

**UNIVERSIDADE ANHANGUERA - UNIDERP  
PROGRAMA DE MESTRADO PROFISSIONAL EM PRODUÇÃO E  
GESTÃO AGROINDUSTRIAL**

**ALETÉIA MARCELLE PRIMÃO DA SILVA**

**FERTIRRIGAÇÃO COM O USO DA VINHAÇA NA CULTURA DA  
CANA-DE-AÇÚCAR E SEU EFEITO NO SOLO.**

**CAMPO GRANDE – MS**

**2011**

**ALETÉIA MARCELLE PRIMÃO DA SILVA**

**FERTIRRIGAÇÃO COM O USO DA VINHAÇA NA CULTURA DA  
CANA-DE-AÇÚCAR E SEU EFEITO NO SOLO.**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação em nível de Mestrado Profissional em Produção e Gestão Agroindustrial da Universidade Anhanguera-Uniderp, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Produção e Gestão Agroindustrial.

**Comitê de orientação:**

Prof. Dr. José Antônio Maior Bono

Prof (a). Dr (a). Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues

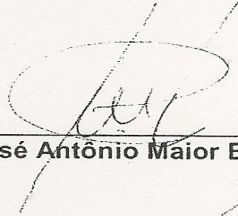
**CAMPO GRANDE – MS**

**2011**

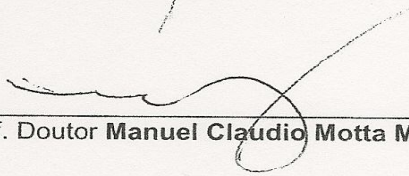
FOLHA DE APROVAÇÃO

Candidata: **Alatéia Marcelle Primão da Silva**

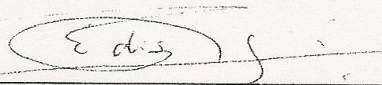
Dissertação defendida e aprovada em 6 de outubro de 2011 pela Banca Examinadora:



Prof. Doutor **José Antônio Maior Bono** (Orientador)



Prof. Doutor **Manuel Cláudio Motta Macedo** (Embrapa Gado de Corte)



Prof. Doutor **Edison Rubens Arrabal Arias** (Universidade Anhanguera - Uniderp)

Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Ficha catalográfica elaborada pela Biblioteca Anhanguera – Uniderp

S578f Silva, Aletéia Marcelle Primão da.  
Fertirrigação com o uso da vinhaça na cultura da cana-de-açúcar e seu efeito no solo. /  
Aletéia Marcelle Primão da Silva. -- Campo Grande, 2011.  
40f.

Dissertação (mestrado) – Universidade Anhanguera - Uniderp, 2011.  
"Orientação: Prof. Dr. José Antônio Maior Bono."

1. *Saccharum spp.*; 2. Atributos químicos do solo 3. Vinhoto 4  
. Cana soca. I. Título.

CDD 21.ed. 631.41

À minha família, em especial às minhas filhas, Luara Leal Primão, Aurora Leal Primão, Clara Leal Primão e Emília Leal Primão, pelo sorriso, amor e compreensão de minha ausência, e ao meu esposo Robson Leal da Silva, pelo incentivo e apoio na minha jornada de estudo. A minha mãe Salete Primão que sempre esteve comigo e ao meu pai, Valdir Primão (*in memoriam*), que mesmo em outro plano me deu força pra continuar...

## **AGRADECIMENTO**

A Deus, que esteve e estará presente em todos os momentos de minha vida, me dando determinação, esperança e forças para prosseguir e continuar lutando.

Ao orientador Prof. Dr. José Antônio Maior Bono pelo apoio, confiança, respeito e atenção na execução do trabalho realizado.

À co-orientadora Prof (a). Dr (a). Adriana Paula D'Agostini Contreiras Rodrigues, pelo auxílio e carinho.

A todos os professores, que contribuíram com o conhecimento, paciência e alegria de todas as sextas-feiras e sábados.

À minha grande e eterna amiga, Patrícia Helena Cervo Dias, por fazer parte da minha história, tornando-se além de uma amiga uma irmã.

Meus amigos, Creilda Santos Alves e Marcos Roberto Costa que estiveram nessa jornada de estudos e viagens, me dando forças para continuar.

A todos os colegas do Mestrado de Produção e Gestão Agroindustrial, que de uma forma ou de outra contribuíram com essa conquista.

À secretária do Mestrado Alinne Signorelli, que sempre nos auxiliou e nos encheu de alegria.

À minha avó Gentile Gaio Matana, por vir me auxiliar no término deste trabalho.

## SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO GERAL.....	07
2. REVISÃO GERAL DE LITERATURA.....	10
2.1 A cultura da cana-de-açúcar .....	10
2.2 A vinhaça como subproduto e seus destinos.....	12
2.3 O uso da vinhaça no solo como fertirrigação.....	14
2.4 A vinhaça como subproduto - custos da aplicação e vantagens econômicas com uso da vinhaça na cana .....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	17
3. ARTIGO.....	19
RESUMO.....	20
ABSTRACT.....	21
3.1 INTRODUÇÃO.....	22
3.2 MATERIAL E MÉTODOS.....	24
3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	28
3.4 CONCLUSÕES.....	38
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	39

## LISTA DE TABELAS

TABELA 1	Características químicas da vinhaça utilizada no experimento.....	25
TABELA 2	Resumo da análise de variância para as variáveis pH, fósforo(P), potássio (K) e matéria orgânica (MO) para doses de vinhaça em canas socas (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> socas) em um solo de características arenosa na região de Campo Grande/MS.....	29
TABELA 3	Desdobramento dos teores de potássio no solo e produtividade de colmos para doses de vinhaça dentro da cana soca (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> socas).....	30
TABELA 4	Modelos matemáticos ajustados para as variáveis, produção de colmos e teor de potássio no solo em relação a doses de vinhaça aplicada no solo, em três canas socas (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> socas).....	31



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 Produção de colmos de canas socas (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> socas), com aplicação de doses de vinhaça como fertirrigação na região de Campo Grande/MS.....	32
Figura 2 Teores de potássio trocável no solo na camada de 0 a 10 cm em canas socas (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> socas) em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.....	34
Figura 3 Teores de potássio trocável no solo na camada de 10 a 20 cm canas socas (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> socas) em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.....	35
Figura 4 Teores de potássio trocável no solo na camada de 20 a 40 cm em canas socas (1 <sup>a</sup> , 2 <sup>a</sup> e 3 <sup>a</sup> socas) em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.....	36
Figura 5 Valores do pH em CaCl <sub>2</sub> (0,01M) em três profundidades de um Neossolo Quartzarênico Órtico em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.....	37

## 1. INTRODUÇÃO GERAL

A produção mundial de cana-de-açúcar está passando por um processo de aumento, deslumbrando a demanda, tanto por açúcar como por combustível renovável (etanol etílico). Essa procura por etanol, nas destilarias do nosso País, tem contribuído para o crescimento da produção elevando a porcentagem deste produto no mercado. Este aumento está localizado predominantemente na faixa tropical do planeta, nos países em desenvolvimento da América Latina, África e do Sudeste Asiático. Com o crescente uso de combustíveis de fontes renováveis no mundo, o álcool etílico, combustível limpo e natural, está se tornando uma importante opção para a redução da emissão de gases tóxicos pelos veículos automotores e do controle da poluição ambiental (UNICA, 2011a).

Cabe ressaltar também que o uso do álcool combustível propicia a redução das emissões de gases geradores do efeito estufa, contribuindo para a melhoria das condições climáticas globais (ROSSETTO *et al.* 2008).

O mercado mundial aquecido reflete no Brasil uma vez que mais de 100 países importam açúcar do Brasil e todas as exportações brasileiras são negociadas no mercado livre. A produção de automóveis “flex fuel” e a mistura de álcool anidro à gasolina têm demandado praticamente toda a produção de etanol do Brasil. Assim para atender outros mercados, existe a necessidade da expansão da lavoura canavieira (UNICA, 2011a), colocando esta cultura como destaque na socioeconômica brasileira (SOUZA *et al.*, 1999).

A cana-de-açúcar é cultivada em várias partes do mundo, como na Índia, Tailândia e Austrália (UNICA, 2011b), no entanto, o Brasil destaca-se neste

cenário como maior produtor mundial, com 8,4 milhões de hectares de área cultivada, cerca de 2% de toda a terra arável do país, sendo que nos últimos anos o cultivo da cana-de-açúcar expandiu-se de forma acentuada nos Estados de São Paulo, Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, junto com esta expansão, ocorre também a da indústria (CONAB, 2011).

