



Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Agrárias
Curso de Engenharia Agrônoma



NATANNY PETERLEVITZ

Adubação com torta de filtro “*in natura*” e compostada no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.).

ARARAS – 2015

Universidade Federal de São Carlos
Centro de Ciências Agrárias
Departamento de Recursos Naturais e Proteção Ambiental

NATANNY PETERLEVITZ

Adubação com torta de filtro “*in natura*” e compostada no desenvolvimento inicial da cana-de-açúcar (*Saccharum officinarum* L.).

Monografia apresentada ao Curso de Engenharia Agrônômica – CCA – UFSCar para a obtenção do título de Engenheiro Agrônomo.

Orientador: Prof. Dr. Marcio Roberto Soares

Araras - 2015

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho:

A toda minha família, por toda a dedicação e esforço que tiveram. Em especial dedico a minha mãe, Silvana Aparecida Bueno Peterlevitz, por toda força, perseverança e perspicácia de sempre me apoiar e mostrar o melhor caminho, ao meu pai, Reinaldo Peterlevitz, por me fazer acreditar que sonhos são reais e possíveis, e ao meu irmão, Carlos Gustavo Peterlevitz, que é meu grande exemplo de profissional.

AGRADECIMENTOS

Em especial, venho a agradecer a Nossa Senhora Aparecida e ao Menino Jesus por ter me dado força e determinação em todos os momentos da minha vida.

Agradeço ao Professor Doutor Marcio Roberto Soares por todo o auxílio, compreensão, conhecimentos e conselhos passados durante a condução do experimento e em outros momentos que foram de suma importância na minha formação como pessoa e profissional e, ao grupo de estudo GEMASO por toda contribuição, sobretudo durante a finalização do experimento.

A Claudete Leme, Laura Migliatti, Rubens Olívio, Vânia Maria de Oliveira e aos demais funcionários da Universidade Federal de São Carlos que estiveram comigo auxiliando e contribuindo durante todo o período de graduação, que tornaram-se grandes exemplos de vida.

Aos grandes amigos de curso, em particular a Ana Lúcia Scavazza, Jéssica Lara Lavorenti, Josimara Ferreira Aparecida, Heloise Trancolin e Noelle de Cássio Brandino, que me ensinaram o verdadeiro espírito de companheirismo e lealdade bem, como, aos bons momentos vividos durante a graduação. Se pudesse resumir toda a minha gratidão a vocês citaria um trecho da música “Canção da América” de Milton Nascimento: “Amigo é feita para se guardar debaixo de sete chaves, dentro do coração do lado direito do peito”.

Agradeço a toda equipe do Programa de Melhormente Genético da Cana-de-Açúcar (PMGCA/RIDESIA), no qual tive o prazer de estagiar e acompanhar suas atividades, e por ceder as gemas tratadas da variedade RB855536, que foram utilizadas na condução do experimento. Assim, como, agradeço a Usina Santa Lúcia, por ter cedido a torta-de-filtro “*in natura*” e compostada, que foi o alvo de estudo do presente trabalho e por ter me proporcionado um momento de aprendizado único em minha carreira profissional.

“Hoje, neste tempo que é seu, o futuro está sendo plantado. As escolhas que você procura, os amigos que você cultiva, as leituras que você faz, os valores que você abraça, os amigos que você ama, tudo será determinante para a colheita futura.”

Padre Fábio de Melo

RESUMO

O uso agrícola de subprodutos da agroindústria, como a torta de filtro, reduz os custos de produção da canavieira e contribui para a mitigação de impactos ambientais, uma vez que diminui o emprego de fertilizantes minerais por serem fontes alternativas de nutrientes. A torta de filtro é uma importante fonte alternativa de fósforo (P), macroelemento primário com limitada disponibilidade em solos tropicais intemperizados, típicos dos ambientes de produção da cana-de-açúcar. O objetivo deste trabalho foi avaliar o desenvolvimento inicial da cultura da cana-de-açúcar, a partir de adubações com diferentes tipos (*in natura* e compostada) e doses (calculada e praticada) de torta de filtro como fonte de P. Mudanças pré-germinadas da variedade RB855536 de cana-de-açúcar foram transplantadas para vasos de 40 dm³, preenchidos com amostras do horizonte superficial de um Latossolo Vermelho Distroférrico. O experimento foi conduzido em casa de vegetação, com delineamento experimental de blocos inteiramente casualizados, composto de seis tratamentos com cinco repetições: T0 – testemunha; T1 – adubação química convencional; T2 – torta de filtro “*in natura*” na dose calculada (35 t/ha); T3 – torta de filtro “*in natura*” em subdose (20 t/ha); T4 – torta de filtro compostada na dose calculada (25 t/ha) e; T5 – torta de filtro compostada em subdose (15 t/ha). Aos 120 dias do transplante (DAT), foram realizadas avaliações biométricas para coleta de informações sobre altura, diâmetro e número de internódios por colmo, massa fresca e seca dos colmos, e análises químicas do solo e do tecido vegetal. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, foram avaliados pelo teste de Tukey a 5%. O uso de 20-35 t ha⁻¹ de torta de filtro “*in natura*” ou de 15-25 t ha⁻¹ de torta de filtro compostada teve efeito semelhante ou superior à adubação mineral convencional sobre os parâmetros biométricos, mas reduziu teores foliares de potássio (K), magnésio (Mg), enxofre (S), boro (B), cobre (Cu), ferro (Fe), manganês (Mn) e zinco (Zn), quando comparado ao tratamento com adubação convencional. Teores foliares de nitrogênio (N) e de cálcio (Ca) não foram alterados pelo emprego da torta de filtro. Com a aplicação de 15-25 t ha⁻¹ de torta de filtro compostada, foram observados aumentos significativos da capacidade de troca de cátions (CTC) e dos teores de K, de Ca, de soma de bases (SB) e, principalmente, de P do solo. Ao contrário do esperado, o uso da torta de filtro não provocou aumentos significativos da matéria orgânica do solo. Entretanto, a aplicação de 20-35 t ha⁻¹ de torta de filtro “*in natura*” aumentou a acidez potencial e diminuiu o pH do solo. Independentemente do tipo e da dose, a torta de filtro substituiu integralmente a adubação fosfatada e assegurou níveis foliares adequados de P em plantas de cana-de-açúcar em estágio inicial de desenvolvimento. A aplicação de torta de filtro foi uma alternativa eficiente de suprimento de P e, portanto, pode reduzir custos com fertilizantes fosfatados minerais.

Palavras-chave: *Saccharum officinarum*; resíduos agroindustriais; cana-planta; adubação fosfatada.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
3. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	12
2.1. A cultura de cana-de-açúcar	12
2.2. Panorama geral da produção de cana-de-açúcar no Brasil.....	12
2.3. Produção de Açúcar e Etanol	14
2.4. Fósforo (P) para a cana-de-açúcar.....	14
2.5. Fontes de fósforo.....	15
2.6. Resíduos agroindustriais	15
2.6.1. Torta de Filtro	16
2.7. Compostagem da torta de filtro.....	18
3. HIPÓTESE E OBJETIVOS	21
4. MATERIAL E MÉTODOS	22
5. RESULTADOS E DISCUSSÃO	30
5.1. Análise de variância (ANOVA)	30
5.2. Parâmetros biométricos	31
5.3. Parâmetros foliares.....	35
5.4. Parâmetros de solo	39
6. CONCLUSÕES	43
7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	44

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Pátio de compostagem de torta de filtro localizado na Usina Santa Lúcia, Araras-SP.....	19
Figura 2. Máquina autopropelida revolvedora e enleiradora de torta de filtro.....	19
Figura 3. Implemento, acoplado ao trator, que atravessa as leiras de compostagem de torta de filtro por meio de um rotor. Usina Santa Lúcia, Araras/SP.....	20
Figura 4. Gemas de mini-toletes de cana-de-açúcar plantados em copos com vermiculita com 7 dias de emergência.....	23
Figura 5. Bandejas, contendo plântulas de cana-de-açúcar emergidas com 11 dias, utilizadas na câmara de germinação.	23
Figura 6. Plântulas de cana-de-açúcar após 30 dias no interior de câmara de germinação, aptas para plantio em local definitivo.....	24
Figura 7. Vasos contendo três plântulas de cana-de-açúcar, após o transplântio.....	26
Figura 8. Colunas de PVC contendo solo para monitoramento da umidade.....	27
Figura 9. Plantas de cana-de-açúcar com 33 dias após o plantio, um dia após a adubação de cobertura.	27
Figura 10. Plantas de cana-de-açúcar com 30, 50 e 80 dias após a adubação de cobertura.	28
Figura 11. Planta de cana-de-açúcar. A. numeração das folhas pelo sistema de Kuijper, B. região nodal (nó) do colmo (Ilustração: Alexandre de S. Pinto). Fonte: Jendiroba et al, 2006.	29
Figura 12. Número médio de internódios de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tipos e doses de torta de filtro.	33
Figura 13. Massa fresca média (g) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.	Erro! Indicador não definido.
Figura 14. Matéria seca média (g) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.	Erro! Indicador não definido.
Figura 15. Altura média (m) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.	332
Figura 16. Diâmetro médio (mm) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.	33

LISTA DE TABELAS

Tabela 1. Resultados da análise química para fins de fertilidade do Latossolo Vermelho Distroférico.....	22
Tabela 2. Resultados da análise química das tortas de filtros (TF).	24
Tabela 3. Análise de variância de diâmetro do colmo, altura, número de internódios, massa fresca de massa seca de plantas de cana-de-açúcar submetidas à diferentes adubações com torta-de-filtro.....	30
Tabela 4. Análise de variância de teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn em plantas de cana-de-açúcar submetidas à diferentes adubações com torta-de-filtro.	30
Tabela 5. Análise de variância dos resultados da análise química para fins de fertilidade do após diferentes adubações com torta-de-filtro.....	31
Tabela 6. Valores médios do número de internódios, massa do colmo (g), matéria seca do colmo (g), altura (m) e diâmetro do colmo (cm) das plantas de cana-de-açúcar colhidas aos 120 DAP.....	31
Tabela 7. Resultados médios de teores de macronutrientes na matéria seca (g kg^{-1}) da folha +1 da cana-de-açúcar amostrada aos 120 após o plantio.	35
Tabela 8. Resultados médios de teores de micronutrientes na matéria seca (mg kg^{-1}) da folha +1 da cana-de-açúcar amostrada aos 120 dias após o plantio.	37
Tabela 9. Resultado da análise de amostras de solo coletadas aos 120 dias após o plantio da cana-de-açúcar.	39

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das culturas comerciais mais importantes do mundo, ocupando mais de 20 milhões de hectares, dos quais 7 milhões encontram-se em território brasileiro. Assim, o Brasil se destaca como o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, responsável por cerca de 42% da produção total (BNDES, 2008).

De acordo com a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB, 2015), a área cultivada no Brasil com cana-de-açúcar, que deverá ser colhida e destinada à atividade sucroalcooleira na safra 2015/16, é de 9.057,2 mil hectares, sendo que a produtividade estimada para a atual temporada da safra 2015/16 deve ter um aumento de 3,9%, passando de 70.495 kg/ha para 73.214 kg/ha.

A cana-de-açúcar é um recurso totalmente renovável capaz de gerar açúcar, álcool anidro (aditivo para a gasolina) e álcool hidratado, além de possibilitar a geração de energia elétrica, por meio da queima do bagaço, e a produção de plástico biodegradável, a partir do açúcar (ALCARDE, 2015).

Dentre os diversos fatores que podem influenciar na produção e na maturação da cana-de-açúcar, os principais são as interações edafoclimáticas, o manejo adotado e a cultivar escolhida (CESAR et al., 1987).

O consumo de fertilizantes representa uma parcela relevante dos custos agrícolas, o que justifica a crescente adoção de novas tecnologias para tentar diminuir a demanda de adubos e calcário, racionalizando seu uso (BNDES, 2008). De acordo com Zambello Júnior et al. (1981), a adubação assume papel de alta importância para o aumento de produtividade da cana-de-açúcar, representando até 30% dos seus custos de produção. A cultura da cana-de-açúcar consome aproximadamente 13% do total de fertilizantes utilizados anualmente no Brasil, com um total de 2,9 milhões de toneladas, inferior somente ao consumido pelas culturas de soja (7,4 milhões de toneladas) e milho (4,4 milhões de toneladas) (ANDA, 2008).

O fósforo (P) é considerado um elemento essencial para as plantas e se encontra em baixa quantidade nos solos brasileiros (BASTOS et al., 2008). 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 et al., 2009).

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 a pureza de caldo (SIMÕES NETO et al., 2009).

Dois resíduos agroindustriais empregados como fertilizantes na produção de cana-de-açúcar são a vinhaça e a torta de filtro. Apesar de seus valores nutricionais serem conhecidos desde a década de 1950, sua utilização teve início apenas na década de 1970 e se intensificou em 1999, quando a mudança cambial e a elevação dos preços dos fertilizantes químicos encareceram a adubação e a questão ambiental ganhou mais espaço (ROSSETTO & SANTIAGO, 2015). É viável a substituição da adubação química pela orgânica sem perdas na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos de colmos (ANJOS et al., 2007).

