

ATRIBUTOS E ESTRATÉGIAS DE UTILIZAÇÃO DA TORTA DE FILTRO COMO FERTILIZANTE PARA A CANA-DE-AÇÚCAR

Antonio Nolla¹, Eduardo Jamir Paes Vila¹, William Silva¹, Cassio Lizoti Berticelli¹
e Andressa Roberta Carneiro¹

¹Universidade Estadual de Maringá – UEM, Departamento de Ciências Agronômicas, Campus de Umuarama. Estrada da Paca s/n, CEP.: 87500-000, Bairro São Cristóvão, Umuarama, PR. E-mail: anolla@uem.br;

RESUMO: A torta de filtro é um resíduo de industrialização da cana-de-açúcar, utilizada como fertilizante orgânico. Objetivou-se caracterizar a torta de filtro, abordando os atributos que a tornam alternativa racional para atender as exigências nutricionais da cana-de-açúcar. Em função da concentração de nutrientes como N, Ca, P e S, a torta de filtro pode suprir a necessidade de nutrientes para a cana, reduzindo os custos dos insumos. Além disso, a torta de filtro apresenta potencial para corrigir a acidez do solo. A dosagem de torta a ser aplicada no solo, apesar de eficaz no fornecimento de nutrientes, deve atender ao equilíbrio de nutrientes, pois excessos ou escassez no solo reduzem a produtividade das culturas. A matéria orgânica contida na torta de filtro aumenta o armazenamento de água e nutrientes no solo, além do aumento da porosidade, maior capacidade de agregação e maior infiltração de água, proporcionando distribuição mais homogênea das raízes no perfil. Uma estratégia para melhorar o aproveitamento dos nutrientes consiste na complementação dos adubos orgânicos com a adubação mineral. A disponibilidade de nutrientes minerais é mais rápida, porém com baixo efeito residual. Os nutrientes das fontes orgânicas são disponibilizados gradualmente durante o ciclo da cana-de-açúcar.

PALAVRAS-CHAVE: resíduo de industrialização, adubação orgânica, Saccharum officinarum, disponibilidade gradual de nutrientes, matéria orgânica, produtividade.

ATTRIBUTES AND STRATEGIES FOR USE OF FILTER CAKE AS FERTILIZER TO SUGARCANE

ABSTRACT: The filter cake is an industrialization residue of sugarcane used as organic fertilizer. The objective of this paper was to characterize the filter cake, including the attributes that make it a rational alternative to provide the nutritional requirements to sugarcane. Depending on the concentration of nutrients like N, Ca, P and S, the filter cake can provide the nutrients require for sugarcane, decreasing fertilizer costs. Furthermore, the filter cake has a potential to correcting soil acidity. The filter cake dose to be applied on the soil, although effective in supplying nutrients, it must to meet the nutrient balance, because the excess or shortage in the soil reduce the crop yields. The organic matter contained in filter cake increases the water and nutrients storage in the soil, increase the porosity, aggregation capacity and water infiltration, providing homogeneity of roots distribution in profile. A strategy to improve the absorption of nutrients is the complementation of organic fertilizers with mineral fertilizers. The availability of mineral nutrients is faster, but with low residual effect. The nutrients from organic sources are provided slowly during the cycle of sugarcane.

KEYWORDS: residue of industrialization, organic fertilizer, Saccharum officinarum, gradual availability of nutrients, organic matter, yield.

INTRODUÇÃO

O Brasil, com área canvieira de 9,0 milhões de hectares, caracteriza-se como o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo atingindo uma produção de aproximadamente 634.767.000 de toneladas e uma produtividade média de 70,49 t ha⁻¹ (safra 2014/2015). O Estado de São Paulo detém mais da metade da referida área (4.685.700 ha) e participa com 53,8 % da produção brasileira (CONAB, 2015). Nos últimos quinze anos, a produtividade média dos canaviais sofreu significativa elevação, mesmo com a expansão da cultura em solos de menor fertilidade. Dentre os fatores que contribuíram para o aumento da produtividade, destaca-se a adubação balanceada, a utilização de fertilizantes com maior efeito residual e o uso de variedades mais produtivas (Bissani et al., 2008).

Tem sido adotado um sistema de manejo para o controle das perdas de solo e água caracterizada pela racionalidade no uso de insumos, que visa a produção com sustentabilidade, racionalizando custos empregados nos insumos (Lopes, 2014). O plantio da cana-de-açúcar com a utilização de resíduos orgânicos, tem sido uma alternativa viável para atingir a máxima produtividade econômica dos canaviais, além de ser uma prática conservacionista e rentável (Prado et al., 2008). Outra estratégia para minimizar custos e promover a sustentabilidade da lavoura está na forma desenvolvida para o plantio dessa cultura, a qual consiste em fazer o plantio diretamente sobre os resíduos da cana-de-açúcar colhida mecanicamente e sem queimar, ou seja, sem a necessidade de movimentação do solo através de operações como subsolagem, aração e gradagem, aplicando-se resíduos provenientes de outros setores de produção.

