

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FERTILIZAÇÃO COM LODO DE ESGOTO E VINHAÇA E
INFLUÊNCIA NAS FRAÇÕES DE NITROGÊNIO DO CALDO
E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Caramo Có Júnior
Engenheiro Agrônomo

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
Julho de 2007

**UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA “JULIO DE MESQUITA FILHO”
FACULDADE DE CIÊNCIAS AGRÁRIAS E VETERINÁRIAS
CÂMPUS DE JABOTICABAL**

**FERTILIZAÇÃO COM LODO DE ESGOTO E VINHAÇA E
INFLUÊNCIA NAS FRAÇÕES DE NITROGÊNIO DO CALDO
E QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR**

Caramo Có Júnior

Orientador: Prof. Dr. Marcos Omir Marques

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

JABOTICABAL – SÃO PAULO – BRASIL
JULHO - 2007

Có Jr, Caramo
C674f Fertilização com lodo de esgoto e vinhaça e Influência nas frações de nitrogênio do caldo e qualidade da cana-de-açúcar / Caramo Có Júnior. – Jaboticabal, 2007
X, 82f.; 28 cm

Dissertação (mestrado) - Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, 2007

Orientados: Marcos Omir Marques

Banca examinadora: Aílto Antonio Casagrande e Carlos Alberto Mathias

Azania

Bibliografia

1. Nutrientes, 2. resíduos, 3. Reuso Agrícola. I Título. II. Jaboticabal-Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias.

CDU 633.61:631.879

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

DADOS CURRICULARES DO AUTOR

CARAMO CÓ JÚNIOR – Nascido em Bissau capital de Guiné Bissau em 29/02/1976, filho de Caramo Có e Boma-Indi.Có. Concluiu o estudo de segundo grau no Liceu Nacional Kwame N'krumah em julho de 1995. Graduou-se em Engenharia Agrônômica pela Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias da Universidade Estadual Paulista – UNESP – Campus de Jaboticabal, em julho de 2003. Em Agosto de 2005 iniciou as atividades de pós-graduação (Área de Concentração em Produção Vegetal) tendo orientador Prof. Dr Marcos Omir Marques na mesma instituição. Durante o curso do mestrado foi Diretor Cultural da Associação de pós-graduando e presidente de NEAFRI – Núcleo dos Estudantes Africanos.

***Aquele que habita no esconderijo do Altíssimo,
à sombra do Onipotente descansará.***

Salmos, 91:1.

Dedicatória

Aos meus pais,
Caramo e Boma

A minha filha,
Melanie Boma Taliberti Có

A minha noiva,
Camila de Castro Neves

Ao meu tio,
João Augustinho (Jean).

Aos meus irmãos,
Ambi, Ruth Nanucha e Paulo.

Pela Educação, Apoio, Amor,
Amizade, Companheirismo e Confiança.

AGRADECIMENTOS

A Deus, por iluminar os meus caminhos.

A UNESP/FCAV pela oportunidade oferecida.

Ao meu orientador e amigo, Prof. Dr Marcos Omir Marques pela orientação deste trabalho e conselhos durante este tempo de convivência.

À Capes, pelo apóio financeiro.

A Prof^a. Dr^a. Teresa Cristina Parlé Pissarra e A Prof. Dr. Miguel Ângelo Mutton, pelas sugestões e correção da minha qualificação.

Ao Prof. Dr. Ailto Antonio Casagrande e Dr. Carlos Alberto Mathias Azania, pelas sugestões da minha banca de dissertação.

A Destilaria Santa Inês pela liberação da área experimental.

Aos funcionários do departamento de tecnologia: José Carlos, wladi, Beth e Renata.

Aos meus primos e amigos Guineenses: Augusto Barbosa, Evelisio, Jorge Otinta, Eloi Biquer, Ansumane Cassama, Biaksibú, Justino Có, Roberto, Wilson, Balde, Iaia, Januario, Carlitos, Antonio, Ramiro, Raul nabila, Elio, Pedro e Paulo. Pelas nossas amizades.

Ao André Gustavo de Andrade e Família.

Aos funcionários da Biblioteca.

SÚMARIO

Paginas

RESUMO	ix
SUMMARY	x
CAPITULO 1 – CONSIDERAÇÕES GERAIS	01
INTRODUÇÃO.....	01
REVISÃO DE LITERATURA.....	04
A cana-de-açúcar e o setor sucroalcooleira.....	04
Dinâmica de Nitrogênio no solo e seu Efeito na qualidade da cana-de-açúcar.....	07
Dinâmica do Lodo de Esgoto no solo e sua aplicabilidade em áreas agrícola.....	12
Efeito da Vinhaça na produtividade da cana-de-açúcar.....	15
REFERÊNCIAS.....	20
CAPITULO 2 – NITROGENIO EM CALDO DE DIFERENTES PARTES DO COLMO DE CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA COM LODO DE ESGOTO E VINHACA	32
RESUMO.....	32
INTRODUÇÃO.....	33
MATERIAL E MÉTODOS.....	34
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	37
CONCLUSÕES.....	48
REFERÊNCIAS.....	48
CAPITULO 3 - DISTRIBUIÇÃO DE NITROGÊNIO EM CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA EM SOLO ACRESCIDO DE LODO DE ESGOTO SANITÁRIO E VINHAÇA	52
RESUMO.....	52
INTRODUÇÃO.....	53

MATERIAL E MÉTODOS.....	54
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	57
CONCLUSÕES.....	61
REFERÊNCIAS.....	61

CAPITULO 4 - EFEITOS RESIDUAIS DE QUATRO APLICAÇÕES ANUAIS DE LODO DE ESGOTO E VINHAÇA NA QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR.....	64
RESUMO.....	64
INTRODUÇÃO.....	65
MATERIAL E MÉTODOS.....	67
RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	70
CONCLUSÕES.....	79
REFERÊNCIAS.....	80

INDICE DE TABELAS

CAPÍTULO 2.