Considerando todo o ciclo produtivo típico de um canavial (cana-planta e quatro ciclos de cana-soca) nas condições médias brasileiras, a aplicação da vinhaça e da torta de filtro, apesar de não trazer efeitos relevantes sobre a oferta de nitrogênio, permite reduzir a demanda de fósforo (P_2O_5), de 220 kg/ha para 50 kg/há, e de potássio (K_2O), de 170 kg/ha para 80 kg/ha, mantendo níveis similares de produtividade (CGEE, 2005).

A torta de filtro é um subproduto da agroindústria canavieira, obtida nos filtros rotativos após extração da sacarose residual da borra. Vem sendo largamente utilizada por unidades produtoras, aplicada nos canaviais por ocasião do plantio ou mesmo em soqueiras, com o objetivo de melhorar as condições de desenvolvimento da cultura. Dentre os benefícios que a aplicação da torta de filtro pode trazer, destacam-se o fornecimento de matéria orgânica e de nutrientes à cultura, aumentando a capacidade de reter maiores quantidades de água e de suprir as deficiências hídricas e nutricionais impostas à cultura (NARDIN, 2007).

A partir desses fatores, nota-se que é possível fazer um aproveitamento dos subprodutos da agroindústria canavieira como forma de suprir as necessidades nutricionais da planta, bem como trazer diminuição nos custos com insumos e fertilizantes químicos, otimizando o plano financeiro de produção do setor, visando ainda contribuir com a mitigação dos impactos ambientais.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1. A cultura de cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea de metabolismo C4, semi-perene, de grande porte, formadora de rizomas e touceiras, cujas formas cultivadas produzem colmos de alguns metros de altura, suculentos e doces em função do armazenamento de sacarose (ALLEN et al., 1985; MATSUOKA et al., 1999). A cana-de-açúcar pertence à família *Poaceae* e ao gênero *Saccharum*. Embora existam várias espécies, as variedades de cana-de-açúcar atualmente cultivadas são híbridas (DINARDO-MIRANDA et al., 2011). A hibridação de cana-de-açúcar para criação de novas variedades iniciou-se com certo atraso, pois até o fim do século XIX, não havia muitos estudos sobre a inflorescência e a possibilidade de produção de sementes férteis (DINARDO-MIRANDA et al., 2011).

A cultura da cana-de-açúcar se adapta muito bem às regiões de clima tropical, quente e úmido, cuja temperatura predominante seja entre 19 e 32° C e onde as chuvas sejam bem distribuídas, com precipitação acumulada acima de 1000 mm ano⁻¹ (MARIN, 2015).

A cana-de-açúcar apresenta potencial geneticamente favorável para acúmulo de açúcares, especialmente na forma de sacarose. Sob condições ideais de cultivo, este potencial é otimizado como resultado do pleno desenvolvimento das plantas. Ao final do ciclo vegetativo ocorre a maturação, quando o acúmulo de sacarose é maximizado nas plantas cultivadas (SANTOS 2011).

O Brasil optou pela cultura da cana-de-açúcar como matéria-prima para a produção de etanol e investiu em pesquisas para o desenvolvimento de variedades mais produtivas e de processos industriais mais eficientes. Essa estratégia, somada às vantagens comparativas proporcionadas pela localização intertropical e pela grande disponibilidade de terras agricultáveis, propiciou ao país posição de destaque nas discussões globais sobre produção de energia a partir da biomassa (MACEDO, 2011). Um dos fatores de produção e desenvolvimento tecnológico de maior importância a ser considerado em uma usina sucroalcooleira, é a escolha da variedade de cana-de-açúcar. As variedades são responsáveis pelo fornecimento da matéria-prima para a indústria, caracterizada como sendo colmos de cana-de-açúcar em adequado estágio de maturação, onde estão armazenados os carboidratos de reserva (MATSUOKA, 2000).

2.2. Panorama geral da produção de cana-de-açúcar no Brasil

Atualmente, o panorama para a agroindústria da cana-de-açúcar tem se mostrado proeminentemente favorável, em função do preço do petróleo e da força de demanda da sociedade com relação à proteção ao meio ambiente. Além disso, o consumo mundial de açúcar e de bioetanol cresce a taxas significativas, apesar das oscilações das perspectivas do mercado, decorrentes do aumento dos estoques e da taxa de subsídio dos países desenvolvidos, direcionarem a proteção do açúcar de beterraba (DINARDO-MIRANDA et al., 2010),

O sistema agroindustrial da cana-de-açúcar é um dos mais tradicionais do Brasil e teve grande influência no período de colonização. No período da proclamação da república, atingiu o terceiro lugar nas exportações brasileiras, atrás apenas do café e da borracha. Atualmente, o Brasil é o maior produtor de cana-de-açúcar e maior exportador de açúcar (NOGUEIRA & GARCIA, 2007).

A cultura da cana-de-açúcar espalha-se pelo Centro-Sul e pelo Norte-Nordeste do país em dois períodos de safra. No Centro-Sul, a colheita concentra-se no período de abril/maio a novembro/dezembro de um mesmo ano. Já na região Norte-Nordeste, a colheita concentra-se no período de agosto/setembro de um ano até março/abril do ano seguinte (BNDES, 2008).

De acordo com a UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR (UNICA, 2013), o setor sucroenergético hoje conta com, aproximadamente, 430 unidades produtoras, com um PIB de US\$ 48 bilhões.

Na safra 2015/2016, a produção brasileira de cana-de-açúcar deve crescer 3,2% em relação à safra anterior, com colheita estimada em 655,2 milhões de toneladas. O Brasil deve ter um aumento na área de 52,7 mil hectares na temporada 2015/16, equivalendo a 0,6% em relação à safra 2014/15 (CONAB, 2015).

A produção de cana-de-açúcar da Região Centro-Sul está estimada em 601,91 milhões de toneladas, 4,6% maior que a produção da safra anterior. A Região Norte/Nordeste também deverá ter um aumento de 3,1%, passando de 59,38 milhões de toneladas, na safra 2014/15, para 61,2 milhões, na safra 2015/16 (CONAB, 2015).

São Paulo, maior produtor, possui 51,3% da área plantada (4.648,2 mil hectares), seguido por Goiás com 10% (908 mil hectares), Minas Gerais com 9% (817,7 mil hectares), Mato Grosso do Sul com 7,9% (713,7 mil hectares), Paraná com 6,8% (613,4 mil hectares), Alagoas com 4,2% (380,3 mil hectares), Pernambuco com 3% (273,4 mil hectares) e Mato Grosso com 2,5% (230,3 mil hectares). Estes oito Estados são responsáveis por 94,8% da produção nacional. Os outros 14 Estados produtores possuem

áreas menores, com representações abaixo de 1,4%, totalizando 5,2% da área total do país (CONAB, 2015).

Conforme os dados do cadastro do MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO (MAPA, 2013), 42,4% das usinas produtoras de açúcar e álcool estão localizadas no Estado de São Paulo.

2.3. Produção de Açúcar e Etanol

Na safra 2014/15, a produção de açúcar chegou a 35,56 milhões de toneladas. Para a safra 2015/16 a expectativa é de aumento de 5,8%, chegando a 37,63 milhões de toneladas. Cerca de 71,8% do açúcar no país foi produzido na Região Sudeste, 10,7% na Região Centro-Oeste, 9,5% na Região Nordeste, 7,9% na Região Sul e 0,1% na Região Norte (CONAB, 2015).

A produção de etanol total consolidou-se em 28,66 bilhões de litros na safra 2014/15 e está estimada em 28,82 bilhões de litros para safra 2015/16, um aumento de 156,94 milhões de litros, ou 0,5%. O etanol anidro, utilizado na mistura com a gasolina, deve ter um aumento de 355,17 milhões de litros, passando de 11,73 para 12,08 bilhões de litros. A produção de etanol continua concentrada na Região Sudeste, com 57,8% do total produzido no país, seguido pelo Centro-Oeste (28,5%), Nordeste (7,1%), Sul (5,7%) e Norte (0,9%) (CONAB, 2015).

2.4. Fósforo (P) para a cana-de-açúcar

O fósforo (P) é um elemento essencial para as plantas que se encontra em baixa quantidade nos solos brasileiros (BASTOS et al., 2008). Particularmente para a cultura da cana-de-açúcar, o P assume grande importância no enraizamento, no perfilhamento e, portanto, na produtividade final e no rendimento de açúcar (SANTOS, 2009). A presença do P é necessária para a síntese de compostos fosforilados e a falta deste nutriente causa distúrbios imediatos no metabolismo e no desenvolvimento das plantas (CEZAR et al. 1987).

Os principais fatores que afetam a disponibilidade de P no solo e sua absorção pelas plantas são o teor de matéria orgânica, o teor e o tipo de argila, a capacidade de troca de cátions, o poder tampão e os teores de cálcio, ferro e alumínio (KORNDÖRFER & MELO, 2009). As condições de acidez típicas de solos tropicais proporcionam redução na saturação por bases e aumento gradual na retenção de ânions, como o fosfato, o sulfato e o molibdato (BENEDITO et al., 2010).

A localização do adubo no solo é importante para seu adequado aproveitamento pelas culturas, principalmente para o P, em razão da sua pouca mobilidade no solo. Dessa forma, admite-se que, aumentando o volume de solo fertilizado ao redor das raízes, ocorrerá maior contato nutriente-raiz e, portanto, um aumento na absorção do nutriente (SLEIGHT et al., 1984).

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 e a pureza do caldo da cana (pol %) (SIMÕES NETO et al., 2009).

2.5. Fontes de fósforo

Os fertilizantes contendo P mais utilizados são os fosfatos solúveis em água, o que inclui o fosfato monoamônico (MAP), o fosfato diamônico (DAP), o superfosfato triplo (ST) e superfosfato simples (SS), este último com vantagem de apresentar 12% de enxofre (DINARDO-MIRANDA et al., 2010). Nos solos tropicais agricultáveis, essas fontes têm rápida dissolução, favorecendo a interação do elemento com o solo e reduzindo a disponibilidade de P às plantas (BENEDITO et al., 2010).

Alguns trabalhos mostraram que a cana-de-açúcar apresentou melhor reação com os fosfatos solúveis em relação aos insolúveis (MARINHO & ALBUQUERQUE, 1980; WEBER et al., 1993). As fontes de baixa solubilidade, tais como os fosfatos naturais, não conseguem manter níveis adequados de P para as plantas, em virtude de sua baixa velocidade inicial de dissolução (MARINHO & ALBUQUERQUE, 1980).

Devido a sua solubilidade e à presença de outros nutrientes, as fontes de P diferem quanto à sua eficiência e, conseqüentemente, promovem diferentes respostas na produtividade da cana-de-açúcar. A utilização do P pelas plantas é baixa, devido ao ânion $H_2PO_4^-$ ter forte afinidade pela superfície dos colóides, sobretudo com os óxidos de ferro e de alumínio. Por esta razão, as doses de P colocadas no solo são bem mais altas do que a quantidade de P que a cana-de-açúcar exporta. A calagem aumenta a disponibilidade de P no solo e também a eficiência do uso dos fosfatos solúveis (DINARDO-MIRANDA et al., 2010).

O Brasil é o sétimo produtor mundial de fosfato e tem as maiores jazidas nos Estados de Minas Gerais (73,8%), Goiás (8,3%) e São Paulo (7,3%) (ALBUQUERQUE et al., 2005).

2.6. Resíduos agroindustriais

Segundo BENITES (2006), os principais resíduos da indústria sucroalcooleira são: bagaço, cinzas de caldeira, borra de branqueamento do açúcar, torta de filtro e vinhaça. O conhecimento da composição e dos possíveis usos desses materiais em lavouras possibilitou sua utilização na forma de fertilizantes organo-minerais e fertirrigantes. Isso proporcionou maior controle ambiental e relevante economia na adubação de canaviais (Rossetto & Santiago, 2015). De acordo com Correia et al. (2003), os resíduos agroindústrias vêm sendo progressivamente utilizados como alternativa para minimizar os impactos ambientais.

Uma significativa fonte de P utilizada tem sido o composto produzido por resíduos agroindustriais (torta de filtro, bagaço e cinzas de caldeira) podendo, neste caso, 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 (KORNDÖRFER & MELO, 2009).

De acordo com Allison et al. (1997) e Meinzer & ZHU (1998), as taxas fotossintéticas e o metabolismo da sacarose são influenciados pelo estado nutricional das plantas. Malavolta et al. (1997), acrescenta que o estado nutricional irá influenciar diretamente nos efeitos na longevidade, lucratividade e produtividade dos canaviais, e que dentro das possibilidades para monitorar o estado nutricional da planta ressalta a importância da prática de diagnose foliar.