Resíduos provenientes do processo de fabricação de açúcar e álcool como vinhaça, torta de filtro e bagaço tem sido utilizados como produtos capazes de restabelecer o potencial produtivo devido à liberação gradativa de nutrientes presentes nestes materiais (Prado et al., 2008). Além disso, com a necessidade de produzir cada vez mais em áreas pouco produtivas, como o caso dos solos arenosos, justifica-se buscar informações a respeito à utilização de resíduos em sistemas de cultivo com cana-de-açúcar. Isto se refere à adequação e viabilidade destes produtos em um solo que apresenta características distintas dos solos com maior capacidade produtiva, onde são mais conhecidas recomendações e critérios de utilização de corretivos e fertilizantes capazes de devolver ao solo o potencial produtivo.

A utilização de resíduos orgânicos como a torta de filtro, possibilita a redução, ao longo dos anos, da necessidade de aplicação de fertilizantes minerais, além de melhorar a qualidade do solo, uma vez que estes agem também como condicionadores do solo. A adoção de resíduos orgânicos como adubo também pode proporcionar melhoria na qualidade ambiental, pois o menor consumo de fertilizantes minerais reduz a quantidade de matéria prima utilizada para fabricação destes, além de ocasionar menor poluição dos recursos naturais. Entre os resíduos orgânicos que apresentam maior potencial de aproveitamento estão os esterco animais, os restos culturais, os resíduos de adubos verdes (Silva, 2007) e resíduos agroindustriais como vinhaça e torta de filtro (Polo et al., 1988).

O trabalho foi elaborado com o objetivo de caracterizar a torta de filtro como resíduo orgânico, detalhando os principais atributos que tornam este fertilizante como alternativa racional para atender as exigências nutricionais durante o desenvolvimento da cana-de-açúcar.

TORTA DE FILTRO

A fertilização é necessária para o desenvolvimento das culturas, visando a obtenção da otimização de produtividade. Os fertilizantes minerais são os mais utilizados, apresentando uma rápida ação, disponibilizando os nutrientes de forma adequada principalmente nos primeiros meses de sua aplicação. No entanto, estes adubos apresentam problemas relacionados à volatilização, lixiviação e fixação específica, o que reduzem sua capacidade de absorção pelo sistema radicular das plantas (Novais et al., 2007), diminuindo o potencial de produtividade das culturas comerciais (Ribeiro et al., 1999; Comissão..., 2004; Bissani et al., 2008). Tais subprodutos possuem teores de nutrientes que podem suprir parcial ou integralmente a demanda da planta por nutrientes, sendo que é necessário estabelecer dosagem e forma de aplicação correta para não comprometer a qualidade ambiental. Os adubos orgânicos, disponibilizam nutrientes mais lentamente, o que possibilita a disponibilidade de cátions e ânions principalmente em fases de maior exigência, como a floração e enchimento de grãos.

A torta de filtro é um resíduo gerado durante o processo industrial para a fabricação do açúcar, composto pela mistura de bagaço moído e lodo da decantação, mais especificamente na etapa denominada de clarificação do caldo da moenda. O processo de adição do hidróxido de cálcio ao caldo aquecido origina floculação de colóides orgânicos, precipitados de sais de cálcio e fosfatos. Essa suspensão é mantida em repouso, resultando em um caldo límpido e um

precipitado constituído por compostos orgânicos e inorgânicos que foram insolubilizados. No precipitado formado após o repouso há grande quantidade de caldo clarificado, o qual é recuperado pelo processo de filtração a vácuo, sendo a borra resultante da filtração denominada de torta de filtro ou torta Oliver (Nunes Jr., 2008; Busato, 2008), formada pelos compostos orgânicos e inorgânicos que foram insolubilizados. Esta borra é misturada com bagaço finamente moído e submetida à filtração a vácuo, resultando num material com umidade em torno de 75%. Segundo Korndörfer (2003) e Santos et al. (2010) para cada tonelada de cana-de-açúcar industrializada obtém-se aproximadamente 40 quilos de torta de filtro.