A expansão da atividade canavieira no Brasil, acentuada nos últimos anos, vem causando uma preocupação do Governo em relação às questões sociais e ambientais. No Mato Grosso do Sul esta preocupação ocorre nos municípios que não possuem uma infra-estrutura adequada para oferecer suporte a esses grandes empreendimentos (SEPROTUR, 2009)

No processo de produção do açúcar e álcool existe a preocupação ambiental devido à produção de resíduos, como o bagaço, águas residuárias e a vinhaça (vinhoto). No caso do bagaço, a utilização na alimentação animal e na geração de energia, quer para atender a própria indústria ou o sistema nacional elétrico, parece estar equacionado, transformando este resíduo em subproduto (ROSSETTO, 2004).

No caso das águas residuárias e vinhaça existem preocupações quanto ao impacto no ambiente. A CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, na sua Norma Técnica P4.231 (CETESB, 2005), regulamentou a aplicação e destino da vinhaça na forma de fertirrigação. Nessa norma foram estabelecidas restrições nas proximidades de núcleos urbanos e áreas de proteção permanente, e a necessidade de impermeabilização de canais e reservatórios de acumulação quando se trata da vinhaça.

A aplicação da vinhaça na própria cultura da cana, além de possibilitar a utilização desse resíduo como fertilizante organo-mineral e fertirrigante, proporciona um controle ambiental e uma importante economia na adubação de canaviais (ROSSETTO, 2004).

Em Mato Grosso do Sul, a expansão da cultura da cana tende a ocupar solos de textura média a arenosa, no entanto o efeito da vinhaça aplicada na forma de fertirrigação nestes tipos de solos do Estado não é conhecido. Neste sentido, este trabalho visou avaliar o efeito da aplicação da vinhaça na forma de

fertirrigação, em alguns atributos físico químico em um solo classificado como Neossolos Quartzarênicos Órtico de característica arenosa.

## **2. REVISÃO GERAL DE LITERATURA**

### **2.1 A cultura da cana-de-açúcar**

A cultura da cana-de-açúcar, hoje ocupa cerca de 8 milhões de ha no Brasil, sendo que 0,48 milhões de ha são cultivados no Mato Grosso do Sul. Estas áreas ocupadas são áreas de produção tanto de grãos como de pastagens. A área cultivada para grãos, na safra 2010/11, está estimada em 49,65 milhões de ha e de 176 milhões de ha de pastagens em todo o território nacional, sendo que destes totais, 2,78 milhões ha da área de grãos e de 21 milhões ha da área de pastagens encontram-se no Mato Grosso do Sul (CONAB, 2011). Comparando-se estas áreas e considerando se a cana-de-açúcar fosse cultivada toda em áreas de grãos, esta ocuparia 16% a 17,3% do total, respectivamente no Brasil e Mato Grosso do Sul e se fosse cultivada toda a área de pastagem ocuparia 4,5% e 2,3% do total, respectivamente, para o Brasil e Mato Grosso do Sul.

A expansão canavieira mostra os estados de Mato Grosso do Sul, Goiás e Minas Gerais, como os preferidos pelos investidores, visto que a estimativa de safra 2012/13 é de 28 milhões de t de cana, e o Estado de Mato Grosso do Sul passará a ocupar o 3º lugar no ranking nacional (SEPROTUR, 2009).

A preocupação da sociedade mundial com o meio ambiente vem gerando pressão sobre o uso de combustíveis fósseis, os quais são os responsáveis pela emissão de gases poluentes na atmosfera. A sociedade busca

reduzir o uso desses combustíveis, tanto pela substituição do produto ou a adição de outros combustíveis para diminuir sua carga poluidora (LANDELL *et al.* 2001).

Atualmente, a cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) é uma das melhores opções dentre as fontes de energia renováveis, apresentando grande importância no cenário agrícola brasileiro e um futuro promissor no cenário mundial. O Brasil é um dos países mais tradicionais na cultura da cana-de-açúcar, possuindo grande extensão territorial, e com isso essa cultura ocorre em vários tipos de solos, onde estão sob a influência de vários tipos de ambientes de produção (PRADO, 2011).

Vários fatores interferem na produção e maturação da cultura da cana-de-açúcar, sendo os principais a interação edafoclimática, o manejo da cultura e a cultivar escolhida (CESAR *et al.* 1987). Esses fatores que interferem na produção e na qualidade da cana-de-açúcar estão sendo constantemente estudados sob diferentes aspectos, como por exemplo, seu ambiente de desenvolvimento, que pode gerar uma enorme quantidade de informações para adequar o melhor manejo e cultivar para os específicos ambientes, tais como solo e clima. Assim é possível explorar ao máximo o local de produção para promover o melhor rendimento da cultura e conseqüentemente maior lucratividade e ou competitividade para as agroindústrias da cana-de-açúcar, de maneira sustentável nos aspectos ambientais, sociais e econômicos (ROSSETTO, 2004).

O solo é apenas um dos componentes de um conjunto complexo de fatores de produção, destacando-se pelo seu importante papel de fornecer às plantas suporte físico, água e nutrientes. Portanto, o conhecimento das características inerentes a cada solo, os chamados fatores edáficos, é importante para julgar o potencial de produção agrícola (LEPSCH, 2002).

A disponibilidade de água no solo influencia a produção vegetal, sendo que sua falta ou excesso afetam de maneira decisiva o desenvolvimento das plantas, pois alteram a absorção dos nutrientes e da própria água (REICHARDT, 1996). Com exceção de locais que podem utilizar irrigação para fornecimento de água às culturas, a disponibilidade de água é regida pela distribuição da chuva e pelo potencial de armazenamento de água no solo, o qual é condicionado pela sua capacidade de retenção e drenagem no solo.

Na cultura da cana a fertirrigação é muito utilizada, sendo definido por Dalri (2006) que a fertirrigação e a aplicação de fertilizantes solúveis via água de irrigação, uma das maneiras mais eficientes e econômicas de aplicar fertilizantes às plantas. Nas unidades agroindustriais de produção de cana-de-açúcar aplicam vinhaça em áreas cultivadas com cana, além de dar destino ao efluente gerado, aumenta o teor o teor de água do solo e de minerais.

Neste contexto pode-se considerar a fertirrigação com a vinhaça, uma maneira de aumentar a produtividade da cana, principalmente em solos de baixa disponibilidade hídricas, como os Neossolos Quartzarênicos (Areia Quartzosa).

## **2.2 A vinhaça como subproduto e seus destinos**

Na cultura da cana-de-açúcar, devido suas vastas áreas de produção, a geração de resíduos segundo Rossetto (2004), é responsável por cerca de 11% da produção mundial de resíduos agrícolas, sendo que alguns resíduos possuem valor agregado e constituem-se em matérias-primas, como por exemplo a vinhaça. Nesse processo industrial uma tonelada de cana-de-açúcar gera uma série de subprodutos e resíduos, que podem ser utilizados de forma ecologicamente correta.

Conhecida como vinhoto, restilo ou calda da destilaria, a vinhaça é resultante da produção de álcool, após a fermentação do mosto e a destilação do vinho. É um material com 2 a 6% de constituintes sólidos, onde a matéria orgânica se destaca em maior quantidade, e em termos minerais é composta por uma quantidade apreciável de potássio (ROSSETTO, 1987).

De acordo com Giachini *et al.* (2009) a principal composição da vinhaça é a matéria orgânica e entre os efluentes líquidos da indústria sucroalcooleira, é a que possui maior carga poluidora. Segundo Freire e Cortez (2000), a vinhaça é caracterizada como efluente de destilaria com alto poder poluente, mas com um alto valor fertilizante, onde a vinhaça é comparada com o

esgoto doméstico a qual é rica em matéria orgânica, baixo pH, elevada corrosividade e altos índices de demanda bioquímica de oxigênio (DBO),

Rossetto *et al* (2008) explica que a composição da vinhaça é muito variável devido a diferentes fatores, um deles sendo a origem da vinhaça. Essa variação na vinhaça ocorre pela variação de cada safra, da moagem, maturação, etc.

A CETESB - Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental do Estado de São Paulo, no ano de 2005 publicou a Norma Técnica P 4.231, que regulamenta a aplicação e destino da vinhaça, nessa norma foram estabelecidas restrições nas proximidades de núcleos urbanos e áreas de proteção permanente, a impermeabilização de canais e reservatórios de acumulação também é obrigatória, quando se trata da vinhaça (CETESB, 2005).