3.6.1. Torta de Filtro

É um resíduo proveniente da filtração à vácuo da mistura de lodo dos decantadores com bagacinho, no processo de produção de açúcar. Algumas destilarias autônomas tem introduzido o sistema de clarificação de caldo, que também dá origem à torta de filtro (DECHEN et al., 1992).

A torta de filtro é produzida na proporção de 20 a 40 quilos por tonelada de cana-de-açúcar (ALCARDE, 2015). Apresenta efeito positivo no aumento da produtividade da cana-de-açúcar (ALBUQUERQUE & MARINHO, 1979), pois é um resíduo rico em matéria orgânica, cálcio, fósforo e nitrogênio, apesar de carente em potássio e magnésio. Dentre os micronutrientes, o ferro aparece em destaque (DECHEN et al., 1992). A torta de filtro possui cerca de 1,2 a 1,8% de P, e pode ser utilizada como substitutivo do P mineral, principalmente em solo de melhor fertilidade (COLETI et al., 1981). O P da torta de filtro provém da adição de produtos auxiliares de floculação das impurezas do caldo

(SANTOS et al, 2011). Seu conteúdo é, em grande parte, orgânico, e sua liberação, assim como a de nitrogênio, se dá gradativamente por mineralização e por ataque de micro-organismos no solo. O cálcio que aparece em grande quantidade no resíduo é resultado da chamada caleação do caldo durante o processo de tratamento para a fabricação do açúcar.

A torta de filtro apresenta composição química variável, com altos teores de matéria orgânica, fósforo, nitrogênio, cálcio e teores consideráveis de potássio e magnésio (NUNES JÚNIOR, 2005). Segundo Ferreira et al. (1986), a composição média da torta de filtro, expressa em % da matéria seca, é: 77 a 85 de matéria orgânica; 1,1 a 1,4 de N; 1,04 a 2,55 de P_2O_5 ; 0,30 a 0,96 de K_2O ; 4,07 a 5,46 de CaO ; 0,15 a 0,56 de MgO ; e 2,70 a 2,96 de S. Para Nunes Júnior (2008), a torta de filtro também contém importantes quantidades de micronutrientes: 0,8-1,2% de Fe, 500-800 $mg\ kg^{-1}$ de Mn, 40-80 $mg\ kg^{-1}$ de Cu e 150-220 $mg\ kg^{-1}$ de Zn.

A torta de filtro possui também 70% de umidade, que tem sido importante para garantir a brotação da cana-de-açúcar em plantios feitos em épocas de inverno nas Região Sul e Sudeste (ROSSETO & SANTIAGO, 2015). Apresenta baixos níveis de escoamento rápido da água de irrigação ou de nebulização, impedindo que as raízes e/ou radicelas sejam submetidas à baixa oxigenação (ARRUDA et al., 2007).

Segundo Penso et al. (1982), uma das formas para seu aproveitamento é a aplicação conjunta com fosfatos naturais, uma vez que a torta de filtro pode melhorar a solubilidade destes compostos, disponibilizando mais rapidamente o P e reduzindo sua fixação, quando comparado com a aplicação do nutriente sem a torta.

A torta de filtro promove alterações significativas nos atributos químicos do solo, tais como aumento na disponibilidade de fósforo, cálcio e nitrogênio, aumento nos teores de carbono orgânico e capacidade de troca de cátions e, ainda, diminuição nos teores de alumínio trocáveis (KORNDORFER & ANDERSON, 1997). De acordo com Rossetto & Dias (2005), quando incorporada ao solo, em doses elevadas, apresenta propriedades corretivas da acidez do solo, devido aos efeitos quelantes da matéria orgânica sobre o alumínio.

A torta de filtro pode ser utilizada nas lavouras canavieiras em área total (80-100 t/ha), em pré-plantio, no sulco de plantio (10- 20 t/ha) ou nas entrelinhas (40-50 t/ha), antecedendo o trato cultural das soqueiras, com excelentes reflexos na elevação da produtividade (FILHO et al., 1994). Nunes Jr. (1988), cultivando cana-de-açúcar em Neossolo Quartzarênico e empregando 35t/ha torta fresca, constatou ganho médio de

13,4% em produtividade e em sacarose, no decorrer de 4 cortes analisados. Fravet et al. (2010) realizaram estudo com cana-soca, em uma área de sistema de plantio convencional sob Latssolo Vermelho Amarelo (LVA) de textura argilosa, avaliando 5 doses crescentes (0, 10, 20, 40 e 80 t ha⁻¹) de torta de filtro com 71,4% de umidade (0, 10, 20, 40 e 80 t ha⁻¹), combinadas com adubação mineral, com dois modos de aplicação (na linha superficial e na entrelinha incorporada), também verificaram ganho na produtividade de colmos (TCH) em soqueira de 4º corte, com cerca de 64, 87, 92, 98 e 110 t ha⁻¹, respectivamente.

De acordo Rossetto et al. (2008), o uso da torta de filtro em canaviais, eleva a produtividade da cultura por fornecer matéria orgânica, fósforo e cálcio, entre outros nutrientes. Além do acúmulo de fósforo e potássio, o uso de torta de filtro melhora a aeração, a infiltração e o armazenamento de água no solo (SANTANA et al., 2012).

3.7. Compostagem da torta de filtro

A torta recém-saída da usina pode ser conduzida para um pátio de compostagem (Figura 1), onde é acondicionada para a formação de leiras de 5 a 6 metros de largura, com 1,5 a 3 metros de altura, deixando um intervalo de 6 a 10 metros de espaço livre entre as leiras para o trânsito de máquinas que transportam e que revolvem a torta.

O manejo da torta pode ser diferenciado, com mistura das leiras de torta com esterco de galinha e calcário (DINARDO-MIRANDA et al., 2011). A elaboração da compostagem da torta de filtro adicionando gesso, cinzas de caldeiras e palhada, tem agregado valor à torta de filtro, melhorando sua concentração em nutrientes e reduzindo sua umidade, o que pode ser vantajoso para o transporte a distâncias maiores e desvantajoso para plantios em épocas de estiagem (ROSSETO & SANTIAGO, 2015).

Quando se procede a compostagem, verifica-se que, após 2 meses, com 4 a 6 revolvimentos, já existe estabilidade dos compostos orgânicos. O revolvimento da torta pode ser realizado por meio de máquinas autopropelidas (Figura 2) ou por implementos acoplados ao trator (Figura 3).



Figura 1. Pátio de compostagem de torta de filtro localizado na Usina Santa Lúcia, Araras-SP.

Fonte: Acervo pessoal da autora.



Figura 2. Máquina autopropelida revolvedora e enleiradora de torta de filtro.

Fonte: Biotec de A à Z (2015).



Figura 3. Implemento, acoplado ao trator, que atravessa as leiras de compostagem de torta de filtro por meio de um rotor. Usina Santa Lúcia, Araras/SP.

Fonte: Acervo pessoal da autora.

3. HIPÓTESE E OBJETIVOS

Partindo da hipótese de que a torta de filtro promove melhorias nos atributos químicos do solo, sobretudo por seus teores de fósforo (P) e de matéria orgânica, este trabalho teve como objetivo geral avaliar o desenvolvimento inicial (120 dias) da cultura da cana-de-açúcar a partir de adubações com torta de filtro como fonte de P. Os objetivos específicos foram avaliar os efeitos do tipo (“*in natura*” e compostada) e da dose (calculada e praticada) de torta de filtro sobre a biometria das plantas e sobre os atributos de fertilidade do solo.

4. MATERIAL E MÉTODOS

O experimento foi instalado no município de Araras, Estado de São Paulo, em casa de vegetação no Centro de Ciências Agrárias (CCA) da Universidade Federal de São Carlos (UFSCar) - 22°18'56'' S e 47°23'20'' W, a 650 metros de altitude. Foi conduzido no período de 15 de outubro de 2014 a 18 de março de 2015, totalizando 154 dias. Amostras da camada 0-20 cm de um Latossolo Vermelho Distroférico típico de textura argilosa (EMBRAPA, 2015) foram coletadas no CCA/UFSCar, secas ao ar e peneiradas para subsequente análise química de rotina para fins de fertilidade.

De acordo com a análise química de solo (Tabela 1), não se constatou a necessidade de incubar o solo com calcário, pois a saturação de bases apontada pela análise de solo foi de 54%, próxima à da recomendada pelo Boletim Técnico 100 (RAIJ et al., 1997) que é de 60% para a cana-de-açúcar. O solo foi transferido para 30 vasos com volume de 38,75 dm³.

Tabela 1. Resultados da análise química para fins de fertilidade do LATOSSOLO VERMELHO Distroférico.

P _{Resina}	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	Al	SB	CTC	V
mg dm ⁻³	g dm ⁻³	CaCl ₂				mmol _c dm ⁻³				%
18	27	5,2	3,2	30	11	38	-	43,8	81,8	54

Foram coletadas 120 gemas de cana-de-açúcar da variedade RB855536, caracterizada pela alta produtividade agroindustrial e ótima brotação de soqueira, mesmo sob palha, porte ereto, excelente colheitabilidade e ausência de florescimento (RIDESA, 2010). De acordo ao Censo Varietal da RIDESA do ano de 2013, esta variedade ficou classificada em quinto lugar com uma área de produção estimada em 33316 ha. As gemas foram submetidas a tratamento térmico a 50,5°C por duas horas com intuito de controlar as principais doenças da cultura, sobretudo o raquitismo e a escaldadura. Feito o tratamento, as gemas foram plantadas em copos plásticos com vermiculita (Figuras 4 e 5) e mantidas em câmara de germinação, por 30 dias, visando a uniformidade de germinação.



Figura 4. Gemas de mini-toletes de cana-de-açúcar plantados em copos com vermiculita com 7 dias de emergência.



Figura 5. Bandejas, contendo plântulas de cana-de-açúcar emergidas com 11 dias, utilizadas na câmara de germinação.

Após 30 dias em câmara de germinação (Figura 6), as plântulas foram conduzidas para o plantio em local definitivo.



Figura 6. Plântulas de cana-de-açúcar após 30 dias no interior de câmara de germinação, aptas para plantio em local definitivo.

As necessidades de adubação da cultura da cana-de-açúcar foram calculadas de acordo com a análise química do solo (Tabela 1) e com as recomendações do Boletim Técnico 100 (RAIJ et al.,1997). O presente trabalho simulou o plantio de cana-de-açúcar em sulco, visando manter as características dos tratos culturais e o manejo varietal da cultura. A produtividade esperada na condução do experimento foi 100-150 t/ha. Nestas condições, foram necessários 120 kg ha⁻¹ de P₂O₅, 30 kg ha⁻¹ de N e 80 kg ha⁻¹ de K₂O. Os fertilizantes minerais utilizados foram sulfato de amônio como fonte de N, o superfosfato simples como fonte de P₂O₅ e o cloreto de potássio como fonte de K₂O. As tortas de filtro “*in natura*” e compostada, cujas características químicas estão na Tabela 2, foram testadas como fontes orgânicas alternativas de P (Tabela 2).

Tabela 2. Resultados da análise química das tortas de filtros (TF).

	pH	C	N	P ₂ O ₅	K ₂ O	CaO	MgO	SO ₄	UMIDADE
				%					
T.F. “ <i>in natura</i> ”	5,10	30,00	1,50	1,15	2,15	1,14	0,07	3,70	69,62
T.F. compostada	6,70	22,60	1,125	0,95	0,77	2,82	0,26	1,50	46,66

As tortas de filtro foram obtidas na Usina Santa Lúcia, Araras/SP, na safra 2014/2015, e permaneceram armazenadas, sem revolvimento, durante 30 dias até o momento da instalação do experimento em casa de vegetação. Para a compostagem, a usina prepara a mistura de em 12 t de torta de filtro “*in natura*”, 2 t/ha de esterco de galinha, 225 kg de fosfato monoamônico (MAP) e 750 kg de gesso agrícola, totalizando 15 t/ha aplicadas em sulco de plantio

Para as tortas de filtro, tanto na forma “*in natura*” como compostada, a dose calculada foi baseada no teor de P em suas composições, sendo, respectivamente, 11,5 kg/t e 9,5 kg/t de P₂O₅. Descontou-se a umidade de 70% para torta *in natura* e 50% para torta compostada. Considerou-se que a necessidade de P da cana planta é de 120 kg/ha, de acordo com indicação do Boletim Técnico 100 (RAIJ et al.,1997). As subdoses das tortas de filtro, ou doses praticadas, foram adotadas de acordo a recomendação da Usina Santa Lúcia S/A.