De acordo com a metodologia utilizada para a, a torta de filtro pode apresentar teores de alguns nutrientes como cálcio, fósforo e enxofre, proveniente do produto utilizado na floculação de impurezas como solo e bagacilhos. Os produtos utilizados nesta etapa podem ser o cal virgem (CaO), ácido fosfórico (H₃PO₄) e anidrido sulfuroso (SO₂), os quais contribuem com os nutrientes provenientes de sua adição. Neste processo de clarificação, a cada tonelada de cana moída é gerado cerca de 30 a 40 kg de torta de filtro (Delgado e César, 1990). Em função da aplicação da cal, a torta de filtro pode apresentar potencial para a correção da acidez do solo (Almeida Jr. et al., 2011). Arreola-Enriquez et al. (2004) estudando a aplicação de torta de filtro em um Argissolo de textura média (38 % de argila) observou um incremento no pH do solo, sendo que a aplicação de 10 t ha⁻¹ do resíduo responsável pela elevação do pH em 0,7 unidades em área de primeiro cultivo, atingindo um pH-H₂O de 6,0. Segundo Rodella et al. (1990), a aplicação de 100 t ha⁻¹ do adubo orgânico reduziu o teor de alumínio trocável em solução. Conforme Arreola-Enriquez et al. (2004), a elevação obtida no pH esta atribuída à decomposição da torta de filtro, cuja liberação de malato, citrato, oxalato contidos na matéria orgânica são decarboxilados (liberação CO₂) resultando no consumo de prótons que alteram o pH, alcalinizando o solo. Estes radicais se ligam aos íons de Al³⁺, complexando o elemento tóxico em solução (Slattery et al., 1991; Dee et al., 2003; Rosseto e Dias, 2005; Almeida Jr. et al., 2011).

A torta de filtro apresenta composição bastante variada. Isto ocorre em função do solo, da variedade de cana cultivada, época de colheita e ciclo da cultura (12 ou 18 meses), processo de clarificação do caldo e tipos de adubos, doses e formas de utilização durante o cultivo da cana-de-açúcar (Korndörfer e Anderson, 1997; Busato, 2008). Este resíduo do processo industrial é considerado um fertilizante orgânico rico em carbono orgânico e nutrientes como nitrogênio, cálcio, fósforo e potássio. Malavolta (2002) estabelece uma média dos teores de nutrientes

presentes na torta de filtro, destacando o fósforo (1,30%), cálcio (4,00%) e enxofre (1,30%), nutrientes encontrados em maiores concentrações no resíduo (Tabela 01). Segundo o autor, a utilização de torta de filtro como fertilizante orgânico é capaz de atender às necessidades nutricionais da cana-de-açúcar por fósforo, cálcio e enxofre. A torta de filtro, por ser rica em boa parte dos nutrientes, é considerada um fertilizante orgânico, bastante utilizado na adubação da cana-de-açúcar e outras culturas anuais que podem ser utilizadas em rotação no período da reforma do canavial, como amendoim, crotalária, soja e milho. Apesar da produção de grande quantidade deste resíduo, a torta de filtro apresenta potencial para ser utilizado integralmente nas áreas agrícolas da usina de açúcar e álcool.

Tabela 1 - Teores médios de nutrientes e matéria orgânica presentes na torta de filtro proveniente do processo industrial da cana-de-açúcar

ELEMENTO	%	ELEMENTO	mg dm ⁻³
MATERIA ORGÂNICA	6,90	Co	1,40
SiO ₂	7,60	Cu	65,00
N	1,40	Fe	2.500,00
P ₂ O ₅	1,30	Mn	624,00
K ₂ O	0,30	Mo	0,60
CaO	4,00	Zn	89,00
MgO	0,40		
SO ₄	1,30		

FONTE: adaptado de Malavolta (2002)

Segundo Malavolta et al. (1997) e Segato et al. (2006), a necessidade requerida de macronutrientes para a produção de 100 t ha⁻¹ de cana-de-açúcar é de 143 kg de nitrogênio, 19 kg de fósforo, 174 kg de potássio, 87 kg de cálcio, 49 kg de magnésio e 44 kg de enxofre. Já para os micronutrientes, a demanda necessária é de 235 gramas de boro, 339 gramas de cobre, 7.318 grama de ferro, 2.470 gramas de manganês e 592 gramas de zinco para produzir 100 toneladas de cana-de-açúcar. Assim, de acordo com as exigências da cana-de-açúcar e os teores médios de nutrientes presentes na torta de filtro (Tabela 1), é possível estimar a dosagem exigida para a

adequada disponibilização nutricional da cana-de-açúcar. Desta forma, é possível observar na Tabela 02 a dose calculada de torta de filtro em função dos níveis de nutrientes do insumo (Malavolta, 2002) e a necessidade nutricional da cultura (Malavolta et al., 1997 e Segato et al., 2006). Vale destacar que a dose de torta de filtro estimada para o desenvolvimento adequado da cana-de-açúcar está baseada na liberação rápida dos nutrientes para a solução do solo. No entanto, a torta de filtro é um adubo orgânico de liberação lenta, sendo necessários estudos para estabelecer dosagens ideais para cada tipo de solo e região, capazes de atender a disponibilização de nutrientes necessária para o desenvolvimento da cana-de-açúcar (Rosseto et al., 2010).