Os principais sistemas para a distribuição da vinhaça no campo são:

- **Sulcos de infiltração:** por uma adutora principal a vinhaça - associada aos demais efluentes líquidos é retirada de tanques de contenção e lançada em canais principais que margeiam os talhões. É um método com menos custo, mas não tem uma distribuição precisa, podendo ter em alguns pontos encharcamento
- **Caminhões-tanque:** o caminhão percorre o campo lançando a vinhaça por meio de bombas acopladas à tomada de força ou acionadas por motores independentes, este sistema é de rápida implantação e de fácil operação. Entretanto, apresenta elevado consumo de combustível, além de promover a compactação do solo e causar danos aos rizomas.
- **Aspersão convencional (moto-bombas):** a vinhaça é tomada dos canais principais por meio de moto-bombas. A principal vantagem deste sistema é permitir um melhor controle da quantidade de resíduo, bem como sua distribuição mais homogênea, em relação aos sulcos de infiltração.
- **Aspersão com canhão hidráulico:** a vinhaça é lançada por meio de um aspersor setorial tipo canhão, montado sobre uma carreta (ou carretel autopropelido), acionado por uma moto-bomba que succiona a vinhaça diretamente do canal principal. Este sistema necessita de menos manutenção e consome menor volume do material devido à melhor distribuição.



- **Sistema de dutoviário:** este sistema é composto misto com estações de bombeamento, adutoras de recalque, adutoras de gravidade, sifões invertidos e depósito.

### 2.3 O uso da vinhaça no solo através da fertirrigação

A utilização da vinhaça como fertilizante, através da fertirrigação, ocorreu após desastres ecológicos ocorrido em cursos d'água, os quais motivaram estudos, favorecendo um melhor aproveitamento do mesmo, mostrando efeitos positivos sobre a produtividade agrícola e prolongando o ciclo da cana (FREIRE e CORTEZ, 2000).

De acordo com Rossetto *et al* (2008) a utilização da vinhaça na forma de fertirrigação mostrou-se mais econômica e eficiente no ponto de vista agrícola, passando ser adotada por boa parte das usinas.

Alguns efeitos na composição química no solo são destacados por Glória e Orlando Filho (1983), tais como elevação do pH do solo, aumento da disponibilidade de alguns íons, aumento da capacidade de troca catiônica (CTC); aumento da capacidade de retenção de água, melhoria da estrutura física do solo, além do aumento da produtividade da cana.

Glória e Orlando Filho (1983) colocam que os teores de matéria orgânica contidos na vinhaça também foram responsáveis por melhorar as características físico-químicas dos solos, elevando sua fertilidade e elevando o patamar de produtividade de muitos solos cultivados com cana.

Conforme Rossetto *et al* (2008), a aplicação de vinhaça em doses adequadas oferece melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo, um aumento da matéria orgânica e da microflora do solo, facilita a mineralização do nitrogênio, melhoria nas condições gerais de fertilidade do solo, aumento do poder de retenção de água, aumento da produtividade da cana. No

entanto, o excesso de vinhaça provoca retardamento do processo de maturação da planta, podendo comprometer a qualidade final da cana.

Segundo Silva *et al.* (2007), os solos apresentam diferentes capacidades de retenção de elementos orgânicos e inorgânicos, sendo que a vinhaça aplicada no solo em quantidades excessivas, pode provocar salinização.

## **2.4 A vinhaça como subproduto - custos da aplicação e vantagens econômicas com uso da vinhaça na cana**

A tecnologia de fertirrigação de canaviais está baseada no princípio ambiental inteligente da reciclagem dos nutrientes contidos na vinhaça, os quais foram extraídos do solo pela própria cultura da cana-de-açúcar.

De maneira geral, a cada safra na indústria canavieira, a área com o uso de fertirrigação com vinhaça está aumentando, mostrando assim a preocupação com o uso racional da vinhaça, buscando maior rendimento agrícola e redução no uso de fertilizantes químicos/minerais, bem como uma adequação de dose de vinhaça que não cause prejuízo ao meio ambiente (FREIRE e CORTEZ, 2000).

Do ponto de vista econômico, quando a cana é fertirrigada com vinhaça, principalmente por aspersão (montagem direta), o custo da adubação fica inferior quando não fertirrigada. O uso da vinhaça pode substituir total ou parcialmente a adubação mineral, desde que mantida a rotina de aplicação adequada, não ocasionando problemas estéticos - sanitários, como a proliferação de insetos e a geração de odores desagradáveis (CETESB, 2011).

O custo tecnológico depende do tamanho da área a ser fertirrigada, antes utilizada com caminhões-tanque e atualmente através de motobomba e tubulações e canais-mestres revestidos nos canaviais, através de redes adutoras com tubos em PVC. Leite (1999), comenta em seu trabalho que o custo do hectare adubado com vinhaça é mais caro do que o hectare adubado com o

adubo mineral, já o calculo por toneladas, a adubação utilizando a vinhaça é mais barato do que se utilizar o adubo mineral.

O objetivo desse trabalho foi analisar o efeito da aplicação de vinhaça em alguns atributos químicos do solo e na produtividade de colmos de cana socas (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> socas).

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

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

CETESB. **Vinhaça** – Critérios e Procedimentos para Aplicação no Solo Agrícola. São Paulo: CETESB, 2005. 12p. (CETESB. Norma Técnica P4.231).

CONAB - COMPANHIA NACIONAL DE ABASTECIMENTO - **Acompanhamento de safra brasileira:** cana-de-açúcar, primeiro levantamento, maio/2011 - Companhia Nacional de Abastecimento. – Brasília: Conab, 2011. Disponível em <[www.conab.gov.br](http://www.conab.gov.br)>

DALRI, A. B. Irrigação em Cana-de-açúcar. In: SEGATO, S.V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de (org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Editora Livro Ceres, CP 2, parte V, p. 157-170, 2006.

FREIRE, W. J. CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar.** Guaíba-RS Livraria e Editora Agropecuária, 2000, 203p.

GIACHINI, C. F.; FERRAZ, M. V. Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar - revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**, Garça/SP, v.7, n.15, p.1-5, Jun/2009.

GLÓRIA, N. A.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação de vinhaça como fertilizante.** São Paulo-SP: Coopersucar, 1983. 38p.

LANDELL, M.G. de, A.; ALVAREZ, R.; ZIMBACK, L.; CAMPANA, M.; SILVA, M. de, A.; PEREIRA, J.C.V.N.A., PERECIN, D.; GALLO, P.B.; MARTINS, A.L.M.; MAULE, R.F.; MAZZA, J. A.; MARTHA Jr. G.B. Produtividade agrícola de cultivares de cana-de-açúcar em diferentes tipos de solos e épocas de colheita, Piracicaba. **Scientia Agricola**, Piracicaba, v.58, n.2, p.295-301, abr./jun. 2001

LEITE, G. de F. Avaliação econômica da adubação com vinhaça e da adubação mineral de soqueiras de cana-de-açúcar na Usina Monte Alegre Ltda. - Monte Belo – MG. **Revista Universidade Alfenas**, Alfenas, v.5, p. 189-191, 1999.

LEPSCH, I.F. **Solos** - Formação e Conservação. São Paulo: Editora Oficina de

Textos, 2002. 178p.

PRADO, H. do. **Pedologia Fácil: aplicações**. Piracicaba: Hélio do Prado, 2011. 180p.

REICHARDT, K. **Dinâmica da matéria e da energia em ecossistemas**. 2.ed. Piracicaba: ESALQ, Depto. de Física e Meteorologia, 1996. 160p.

ROSSETTO, A. J. Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: PARANHOS, S.B. (ed.). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, v.2, p.435-504, 1987.

ROSSETTO, R. Impacto Ambiental: A cultura da cana, da degradação à conservação. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.1, n.1, p. 80-85, Jan/Jun 2004.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; TAVARES, S. Potássio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.de; LANDELL, M. G. de A., (ed.). **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agronômico, 2008. p. 289-312.

SEPROTUR - Secretária de Estado de Desenvolvimento Agrário, da Produção, da Indústria, do Comércio e do Turismo - **Zoneamento Ecológico-Econômico – Mato Grosso do Sul ZEE/MS** - Contribuições técnicas, teóricas, jurídicas e metodológicas, VII, Mato Grosso do Sul/MS – 2009. Disponível em <http://www.semec.ms.gov.br/zeems/> Acesso em 13 de junho de 2011.

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

SOUZA, E.F.; BERNADO, S.; CARVALHO, J.A., Função de produção da cana-de-açúcar em relação à água para três variedades em Campos dos Goytacazes. **Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.19, n.1, p.12-28, Set/1999.

UNICA – União da Indústria de Cana de açúcar. **Melhores Práticas Agrícolas e Ambientais: Protocolo Agroambiental do Setor Sucroalcooleiro**. Disponível em: <[www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)>. Acesso em: 19 jun. 2011a.