O experimento foi conduzido em delineamento inteiramente casualizado, sendo composto por seis tratamentos, com cinco repetições cada. Os tratamentos variaram em relação a fonte fosfatada (tortas de filtro “*in natura*” e compostada) e as respectivas doses:

- T0 (tratamento testemunha): sem qualquer tipo de adubação;
- T1 (adubação química convencional): 150 kg/ha de sulfato de amônio, 700 kg/ha de superfosfato simples e 50 kg/ha de cloreto de potássio;
- T2 (torta de filtro “*in natura*” na dose calculada): 35 t/ha de torta de filtro “*in natura*”, com acréscimo de 150 kg/ha de sulfato de amônio e 50 kg/ha de cloreto de potássio;
- T3 (torta de filtro “*in natura*” em subdose): 20 t/ha de torta de filtro “*in natura*”, com acréscimo de 150 kg/ha de sulfato de amônio e 50 kg/ha de cloreto de potássio;
- T4 (torta de filtro compostada na dose calculada): 25 t/ha de torta de filtro compostada, com acréscimo de 150 kg/ha de sulfato de amônio e 50 kg/ha de cloreto de potássio;
- T5 (torta de filtro compostada em subdose): 15 t/ha de torta de filtro compostada, com acréscimo de 150 kg/ha de sulfato de amônio e 50 kg/ha de cloreto de potássio.

O plantio foi realizado com três plântulas por vaso (Figura 7) e toda adubação de plantio (mineral e orgânica) foi adicionada no sulco para simular as condições de plantio convencional.



Figura 7. Vasos contendo três plântulas de cana-de-açúcar, após o transplântio.

As irrigações foram praticadas durante todo o período de condução do experimento e o suprimento de água foi feito com auxílio de regadores, com o propósito de controlar a umidade do solo a 70% da sua capacidade de campo. Para o monitoramento da umidade, foram utilizadas quatro colunas de PVC (Figura 8) compostas por dois anéis, de 20 cm de diâmetro e 20 cm de altura, unidos por fita adesiva e contendo 4 kg de solo. A capacidade de campo do Latossolo Vermelho Distrófico foi de 50%. A perda de água foi estimada através da pesagem periódica destas colunas.

Com 15 dias do transplântio (DAT), realizou-se o desbaste com objetivo de deixar apenas a planta mais desenvolvida em cada vaso. Quando necessário, capinas manuais foram realizadas para a retirada de plantas daninhas. De acordo com meta de produtividade esperada (100-150 t/ha), a adubação de cobertura foi feita com 150 kg/ha de sulfato de amônio, sendo conduzida aos 33 DAP (Figuras 9 e 10).



Figura 8. Colunas de PVC contendo solo para monitoramento da umidade.



Figura 9. Plantas de cana-de-açúcar com 33 dias após o plantio, um dia após a adubação de cobertura.



Figura 10. Plantas de cana-de-açúcar com 30, 50 e 80 dias após a adubação de cobertura.

O experimento foi colhido aos 120 DAP e as avaliações biométricas foram realizadas para coleta de informações sobre altura, diâmetro e número de internódios por colmo, massa seca dos colmos, análise foliar e do solo. Os resultados foram submetidos à análise de variância e, quando significativos pelo teste F, foram avaliados pelo teste de Tukey a 5%.

A altura das plantas (m) foi medida com auxílio de uma fita métrica, sendo considerado a partir do colo da planta até o primeiro colar visível (Figura 11). O diâmetro dos colmos (cm) foi medido por meio de um paquímetro, a partir da região medial da planta. Para determinação da massa de matéria seca, as plantas de cada tratamento foram ensacadas, pesadas e levadas para laboratório, onde passaram 120 horas em estufa à 60°C, momento em que não constatou mais oscilações de pesagem.

Para a obtenção de amostras de solo uniformes e padronizadas, o solo foi retirado dos vasos e revolvido para, posterior, coleta em sacos plásticos para análise de química rotina.

A folha diagnóstica coletada para a análise de tecido foliar foi primeira folha da haste ou barbeta da bainha conhecida como folha TVD (Top Visible Dewlap), ou folha +1 (Kuijper) (Figura 11) (ROSSETTO, 2015). A folha foi dividida em três partes, cortando a parte central em aproximadamente 30 centímetros, retirando a nervura central que foi destaca manualmente. Em seguida foram lavadas, secas, ensacadas e conduzidas ao laboratório de análise.

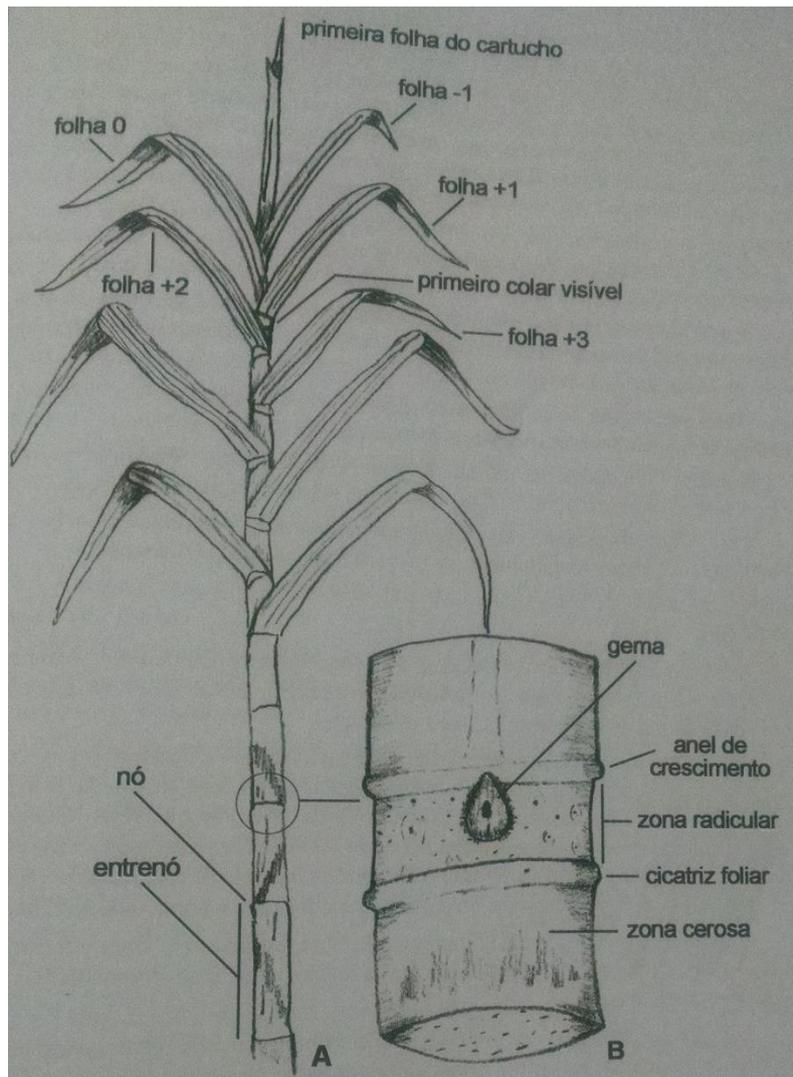


Figura 11. Planta de cana-de-açúcar. **A.** numeração das folhas pelo sistema de Kuijper, **B.** região nodal (nó) do colmo (Ilustração: Alexandre de S. Pinto).

Fonte: Jendiroba et al. (2006).

5. RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1. Análise de variância (ANOVA)

Os tratamentos com diferentes doses de torta de filtro, adubação convencional e testemunha apresentaram efeitos significativos pelo teste F sobre todos os parâmetros biométricos das plantas de cana-de-açúcar (Tabela 3).

Tabela 3. Análise de variância de diâmetro do colmo, altura, número de internódios, massa fresca de massa seca de plantas de cana-de-açúcar submetidas à diferentes adubações com torta-de-filtro.

FV	gl	Quadrado Médio				
		Diâmetro	Altura	Internódio	Massa fresca	Massa seca
Tratamentos	5	6,26**	0,03*	1,96**	36640,10**	8148,31**
Resíduo	23	0,77	0,01	0,45	94,68	528,98
CV%		9,35%	8,33%	14,17%	7,34%	4,24%

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo; FV: fonte de variação.

Os tratamentos também provocaram diferenças altamente significativas ($p < 0,01$) sobre os teores foliares de P, K, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn. Teores foliares de N e de Ca não foram influenciados pelos tratamentos (Tabela 4).

Tabela 4. Análise de variância de teores foliares de N, P, K, Ca, Mg, S, B, Cu, Fe, Mn e Zn em plantas de cana-de-açúcar submetidas à diferentes adubações com torta-de-filtro.

FV	gl	Quadrado Médio										
		N	P	K	Ca	Mg	S	B	Cu	Fe	Mn	Zn
Tratamento	5	3,45 ^{ns}	4,90**	4,71**	1,09 ^{ns}	0,52**	0,48**	13,77**	1031,06**	1015,10**	529,43**	177,69**
Resíduo	23	2	0,21	0,95	1,46	0,03	0,12	21,5	46,94	67,93	83,98	6,3
CV%		5,84%	14,00%	16,67%	41,23%	8,83%	25,35%	79,11%	41,22%	17,56%	19,41%	19,11%

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo; FV: fonte de variação.

A análise do solo ao final do experimento revelou que os tratamentos resultaram em diferenças altamente significativas ($p < 0,01$) para todos os atributos químicos, com exceção do magnésio (Tabela 5).

Tabela 5. Análise de variância dos resultados da análise química para fins de fertilidade do após diferentes adubações com torta-de-filtro.

FV	gl	Quadrado Médio									
		P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
Tratamentos	5	7214,85**	26,05**	0,26**	1,74**	0,00030**	11,33 ^{ns}	57,34**	342,12**	205,95**	142,00**
Resíduo	24	239,15	5,9	0,02	0,16	0,00002	5,12	10,5	27,12	18,01	16,05
CV%		4,34%	8,40%	2,31%	20,35%	0,46%	12,90%	10,77%	9,47%	4,96%	6,20%

** significativo a 1% de probabilidade pelo teste F; * significativo a 5% de probabilidade pelo teste F; ns: não significativo; FV: fonte de variação.

5.2. Parâmetros biométricos

Os parâmetros biométricos médios e seus respectivos coeficientes de variação são mostrados na Tabela 6. Segundo o teste de Tukey ($p \geq 0,05$), houve diferenças significativas para todas as características avaliadas, conforme o tipo e a dose de torta de filtro.

Tabela 6. Valores médios do número de internódios, massa do colmo (g), matéria seca do colmo (g), altura (m) e diâmetro do colmo (cm) das plantas de cana-de-açúcar colhidas aos 120 DAP.

Tratamentos	Nº internódio	Massa-fresca	Matéria-seca	Altura	Diâmetro do colmo
		do colmo	do colmo		
T0	6,20 b	201,22 c	242,74 a	1,09 b	19,16 c
T1	7,40 ab	269,36 b	28,54 b	1,18 ab	19,73 bc
T2	8,25 a	302,50 ab	34,33 b	1,27 ab	20,88 abc
T3	7,20 ab	283,74 ab	34,80 b	1,25 ab	21,04 ab
T4	7,00 ab	317,80 a	34,52 b	1,29 a	22,16 a
T5	7,20 ab	287,98 ab	30,30 b	1,26 ab	21,54 a
CV (%)	9,35%	8,33%	14,17%	7,34%	4,24%

Médias na mesma coluna seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; T0 – testemunha; T1 - adubação convencional; T2 – 35 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”; T3 - 20 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”; T4 - 25 t ha⁻¹ de torta compostada; T5 - 15 t ha⁻¹ de torta compostada.

Notou-se que as plantas cultivadas no tratamento testemunha (T0) apresentaram número de internódios estatisticamente inferior aos outros tratamentos (Figura 12). O tratamento que resultou em maior número de internódios foi a torta de filtro “*in natura*” na dose calculada (T2), provavelmente pelos maiores teores de macronutrientes fornecidos pelo material. Este parâmetro biométrico é de grande importância para a produtividade final da cultura (TCH – toneladas de colmo por hectare), visto que um maior número de internódios geralmente reflete em colmos inteiros maiores.

Fravet et al. (2010) concluíram que o uso de torta de filtro “*in natura*” proporcionou maior produção de colmos de cana-de-açúcar. A elevação da produtividade de colmos também foi verificada por Santos et al. (2010), porém com estudo feito em cana-planta, com uso de torta de filtro na dose de 4,0 t ha⁻¹ associada a diferentes doses de fósforo solúvel. Foi observado que as produtividades variaram de 100 a 150 t ha⁻¹ de colmos, evidenciando o potencial da torta de filtro em promover efeitos benéficos à fertilidade do solo para produção de colmos.

O tratamento com torta de filtro compostada na dose calculada (T4) resultou em massa fresca de colmos significativamente maior (Figura 13). O tratamento testemunha (T0) foi o que apresentou menor massa fresca de colmo, mostrando a importância de uma adubação adequada para colmos de maior massa. Assim como para número de internódios, colmos com maior massa fresca poderão refletir em maior produtividade final da cultura.

A adubação fosfatada no plantio influencia positivamente no rendimento agrícola da cana-planta e eleva a produção de colmos industrializáveis (PEREIRA et al., 1995; SANTOS et al., 2009; CALHEIROS et al., 2011). Rosseto et al. (2008) afirmaram que o uso de torta de filtro nos canaviais eleva a produtividade da cultura por fornecer matéria orgânica, fósforo e cálcio, entre outros nutrientes.