Tabela 2 - Dose de torta de filtro baseada nos teores médios do adubo orgânico e na demanda nutricional da cana-de-açúcar

Nutrientes	Demanda nutricional	Dose de torta de filtro
	kg/100 t ha ⁻¹ cana produzida	t ha ⁻¹
N	143	10,2
P ₂ O ₅	19	1,5
K ₂ O	174	58
CaO	87	2,2
MgO	49	12,2
SO ₄	44	3,4

Fonte: Malavolta (2002)

Omar (2009), estudando doses (0, 3, 6, 8, 12 t ha⁻¹) de torta de filtro em solo arenoso na Malásia em dois cultivos (cana-planta e cana-soca), observou que o insumo foi eficiente em aumentar os teores de cálcio (0,13 cmol_c dm⁻³ no primeiro cultivo e de 0,21 cmol_c dm⁻³ no segundo cultivo). O autor observou maior capacidade de produção de cana ocorreu com a aplicação de 10 t ha⁻¹ de torta de filtro. Fravet (2010), avaliando a aplicação de torta de filtro em um Latossolo Vermelho Amarelo de textura argilosa (350 g kg⁻¹ de argila), observou maior altura, teor de sacarose e produtividade da cana-de-açúcar com a aplicação de 70 t ha⁻¹ do resíduo. Rivera-Pineda (1994) observou que a aplicação de 60 t ha⁻¹ de torta de filtro

proporcionou um aumento de 27% na produtividade da cana de açúcar, sem afetar a qualidade do caldo da cana-de-açúcar quanto ao Brix e Pol. Os efeitos não significativos das variáveis tecnológicas (Pol., °Brix, ATR e Fibra) podem estar associados ao aumento de produção de colmos, e ao efeito da melhoria da fertilidade do solo com a aplicação de torta de filtro, induzindo a cana-de-açúcar a uma maior vegetação, porém sem afetar as variáveis Pol., °Brix, ATR e Fibra (Alexander 1973; Silva et al., 1983; Pereira et al., 1995; Korndörfer et al., 1997; Jarussi, 1998; Oliveira et al., 2002). Nardin (2007) observou em um Argissolo Vermelho-Amarelo distrófico de textura média (25% de argila), um incremento nos teores de cálcio e fósforo na camada de 20 – 40 cm quando adicionadas doses de 30 e 60 t ha⁻¹ de torta de filtro. No entanto, este autor conclui que o maior incremento ocorreu quando aplicou-se 60 t ha⁻¹ de torta de filtro, cujos teores de fósforo e cálcio aumentaram 12,6 mg dm⁻³ e 0,27 cmol_c dm⁻³ respectivamente. Segundo Rodella et al. (1990), a aplicação de 100 t ha⁻¹ do adubo orgânico aumentou os teores de fósforo, cálcio e carbono orgânico. Para Prasad (1976) a utilização de torta de filtro em dosagens superiores a 20 t ha⁻¹ no sulco de plantio é capaz de eliminar a necessidade de adubação com fósforo na cultura da cana-de-açúcar.

Para os fosfatos naturais, que apresentam uma menor reatividade no solo, é recomendada a aplicação de torta de filtro misturada com fosfatos naturais, devido à torta de filtro agir na melhoria da solubilidade destes compostos, disponibilizando mais rapidamente o P, comparado com a sua aplicação sem a torta (Penso et al., 1982). Em função das diferenças em relação às doses estudadas pelos autores, pode-se concluir que a diferença entre as doses para a obtenção de acréscimo nos nutrientes do solo está diretamente relacionada com os níveis de nutrientes presentes na torta de filtro que está sendo utilizada. Por este motivo, a torta de filtro deve ser avaliada para fins de adubação orgânica, podendo ser recomendado pelos critérios de exigência nutricional da cultura, para que assim não haja extrapolação nas dosagens e ocorrência de problemas por toxidez.

A torta de filtro constitui-se de um produto com relação C/N média, comparável às leguminosas e dos resíduos animais (estercos), que situa-se entre 20 e 30:1 (Brady e Weil, 2002). A adição do bagaço, durante o processo de purificação e obtenção da torta de filtro, contribui para uma decomposição mais rápida do produto aplicado no solo durante o cultivo da cana-de-açúcar. Entretanto, é importante observar que, segundo Camargo et al. (1984), a aplicação de doses elevadas (acima de 100 toneladas ha⁻¹) em um Latossolo Vermelho argiloso reduziu o teor

de nitrato, o que sugeriu uma imobilização de nitrogênio devido à alta relação C/N do resíduo, o que pode indicar a necessidade de adubação nitrogenada. Assim, a dosagem de torta de filtro a ser aplicada no solo, apesar de ser eficaz no fornecimento de nutrientes, deve ser atender ao equilíbrio de nutrientes necessário para o desenvolvimento das culturas, uma vez que excessos ou escassez de nutrientes no solo poderão promover redução na capacidade produtiva das plantas.