UNICA– União da Indústria de Cana de açúcar. **Setor sucroenergético: Histórico**. Disponível em: <[www.unica.com.br](http://www.unica.com.br)>. Acesso em: 19 jun. 2011b.

### **3. ARTIGO**

**FERTIRRIGAÇÃO COM O USO DA VINHAÇA NA CULTURA DA  
CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITO NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE  
COLMOS**

## FERTIRRIGAÇÃO COM O USO DA VINHAÇA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR: EFEITO NO SOLO E NA PRODUTIVIDADE DE COLMOS

### RESUMO

O setor sucroalcooleiro no Brasil está em expansão, aumentando também a produção de resíduos e subprodutos, entre eles a vinhaça. Seu uso está restrito as usinas na forma de fertirrigação. O objetivo deste trabalho foi analisar o efeito da aplicação de vinhaça na forma de fertirrigação em alguns atributos químicos do solo, após três anos. O ensaio foi conduzido em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico localizado na Universidade Anhanguera – UNIDERP, unidade Agrárias em Campo Grande/MS, no período de Novembro de 2009 a Maio de 2011, onde as parcelas foram dimensionadas com 42 m<sup>2</sup>, com delineamento em blocos inteiramente ao acaso. Os tratamentos constituíram-se de cinco doses de vinhaça diluída (diluição uma parte de vinhaça para 10 partes de água): 0, 100, 200, 400 e 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>, em canas socas (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> socas), com quatro repetições por tratamento. Nos resultados observou-se que a vinhaça utilizada proporcionou um incremento na produtividade da cana-de-açúcar e aumentos nos valores de pH e nos teores de potássio trocáveis no solo.

**Palavras-Chave:** *Saccharum spp.*; atributos químicos do solo; vinhoto; cana soca.

# FERTIRRIGATION USE OF VINASSE WITH THE CULTURE OF SUGAR CANE: EFFECT ON THE SOIL AND IN PRODUCTIVITY STERN

## ABSTRACT

The sugar by alcohol sector in Brazil is expanding, increasing the production of waste and products such as vinasse. Its use is restricted to plants in the form of drip irrigation. The objective of this study was to analyze the effect of vinasse in the form of drip irrigation on the chemical attributes of soil or after three years. The test was conducted on a soil classified as Entisol (Neossolo Quartzarênico Órtico), located in the University Anhanguera - Uniderp, Agricultural Unit in Campo Grande-MS, from November 2009 to Mai 2011, where 42 m<sup>2</sup>, the statistical was a design completely randomized block. The treatments consisted of five doses of diluted vinasse (dilution one part of stillage to 10 parts water): 0, 100, 200, 400 and 800 m<sup>3</sup> ha<sup>-1</sup>. Sugar cane were, evaluated in a first, second and third ratoon, with four replicates per treatment. The results showed that vinasse soil provided an increase in the productivity the stern of sugar cane. pH and exchangeable potassium were also increased in the top soil.

**Key words:** *Saccharum spp.*; chemical soil attributes; vinasse, ratoon.



### 3.1 INTRODUÇÃO

O vinhoto resultante do processo de produção do álcool é um dos pontos críticos em termos de potencial de contaminação ambiental, pois cada litro de álcool produzido gera dez a mais litros de vinhoto (FERRAZ *et al.*, 2000). Caracterizado por ser um líquido de odor forte, coloração marrom escuro, baixo pH, alto teor de potássio e com alta demanda química de oxigênio (DBO), ou seja, com alta carga de matéria orgânica contida no efluente, torna-se um material altamente poluidor (IEL, 2005). A preocupação ambiental dispensada à vinhaça decorre da grande quantidade em que é gerada e da composição química que apresenta (SEGATO *et al.*, 2006).

Segundo Segato *et al.* (2006), para obter a dose de vinhaça a ser aplicada em uma determinada área, é necessária uma análise química do solo e da vinhaça empregada para realizar o cálculo. Assim são definidas as quantidades de potássio que serão aplicadas no solo, de acordo com as exigências da cultura. O potássio, por ser o elemento químico que ocorre em maior quantidade na vinhaça, é o elemento que definirá o volume de vinhaça que será aplicado por unidade de área de cana. Gonçalves (2008) aponta que, quando utilizada adequadamente, a vinhaça se transforma em um poderoso adubo orgânico.

Para Giachini e Ferraz (2009), o uso agrícola da vinhaça e os seus benefícios oriundos do solo são indiscutíveis, tanto do ponto de vista agrônomo, econômico, quanto social. Devido à essas características e por se tratar de um método eficiente e de custo relativamente baixo, a vinhaça vem sendo amplamente utilizada na fertirrigação de áreas para plantio da cana (BRITO e ROLIM, 2005).

Canellas *et al.* (2003), trabalhando em Cambissolo, não verificaram aumento do Potássio, nem do Cálcio em profundidade, tampouco da capacidade de troca de cátions do solo (CTC) ou Nitrogênio, entretanto, observaram aumento nos teores de Cobre e Ferro na camada de 0,20 a 0,40 m de profundidade. Esses autores constataram, ainda, aumento na fração de ácidos fúlvicos de até 13% na

camada de 0,40 m o que poderia indicar tanto a evolução química dos compostos orgânicos como o transporte desta fração, para camadas de solo mais profundas.

Cunha *et al.* (1981), estudando a utilização de vinhaça como fertilizante e condicionador de solos, observaram que a acumulação de potássio no perfil não foi grande, ficando este elemento retido na camada de 0,50 m de profundidade, sendo que sua lixiviação foi pequena, acompanhando a drenagem interna no perfil.

Segundo Neves *et al.* (1983) a adição de vinhaça, juntamente com a incorporação de matéria orgânica, pode melhorar as condições físicas do solo e promover maior mobilização de nutrientes, em função da também maior solubilidade proporcionada pelo resíduo líquido. Cunha *et al.* (1981) relatam que a dinâmica do nitrogênio no solo tratado com resíduos orgânicos, tal como a vinhaça, é complexa, devido às transformações bioquímicas. O nitrogênio está presente na vinhaça, predominantemente na forma orgânica, e a mineralização é a primeira transformação biológica que ocorre no solo.

Objetivou-se no presente trabalho, avaliar as alterações químicas no solo e a produtividade de colmos da cultura de cana-de-açúcar, em canas socas (1<sup>a</sup>, 2<sup>a</sup> e 3<sup>a</sup> socas), cultivada em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico na região de Campo Grande/MS.

### 3.2 MATERIAL E MÉTODOS

Este trabalho foi conduzido em um solo classificado como Neossolo Quartzarênico Órtico (Areia Quartzosa), no município de Campo Grande - Mato Grosso do Sul, localizado na Universidade Anhanguera – Uniderp, nas coordenadas geográficas na latitude de 20°26'21" Sul e longitude de 54°32'27" Oeste.

O solo tinha as seguintes características química e física: na camada de 0 a 20 cm pH em  $\text{CaCl}_2$  4,9, fósforo 2,5  $\text{mg dm}^{-3}$  (Melhich-1), potássio 15  $\text{mg dm}^{-3}$ , cálcio 0,7  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , magnésio 0,3  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , Alumínio 0,7  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , Hidrogênio 2,7  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , matéria orgânica 12,5  $\text{g dm}^{-3}$ , Argila 130  $\text{g kg}^{-1}$ , silte 30  $\text{g kg}^{-1}$  e areia 840  $\text{g kg}^{-1}$  e na camada de 20 a 40 cm pH em  $\text{CaCl}_2$  4,7, fósforo 1,0  $\text{mg dm}^{-3}$  (Melhich-1), potássio 11  $\text{mg dm}^{-3}$ , cálcio 0,5  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , magnésio 0,2  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , Alumínio 0,8  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , Hidrogênio 2,2  $\text{cmol}_+ \text{dm}^{-3}$ , matéria orgânica 9,5  $\text{g dm}^{-3}$ , Argila 130  $\text{g kg}^{-1}$ , silte 40  $\text{g kg}^{-1}$  e areia 830  $\text{g kg}^{-1}$ .

A cultura da cana utilizada neste estudo foi implantada em abril de 2007. Em outubro de 2008 foi realizado o 1º corte, e o início do ciclo da 1ª soca, em outubro de 2009, o 2º corte e o início da 2ª soca e, em outubro de 2010, 3º corte e início da 3ª soca.

Para a implantação da cultura foi utilizado o material clonal da variedade RB-85-5536, em sulcos espaçados de 1,40m, com uma densidade de plantio de 12 gemas por metro linear. Realizou-se uma adubação básica de plantio de 500  $\text{kg ha}^{-1}$  do fertilizante formulado NPK (08-28-16), aplicado no sulco de plantio e adubação de cobertura com 350  $\text{kg ha}^{-1}$  de fertilizante formulado NPK (15-00-15), aos 80 dias após a germinação. Após cada corte a cana recebia adubação de manutenção com o fertilizante formulado NPK (20-05-20) na quantidade de 500  $\text{kg ha}^{-1}$ .