Santi et al. (2013) avaliaram o efeito de doses de torta de filtro nas características agronômicas de cultivares de alface americana, em ambiente protegido e constataram que a dose de 26,7 t ha⁻¹ de torta de filtro no cultivar Rafaela permitiu um incremento na produção de massa fresca total de 89,98% quando comparado ao tratamento sem aplicação (0 t ha⁻¹). Todos os tratamentos que receberam adubações com torta de filtro (T2, T3, T4 e T5) como fonte orgânica de P e também o tratamento com adubação convencional (T1) resultaram em teores de matéria seca estatisticamente inferiores aos do tratamento testemunha (T0) (Figura 14).

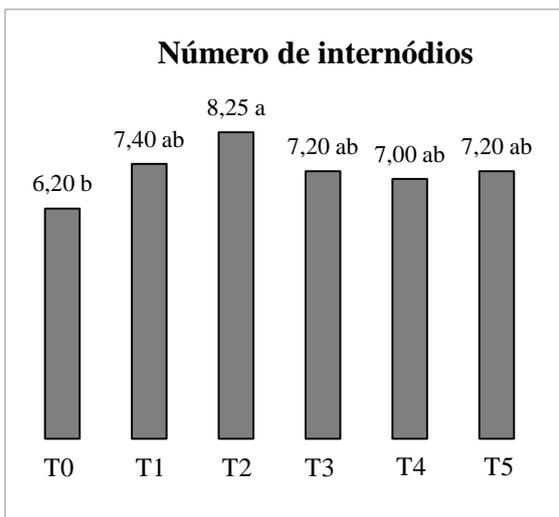


Figura 12. Número médio de internódios de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes tipos e doses de torta de filtro.

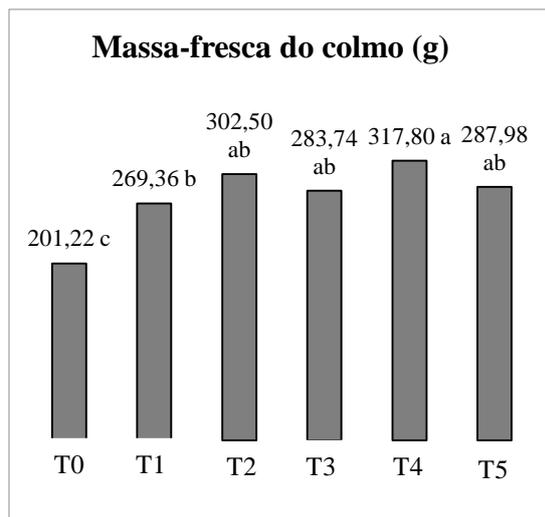


Figura 13. Massa fresca média (g) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.

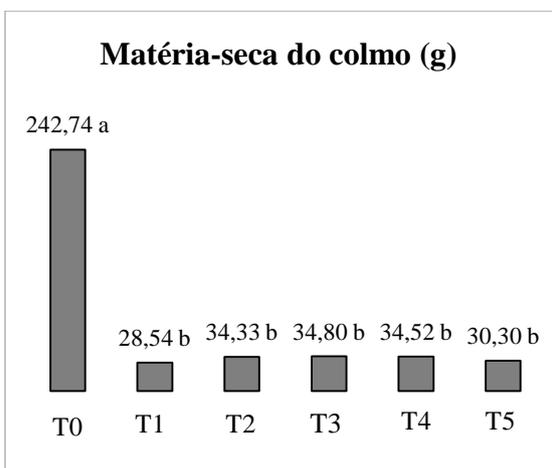


Figura 14. Matéria seca média (g) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.

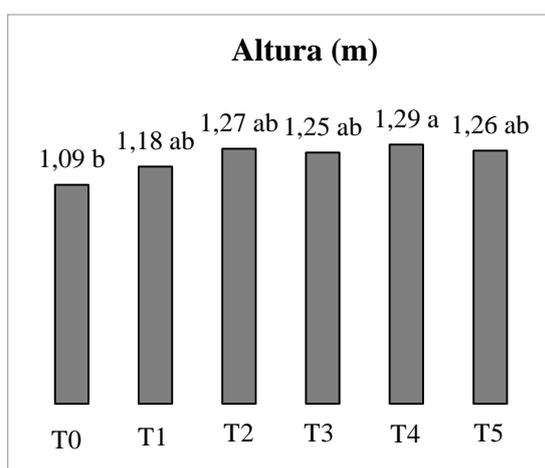


Figura 15. Altura média (m) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.

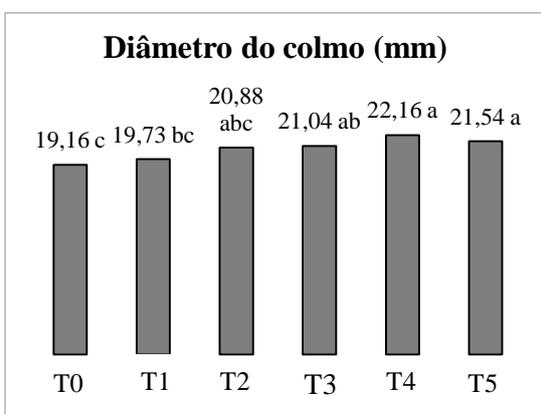


Figura 16. Diâmetro médio (mm) dos colmos de plantas de cana-de-açúcar submetidas a diferentes teores de torta de filtro.

Legenda

- T0 – testemunha;
- T1 - adubação convencional;
- T2 – 35 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”;
- T3 - 20 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”;
- T4 - 25 t ha⁻¹ de torta compostada;
- T5 - 15 t ha⁻¹ de torta compostada.

Isso pode ser explicado pelo fato de que a cana-de-açúcar que não recebeu nenhum tipo de tratamento com acréscimo de nutrientes pode ter apresentado teores de fibra extremamente altos, o que resultaria em maior matéria seca. Esses altos teores de fibras são indesejados quando o produto final é o açúcar ou o bioetanol pois, em consequência disso, a produção destes derivados é reduzida.

O teor de fibra da cana-de-açúcar é uma característica varietal que também é influenciada por diversos fatores, como clima (chuva e temperatura), solo (umidade e fertilidade), época de corte e método de determinação (FERNANDES, 2000). Moraes et al. (2010) mencionaram que a menor quantidade de fibra é uma característica desejável, até que não comprometa o balanceamento energético do bagaço da cana-de-açúcar para a cogeração de energia na própria unidade produtora.

A aplicação de torta de filtro compostada na dose calculada (T4) produziu plantas de cana-de-açúcar com altura significativamente maior (Figura 15). A altura é considerada um parâmetro relativo, uma vez que nem sempre plantas maiores resultarão em maior produto final. Neste estudo, foi observado que o suprimento de adubação, independentemente da forma, proporcionou plantas maiores.

Oliveira (2012) avaliou o uso de torta de filtro em diferentes proporções como componentes de substrato para formação de mudas de espécies florestais. Constatou-se que houve aumento de altura para plantas de dedaleiro (*Lafoensia pacari*) com o emprego de até 80% de torta de filtro no substrato. A altura das plantas foi cerca de 14% maior em relação ao que recebeu 60% de torta de filtro no substrato.

Plantas de cana-de-açúcar cultivadas com torta de filtro compostada em diferentes doses (T4 e T5) apresentaram diâmetro do colmo significativamente maiores (Figura 16). O tratamento testemunha (T0) resultou em plantas com altura e diâmetro significativamente menores do que as dos demais tratamentos.

A deficiência de fósforo ou sua baixa disponibilidade no solo diminui o diâmetro dos colmos e provoca o encurtamento dos internódios (SILVA, 1983). Fravet et al. (2010) concluíram que a aplicação de torta de filtro proporcionou ganhos na altura e no diâmetro de colmos que puderam ser atribuídos aos benefícios concedidos pela matéria orgânica da torta de filtro e pelos nutrientes nela encontrados, destacando-se o fósforo e o nitrogênio.

5.3. Parâmetros foliares

A Tabela 7 relaciona os teores de macronutrientes contidos na matéria seca da folha +1 de plantas de cana-de-açúcar, cultivadas com diferentes composições de torta de filtro e com adubação convencional.

Tabela 7. Resultados médios de teores de macronutrientes na matéria seca (g kg^{-1}) da folha +1 da cana-de-açúcar amostrada aos 120 após o plantio.

Tratamentos	N	P	K	Ca	Mg	S
T0	24,2 a	1,5 c	6,8 ab	3,8 a	2,6 a	0,9 b
T1	23,8 a	4,1 a	7,3 a	2,5 a	2,3 ab	1,4 ab
T2	24,1 a	3,6 ab	5,0 b	2,5 a	2,1 b	1,5 ab
T3	24,6 a	3,9 a	5,2 b	3,0 a	1,9 bc	1,6 ab
T4	25,5 a	3,9 a	5,4 ab	3,0 a	1,6 c	0,9 b
T5	23,0 a	2,8 b	5,2 b	2,6 a	2,1 b	1,7 a
CV (%)	5,84%	14,00%	16,67%	41,23%	8,83%	25,35%

Médias na mesma coluna, seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; T0 – testemunha; T1 - adubação convencional; T2 – 35 t ha^{-1} de torta “*in natura*”; T3 - 20 t ha^{-1} de torta “*in natura*”; T4 - 25 t ha^{-1} de torta compostada; T5 - 15 t ha^{-1} de torta compostada.

Teores foliares médios de nitrogênio (N) e de cálcio (Ca) não foram significativamente diferentes entre os tratamentos. Os teores de cálcio ficaram muito próximos do limite inferior do intervalo considerado ideal (2-8 g kg^{-1}) (RAIJ et al., 1997). Os teores foliares de Ca obtidos das plantas submetidas aos tratamentos com torta de filtro compostada estiveram abaixo do esperado. A torta compostada possui alta concentração de Ca em sua composição (Tabela 2), em razão de o gesso agrícola, que é uma fonte promissora de Ca, ser incorporado no processo de compostagem. Algumas reações do Ca no solo, tais como a formação de oxalato de Ca, devido ao alto teor de matéria orgânica, ou de fosfato de cálcio, devido aos altos teores de P da torta, podem ter contribuído para a baixa eficiência de absorção de Ca pelas plantas (BEHLING et al., 1989; HORST et al., 1992; MARSCHNER, 1995).

Observou-se que todos os tratamentos apresentaram teores de N dentro do limite considerável ideal para cultura de cana-de-açúcar, no entanto o tratamento com torta de filtro compostada em dose calculada (T4) apresentou teores de N um pouco acima do proposto por Raij et al. (1997). Santos et al. (2012), trabalhando em um Argissolo Vermelho distroférico, avaliou níveis crescentes de torta de filtro (0; 1,0; 2,0 e 4,0 t ha^{-1}

¹), com 80% de massa seca, onde constataram que as doses crescentes de torta de filtro “*in natura*” proporcionaram maior teor deste nutriente nas folhas de cana-de-açúcar quando comparado ao tratamento isento de torta.

A torta de filtro contém teores consideráveis de N (Tabela 2), que tende a ser disponibilizado lentamente devido ao processo de mineralização, particularmente da torta “*in natura*”. A disponibilidade de N da torta compostada tende a ser maior. Independentemente da característica da torta de filtro, há uma importante interação sinérgica entre nitrogênio e fósforo (SANTOS, 2012). O fósforo aumenta a eficiência de absorção do nitrogênio, o qual se une às cadeias carbonadas, incrementando a formação de novos tecidos, elevando o índice de área foliar e a longevidade das folhas fotossinteticamente ativas. Sob condições ambientais favoráveis, adequados parâmetros foliares elevam a eficiência do uso da radiação solar, aumentando, portanto, o acúmulo de biomassa (TAIZ & ZEIGER, 2004). O uso da torta de filtro permitiu o incremento no teor de P das folhas que, por sua vez, pode ter interagido com a absorção do N do solo.

Teores foliares de P variando de 1,5 a 3,0 g kg⁻¹ são considerados adequados para a cultura da cana-de-açúcar (RAIJ et al., 1997). Todos os tratamentos resultaram em teores foliares de P considerados adequados para a cultura, indicando que a torta de filtro foi fonte eficiente do elemento. O fósforo, nutriente representativo na composição total da torta de filtro (Tabela 2), foi melhor assimilado pelas plantas de cana-de-açúcar nos tratamentos com adubação convencional (T1), torta de filtro “*in natura*” na dose calculada (T2), torta de filtro “*in natura*” em subdose (T3) e torta de filtro compostada na dose calculada (T4) (Tabela 7). Nardin (2007) verificou que, independentemente das doses e da forma de aplicação de torta de filtro, não houve resposta da cana-de-açúcar de doze meses quanto aos teores médios de P nas folhas.

