100 kg ha^{-1} superou significativamente as demais.

Tabela 18. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar aos 432 dias após o plantio.

Causas de variação	Fibra	POL	ART consecana	ATR consecana	ATR consec ind	Alc tn	Sacarose
Fonte de P (FP)	0.493 ns	0.417 ns	0.477 ns	0.475 ns	0.475 ns	0.475 ns	0.414 ns
Torta de filtro (TF)	0.178 ns	0.048 ns	0.104 ns	0.104 ns	0.104 ns	0.104 ns	0.043 ns
FP x TF	0.753 ns	0.050 ns	0.073 ns	0.074 ns	0.074 ns	0.074 ns	0.044 ns
CV % (Fonte de P)	7.79	11.31	9.49	9.46	9.47	8.43	11.87
CV % (Torta de filtro)	9.38	10.62	8.85	8.86	8.87	7.88	11.22

ns = Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 19. Valores de F calculados pela análise de variância e coeficientes de variação para os parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar aos 432 dias após o plantio.

Causas de variação	Brix	P no caldo
Fonte de P (FP)	0,359 ns	0,575 ns
Torta de filtro (TF)	0,042 ns	2,036 ns
FP x TF	0326 ns	1,945 ns
CV% (Fonte de P)	6,52	33,65
CV% (Torta de filtro)	5,82	31,75

ns= Não significativo a 5% de probabilidade pelo teste F.

Tabela 20. Teores de fibra, Pol, ART consecana e sacarose em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio.

Tratamentos	Fibra (%)	POL (%)	ART consecana (%)	Sacarose (%)
Fonte de P				
100% SS	11.0 a	16.1 a	15.2 a	66.5 a
66% SS + 33% FNA	11.5 a	16.7 a	15.5 a	68.8 a
33% SS + 66% FNA	11.3 a	16.8 a	15.7 a	69.5 a
100% FNA	11.2 a	17.2 a	16.1 a	71.0 a
Torta de filtro				
Com	11.3 A	16.6 A	14.9 A	65.8 A
Sem	11.2 A	16.8 A	15.5 A	67.3 A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t. Letras minúsculas compararam a adubação fosfatada e letras maiúsculas comparam com e sem torta de filtro.

Tabela 21. ATR consecana, ART consecana indústria e álcool tn cana em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio.

Tratamentos	ATR consecana ($Kg\ t^{-1}$)	ART consecana ind ($Kg\ t^{-1}$)	ALC Tn Cana (Lt^{-1})
Fonte de P			
100% SS	139.6 a	134.2 a	106.7 a
66% SS + 33% FNA	142.7 a	137.2 a	108.8 a
33% SS + 66% FNA	144.4 a	138.9 a	110.0 a
100% FNA	147.5 a	141.9 a	112.1 a
Torta de filtro			
Com	137.1 A	137.4 A	108.9 A
Sem	142.1 A	138.8 A	109.9 A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t. Letras minúsculas compararam a adubação fosfatada e letras maiúsculas comparam com e sem torta de filtro.

Tabela 22. Valores de ^{o}Brix e P no caldo em função da adubação fosfatada mineral envolvendo superfosfato simples e fosfato natural de Arad, e em função do fornecimento ou não de torta de filtro, aos 432 dias após o plantio.

Tratamentos	Brix (%)	P no caldo (g kg^{-1})
Fonte de P		
100% SS	21.8 a	0,3 a
66% SS + 33% FNA	22.1 a	0,3 a
33% SS + 66% FNA	22.3 a	0,2 a
100% FNA	22.5 a	0,2 a
Torta de filtro		
Com	22.1 A	0,3 A
Sem	22.2 A	0,2 A

Médias seguidas de letras iguais na coluna não diferem entre si a 5 % de probabilidade pelo teste t. Letras minúsculas compararam a adubação fosfatada e letras maiúsculas comparam com e sem torta de filtro.

4.6 Análise Microbiológica do Solo

Como se pode observar na tabela 23, de acordo com a análise de variância, os tratamentos com aplicação de torta de filtro apresentaram tendência de valores elevados de biomassa microbiana no solo, quando comparados aos tratamentos sem o composto orgânico. Apesar dos diferentes valores resultantes, não houve diferença na comparação pela análise de variância ao nível de 5%.