Os tratamentos foram constituídos por cinco doses de vinhaça (0, 100, 200, 400 e 800  $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ ), distribuídos em parcelas experimentais de 10,0 m de comprimento por 4,2 m de largura, totalizando 42 $\text{m}^2$  e distribuídos no campo segundo o delineamento estatístico de blocos casualizados, com 4 repetições.

As aplicações da vinhaça foram divididas em oito etapas, para que não ultrapassasse a precipitação diária de 8 a 10 L m<sup>-2</sup>, evitando assim um possível escoamento superficial. Os volumes determinados foram medidos com o auxílio de provetas e aplicados com regador contendo um dispositivo semelhante a um chuveiro, com o objetivando de simular uma fertirrigação.

A vinhaça utilizada foi diluída 10 vezes, ou seja, para cada litro de vinhaça pura adicionou-se 10 litros de água, simulando assim a fertirrigação que ocorre na usina, onde a vinhaça é diluída nas águas residuárias. Na Tabela 1 verificamos a composição média da vinhaça utilizada no experimento.

TABELA 1. Características químicas da vinhaça utilizada no experimento

Elementos	1ª soca	2ª soca	3ª soca
	kg.m <sup>-3</sup>		
N	0,33	0,10	0,27
P <sub>2</sub> O <sub>5</sub>	0,11	0,09	0,12
K <sub>2</sub> O	1,70	1,25	1,55
CaO	0,57	0,31	0,43
MgO	0,33	0,20	0,35
SO <sub>4</sub>	1,50	1,30	1,40
Matéria Orgânica	19,1	13,2	20,1
	g m <sup>-3</sup>		
Cu	5,0	3,0	7,0
Zn	7,0	2,0	2,0
Mn	4,0	3,0	6,0
Fe	8,0	5,0	7,0

As aplicações da 1ª soca foram iniciadas em 15 de dezembro de 2008 e concluída em 05 de janeiro de 2009. Para a 2ª soca, foram iniciadas em

10 de novembro de 2009 e concluída em 12 de dezembro de 2009. Na 3ª soca, iniciadas em 30 de outubro e concluída em 25 de novembro de 2010.

No mês de março dos anos de 2008, 2009 e 2010, foram realizadas amostragens de solo com trado holandês, retirando amostras de terra de três profundidades: 0 a 10 cm, 10 a 20 cm e 20 a 40 cm.

As amostras coletadas foram enviadas ao Laboratório de Fertilidade do Solo – Uniderp, e submetidas a procedimentos analíticos para a determinação de pH em  $\text{CaCl}_2$ , fósforo disponível (P), potássio trocável (K) e matéria orgânica, conforme descrito por EMBRAPA (1999).

No campo, no mês de outubro de 2009 e novembro de 2010, avaliou-se a produtividade de colmos, cortando-os rente ao chão e eliminando a ponteira, denominada “palmito”, da área útil da parcela ( $2 \text{ m}^2$ ).

Após pesagem, os valores foram ajustados para  $\text{kg ha}^{-1}$  de colmos de cana. Em maio de 2011 a produtividade de colmos foi determinada através de estimativa de produção em toneladas por hectare, conforme a metodologia cuja fórmula é descrita por Landell e Bressiani (2008).

$$\text{TCH} = (\text{D}^2 \times \text{NCM} \times (\text{H} \times 0,00784)) / \text{E}$$

onde:

**TCH** = Toneladas de colmos por hectare;

**D** = Diâmetro da base do colmo;

**NCM** = Número de colmos por metro linear;

**H** = Altura da planta (cm);

**E** = Espaçamento – 1,40m.

**FR** = 0,00784.

Os resultados da análise química do solo e das produtividades de colmos em cada ano foram submetidos a análise de variância e análise de regressão linear, utilizando os procedimentos PROC GLM e PROC REG do aplicativo estatístico SAS versão 8.2 (SAS, 2002).

Os dados de atributo químico do solo foram analisados separadamente para cada profundidade, excluindo assim a profundidade como causa de variação nos resultados. Nas interações entre dose versus tipo de soca, desdobrou-se a mesma, estudando a dose dentro de cada rebrota.

### 3.3 RESULTADOS E DISCUSSÃO

A aplicação de vinhaça diluída, na forma de fertirrigação, apresentou efeito significativo ( $P > 0.05$ ) para os valores de pH e nos teores de K trocável no solo, independente da profundidade. Na cana houve efeito do pH, P, K e MO para todas as profundidades com exceção do P nas camadas de 10 a 20 cm e 20 a 40 cm. Para o K em todas as profundidades e o pH na profundidade 20 a 40 cm houve efeito da interação dose x cana e na produtividade de colmos houve efeito significativo ( $P > 0.05$ ) para dose, cana e para a interação entre dose X cana, resultados esses apresentados no Tabela 2.

TABELA 2 Resumo da análise de variância para as variáveis pH, fósforo(P), potássio (K) e matéria orgânica (MO) para doses de vinhaça em canas socas (1ª, 2ª e 3ª socas) em um solo de características arenosa na região de Campo Grande/MS.

Variável	Causa Variação	Quadrado Médio	F	Pr > F	CV (%)	Profundidade (cm)	
pH	dose	0,44721	5,92	0,0007	**	0 a 10	
	cana soca	10,32120	136,67	<0,0001	**		
	dose*cana	0,12492	1,65	0,1387	ns		
P	dose	12,26667	0,50	0,7345	ns		29,41
	cana soca	163,26667	6,68	0,0030	**		
	dose*cana	21,07916	0,86	0,5552	ns		
K	dose	83857,9167	46,43	<0,0001	**		30,57
	cana soca	57117,8000	31,63	<0,0001	**		
	dose*cana	11374,5292	6,30	<0,0001	**		
MO	dose	20,33014	1,82	0,1432	ns	20,89	
	cana soca	722,54754	64,64	<0,0001	**		
	dose*cana	6,45981	0,58	0,790	ns		
pH	dose	0,48978	4,86	0,0026	**	10 a 20	
	cana soca	7,26906	72,20	<0,0001	**		
	dose*cana	0,10984	1,09	0,3883	ns		
P	dose	1,29167	0,19	0,9409	ns		21,73
	cana soca	9,31167	1,39	0,2604	ns		
	dose*cana	4,12917	0,62	0,7594	ns		
K	dose	67853,60000	61,47	<0,0001	**		28,42
	cana soca	13755,35000	12,46	<0,0001	**		
	dose*cana	10579,78750	9,58	<0,0001	**		
MO	dose	15,49254	1,59	0,1946	ns	21,99	
	cana soca	499,67682	51,30	<0,0001	**		
	dose*cana	5,76154	0,59	0,7792	ns		
pH	dose	0,42868	5,42	0,0013	**	20 a 40	
	cana soca	3,99766	50,55	<0,0001	**		
	dose*cana	0,27606	3,49	0,0036	**		
P	dose	11,6667	1,12	0,3593	ns		30,01
	cana soca	8,85167	1,57	0,4244	ns		
	dose*cana	6,51667	0,63	0,7509	ns		
K	dose	52077,83333	42,92	<0,0001	**		33,01
	cana soca	32378,15000	26,69	<0,0001	**		
	dose*cana	15510,48330	12,79	<0,0001	**		
MO	dose	5,15957	0,90	0,4701	ns	19,89	
	cana soca	258,06162	45,24	<0,0001	**		
	dose*cana	6,79927	1,19	0,3269	ns		
Produção de colmos	dose	424,09958	12,65	<0,0001	**	5,46	
	cana soca	11358,06717	338,81	<0,0001	**		
	dose*cana	37,35508	2,31	0,03734	*		

= significativo a 5% de probabilidade, \*\*= significativo a 1% de probabilidade e ns=não significativo



Analisando o desdobramento das doses dentro de cada rebrota de cana, os teores de potássio no solo foram significativos na cana de 1ª soca, 2ª soca e 3ª soca para todas as profundidades estudadas (Tabela 3).

TABELA 3 Desdobramento dos teores de potássio no solo e produtividade de colmos para doses de vinhaça dentro da cana soca (1ª, 2ª e 3ª socas).