O fornecimento adequado de P garante que a cana-de-açúcar apresente parâmetros tecnológicos adequados para seu processamento pela indústria sucroenergética. A deficiência ou a baixa disponibilidade do fósforo resulta em decréscimo significativo no acúmulo de sacarose, uma vez que este nutriente afeta diretamente a quantidade de açúcar e a pureza do caldo (ELAMIN et al., 2007). Glaz et al. (2000) relataram que as taxas crescentes de fornecimento de fósforo resultaram em aumentos lineares no rendimento de açúcar.

O potássio (K), o magnésio (Mg) e o enxofre (S) são elementos encontrados em baixas quantidades na composição total da torta de filtro (Tabela 2). Houve diferença significativa entre os resultados médios dos teores foliares destes macronutrientes

conforme o tratamento. Os tratamentos com torta de filtro (T2, T3, T4 e T5) resultaram em menores teores foliares de K e de Mg (Tabela 7). De acordo com os teores foliares de nutrientes propostos por Raij et al. (1997), todos os tratamentos resultaram em teores foliares de K abaixo do recomendável (10-16 g kg⁻¹) e em teores foliares de Mg dentro do aceitável (1-3 g kg⁻¹). O fornecimento de torta de filtro compostada em subdose (T5) proporcionou teores foliares significativamente maiores de S (1,7 g kg⁻¹), enquanto o T4 resultou em teores foliares de S equivalentes ao obtido em T0 (Tabela 7). Plantas de cana-de-açúcar submetidas aos tratamentos T1, T2 e T3 apresentaram teores foliares de S que variaram de 1,4 a 1,6 g kg⁻¹, ou seja, próximos do limite inferior da faixa considerada adequada por Raij et al. (1997) (1,5-3,0 g kg⁻¹). De acordo com Rheinheimer et al. (2007), a adsorção do enxofre está relacionado com o pH do solo e os teores de matéria orgânica, argila e óxidos interferindo diretamente nos teores foliares.

A Tabela 8 relaciona os teores de micronutrientes contidos na matéria seca da folha +1 de plantas de cana-de-açúcar, cultivadas com diferentes composições de torta de filtro e com adubação convencional.

Tabela 8. Resultados médios de teores de micronutrientes na matéria seca (mg kg⁻¹) da folha +1 da cana-de-açúcar amostrada aos 120 dias após o plantio.

Tratamentos	B	Cu	Fe	Mn	Zn
T0	8,4 a	41,6 a	75,2 a	57,8 a	21,6 a
T1	7,0 a	26,0 b	47,0 b	58,0 a	19,8 a
T2	3,5 a	7,2 c	38,2 b	53,0 ab	9,50 b
T3	5,2 a	6,8 c	38,4 b	35,6 b	8,8 b
T4	4,8 a	6,2 c	40,8 b	35,8 b	8,4 b
T5	5,8 a	10,0 c	40,2 b	44,2 ab	10,0 b
CV (%)	79,11%	41,22%	17,56%	19,41%	19,11%

Médias na mesma coluna, seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de significância; T0 – testemunha; T1 - adubação convencional; T2 – 35 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”; T3 - 20 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”; T4 - 25 t ha⁻¹ de torta compostada; T5 - 15 t ha⁻¹ de torta compostada.

Segundo Raij et al. (1997), as faixas consideradas adequadas para teores foliares de micronutrientes em cana-de-açúcar são (mg kg⁻¹): B – 10 a 30, Cu – 6 a 15, Fe – 40 a 250, Mn – 25 a 250 e Zn - 10 a 50.

Teores foliares médios de B não apresentaram diferença estatística com respeito aos tratamentos e estiveram abaixo da faixa de teor considerada adequada para a cultura da cana-de-açúcar (Tabela 8). Adorna (2011) verificou que a aplicação de torta de filtro em cana-de-açúcar cultivada em Neossolo elevou apenas os teores foliares de B para a faixa de suficiência. Não houve diferenças significativas para teores foliares de B, Cu, Fe, Mn e Zn entre os tratamentos com torta de filtro (T2, T3, T4 e T5). Na maioria dos casos, teores foliares de micronutrientes foram significativamente maiores nas plantas cultivadas no tratamento testemunha. Teores de Cu nas folhas de plantas cultivadas com torta de filtro, independentemente do tipo ou da dose, foram significativamente menores do que o tratamento testemunha. O Cu é retido pelos ácidos fúlvicos e húmicos da matéria orgânica do solo, formando complexos de alta estabilidade (ABREU et al., 2007). Provavelmente, sua disponibilidade foi diminuída nos tratamentos que receberam torta de filtro, mas a quantidade de Cu nas folhas esteve dentro da faixa considerada adequada. Porém, os tratamentos com torta de filtro “*in natura*” em subdose (T3) e compostada na dose calculada (T4) resultaram em teores foliares de Cu muito próximos do limite inferior da faixa considerada adequada. Comportamento semelhante foi observado para Zn e Fe, cujos teores nas folhas de plantas cultivadas com torta de filtro, independentemente do tipo ou da dose, também foram significativamente menores e estiveram abaixo da faixa de suficiência do elemento (Tabela 8). Teores foliares de Mn também foram menores com o uso da torta, mas se mantiveram na faixa de suficiência. Santos et al. (2012) também reportaram diminuição da absorção de Mn pelas plantas de cana soca submetidas à aplicação de torta de filtro.

Notou-se que, de forma geral, os tratamentos que usaram torta de filtro resultaram em menores teores foliares de micronutrientes, particularmente dos metálicos. Almeida Júnior et al. (2011) avaliaram o desempenho agrônômico da cana-de-açúcar cultivada com diferentes doses de torta de filtro em solos da região de Pernambuco e constataram que o incremento deste fertilizante orgânico promoveu maiores teores de Cu, Zn e Mn nos tecidos foliares de cana-planta. Embora seja reconhecido que o Cu é um íon que apresenta forte interação com a matéria orgânica, Fe, Mn e Zn também podem formar organocomplexos, conforme a seguinte sequência típica de seletividade: $Cu > Fe > Mn > Zn$ (ABREU et al., 2007). Deve ser considerado que existem vários fatores que influenciam os teores foliares de macro e micronutrientes, tais como a própria variedade, a idade de corte, a categoria de corte, o ciclo (cana-planta ou soqueira), a parte da folha coletada, época de amostragem, dentre outros. Estes fatores tem dificultado o uso destas avaliações

na cultura da cana-de-açúcar, necessitando maiores estudos sobre a exigência nutricional de cada variedade e sobre as condições de cultivo para a definição dos níveis foliares adequados de cada micronutriente (ADORNA, 2011).

5.4. Parâmetros de solo

A Tabela 9 contém os resultados da análise das amostras de solo dos vasos coletadas aos 120 DAP.

Tabela 9. Resultado da análise de amostras de solo coletadas aos 120 dias após o plantio da cana-de-açúcar.

Tratamentos	P	M.O.	pH	K	Ca	Mg	H+Al	SB	CTC	V
T0	7,40 c	30,60 ab	5,78 a	1,52 c	28,20 c	18,60 a	27,60 bc	48,66 c	76,26 c	63,60 bc
T1	45,00 b	26,40 b	5,26 c	1,58 c	31,40 c	14,40 a	34,80 a	48,48 c	83,28 bc	58,00 c
T2	12,00 c	26,80 b	5,38 bc	1,80 bc	32,60 c	16,00 a	32,60 ab	50,46 c	83,06 bc	60,80 c
T3	12,60 c	28,40 ab	5,44 bc	1,90 bc	35,20 bc	17,60 a	31,60 abc	54,64 bc	86,24 b	63,60 bc
T4	105,60 a	32,40 a	5,82 a	3,10 a	46,60 a	19,00 a	26,20 c	68,78 a	94,98 a	72,40 a
T5	57,00 b	29,00 ab	5,62 ab	2,28 ab	41,20 ab	18,60 a	27,80 bc	62,10 ab	89,90 ab	69,20 ab
CV (%)	4,34%	8,40%	2,31%	20,35%	0,46%	12,90%	10,77%	9,47%	4,96%	6,20%

Médias na mesma coluna, seguidas de letras iguais não diferem significativamente pelo teste de Tukey a 5% de probabilidade; T0 – testemunha; T1 - adubação convencional; T2 – 35 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”; T3 - 20 t ha⁻¹ de torta “*in natura*”; T4 - 25 t ha⁻¹ de torta compostada; T5 - 15 t ha⁻¹ de torta compostada.

Havia expectativa de aumento dos teores de matéria orgânica com a adição de torta de filtro ao solo. Entretanto, com exceção do T4, os tratamentos com torta não promoveram aumentos significativos de matéria orgânica no solo. Korndörfer & Anderson (1997) e Almeida Junior et al. (2011) estudaram efeitos da aplicação de torta de filtro e constataram aumentos de 70% nos teores de matéria orgânica em solos que receberam o material.

O Mg foi o único nutriente para o qual não foi observado diferença estatística para os teores no solo. Apesar de os teores de Mg serem baixos nos dois tipos de torta (Tabela 2), era esperada que a torta de filtro compostada provocasse um incremento significativo no solo, uma vez que seu teor de Mg é quase quatro vezes maior do que o da torta *in natura*. Almeida Junior et al. (2011), em casa de vegetação, observaram aumento dos teores de Mg em um Espodossolo após a aplicação das doses (0; 9,25; 18,5; 27,75 e 37 g kg⁻¹ de solo) torta de filtro.

Entretanto, comparando com a análise do solo feita antes do plantio (Tabela 1), nota-se que todos os tratamentos resultaram no aumento do teor de Mg no solo, decorrente da incubação do solo com calcário.

Os teores de K das amostras que receberam torta de filtro compostada (T4 e T5), principalmente no caso da subdose (T4), foram significativamente maiores (Tabela 9). O teor de K do solo que recebeu o tratamento T4 foi praticamente o mesmo do solo no início do experimento (Tabela 1). Isso mostra que o aporte adicional de K pela torta de filtro, além da adubação com KCl, possibilitou um efeito residual do elemento no solo aos 120 DAP.

Em todos os tratamentos, exceto na testemunha (T0), houve incremento dos teores de Ca no solo em decorrência da incubação com calcário. Entretanto, teores significativamente maiores de cálcio foram observados nas amostras que receberam a torta compostada (T4 e T5), provavelmente como resultado da adição de gesso agrícola ao material na ocasião da compostagem (Tabela 2). O incremento do cálcio no solo também se deve a composição química da torta de filtro, em que a maior parte do elemento é resultado da caleação do caldo durante o processo de fabricação do açúcar (KORDÖRFER e ANDERSON, 1997). Omar (2009), estudando o efeito de doses de torta de filtro (0, 3, 6, 8, 12 t ha⁻¹) em solo arenoso na Malásia sobre cultivos de cana-planta e de cana-soca, observaram que o insumo foi eficiente em aumentar os teores de cálcio em 1,3 mmol_c dm⁻³, no primeiro cultivo, e em 2,1 mmol_c dm⁻³, no segundo cultivo.

Observou-se aumento nos teores de P nos solos submetidos a tratamentos com torta de filtro, principalmente na forma compostada (T4 e T5), indicando a eficiência do resíduo em suprir P para a necessidade das plantas de cana-de-açúcar. A adição de subdose torta de filtro compostada (T5) resultou em teores de P no solo significativamente iguais aos do solo que recebeu adubação com superfosfato simples (Tabela 9). A torta compostada na dose calculada (T4) promoveu os maiores aumentos de P no solo, com valores duas vezes maiores do que os aportados pela adubação convencional. Nardin (2007) em experimento de campo alcançou aumentos significativos de P na camada 20-40 cm de um Argissolo após a aplicação de torta de filtro nas dosagens de 0 t ha⁻¹ e 30 t ha⁻¹ em sulco de plantio.

Caldeira & Paccola (2008) aplicaram 20 t ha⁻¹ de torta de filtro em um Nitossolo Vermelho textura argilosa e observaram aumentos nos teores de fósforo e de cálcio, respectivamente na ordem de 100% e 200%, que dispensaram a complementação com fertilizantes minerais. Arreola-Enriquez et al. (2004), analisando o efeito da dose de 10 t ha⁻¹ de torta de filtro em um Argissolo de textura arenosa, observaram aumento nos teores de fósforo (de 18,77 para 52,11 mg dm⁻³) e de potássio (de 1,8 para 2,8 mmol_c dm⁻³), o

que favoreceu o aumento da produtividade de colmos de cana em até 46%, porém sem alterações na sua qualidade tecnológica.

A torta de filtro, além de ser fonte de P, pode reduzir a adsorção deste elemento nos solos devido ao seu elevado teor de matéria orgânica, que poderá fornecer ácidos orgânicos que competem com o fosfato pelos sítios de adsorção aumentando a disponibilidade do elemento (HUE, 1995; ALVES et al., 1999; COSTA et al., 1992; LEE & KIM, 2007; MAZUR et al., 1983). A matéria orgânica presente na torta de filtro é capaz de reduzir a fixação de fósforo pelos óxidos de ferro e alumínio através do bloqueio dos sítios de fixação de adsorção específica com ligantes orgânicos presentes nos húmus, tais como os grupos carboxílicos (-COOH), fenólicos e álcoois (-OH) (BEAUCLAIR, 1994; KORNDÖRFER et al., 1989).