Tabela 23. Valores médios de biomassa microbiana do solo em diferentes tratamentos com adubação fosfatada com e sem torta de filtro. SS=Super Simples; FNA= Fosfato Natural Reativo de Arad; TF=Torta de filtro.

TRATAMENTOS	Com TF	Sem TF
	--(mg kg^{-1})--	--(mg kg^{-1})--
100 % SS	571,5 a	503,0 a
66% SS e 33% FNA	591,7 a	430,7 a
33% SS e 66% FNA	483,2 a	406,2 a
100 % FNA	394,5 a	274,0 a

Letras diferentes na coluna indicam diferença ao nível de 5% no Teste de Tukey.

Para valores médios de respiração do solo o tratamento com 100% FNA com torta obteve efeito significativo comparados com 33%SS e 66% FNA com torta, a maior respiração nas subparcelas com torta com 100% FNA pode ser evidenciado pela menor atividade no solo devido a menor disponibilidade de P no

solo com isso pode ocorrer menor respiração do solo. E nos tratamentos sem torta não houve efeito significativo entre os tratamentos.

Tabela 24. Valores médios da respiração do solo em diferentes tratamentos com adubação fosfatada com e sem torta de filtro. SS=Super Simples; FNA= Fosfato Natural Reativo de Arad; TF=Torta de filtro.

TRATAMENTOS	Com TF	Sem TF
	--(mg de CO^2)--	--(mg de CO^2)--
100% SS	4,6 ab	3,1 a
66% SS e 33% FNA	4,8 ab	4,2 a
33% SS e 66% FNA	3,8 b	2,4 a
100% FNA	9,6 a	4,5 a

Letras diferentes na coluna indicam diferença ao nível de 5% no Teste de Tukey.

5 CONCLUSÕES

1- A substituição total ou parcial da fonte solúvel de fósforo por uma fonte menos reativa não alterou a produtividade da cana planta, independente da presença ou não de torta de filtro.

2 – A adubação no sulco de plantio com 66% da dose com Super Simples e o restante com Fosfato Natural de Arad aumentou os teores de P disponível no solo.

3 – Não houve efeito das fontes de fósforo e da torta de filtro nos parâmetros tecnológicos da cana-de-açúcar de primeiro corte. O uso de torta de filtro não aumentou a produtividade da cana planta, independente da fonte de fósforo utilizada.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA JÚNIOR, A. B. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar:** efeitos no solo e na planta. 2010. 58p. Dissertação (Mestrado). Recife, UFRPE.

AZEVEDO, W. R. et al. Disponibilidade de fósforo para o arroz inundado sob efeito residual de calcário, gesso e esterco de curral aplicados na cultura do feijão. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.28, p.995-1004, 2004.

BARBOSA, M. H. P. et al. Análise de causa e efeito para produção de colmos e seus componentes na seleção de famílias de cana-de-açúcar. In: 8º CONGRESSO NACIONAL DA STAB, 2002, Recife - Pernambuco. **Anais...,** 2002. p.366-370.

BASTOS, A. L. et al. Influência de doses de fósforo no fluxo difusivo em solos de Alagoas. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.12, p.136-142, 2008.

BENEDITO, D. S. et al. Eficiência agronômica de compostos organominerais obtidos pelo Processo Humifert. **Bragantia**, v.69, p.191-199, 2010.

BITTENCOURT, V. C. et al. Torta de filtro enriquecida. **Idea News**, Ribeirão Preto, v.6, n.63, p.2-6, 2006.

CAIONE, G. et al. Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais,** Alta Floresta, v.9, n.1, p.1- 11, 2011.

CANTARELLA, H. et al. Mistura em diferentes proporções de fosfato reativo natural e fosfato solúvel em água para a cana-de-açúcar. In: CONGRESSO NACIONAL DA SOCIEDADE DOS TÉCNICOS AÇUCAREIROS E ALCOOLEIROS DO BRASIL, 8., 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p. 218-224.

CASTRO, A. M. et al. **Eficiência de uso de fontes de fósforo em diferentes sistemas de cultivo**. 2007. (Monografia). Lavras, Departamento de Ciência do Solo da Universidade Federal de Lavras.