<b>Causa Variação</b>	<b>Quadrado Médio</b>	<b>F</b>	<b>Pr&gt; F</b>	<b>Profundidade</b>
<b>Teores de potássio no solo</b>				
1ª soca	62132,0000	34,40	<0,0001**	
2ª soca	57612,92500	3,19	0,00224**	0 – 10
3ª soca	38712,0000	21,43	<0,0001**	
1ª soca	23900,0000	21,65	<0,0001**	
2ª soca	4098,42500	3,71	0,0112*	10 – 20
3ª soca	61015,0000	55,27	<0,0001**	
1ª soca	5259,8000	4,34	0,0050**	
2ª soca	3210,32500	2,65	0,0466*	20 -40
3ª soca	74629,0000	61,51	<0,0001**	
<b>Produtividade de colmos</b>				
1ª soca	108,74425	3,24	0,0209*	
2ª soca	96,21875	2,87	0,0344*	
3ª soca	293,84675	8,77	<0,0001**	

\* significativo a 5% de probabilidade, \*\* significativo a 1% de probabilidade.

Entre as doses de vinhaça em cada rebrota de cana realizaram-se análises de regressão polinomial que resultaram nos modelos matemáticos (Tabela 4), verificando-se que para todas as socas de cana e profundidades, as doses de vinhaça foram significativas para a produção de colmos e para o teor de potássio.

TABELA 4 Modelos matemáticos ajustados para as variáveis, produção de colmos e teor de potássio no solo em relação a doses de vinhaça aplicada no solo, em três canas socas (1ª, 2ª e 3ª socas).

Variável	Cana	Modelo matemático	R <sup>2</sup>
Produção de colmos (kg ha <sup>-1</sup> )	1ª soca	$y = -3E-05x^2 + 0,0384x + 118,87$	0,979**
	2ª soca	$y = -4E-05x^2 + 0,0427x + 106,54$	0,8317**
	3ª soca	$y = -3E-05x^2 + 0,0511x + 69,984$	0,775*
Teor de potássio (K <sup>+</sup> ) na camada de 0 a 10 cm no solo (mgdm <sup>-3</sup> )	1ª soca	$y = -0,0003x^2 + 0,6019x + 64,155$	0,993**
	2ª soca	$y = -0,0004x^2 + 0,4112x + 52,462$	0,993**
	3ª soca	$y = -0,0003x^2 + 0,4972x + 40,245$	0,977**
Teor de potássio (K <sup>+</sup> ) na camada de 10 a 20 cm no solo (mgdm <sup>-3</sup> )	1ª soca	$y = 2E-05x^2 + 0,2282x + 64,292$	0,986**
	2ª soca	$y = -0,0003x^2 + 0,2958x + 42,238$	0,969**
	3ª soca	$y = -0,0002x^2 + 0,411x + 23,741$	0,984**
Teor de potássio (K <sup>+</sup> ) na camada de 20 a 40 cm no solo (mgdm <sup>-3</sup> )	1ª soca	$y = -4E-05x^2 + 0,1398x + 57,524$	0,915**
	2ª soca	$y = -0,0001x^2 + 0,2034x + 36,473$	0,985**
	3ª soca	$y = -0,0001x^2 + 0,5262x + 12,546$	0,992**

\* significativo a 5% de probabilidade, \*\* significativo a 1% de probabilidade.

A Figura 1 apresenta a produção de colmos em canas socas (1ª, 2ª e 3ª socas) em função das doses de vinhaça aplicada no solo através da

fertirrigação. A produtividade média foi superior para a cana de 1ª soca, seguida pela de 2ª soca.

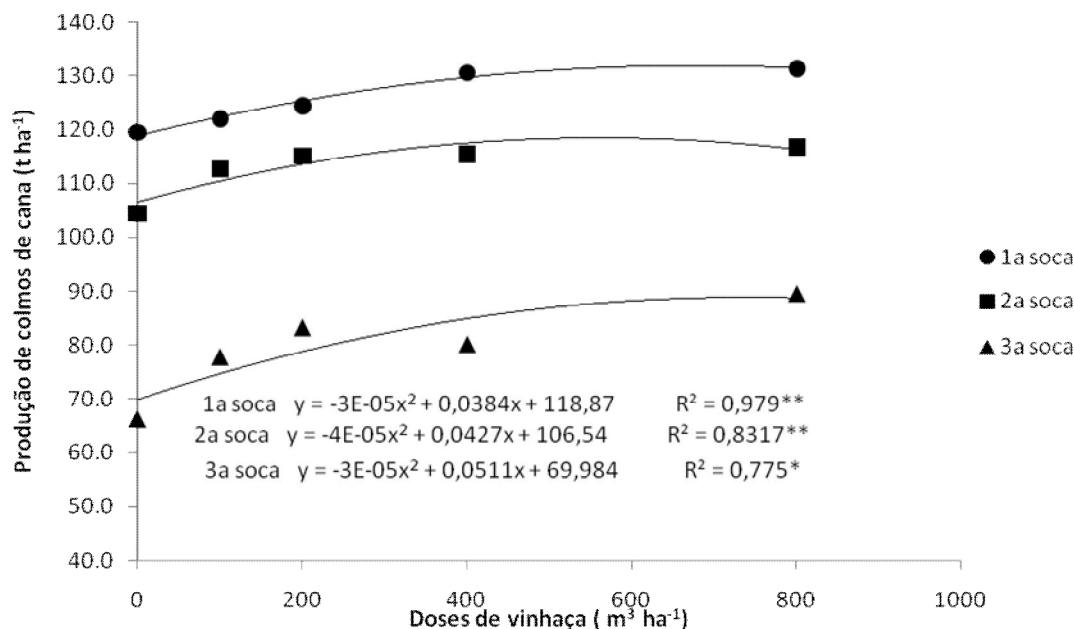


Figura 1 Produção de colmos de cana socas (1ª, 2ª e 3ª socas), com aplicação de doses de vinhaça como fertirrigação na região de Campo Grande/MS.

A redução de produtividade média da 1ª soca para a 3ª soca, independente das doses de vinhaça, já era esperada concordando com os dados de Margarido (2006) e Beauclair (2004). Esta redução é atribuída ao ambiente de produção, que Prado *et al.* (2008) definem como a soma das interações entre solos, planta e atmosfera.

O incremento máximo da produção de colmos é obtido pela diferença entre o valor da produção máxima, ponto de máxima do modelo ajustado (Tabela 4), com dose zero de vinhaça. Os valores do incremento máximo foram de 7, 10 e 15 t ha<sup>-1</sup>, respectivamente para cana de 1ª soca, 2ª soca e 3ª soca. Estes dados confirmam os de Freire e Cortez (2000). Este efeito da vinhaça na produtividade de colmos pode ser atribuído aos elementos químicos e

nutrientes existentes na mesma. Rossetto *et al.* (2008) mostram que a vinhaça apresenta, além de matéria orgânica, diversos nutrientes como fósforo, cálcio, nitrogênio, ferro, cobre, zinco magnésio e principalmente o potássio.

Os maiores incrementos da produção de colmos com a aplicação da vinhaça, foram observados nos canaviais mais velhas (3ª soca), o que pode ser explicado pelas maiores extrações de nutrientes nos cortes anteriores, ocasionando um empobrecimento do solo ao longo do tempo. Giachini e Ferraz (2009) indicam que a resposta da produtividade de colmos é mais intensa em solos de menor fertilidade. Tasso Júnior *et al.* (2007), trabalhando com vinhaça em Latossolo Vermelho distroférico, registraram que na cana planta a vinhaça não apresentou efeito na produtividade, enquanto que na cana soca (1ª soca) houve diferença nos incrementos da produção de colmos.

A Figura 2 apresenta teores de potássio trocáveis no solo, para a camada de 0 a 10 cm, nas canas socas (1ª, 2ª e 3ª socas) e nas doses de vinhaça aplicadas através da fertirrigação. A aplicação de vinhaça independente da rebrota da cana proporcionou aumentos significativos de potássio no solo. Esses incrementos, em relação à dose zero de vinhaça, foram mais intensos para a cana de 1ª soca, seguido pela 3ª soca e 2ª soca.