O pH do solo foi significativamente alterado pelos tratamentos (Tabela 9). Os resultados com a adubação convencional (T1) foram semelhantes aos tratamentos com torta de filtro “*in natura*”, em ambas as doses (T2 e T3). Os tratamentos T1, T2 e T3 provocaram a diminuição significativa do pH do solo. O menor teor de matéria orgânica, e o decorrente menor poder tampão do solo, aliada ao uso de fertilizantes nitrogenados, em especial o sulfato de amônio, podem contribuir para a acidificação do solo (Primavesi et al., 2004). O uso de resíduos orgânicos, nas doses normais de aplicação, pode não evitar a acidificação, mas pode reduzir a velocidade do processo (ANDA, 2015). A aplicação da torta de filtro compostada, na dose calculada (T4), provocou aumento significativo do pH do solo. Conforme Arreola-Enriquez et al. (2004), a elevação do pH do solo pode ser atribuída à decomposição da torta de filtro, a partir da qual há a liberação de malato, citrato e oxalato. Estes compostos sofrem descarboxilação (liberação CO₂), resultando no consumo de prótons que alteram o pH, alcalinizando o solo.

A adubação convencional (T1) e o uso das duas doses de torta “*in natura*” (T2 e T3) aumentaram a acidez potencial do solo (H+A1). A aplicação de torta compostada (T4 e T5) manteve a acidez potencial semelhante à do tratamento testemunha (T0). Apesar da ausência da análise isolada do alumínio, é possível que a torta de filtro tenha atuado na complexação do elemento, por meio dos ácidos orgânicos naturalmente presentes no composto. Segundo Mendonça et al. (2006), estes ácidos orgânicos apresentam capacidade de formar complexos estáveis com o alumínio tóxico, diminuindo sua atividade na solução do solo. Todos os tratamentos provocaram aumento na soma de bases (SB) do solo (Tabela 9) quando comparados com a análise química inicial (Tabela 1). Porém, os tratamentos que receberam a aplicação de torta de filtro compostada (T4 e

T5) resultaram em valores significativamente mais elevados de soma de bases, principalmente quando a dose calculada foi aplicada. É provável que o maior aporte de Ca, em função da adição do gesso na torta compostada, tenha contribuído mais efetivamente para o aumento da soma de bases. Como consequência do aumento da soma de bases, ocorreu o aumento da saturação por bases (V%). Com a adição da dose calculada de torta de filtro compostada (T4), houve aumento significativo do V% quando comparado com a situação inicial do solo (Tabela 1). Korndorfer e Anderson (1997) mencionaram que o uso da torta de filtro promove alterações positivas nos atributos químicos do solo, tais como elevação da capacidade de troca catiônica, da saturação por bases, diminuição nos teores de alumínio trocável e aumento na disponibilidade de P e Ca.

A capacidade de troca de cátions (CTC) também foi aumentada por todos os tratamentos (Tabela 9). Assim como ocorreu para o pH, os tratamentos com torta compostada, principalmente na dose calculada (T4), resultaram em valores de CTC mais elevados. Pires et al. (2008) também constataram um aumento da CTC nas camadas superiores de um Neossolo Flúvico Psamítico cultivando maracujazeiro-amarelo com torta de filtro. Os tratamentos com torta de filtro compostada podem ter elevado a CTC do solo em razão de grande parte do material ser constituído de matéria orgânica humificada, que por sua vez tem elevada superfície específica e manifesta grande quantidade de cargas negativas por meios dos grupos fenólicos e carboxílicos de sua superfície. A torta de filtro pode ser importante para o aumento no poder tampão e na retenção de íons devido a esse aumento na capacidade de troca catiônica do solo (CTC) proporcionada pela fração orgânica, de forma que é possível ocorrer uma redução nas perdas de nutrientes por lixiviação (BAYER & MIELNICZUK, 1999). O melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas pode ser feito mediante a complementação dos adubos orgânicos com adubação mineral. Isto ocorre porque os fertilizantes orgânicos apresentam concentrações mais baixas de N, P e K, de forma que a complementação mineral destas fontes possibilita um sincronismo de liberação dos nutrientes ao longo do período de crescimento das plantas (BISSANI et al., 2008).

6. CONCLUSÕES

Nas condições experimentais em que este estudo foi conduzido, ou seja, colheita da variedade RB855536 de cana-de-açúcar aos 120 dias de cultivo em Latossolo Vermelho Distroférico, com adubação nitrogenada e potássica e com adição de diferentes doses e tipos de torta de filtro em substituição da adubação fosfatada, concluiu-se que:

- a. A aplicação de 25 t ha⁻¹ de torta de filtro compostada aumenta a altura, a massa fresca e o diâmetro de colmos;
- b. A aplicação de 20-35 t ha⁻¹ de torta de filtro “*in natura*” ou de 15-25 t ha⁻¹ de torta de filtro compostada:
 - tem efeito semelhante ou superior à adubação mineral convencional sobre os parâmetros biométricos (número de internódios, altura e massa fresca, massa seca e diâmetro dos colmos);
 - substitui integralmente a adubação fosfatada e assegura níveis foliares adequados de P em plantas de cana-de-açúcar em estágio inicial de desenvolvimento;
 - não altera teores foliares de N e de Ca;
 - diminui teores foliares de K, a níveis considerados insuficientes, de Mg, mantendo-os na faixa de suficiência, e de S, B, Cu, Fe, Mn e Zn, a níveis próximos do limite inferior do intervalo de suficiência;
 - não altera o teor de matéria orgânica do solo.
- c. A aplicação de 15-25 t ha⁻¹ de torta de filtro compostada aumenta a capacidade de troca de cátions (CTC) e os teores de K, de Ca, de soma de bases (SB) e, principalmente, de P do solo;
- d. A aplicação de 20-35 t ha⁻¹ de torta de filtro “*in natura*” aumenta a acidez potencial e diminui o pH do solo.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABREU, C. A.; LOPES, A. S.; SANTOS, G. C. **Fertilidade do Solo**. SBCS, Viçosa, 2007, p.1017.
- ADORNA, J. C. **Adubação com micronutrientes no plantio da cultura da cana-de-açúcar**. Botucatu: Universidade Estadual Paulista, 56 f. Dissertação de mestrado. 2011.
- ALBUQUERQUE, G.A.S.C.; AZAMBUJA, R.S.L.; LINS, F.A.F. **Rochas e minerais industriais: usos e especificações**. Rio de Janeiro, RJ, Brasil: Centro de Tecnologia Mineral – Ministério da Ciência e Tecnologia, 2005.
- ALBUQUERQUE, G.A.C e MARINHO, M.L. **Influencia da torta de filtro sobre a adubação nitrogenada em cana-de-açúcar**. Brasil Açucareiro. Rio de Janeiro, 93(2): p. 38-39, 1979.
- ALCARDE, A. R. **Cana-de-açúcar**. EMBRAPA. Campinas. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_108_22122006154841.html > Acesso em: ago/2015.
- ALCARDE, A.R. **Geração de energia elétrica**. EMBRAPA. Campinas. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_107_22122006154841.html > Acesso em: nov/2015.
- ALLISON, J. C. S.; WILLIAWS, H. T.; PAMMENTER, N. W. **Effect of specific leaf nitrogen content n photosynthesis of sugarcane**. Annals of Applied Biology, **Hoboken**, v. 131, n. 1, p. 339-350, 1997.
- ALLEN, L. H.; JONES, P. H.; JONES, J. W. **Rising atmospheric CO2 and evapotranspiration**. In: Advances in evapotranspiration. St. Joseph: ASAE. p.13-27, 1985.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M.; SILVA, F.B.V. da; GOMES, W.A. **Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro**. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande, v. 15, n. 10, p. 1004-1013, 2011.
- ALVES, W. L.; MELO, W. J.; FERREIRA, M. E. **Efeito de composto de lixo urbano em um solo arenoso e em plantas de sorgo**. Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.23, p. 729-736,1999.
- ANJOS, I. A; ANDRADE, L. A. B.; GARCIA, J.C.; FIGUEIREDO, P.A.M.; CARVALHO, G.J. **Efeitos da adubação orgânica e da época de colheita na qualidade da matéria-prima e nos rendimentos agrícola e de açúcar mascavo artesanal de duas cultivares de cana-de-açúcar (cana-planta)**. *Ciência e Agrotecnologia*, Lavras, v.31, n.1, p.59-63, jan./fev. 2007.

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. **Anuário Estatístico do Setor de Fertilizantes**. São Paulo, 2008.

ANDA - Associação Nacional para Difusão de Adubos. **O Uso de Fertilizantes Minerais e o Meio Ambiente**. Disponível em: <http://www.anda.org.br/multimedia/fertilizantes_meio_ambiente.pdf > Acesso em: out/2015.

ARREOLA-ENRIQUEZ, J.; PALMA-LÓPEZ, D. J.; SALGADO-GARCÍA, S.; CAMACHOCHI, W.; OBRADOR-OLÁN, J. J.; JUÁREZ-LÓPEZ, J. F.; PASTRANA-APONTE, L. **Evaluación de abono organo-mineral de cachaza en la producción y calidad de la caña de azúcar**. Terra Latinoamericana, México, v. 22, n. 3, p. 351-357, 2004.

ARRUDA, M., R.; PEREIRA, J. C. R.; MOREIRA, A; TEIXEIRA, W; **Enraizamento de estacas herbáceas de guaranzeiro em diferentes substratos**. Ciência Agrotécnica, Lavras, v.31, n.1, p.236-241, 2007.

BNDES - Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social. **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Organização BNDES e CGEE. – Rio de Janeiro, v.1, 2008, p.316.

BASTOS, A. L.; COSTA, J. P. V.; SILVA, I. F.; RAPOSO, R. W. C.; SOUTO, J. S. **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;

BAYER, C.; MIEINICZUK, J. Dinâmica e função da matéria orgânica: In: SANTOS, G. de A.; CAMARGO, F. A. de O. (Ed.) **Fundamentos da matéria orgânica do solo nos ecossistemas tropicais e subtropicais**. Porto Alegre: Genesis, 1999, p. 27-40.

BEAUCLAIR, E. G. F. **Produtividade de cana-de-açúcar em função de alguns macronutrientes presentes no caldo e no solo**. 1994. 97p. Tese (doutorado em solos e Nutrição de plantas) - Universidade de São Paulo, Piracicaba, 1994

BEHLING, J.P.; GABELMAN, W.H. & GERLOFF, G.C. **The distribution and utilization of calcium by two tomato (*Lycopersicon esculentum* Mill.) lines differing in calcium efficiency when grown under low-Ca stress**. Plant Soil, 113: p.189-196, 1989.

BENEDITO, D. S.; PROCHNOW, L. I.; SILVEROL, A. C.; TOLEDO, M. C. M. **Eficiência agrônômica de compostos organominerais obtidos pelo Processo Humifert**. Bragantia, v.69, 2010, p.191-199.

BENITES, V. M. **Produção de insumos agrícolas a partir de resíduos agroindustriais**. Fertbio, Bonito/MS, 2006.

BISSANI, C.A.; CAMARGO, F.A.O.; GAINELLO, C.; TEDESCO, M.J. **Fertilidade dos solos e manejo da adubação de culturas**. 2. ed. Porto Alegre: Metrópole, 2008, p.344.

CALDEIRA, D. S. A.; PACCOLA, A. A. **Influência do manejo da palhada na fertilidade de um solo cultivado com cana-de-açúcar (*Saccharum spp*)**. Revista Energia na Agricultura, Botucatu, v. 23, n. 1, p.18-31, 2008.

CALHEIROS, A. S.; OLIVEIRA, M. W.; FERREIRA, V. M.; BARBOSA, G. V. S.; LIMA, G. S. A.; ARISTIDES, E.V.S. **Acúmulo de nutrientes e produção de sacarose de duas variedades de cana-de-açúcar na primeira rebrota, em função de doses de fósforo**. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 29, n.1, p. 26-29, 2011.

CESAR, M.A.A.; DELGADO, A.A.; CAMARGO, A.P.; BISSOLI, B.M.A.; SILVA, F.C. **Capacidade dos fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo da cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial**. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, v.6, p.32-38, 1987;

CEZAR, M. A. A. et al. **Capacidade de fosfatos naturais e artificiais em elevar o teor de fósforo no caldo de cana-de-açúcar (cana-planta), visando o processo industrial**. STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos, Piracicaba, v. 5, n. 5, p. 32-38, 1987.