CASTRO, P. R. C.; CHRISTOFFOLETI, P. J. Fisiologia da cana-de-açúcar. In: MENDONÇA, A.F. **Cigarrinhas da canade-açúcar:** controle biológico. 1. ed. Maceió: Insecta, 2005. p.3-48.

CESNIK, R.; MIOCQUE, J. Melhoramento da cana-de-açúcar. **Embrapa Tecnologia da Informação**, Brasília, p.31-104, 2004.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Cana-de-açúcar, levantamento de produção, SAFRA 2012/2013**. Disponível em: < http://www.conab.gov.br > Acesso em: 21 jun 2012.

CONDRON, L. M.; TIESSEN. H. Interactions of organic phosphorus in terrestrial ecosystems. In: TURNER, B. L.; FROSSARD, E.; BALDWIN, D. S. (eds). **Organic phosphorus in the environment.** Wallingford: CAB International, 2005. p.295-308.

COSTA, J. P. V. et al. Fluxo difusivo de fósforo em função de doses e da umidade do solo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.10, n.4, p.828-835, 2006.

DEMATTÊ, J. L. I. Recuperação e manutenção da fertilidade dos solos. **Visão Agrícola**, v. 1, p. 48-59, 2004.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes**. Brasília: EMBRAPA, 1999. 370p.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Determinação do fósforo remanescente para a avaliação da disponibilidade de fósforo em solos do Estado do Acre**. 1. ed. Acre: Embrapa Acre, 2011.

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. Centro Nacional de Pesquisa de Solos. **Sistema brasileiro de classificação de solos.** 2. ed. Brasília, DF: Embrapa-SPI; Rio de Janeiro: Embrapa Solos, 2007. 306p.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana de açúcar**. Piracicaba, STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, 2000. 193p.

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 2. ed. Piracicaba: STAB – Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil: 2003. 240p.

FERREIRA, A. S.; CAMARGO, F. A. O.; VIDOR, C. Utilização de microondas na avaliação da biomassa microbiana do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v. 23, n. 4, p. 991-996, 1999.

FIGUEIREDO FILHO, C. P. Avaliação da adubação fosfatada da cana-de-açúcar com hiperfosfato natural reativo. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Recife. **Anais...** Recife: STAB, 2002. p.259-263.

FRANCO, A. **Cana-de-açúcar cultivada em solo adubado com lodo de esgoto e vinhaça: nitrogênio no sistema solo-planta, produtividade e características tecnológicas.** 2003. 90 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

GADD, G. Fungal production of citric and oxalic acid: importance of metal specification, physiology and biochemical processes. **Advances Microbial Physiology,** Sheffield, v.41, p.47-92, 1999.

GAVA, G. J. C. et al. Crescimento e acúmulo de nitrogênio em cana-de-açúcar cultivada em solo coberto com palhada. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** v.36, n.11, p.1347-1354, 2001.

GUGGENBERGER, G. et al. Land use and fertilization effects on P forms in two European soils: Resins extraction and 31P-NMR analysis. **European Journal** of **Soil Science**, v.47, p.605-614, 1996.

HORII, J. A qualidade da matéria-prima, na visão agrícola. **Visão Agrícola**, v.1, n.1, p.91-93, 2004.

HOROWITZ, N.; MEURER, E. J. Eficiência de dois fosfatos naturais farelados em função do tamanho da partícula. **Ciência Rural**, v.33, n.1, p.41-47, 2003.

KAMINSKI, J.; PERUZZO, G. **Eficácia de fosfatos naturais reativos em sistemas de cultivo**. Santa Maria: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 1997. 31p.

KAMPF, N.; CURI, N. Argilominerais em solos brasileiros. In: CURI, N. et al. (eds). **Tópicos em ciência do solo**. Viçosa: SBCS, 2003. p.1-54.

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

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

LANDELL, M. G. A.; SILVA, M. A. **As estratégias de seleção da cana em desenvolvimento no Brasil.** Visão Agrícola, Piracicaba, v.1, p.18-23, 2004.

LEME FILHO, J. R. A. et al. **Estudo comparativo dos métodos determinação e estimativa dos teores de fibra e açucares redutores em cana-de-açúcar (Saccarum ssp.)**. Priracicaba: ESALQ, Depto de Agroindustria, Alimentos e Nutrição, 2003. 30 p.