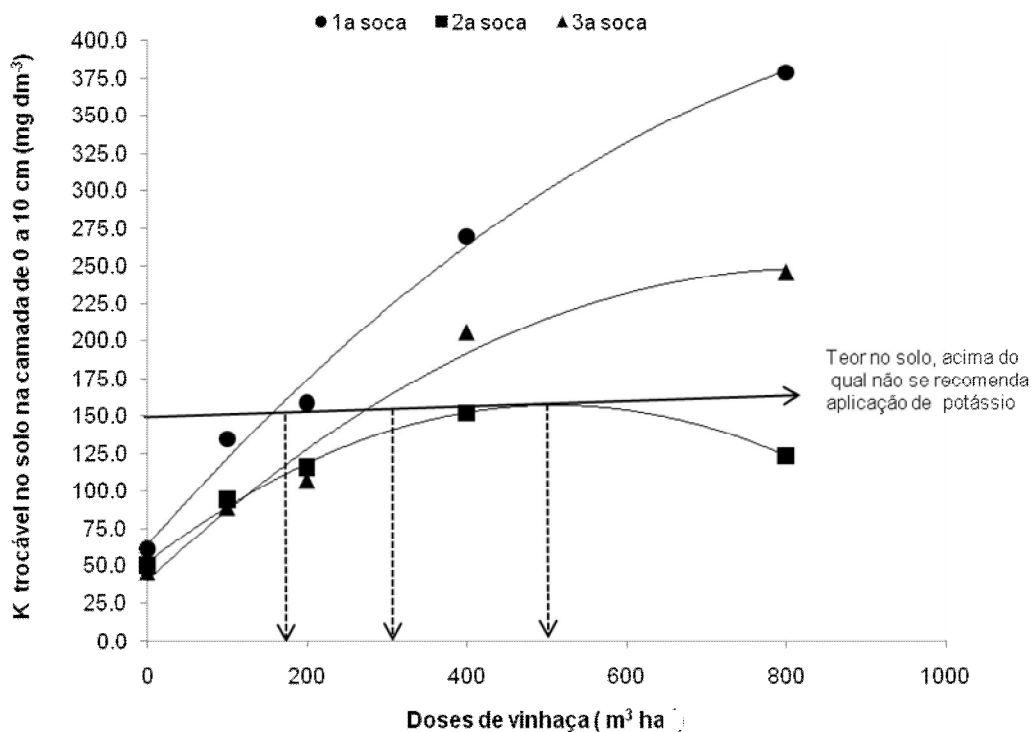


Figura 2 Teores de potássio trocável no solo na camada de 0 a 10 cm em canas socas (1ª, 2ª e 3ª socas) em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.

Ribeiro *et al.* (1999) consideram que o teor de  $150 \text{ mg.dm}^{-3}$  de potássio no solo estaria adequado para o cultivo da cana-de-açúcar, atendendo suas exigências nutricionais em relação ao potássio. Deste modo, a aplicação da vinhaça diluída nas doses de 150, 280 e  $450 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , para canas de 1ª soca, 2ª soca e 3ª soca, respectivamente, seriam suficientes para atender a demanda nutricional da cultura.

Os valores mais altos de potássio no solo para a 1ª soca e mais baixo na 2ª soca relaciona-se com os teores de  $\text{K}_2\text{O}$  da composição química da vinhaça na 1ª soca, com o valor de 1,70 e, na 2ª soca, com valor de 1,25, ou seja, os menores teores de  $\text{K}_2\text{O}$  na vinhaça também o foram no solo.

A Figura 3 apresenta os teores de potássio trocável no solo, para a camada de 10 a 20 cm, tendo o comportamento semelhante àquele da camada

de 0 a 10 cm (Figura 2). Assim a dose para atingir  $150 \text{ mg dm}^{-3}$ , ou seja, a exigência nutricional do cultivo em relação ao potássio, foi próxima de  $400 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ .

Os valores encontrados na camada de 10 a 20 cm, para as doses de 400 e  $800 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ , evidenciam a capacidade de percolação deste nutriente. *Bebé et al.* (2009) confirmam que os incrementos de potássio trocável no solo também foram verificados na camada de 0 a 10 cm e de 10 a 20 cm.

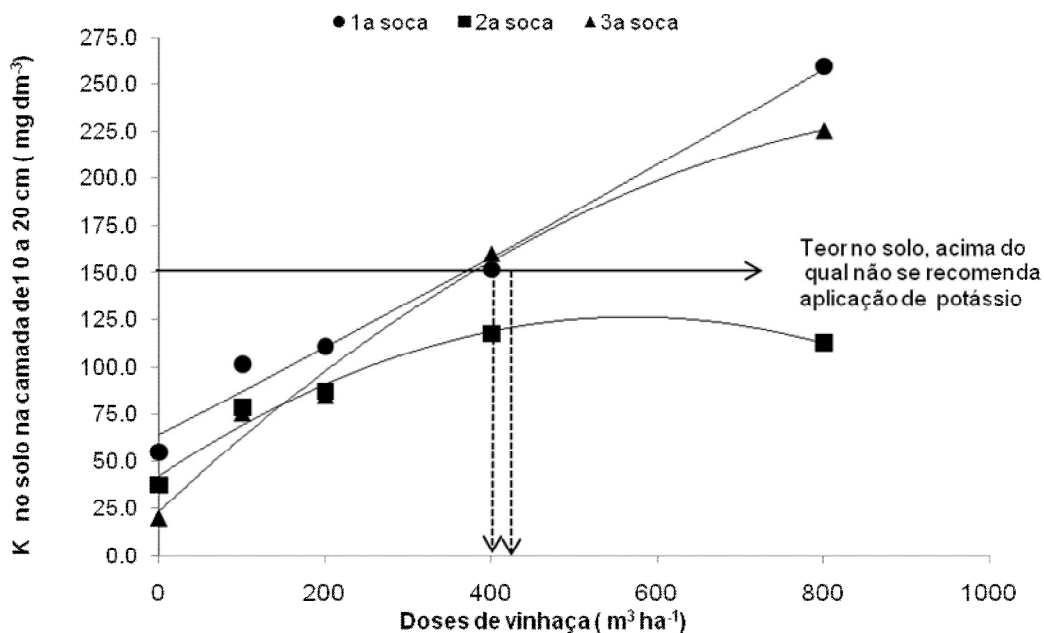


Figura 3 Teores de potássio trocável no solo na camada de 10 a 20 cm canas socas (1ª, 2ª e 3ª socas) em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.

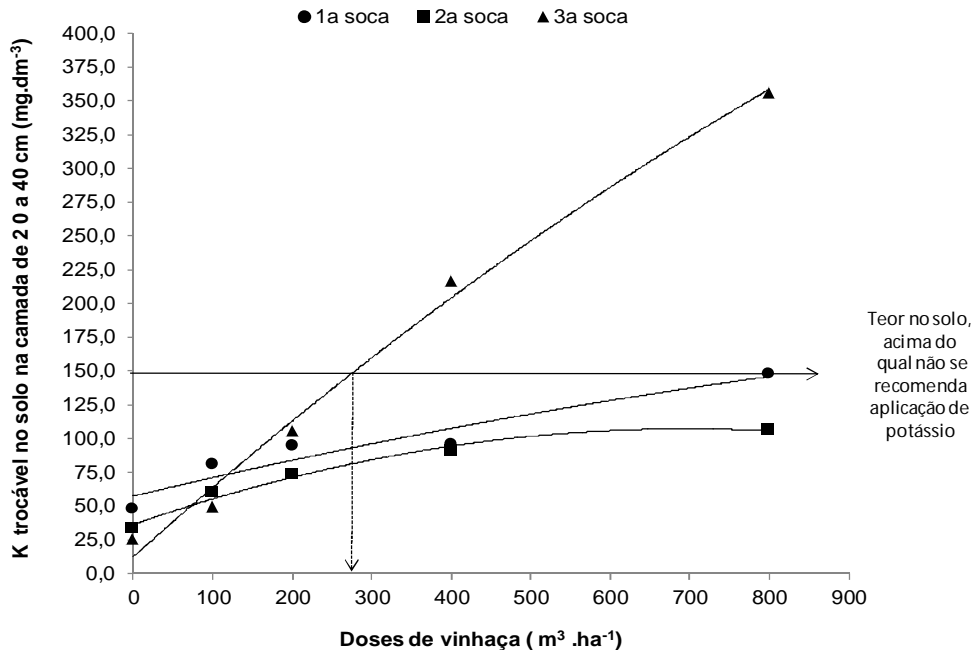


Figura 4 Teores de potássio trocável no solo na camada de 20 a 40 cm em canas socas (1ª, 2ª e 3ª socas) em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.

A Figura 4 apresenta os teores de potássio trocável no solo na camada de 20 a 40 cm, com a aplicação das doses de vinhaça. Nesta camada, para este tipo de cana, a dose de  $280\text{m}^3\text{ ha}^{-1}$  seria suficiente para a cultura da cana.

Este efeito de percolação de potássio ficou evidenciado na camada de 20 a 40 cm (Figura 4), onde os teores de potássio no solo foram maiores para a cana de 3ª soca em comparação a cana de 2ª soca.

A Figura 5 apresenta valores do pH em  $\text{CaCl}_2$  (0,01M) em três profundidades de um Neossolo Quartzarênico Órtico em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação.