Arreola-Enriquez et al. (2004) estudando a aplicação de 10 ha⁻¹ torta de filtro em um Argissolo de textura arenosa (38 g kg⁻¹ de argila) observaram aumento nos teores de fósforo (18,77 para 52,11 mg dm⁻³) e potássio (0,18 para 0,28 cmolc dm⁻³), o que favoreceu o aumento da produtividade de colmos de cana em até 46%, porém sem alterações na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. Caldeira e Paccola (2008) demonstram em um Nitossolo Vermelho argiloso, que a torta de filtro na dose de 20 t ha⁻¹ elevou os teores de fósforo e cálcio respectivamente na ordem de 100% e 200%, de forma que não houve necessidade de complementação com fertilizantes minerais. Quanto ao cálcio e potássio, o aumento nos teores parece estar relacionado diretamente à composição química da torta de filtro, sendo necessária, primeiramente, uma avaliação dos seus teores para posteriormente ser estabelecida a dosagem adequada, de maneira a não ocasionar possíveis problemas de desequilíbrio e deficiência de nutrientes disponíveis na solução do solo (Omar, 2009; Nardin, 2007).

A torta de filtro disponibiliza micronutrientes (Zn, Fe, Mo, Mn, Cu e Co) na solução do solo (Tabela 1), capazes de atender a demanda da cana-de-açúcar (Mellis e Quaggio, 2009). Segundo a CETESB (2006), concentrações acima de 4.300, 75 e 7.500 de cobre, molibdênio e zinco, respectivamente, inviabilizam a destinação do resíduo para fins de adubação orgânica, o que indica seguir recomendações adequadas para a aplicação no solo. No entanto, a torta de filtro apresenta concentrações abaixo das toleradas pela CETESB, indicando que o uso do resíduo para fins de adubação orgânica não propicia problemas de intoxicação ao solo. Em trabalhos realizados por Zoratto (2006) e Penatti (1991) foram observados que mesmo quando aplicou-se doses de torta de filtro acima das exigências de nutrientes para a cana-de-açúcar, não foram diagnosticados problemas quanto ao acúmulo de cobre, molibdênio e zinco, visto que os nutrientes são fornecidos ao solo de forma gradativa, não apresentando problemas de toxidez. Assim, pode-se afirmar que a utilização da torta de filtro como adubo orgânico não apresenta problemas para as plantas e para o solo cultivado. Porém, um dos problemas deste resíduo está relacionado ao seu acúmulo nas indústrias. O armazenamento de quantidades elevadas de torta de

filtro em determinado local podem resultar em aumento no nível de nutrientes acima das permitidas pela CETESB (2006), o que acaba gerando contaminação do solo, lençol freático e os mananciais d'água pela infiltração e escoamento do chorume do resíduo. Ramalho e Amaral Sobrinho (2001), avaliando os efeitos residuais da torta de filtro no cultivo da cana-de-açúcar e em áreas destinadas para armazenamento do resíduo da indústria a mais de 20 anos (denominadas áreas de sacrifício), observaram aumentos nos teores de cobalto, cobre, zinco, ferro, manganês e molibdênio principalmente na área de sacrifício. Porém, estes teores não atingiram os níveis críticos de toxicidade determinados pela CETESB, indicando baixa probabilidade de toxidez do solo ou mananciais d'água pelo acúmulo destes nutrientes com a aplicação de torta de filtro.

A presença de matéria orgânica na composição da torta de filtro (média de 6,9% - Tabela 01), é desejável para a melhoria da capacidade de armazenamento de água nutrientes no sistema coloidal (Bissani et al., 2008), principalmente nos solos de textura arenosa ($<200 \text{ g kg}^{-1}$), além do aumento da porosidade e maior capacidade de agregação (Rodella et al., 1990). A matéria orgânica proveniente da torta de filtro possui alta higroscopicidade, cuja retenção é de seis vezes seu próprio peso em água, aumentando a capacidade de armazenamento de água no solo (Bayer e Mielniczuk, 1999). A torta de filtro pode ser importante para o aumento no poder tampão e na retenção de íons devido ao aumento na capacidade de troca catiônica do solo (CTC) proporcionada pela fração orgânica, de forma que é possível ocorre uma redução nas perdas de nutrientes por lixiviação (Bayer e Mielniczuk, 1999). Segundo Beauclair (1994), a matéria orgânica presente na torta de filtro apresenta 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 (grupos carboxílicos (-COOH), fenólicos e álcoois (-OH)). Estes ligantes orgânicos são capazes de formar quelatos solúveis com Cu, MO, Zn, Fe e Mn, tornando-os prontamente disponíveis para a absorção das plantas. A matéria orgânica presente na torta de filtro também proporciona melhoria na estabilidade dos agregados, aumentando a porosidade e diminuindo a resistência à penetração. Desta forma, ocorre uma maior infiltração de água e uma distribuição mais homogênea das raízes das plantas no perfil de solo (Bayer e Mielniczuk, 1999; Fidalski, 1997; Beauclair, 1994).