MAHADEVAIAH, M. S. et al. A simple spectrophotometric determination of phosphate in sugarcane juices, water and detergent samples. **E-Journal of Chemistry**, v.4, p.467-473, 2007.

MARQUES, M. O.; MARQUES , T. A.; TASSO JÚNIOR, L. C. **Tecnologia do açúcar, produção e industrialização da cana-de-açúcar**. Jaboticabal, Funep, 2001. 166p.

MATOS, E. S. et al. Formas de fósforo no solo em sistemas de milho exclusivo e consorciado com feijão sob adubação orgânica e mineral. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.625- 632, 2006.

MAULE, R. F.; MAZZA, J. A.; MARTHA JR., G. B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes solos e épocas de colheita. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.295-301, 2001.

MOREIRA, J. G. **Atividade coloidal e físico-química do solo**. 2001. Dissertação (Mestrado em Agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia.

MOURA, M. V. P. F. et al. Doses de adubação nitrogenada e potássica em cobertura na cultura da cana-de-açúcar, primeira soca, com e sem irrigação. **Ciência e Agrotecnologia**, v.29, p.753-760, 2005.

NAHAS, E. et al. Microrganismos solubilizadores de fosfato e produtores de fosfatases de vários solos. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.180, p.43-48, 1994.

NAKAYAMA, L. H. I. et al. Eficiência relativa de fontes de fósforos de diferentes sublimidades na cultura do arroz. **Scientia Agrícola**, v.55, n.2, p.183-190, 1998.

NOVAIS, R. F.; SMYTH, T. J. **Fósforo em solo e planta em condições tropicais**. Viçosa: UFV, 1999. 399p.

NOVAIS, R.F.; MELLO, J.W.V. Relação solo-planta. In: NOVAIS, R.F. et al. **Fertilidade do solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.134-177.

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

NZIGUHEBA, G.; BUNEMANN, E. K. Organic phosphorus dynamics in tropical agroecosystems. In: TURNER, B. L.; FROSSARD, E.; BALDWIN, D.S., (eds). **Organic phosphorus in the environment**. Cambridge: CABI Publishing, 2005. p.243-268.

OLIVEIRA, R. A. et al. Crescimento e desenvolvimento de três cultivares de cana-deaçúcar, em cana-planta, no estado do Paraná. **Scientia Agrária**, v.5, n.1-2, p.87-94, 2004.

PALHARIM, A. Avaliação do desempenho do fosfato natural reativo de Arad e fosfato natural reativo de Arad + enxofre na cultura da cana-de-açúcar. **Portal da Fertilização**, v. 4, n. 4, 2007.

PARFITT, R. L. Phosphate reactions with natural allophane, ferrihydrite and goethite. **Journal of Soil Science**, Oxford, v.40, p.359-369, 1989.

PEREIRA, M. G. et al . Carbono, matéria orgânica leve e fósforo remanescente em diferentes sistemas de manejo do solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira,** Brasília, v. 45, n. 5, 2010.

PIMENTEL GOMES, F. **Curso de estatística experimental**. 14. ed. Piracicaba: Editora da Universidade de São Paulo, 2000. 477p.

PRADO, R. M.; FERNANDES, F. M.; ROQUE, C. G. Resposta da cultura do milho a modos de aplicação e doses de fósforo, em adubação de manutenção. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.25, p.83-90, 2001.

PROCHNOW, L. I.; ALCARDE, J. C.; CHIEN, S. H. Eficiência agronômica dos fosfatos totalmente acidulados. In: YAMADA, T.; ABDALLA, S. R. S., (eds). **Fósforo na agricultura brasileira**. Piracicaba: Potafos, 2004. p.605-651.

QUISPE, J. F. S. **Eficiência agronômica de fosfatos com solubilidade variável em água em solos distintos quanto a capacidade de fixação de fósforo**. 2004. 57f. Dissertação (Mestrado). ESALQ – Escola Superior de Agricultura Luiz Queiroz, Piracicaba – SP.

RAIJ, B. V. et al. **Análise química para avaliação da fertilidade de solos tropicais**. Campinas: Instituto Agronômico, 2001. 284p.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H. Outras culturas industriais. In: RAIJ, B. V. et al. (coord.) **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2. ed. Campinas: Instituto Agronômico e Fundação IAC, 1996. p.233-236.