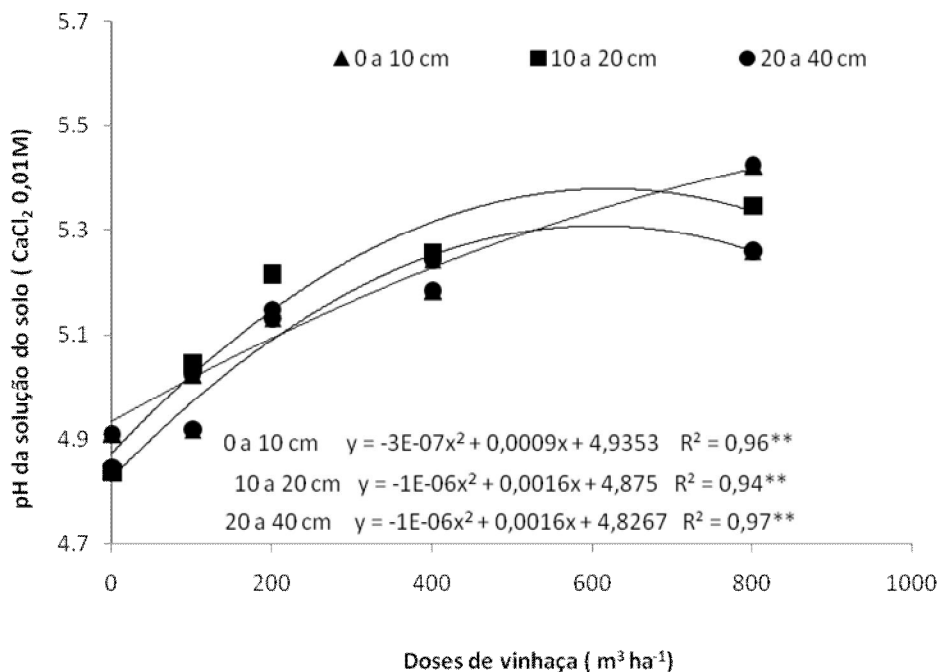


Figura 5 Valores do pH em CaCl<sub>2</sub> (0,01M) em três profundidades de um Neossolo Quartzarênico Órtico em função de doses de vinhaça aplicada na forma de fertirrigação na região de Campo Grande/MS.

Segundo Prada *et al.* (1998), na composição química da vinhaça os teores de óxidos de cálcio (CaO) podem variar de 1.350 a 4.570 mg L<sup>-1</sup>, e os de óxidos de magnésio de 580 a 700 mg L<sup>-1</sup>.

Estes óxidos poderiam estar atuando como corretivos do solo. Como a vinhaça adiciona alguns elementos químicos, tais como Ca, Mg e K, existe o efeito da diluição do H<sup>+</sup> na solução do solo contribuindo também para elevação do pH. Salienta-se também que a vinhaça apresenta N na forma de amônia (NH<sub>3</sub>) que quando adicionado no solo transforma-se (NH<sub>4</sub>), utilizando H<sup>+</sup> o que eleva o pH. Com o efeito corretivo ou de diluição, elevando o pH de 5,0 para 5,4 não chega a ser estimulante o uso da vinhaça como produto para corrigir o pH da solução do solo.



### 3.4 CONCLUSÕES

A aplicação de vinhaça independente da rebrota da cana, proporcionou aumentos significativos de K no solo;

O uso da aplicação de vinhaça como fertirrigação na cultura da cana-de-açúcar aumentou a produtividade de colmos em torno de 10,5 t ha<sup>-1</sup> em solos arenosos;

Em solos arenosos, nas camadas até 40 cm, a vinhaça apresentou grande potencial de incremento de K;

A aplicação de vinhaça elevou o pH do solo até a profundidade de 40cm.

## REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

- BEAUCLAIR, E. G. F. de, Planejamento e estimativa na produção de cana. **Visão Agrícola**, Piracicaba, v.1 n.1, p. 24-27, jan/jun 2004.
- BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E.M.R.; SILVA, G.B.; OLIVEIRAS, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina grande/PB, v. 13, n.6, p.781-787, 2009.
- BRITO, F. L.; ROLIM, M. M. Comportamento do Efluente e do Solo Fertirrigado com Vinhaça. **Agropecuária Técnica**. Areia/PB, v. 26, n.1, p. 60-67, 2005.
- CANELLAS, L. P.; VELLOSO, A. C. X.; MARCIANO, C. R.; RAMALHO, J. F. G. P.; ROUMJANEK, V. M.; REZENDE, C. E.; SANTOS, G. A. Propriedades químicas de um Cambissolo cultivado com cana-de-açúcar, com preservação de palhico e adição de vinhaça por longo tempo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.27, n. 5, p.935-944, 2003.
- CUNHA, R. C. A.; COSTA, A. C. S.; MASET FILHO, B.; CASARINI, D. C. P. Effects of irrigation with vinasse and dynamics of its constituents in the soil: I – physical and chemical aspects. **Water Science Technology**, v.19, n.8, p.155-165, 1981
- EMBRAPA. **Manual de análises químicas de solos, plantas e fertilizantes (Org. SILVA, F. C.)**. Brasília, Embrapa Comunicação para transferência de tecnologia. 1999. 203p.
- FERRAZ, J. M. G.; PRADA, L. de S.; PAIXÃO, M. **Certificação socioambiental do setor sucroalcooleiro**. São Paulo: Embrapa Meio Ambiente, 2000.
- FREIRE, W. J. CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de açúcar**. Guaíba-RS: Livraria e Editora Agropecuária, 2000.
- GIACHINI, C. F., FERRAZ, M. V. Benefícios da utilização de vinhaça em terras de plantio de cana-de-açúcar - revisão de literatura. **Revista Científica Eletrônica de Agronomia**. Garça/SP: v. 3, n.15, Jun/2009.
- GONÇALVES, D. B.; **Impactos da Evolução do Setor Sucroalcooleiro no estado de São Paulo**. Campinas, 2008. Disponível em: [http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/position\\_paper\\_painel3\\_d\\_aniel.pdf](http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/position_paper_painel3_d_aniel.pdf) Acesso em 17/03/2011.
- IEL – Instituto Euvaldo Lodi. **O Novo Ciclo da Cana: Estudo sobre a Competitividade do Sistema Agroindustrial da cana-de-açúcar e Prospecção de Novos Empreendimentos**. Brasília: IEL/NC; SEBRAE, 2005.
- LANDELL, M. G. de A.; BRESSIANI, J. A. Melhoramento genético, caracterização de manejo varietal. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.de; LANDELL, M. G. de A., (ed.). **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônomo, 2008. p. 101-155.
- MARGARIDO, F. B. Planejamento Agrícola em Cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de. **Atualização em**

**Cana - de – açúcar.** Piracicaba: Editora Livro Ceres, CP 2, parte III, p 69–78, 2006.

NEVES, M. C. P.; LIMA, I. T.; DOBEREINER, J. Efeito da vinhaça sobre a microflora do solo. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Campinas, v.7, n.2, p.131-136, 1983

PRADA, S. M.; GUEKEZIAN, M.; SUAREZ-IHA, M. E. V. Metodologia analítica para a determinação de sulfato em vinhoto. **Química Nova**, São Paulo, v. 21, n. 3, p. 249-252, 1998.

PRADO, H.; JUNIOR, A. L. P.; GARCIA, J. C.; MORAES, J. F. L. de; CARVALHO, J. P. de; DONZELI, P. L. Solos e Ambientes de Produção. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.de; LANDELL, M. G. de A., (ed.). **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p 179-204.

RIBEIRO, A.C.; GUIMARÃES, P.T.G.; ALVAREZ, V.H. **Recomendações para o uso de corretivos e fertilizante em Minas Gerais: 5ª aproximação.** Viçosa: CFSEMG, 1999. 359p.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F.; VITTI, A. C.; TAVARES, S. Potássio. In: DINARDO-MIRANDA, L. L.; VASCONCELOS, A. C. M.de; LANDELL, M. G. de A., (ed.). **Cana-de-Açúcar**. Campinas: Instituto Agrônômico, 2008. p. 289-312.

SAS INSTITUTE. SAS: User's guide: statistics. Versão 8.2. 6 ed. SAS. Institute Inc., Cary, 2002

SEGATO, S. V.; PINTO, A. de S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. de; **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: Editora Livro Ceres, 2006. 305p.

TASSO JÚNIOR, L. C.; MARQUES, M. O.; FRANCO, A; NOGUEIRA, G. de A.; NOBILE, F. O. de; CAMILOTTI, F.; SILVA, A. R. da. Produtividade e Qualidade de Cana-de-açúcar cultivada em solo tratado com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **Revista Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.27, n.1, p 276-283, jan/abr.2007.