Uma estratégia para melhorar o aproveitamento dos nutrientes pelas plantas se faz através da 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 possibilitam um sincronismo de liberação dos nutrientes ao longo do período de crescimento das plantas (Bissani et al., 2008). Donzelli e Penatti (1997) utilizando torta de filtro com baixos teores de nutrientes em Latossolo Roxo Ácrico, observou que o melhor desenvolvimento da cana-de-açúcar alcançado foi quando aplicado 21 t ha⁻¹ de torta de filtro juntamente com a complementação mineral de 30 Kg ha⁻¹ de nitrogênio e 140 Kg ha⁻¹ de potássio, não observando aumentos da qualidade tecnológica da cultura (Pol., °Brix, ATR e Fibra).

Desta forma, é importante destacar a importância da prática de enriquecimento nutricional da torta de filtro ou mesmo a complementação da fertilização orgânica com o uso de adubos minerais, pois os radicais orgânicos do resíduo em decomposição ocupam sítios de fixação de fósforo e potássio. Isto diminui a reação com os minerais de argila e óxidos de ferro, os quais interferem na disponibilidade do fósforo para a solução do solo pela fixação do mineral, acarretando em maior disponibilidade do nutriente para a cultura (Beauclair, 1994; Korndörfer et al., 1989). Na adubação mista (fertilizantes orgânicos e minerais), a disponibilidade de nutrientes provindos de fontes minerais se dá de forma rápida às plantas, porém com baixo efeito residual. Estas fontes são compostas por sais de alta solubilidade, tornando os nutrientes não aproveitados pelas plantas passíveis de lixiviação, principalmente em solos arenosos com baixa CTC. Por outro lado, os nutrientes provenientes de fontes orgânicas são disponibilizados de modo mais lento, devido à necessidade de mineralização dos compostos, promovendo assim uma liberação gradual de nutrientes durante o ciclo da cultura, assim como em fontes de disponibilidade controlada, proporcionando menores perdas por lixiviação e fixação específica (fósforo), aumentando assim o residual dos nutrientes no solo (Raij et al., 1997).

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A fertilização do solo é requisito fundamental para o adequado desenvolvimento das culturas. Além disso, a lucratividade da lavoura está baseada na racionalização do custo com fertilizantes e na possibilidade de maior efeito residual. Assim, vem sendo utilizados fertilizantes orgânicos como a torta de filtro. Este resíduo apresenta potencial para utilização para a cana-de-açúcar, por ser rico em boa parte dos nutrientes, de forma que é capaz de disponibilizá-los gradualmente, o que aumenta o período de fornecimento dos nutrientes em solução. Desta forma, a aplicação de fertilizantes orgânicos deve seguir recomendações adequadas, para que não ocorra

o uso indiscriminado e de forma a destinar e utilizar corretamente os resíduos vegetais de industrialização. Uma alternativa para a utilização dos fertilizantes de origem orgânica vem sendo a sua combinação com os fertilizantes minerais. Os fertilizantes minerais fornecem nutrientes de forma mais rápida, disponibilizando-os de forma adequada principalmente nas fases iniciais das culturas. Os fertilizantes orgânicos como a torta de filtro, por sua vez, em função da reação mais lenta, podem disponibilizar nutrientes de forma gradual, o que pode garantir o seu fornecimento durante todo o ciclo de produção da cana-de-açúcar.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDER, A. G. **Sugar cane physiology: a comprehensive study of the Saccharum source-to-sink system**. Amsterdam: Elsevier, 1973. 752 p.
- ALMEIDA JÚNIOR, A. B. de. **Adubação orgânica em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta**. 2010. 58 p. Dissertação (mestrado em Ciência do Solo) - Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife, 2010.
- ALMEIDA JUNIOR, A.B.; NASCIMENTO, C.W.A.; SOBRAL, M.F.; SILVA, F.B.V.; GOMES, W.A. Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.15, n.10, p. 1004-1013, 2011.
- ARREOLA-ENRIQUEZ, J.; PALMA-LÓPEZ, D. J.; SALGADO-GARCÍA, S.; CAMACHO-CHIUI, 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.
- 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.
- 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. 344p.
- BRADY, N.C.; WEIL, R.R. **The nature and properties of soils**. New York: Prentice Hall, 2002. 960 p.