RESENDE, A. V. et al. Fontes e modos de aplicação de fósforo para o milho em solo cultivado da região do Cerrado. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, v.30, p.453-466, 2006.

RIPOLI, T. C. C.; RIPOLI, M. L. C. **Biomassa de cana-de-açúcar: colheita, energia e ambiente.** 2. ed. Piracicaba: T. C. C. Tripoli, 2004. p. 185-189.

RODELLA, A. A; SABOYA, L. V. Calibration for condutimetric determination of carbon dioxide. **Soil Biology & Biochemistry**, v.31, p.2059-2060, 1999.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F. Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões. **Informações Agronômicas,** Piracicaba, n. 110, p. 6-11, 2005.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C. Problemas nutricionais dos solos nas novas fronteiras canavieiras. **Idea News,** Ribeirão Preto, v. 8, n. 94, p. 78-90, 2008.

ROSSETTO, R. et al. Eficiência agronômica do fosfato natural na cultura da cana-de-açúcar. In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiro e Alcooleiros do Brasil, 8, 2002, Pernambuco. **Anais...** Pernambuco: STAB, 2002. p. 276-282.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Adubação:** resíduos alternativos. 2009. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html>. Acesso em: 12 mar. 2009.

SANTOS, D. H. **Adubação da cana-de-açúcar com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel**. 2009. 35p. Dissertação (Mestrado). Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente.

SANTOS, D. H. et al. 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, out./dez. 2010.

SANTOS, D. H. 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**, v.15, p.443-449, 2011.

SANTOS, D. R.; GATIBONI, L. C.; KAMINSKI, J. Fatores que afetam a disponibilidade do fósforo e o manejo da adubação fosfatada em solos sob sistema plantio direto. **Ciência Rural**, v.38, p.576-586, 2008.

SARMENTO, P.; CORSI, M.; CAMPOS, F. P. Resposta da alfafa a fontes de fósforo associadas ao gesso e à calagem. **Scientia Agrícola**, v.58, n.2, p.381-390, 2001.

SEGATO, S. V. et. al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Priracicaba: CP2, 2006.

SIMÕES NETO, D. E. et al. Extração de fósforo em solos cultivados com cana-de-açúcar e suas relações com a capacidade tampão. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.13, p.840-848, 2009.

SOUZA, T. R.; QUAGGIO, J. A.; SILVA, G. O. Dinâmica de íons e acidificação do solo nos sistemas de fertirrigação e adubação sólida na citricultura. **Revista Brasileira de Fruticultura**, v.28, p.501-505,2011.

STONE, L.F. et al. Adubação nitrogenada em arroz sob irrigação suplementar por aspersão. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, v.34, p.927-932, 1999.

STUPIELLO, J. P. A Filha da matéria prima. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v. 21, n. 2, p. 12, 2002.

TERUEL, D. A.; BARBIERE, V.; FERRARO JÚNIOR, L. A. Sugarcane leaf area index modeling under different soil water condintios. **Scientia Agrícola**, v.54, p.93-44, 1997.

TOMAZ, H. V. Q. **Fontes, doses e formas de aplicação de fósforo na cana-de-açúcar**. 2009. 93f. Dissertação (Mestrado). Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Piracicaba.

UDOP. **Variedades**. 2008. Disponível em: <http://www.udop.com.br/geral.php>. Acesso em: 09 mai. 2012.

VANCE, C. P.; STONE, C. U.; ALLAN, D. L. Phosphorus acquisition and use: critical adaptations by plants for securing a nonrenewable resource. **New Phytologist**, v.157, p.423-447, 2003.

VINCENT, A. G.; TURNERB, B. L.; TANNER, E. V. J. Soil organic phosphorus dynamics following perturbation of litter cycling in a tropical moist forest. **European Journal** of **Soil Science**, 61:48-57, 2010.

WRIGHT, A. L. Soil phosphorus stocks and distribution in chemical fractions for long-term sugarcane, pasture, turfgrass, and forest systems in Florida. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.83, p.223-231, 2009.

XAVIER, F.A. et al. Soil phosphorus distribution in sequentially extracted fractions in tropical coffee-agroecosystems in the Atlantic Forest biome, Southeastern Brazil. **Nutrient Cycling in Agroecosystems**, v.89, p.31-34, 2010.