CGEE - Centro de Gestão de Estudos Estratégicos. **Estudo sobre as possibilidades e impactos da produção de grandes quantidades de etanol visando à substituição parcial de gasolina no mundo – Fase 1**. Campinas: Nipe/Unicamp e Centro de Gestão de Estudos Estratégicos, 2005

COLETI, T.; LORENZETTI, J.M.; GASOARINI, C.T.; FREITAS, P.G. **Compostagem obtida com resíduos da fabricação de açúcar e álcool**. In: Congr. Nacional da STAB 2. Rio de Janeiro. 1981.

CONAB - Companhia Nacional de Abastecimento. **Séries históricas de área plantada, produtividade e produção, relativas às safras 2005/06 a 2014/15 de cana-de-açúcar**. Brasília/DF. Disponível em: < <http://www.conab.gov.br/conteudos.php?a=1252&> >. Acesso: out/2015.

COSTA, F.; HERNANDEZ, T.; GARCIA, C.; AYUSO, M.; PASCUAL, J.A.; APOLO, A. **Efecto residual de diferentes residuos orgánicos sobre um cultivo de cebada**. Suelo Planta, v.2, p.593-603,1992.

CORREIA, D.; ROSA, M.F.; NOROES, E.R.V. ARAUJO, F. B. **Uso do pó de casca de coco na formulação de substratos para formação de mudas enxertadas de cajueiro anão precoce**. Ver. Bras. Frutic. V. 25, n. 3, p. 557-558, 2003.

DECHEN, A. R; BOARETTO, A. E; VERDADE, F. C. **Anais dos Simpósios. XX Reunião Brasileira de Fertilidade do Solo e Nutrição de Plantas**. Fundação Cargill. p. 1-425, 1992;

DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C.; LANDEL, M. G. A. **Cana-de-açúcar**. IAC – 1ª. Edição. Campinas, 2010, 882p.

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

EMBRAPA - Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **Agência EMBRAPA de Informação Tecnológica**. Disponível em < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/index.html> >. Acesso em: set/2015.

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

FERREIRA, E. S.; ZOTARELLI, E. M. M.; SALVIATI, L. **Efeitos da utilização da torta de filtro na produtividade da cana-de-açúcar**. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4, 1986, Piracicaba. Anais. Piracicaba: Copersucar, p. 321-331, 1986.

FILHO, J. O.; MACEDO, N.; TOKESHI, H. **Seja o doutor do seu canavial**. Arquivo do agrônomo. v. 6, n. 67, p. 17, 1994.

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

FURTINI NETO, A. E.; VALE, F. R.; RESENDE, A. V.; GUILHERME, L. R. G.; GUEDES, G. A. A. **Fertilidade do solo**. Lavras: UFLA/FAEPE, 2001. p. 261.

GLAZ, B.; POWELL, G.; PERDOMO, R.; ULLOA, M. F. **Sugarcane response to phosphorus fertilizer in relation to soil test recommendations on everglades histosols**. Agronomy Journal, v.92, p.375-380, 2000.

GODOY, A. P. **Modelagem de processos de acumulação de biomassa e de açúcar da cana-de-açúcar via sistemas nebulosos**. 2007. 231p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica, Automação) – Universidade Estadual de Campinas, Faculdade de Engenharia Elétrica e de Computação do campus de Campinas, Campinas-SP, 2007;

HUE, N. V. Sewage sludge. In: RECHCIGL, J.E. (Ed.). **Soil amendments and environmental quality**. Boca Raton: CRC Press, 1995. p.169-199.

JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J.C.M.; PINTO, A.S.; SEGATO, S.V. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. – Piracicaba, SP: CP 2, 2006, p.415.

- KORNDÖRFER, G. H. **Fósforo na cultura da cana-de-açúcar.** In: Yamada, T., Abdalla, S. R. S (ed.). In: Simpósio sobre Fósforo na Agricultura Brasileira, 2004, São Paulo. Anais. São Paulo: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato. p.291-305, 2004;
- 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.; ANDERSON, D. L. **Use and impact of sugarcane molasses and filter on sugarcane production in Brazil.** Sugar y azucar, Englewood Cliffs, v.3, p.26-35, 1997
- LEE, Y. B.; KIM, P. J. **Reduction of phosphate adsorption by ion competition with silicate in soil.** Korean Journal of Environmental Agriculture, v.26, p.286-293, 2007.
- LOPES, A. S. **Solos sob Cerrado: características, propriedades e manejo.** Piracicaba: Associação Brasileira para Pesquisa da Potassa e do Fosfato, 1983. p. 162.
- MACEDO, F. S. **A reestruturação do setor sucroenergético no Brasil.** Dissertação apresentada à Escola de Economia de São Paulo, da Fundação Getúlio Vargas – EESP/FGV, como requisito para obtenção do título de Mestre em Agroenergia. SÃO PAULO, 2011;
- MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações.** 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.
- MARIN, F. R. **Árvore do conhecimento – Cana-de-açúcar: Características.** EMBRAPA. Campinas. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_20_3112006152934.html> Acesso em: 10 agosto. 2015;
- MARINHO, M. L.; ALBUQUERQUE, G. A. C. **Resposta da cana-de-açúcar a níveis de P e correlação com análise foliar.** In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 1, 1979, Maceió. Anais. Maceió: STAB, v.2, p.328-333, 1980.
- MARSCHNER, H. **Mineral nutrition of higher plants.** London, Academic Press, 1995, p.889.
- MATSUOKA, S.; GARCIA, A. A. F.; CALHEIROS, G. G. **Hibridação em cana-de-açúcar.** In: BORÉM, A. Hibridação artificial de plantas. 1.ed. Viçosa-MG: UFV, 1999, p.221-254.
- MAZUR, N.; SANTOS, G. A.; VELLOSO, A. C. X. **Efeito do composto de resíduo urbano na disponibilidade de fósforo em solo ácido.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v.7, p. 153-156, 1983.

MEINZER, F. C.; ZHU, J. **Nitrogen stress reduces the efficiency of the C4 CO2 concentranting system, and therefore quantum yield, in Saccharum (sugarcane) species.** Journal of Experimental Botany, Oxford, v. 49, n. 324, p. 1227-1234, 1998.

MENDONÇA, E. S.; ROWELL, D. L.; MARTINS, A. G.; SILVA, A. P. **Effect of pH on the development of acidic sites in clayey and Sandy loam Oxisol from the Cerrado Region, Brazil.** Geoderma, v.132, p.131-142, 2006.

MORAES, M. F.; BASTOS, G. Q.; FILHO, C. J. A.; MELO, O. T.; REIS, O. V. **Valiação agroindustrial e parâmetros genético de progênies de cana-de-açúcar em fase inicial na zona canavieira do litoral norte de Pernambuco.** Ciênc. agrotec. Lavras, v. 34, n. 5, p. 1086-1092, set./out., 2010.

MAPA - Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento. **Relação das unidades produtoras cadastradas no departamento da cana-de-açúcar e agronegria.** Disponível em: <
http://www.agricultura.gov.br/arq_editor/file/Desenvolvimento_Sustentavel/Agroenergia/Orientacoes_Tecnicas/Usinas%20e%20Destilarias%20Cadastradas/DADOS_PRODUTORES_23-08-2013.pdf >. Acesso em: set/2015;

NARDIN, R. R. **Torta-de-filtro aplicada em Argissolo e seus efeitos agronômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas.** Dissertação de Mestrado (Mestrado em Agricultura tropical e subtropical) – Curso de pós-graduação. IAC – Campinas, 2007.

NOGUEIRA, M. A.; GARCIA, M. S; **Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul.** REGET - v. 17, n. 17, p. 3275 – 3283, 2013.

NUNES JÚNIOR, D. **O insumo torta de filtro.** IDEA News, Ribeirão Preto, 2005.

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

OLIVEIRA, V. L. A. **Eficácia da torta de filtro na produção de mudas de espécies florestais.** 2012. 54 f. Dissertação (Mestrado em Sistema de Produção na Agropecuária) – Universidade José do Rosário Vellano, Alfenas, 2012.

OMAR, Y. S. M. **Effects of sugar cane filter cake compost on selected characteristics of brissoil and growth of maize.** 2009. 25p. Thesis (Master of Science) - University Putra Malaysia, Malaysia, 2009.

PENSO, J. S. A.; BRAGA. J. M. THIÉBAUT, J.T.L. **Avaliação de solubilidade de fosfato de Patos. III – Mistura com torta de filtro e vinhaça.** Ceres, v. 29, p.516-525, 1982.

PEREIRA, J. R.; FARIA, C. M. B.; MORGADO, L. B. **Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade da cana-de-açúcar em vertissolo.** Pesquisa Agropecuária Brasileira, v.30, p.43-48, 1995.

PIRES, A. A.; MONNERAT, P. H.; MARCIANO, C. R.; PINHO, L. G. R.; ZAMPIROLI, P. D.; ROSA, R. C. C.; MUNIZ, R. A. **Efeito da adubação alternativa sobre os componentes de produção do maracujazeiro-amarelo.** Revista Brasileira de Ciência do Solo, v. 32, n. 5, p. 1997-2005, 2008.

RAIJ, B. V.; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J.A.; FURLANI, A. M. C. **Boletim Técnico 100: Recomendações de Adubação e Calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas-SP, v.2, n.100, 1997, p.285.

RHEINHEIMET, D. S.; ALVAREZ RASCHE, J. W.; FILHO, B. D. O; SILVA, L. S. **Resposta à aplicação e recuperação de enxofre em cultivos de casa de vegetação em solos com diferentes teores de argila e matéria orgânica.** Cienc. Rural, v.37, n. 2, p. 363-371, 2007.

RIDESA - Rede Interuniversitária para Desenvolvimento do Setor Sucroenergético. **Catálogo Nacional de variedades “RB” de cana-de-açúcar.** Curitiba-PR, n.1, 2010, p.136

ROSSETTO, R. **Diagnose foliar.** EMBRAPA. Campinas. Disponível em: < <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONT000fkch7tf302wyiv80sq98yqk1vc13r.html>> Acesso em: set/2015;

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

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. **Adubação: resíduos alternativos.** EMBRAPA. Campinas. Disponível em:< http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-deacucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html>. Acesso em: ago/ 2015.

SANTANA, C. T. C.; SANTIS, A.; DALLACORT, R.; LUSTOSA, M.; MENEZES, C. B. **Desempenho de cultivares de alface americana em resposta a diferentes doses de torta de filtro.** Revista Ciência Agronômica, v. 43, n. 1, p. 22-29, 2012

SANTOS, D. H. **Efeito residual da adubação de plantio com torta de filtro e fosfato solúvel na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar.** 2012. 112 f. Tese (Doutorado) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrônômicas, Botucatu, 2012.

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

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. **Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel.** Pesquisa Agropecuária Tropical, v.40, p.454-461, 2010.

SANTOS, V. R.; MOURA FILHO, G.; ALBUQUERQUE, A. W.; COSTA, J. P. V.; SANTOS, C. G.; SANTOS, A. C. I. **Crescimento e produtividade agrícola de cana-de-açúcar em diferentes fontes de fósforo.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, Campina Grande-PB, v.13, n.1, p. 389-396, 2009.

SANTI, A.; SCARAMUZZA, W.L.M.P.; NEUHAUS, A.; DALLACORT, R.; KRAUSE, W.; TIEPPO, R. C. **Desempenho agrônômico de alface americana fertilizada com torta de filtro em ambiente protegido.** Hortic. Bras., v. 31, n. 2, p. 338-343, 2013.

SILVA, G. M. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil.** Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983. p.317-332.

SIMÕES NETO, D. E; OLIVEIRA, A. C.; FREIRE, F. J; FREIRE, M. B. G. S.; NASCIMENTO, C. W. A.; ROCHA, A. T. **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.

SLEIGHT, D. M.; SANDER, D. H.; PETERSON, G. A. Effect of fertilizer of phosphorus. placement on the availability of phosphorus. **Soil Science Society American Journal**, Madison, v.48, p.336-340, 1984.

TAIZ, L.; ZEIGER, E. Fisiologia vegetal. 3ª ed. Porto Alegre: Artmed, 2004. 526p.
TASSO JÚNIOR, L. C. **Caracterização agrotecnológica de cultivares de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) na região centro-norte do Estado de São Paulo.** 2007. 167 f. Tese (Doutorado em Agronomia) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Jaboticabal, 2007.

UNICA - União Da Indústria de Cana-de-açúcar. 2013. **Publicações cana-de-açúcar.** Disponível em: <http://www.unica.com.br/documentos/fotos/cana-de-acucar>. Acesso em: ago/2015;

ZAMBELLO JÚNIOR, E.; ORLANDO FILHO, J.; COLLETI, J. F.; ROSSETO, A. J. **Adubação de soqueiras em três variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) cultivados em Terra Roxa estruturada no Estado de São Paulo.** Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v. 89, n. 3, p. 11-17, 1977.

WEBER, H.; BOLSANELLO, J; AZEVEDO, D. F. **Doses e fontes de fósforo em cana-de-açúcar.** In: Congresso Nacional da Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 5, 1993, Águas de São Pedro. Anais. Piracicaba: STAB, p.70-75, 1993.