BUSATO, J.G. **Química do húmus e fertilidade do solo após adição de adubos orgânicos**. 2008. 152 p. Tese (doutorado em Produção Vegetal) - Universidade Estadual do Norte Fluminense, Campos dos Goytacazes, 2008.

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.

CAMARGO, O. A.; BERTON, R.S.; GERALDI, R.N.; VALADARES, J.M.A.S. Alterações de características químicas de um Latossolo roxo distrófico incubado com resíduos da indústria álcool-açucareiro. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n. 1, p. 125-139, 1984.

CETESB. **Vinhaça – Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola**. São Paulo: Poder executivo, 2006. 12 p. (Norma Técnica P4.231)

COMISSÃO DE QUÍMICA E FERTILIDADE DO SOLO – CQFS RS/SC. **Manual de adubação e calagem para os estados do Rio Grande do Sul e Santa Catarina**. Porto Alegre: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo - Núcleo Regional Sul, 2004. 400p.

COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO – CONAB **Acompanhamento da safra brasileira de cana-de-açúcar**, v. 2 – Safra 2015/16, n.1 – Primeiro Levantamento. Brasília: Observatório Agrícola. 28 p. Disponível em: 'http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/15_04_13_09_39_02_boletim_cana_portugues_-_1o_lev_-_15-16.pd. Acesso em 04 jun. 2015.

DEE, B. M.; HAYNES, R. J.; GRAHAM, M. H. Changes in soil acidity and the size and activity of the microbial biomass in response to the addition of sugar mill wastes. **Biology and fertility of Soils**, Firenze, v. 37, p. 47-54, 2003.

DELGADO, A. A.; CÉSAR, M. A. A. **Elementos de tecnologia e engenharia do açúcar de cana**. Piracicaba: Departamento de Tecnologia Rural - ESALQ/USP, 1990. 452 p.

DONZELLI, J. L.; PENATTI, C. P. **Manejo do solo classificado como Latossolo Roxo Ácrico**. Piracicaba: Centro de Tecnologia Coopersucar, 1997. 8 p. (Relatório Técnico)

FIDALSKI, J. Fertilidade do solo sob pastagens, lavouras anuais e permanentes na região noroeste do Paraná. **Revista Unimar**, Maringá, v.19, n.3, p.853-861, 1997.

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

JARUSSI, R. O. **Efeito da adubação com termofosfato Yoorin na produção agrícola, absorção de P e qualidade do caldo da cana soca**. 1998. 52 p. Monografia (graduação em agronomia). Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 1998.

KORNDÖRFER, G. H. Resposta da cana planta a diferentes fontes de fósforo. **Boletim Técnico Copersucar**, São Paulo, v. 45, p. 31-37, 1989.

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

KORNDÖRFER, G. H.; ANDERSON, D. L. Use and impact of sugar-alcohol residues vinasse and filter cake on sugar cane production in Brazil. **Zugar y Azucar**, Englewood Cliffs, v. 92, n. 3, p. 26-35, 1997.

LOPES, C.M. **Caracterização química de subprodutos da indústria sucroenergética enriquecidos com fontes minerais e orgânicas submetidos à compostagem**. 2014. 80 p. Tese (doutorado em Solos e nutrição de plantas) - Universidade São Paulo, Piracicaba, 2014.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas: Princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafós, 1997. 319p.

MALAVOLTA, E.; PIMENTEL-GOMES, F.; ALCARDE, J. C. **Adubos & adubações**. São Paulo: Nobel, 2002. 200 p.

MELLIS, E. V. ; QUAGGIO, J. A. **Micronutrientes em cana-de-açúcar: a fome oculta dos canaviais**. 2009 (Artigo técnico-científico). 4p. Disponível em: '<http://www.iac.sp.gov.br/Tecnologias/MicroNutricana.htm>. Acesso em 04 jun. 2015.

NARDIN, R. R. **Torta de filtro aplicada em Argissolo e seus efeitos agrônômicos em duas variedades de cana-de-açúcar colhidas em duas épocas**. 2007. 51 p. Dissertação (mestrado em Tecnologia de Produção Agrícola) - Instituto Agrônomo, Campinas, 2007.

NOVAIS, R.F.; SMYTH, T.J.; NUNES, F.N. Fósforo. In: NOVAIS, R.F.; ALVAREZ V., V.H.; BARROS, N.F.; FONTES, R.L.F.; CANTARUTTI, R.B.; NEVES, J.C.L. (Ed.) **Fertilidade do Solo**. Viçosa: Sociedade Brasileira de Ciência do Solo, 2007. p.276-374.

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

OLIVEIRA, F. C.; MATTIAZZO, M. E.; MARCIANO, C. R.; ROSSETO, R. Efeitos de aplicações sucessivas de lodo de esgoto em Latossolo Amarelo distrófico cultivado com cana-de-açúcar: carbono orgânico, condutividade elétrica, pH e CTC. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. Viçosa, v. 26, p. 505-519, 2002.

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

PENATTI, C. P; DONZELLI, J.L. **Uso da torta de filtro em cana-de-açúcar**. Piracicaba: Centro de tecnologia Copersucar. 1991. 7 p.

PEREIRA, J. P. ALVARENGA, E. M.; TOSTES, J. R. P.; FONTES, L. E. F. Efeito da adição de diferentes dosagens de vinhaça a um Latossolo vermelho-amarelo distrófico na germinação e vigor de sementes de milho. **Revista Brasileira de Sementes**, Londrina, v. 14, n. 2, p. 147-150, 1992.

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

PEREIRA, Jr.; FARIA, C. M. B.; MORGADO, L. B. Efeito de níveis e do resíduo de fósforo sobre a produtividade de cana-de-açúcar em Vertissolo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**, Brasília, v.30, n.1, p. 43-48, 1995.

POLO, A.; ANDREAUX, F.; CERRI, C.C.; LOBO, M.C. Resíduos orgânicos da agroindústria canavieira: 2. Decomposição biológica sob condições controladas. **STAB, Açúcar, Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v. 6, n. 3, p. 53-56, 1988.

PRADO, H.; JUNIOR, A.L.P.; GARCIA, J.C.; MORAES, F.L.; CARVALHO, J.P.; DONZELI, P.L. Solos e ambientes de produção. In: DINARDO-MIRANDA, L.L.; VASCONCELOS, A.C.M.; LANDELL, M.G.A. (Ed.) **Cana-de-açúcar**. Ribeirão Preto: Instituto Agrônomo. 2008. p. 179-204.

PRASAD, M. Response of sugarcane to filter press mud and N, P and K fertilizers. I. Effect on sugarcane yield and sucrose content. **Agronomy Journal**, Madison, v. 68, p. 539-543, 1976.

RAIJ, B. van; CANTARELLA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. 2.ed. Campinas: Instituto Agrônomo/Fundação IAC, 1997. 285p. (Boletim Técnico, 100)

RAMALHO, J. F. G. P.; SOBRINHO, N. M. B. do A. Metais pesados em solos cultivados com cana-de-açúcar pelo uso de resíduos agroindustriais. **Revista Floresta e Ambiente**, Rio de Janeiro, v. 8, n.1, p.120 - 129, 2001.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ V. V.H. **Recomendação para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais**. 5. Aprox. Viçosa: CFSEMG-UFV, 1999. 359 p.

RIVERA-PINEDA, P. A. **Características químicas do solo e produtividade de soqueira de cana-de-açúcar, em resposta a aplicação de corretivos e fertilizantes**. 1994. 72p. Dissertação (Mestrado em solos e Nutrição de Plantas) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa, 1994.

RODELLA, A. A.; SILVA, L. C. F. da; FILHO, J. O. Effects of filter cake application on sugar cane yield. **Turrialba**, Costa Rica, v. 40, n. 3, p. 323 – 362, 1990.

ROSSETO, R.; CANTARELLA, H.; DIAS, F.L.F.; VITTI, A.C.; TAVARES, S. Cana de açúcar. In: PROCHNOW, L.I.; CASARIN, V.; STIPP, S.R. (Ed.) **Boas práticas para uso eficiente de fertilizantes**. Piracicaba: IPNI. 2010. p. 162-230.

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

SANTOS, D.H.; TIRITAN, C.S.; FOLONI, J.S.S.; FABRIS, L.B. Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel. **Pesquisa Agropecuária Tropical**, Goiânia, v.40, n.4, p. 454-5-461, 2010.

SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org). **Atualização da produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: Livro Ceres, 2006. 415 p.

SILVA, G. M. de A. Influência da adubação na qualidade da cana-de-açúcar. In: ORLANDO FILHO, J. (Ed.) **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR. 1983. p. 317-332.

SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira Engenharia Agrícola Ambiental**, Campina Grande, v. 11, n. 1, p. 108-114, 2007.

SLATTERY, W. J.; RIDLEY, A. M.; WINDSOR, S. M. Ash alkalinity of animal and plant products. **Australian journal of Experimental Agriculture**, Melbourne, v. 31, p. 321 – 324. 1991.

ZORATTO, A. C. Principais impactos da cana-de-açúcar. FÓRUM AMBIENTAL DA ALTA PAULISTA, 2, 2006. Tupã. **Resumo**. 2 Tupã: ANAP, 2008. p 1-18.