Tabela 1 - Composições químicas parciais do lodo de esgoto e vinhaça..... 35

Tabela 2 - Nitrogênio Total em caldo de cana-de-açúcar de 5º corte ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 38

Tabela 3 - Nitrogênio Amoniacal em caldo da cana-de-açúcar de 5º corte ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 41

Tabela 4 - Nitrogênio Não Protéico em caldo da cana-de-açúcar de 5º corte ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 43

Tabela 5 - Nitrogênio Aminico em caldo da cana-de-açúcar de 5º corte ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 45

Tabela 6 - Nitrogênio Aminico em caldo do terço inferior de colmos de cana-de-açúcar, ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$), em função dos resíduos e doses empregadas. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 46

Tabela 7 - Nitrogênio Protéico em caldo da cana-de-açúcar de 5º corte ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$),

em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 47

CAPÍTULO 3

Tabela 1 - Composições químicas parciais do lodo de esgoto e vinhaça..... 55

Tabela 2 - Porcentagem de nitrogênio em diferentes partes da cana-de-açúcar (5º corte) em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 58

Tabela 3 - Teor de nitrogênio total no terço inferior da cana-de-açúcar, em função do desdobramento da interação entre modo de aplicação e doses. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 60

CAPITULO 4

Tabela 1 - Composições químicas parciais do lodo de esgoto e vinhaça..... 68

Tabela 2 - Variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar (5º corte) em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo. valores médios obtidos e resumo da análise estatística..... 71

FRAÇÕES DE NITROGÊNIO EM CANA-DE-AÇÚCAR FERTILIZADA COM LODO DE ESGOTO SANITÁRIO E VINHAÇA

RESUMO - O objetivo deste trabalho foi avaliar os efeitos residuais da aplicação, de diferentes resíduos e doses, sobre as frações de nitrogênio em caldo da cana nas diferentes partes do colmo e na qualidade da cana de (cultivar SP 81-3250). O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 13 tratamentos e 3 repetições, analisado em esquema fatorial 3 x 2 x 2 mais um tratamento adicional. Os tratamentos testados foram resultantes de três combinações de dois tipos de resíduos (lodo de esgoto; vinhaça; lodo de esgoto + vinhaça) com dois modos de aplicação (ao lado da linha de cana e em área total) e com duas doses (100 e 200 %) e mais um tratamento testemunha adicional. As variáveis analisadas foram: Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Não Protéico, Nitrogênio Amínico e Nitrogênio Protéico. A vinhaça proporcionou os maiores teores de Nitrogênio em todas as frações analisadas. As aplicações dos resíduos com a dose aumentada em 100% demonstram a superioridade nas variáveis determinadas. Apenas não aumentou a fração do Nitrogênio Protéico. Nas variáveis analisadas não proporcionaram alterações na porcentagem de nitrogênio nas folhas, palmito e terço inferior dos colmos. No terço médio dos colmos, a aplicação de vinhaça resultou em maior porcentagem de nitrogênio. Entretanto, o uso da dose em dobro proporcionou maior porcentagem de nitrogênio no terço médio e inferior do colmo. Os resíduos podem substituir a fertilização mineral sem que prejuízos ou vantagens sejam auferidos à qualidade da matéria prima.

Palavras-Chave: nutriente, resíduos, reuso agrícola

NITROGEN FRACTIONS IN SUGAR CANE FERTILIZED WITH SEWAGE SLUDGE AND VINASSE.

SUMMARY – The objective of this work was to evaluate the residual effect of residues applied during four years in distinct forms and doses, upon nitrogen fractions of sugar cane juice in different parts of stalk and quality of the sugar cane (4th Raton cane - cultivar SP 81–3250). The experimental design was randomized blocks with 13 treatments and 3 replications. To statistically analyze the results were organized in a 3x2x2 factorial scheme plus an additional treatment control. The treatments were the result of three combinations between 2 residues (sewage sludge, vinasse, sewage sludge + vinasse), applied in 2 different ways (close to the sugar cane line and spread in total area), in 2 doses (100 and 200%) plus a control treatment. The experimental design was randomized blocks with 13 treatments and 3 replications. The following parameters were analyzed: Total Nitrogen, Ammoniac Nitrogen, Non Protein Nitrogen, “Amino” Nitrogen and Protein Nitrogen juice contents. The vinasse provides the higher contents of nitrogen in whole fractions analyzed. The doses higher than 100% shown highest values for all parameters, except for protein nitrogen. All analyzed factors did not affect the leaf, heart and top stalk nitrogen contents. In middle part of stalks, vinasse application resulted to higher nitrogen contents than another parts. Although, when the double dose was used, higher nitrogen content at middle and lower parts of stalks were observed. The residues can substitute mineral fertilization without changes in raw material quality.

Keywords: nutrition, residues, agricultural reutilization

CAPITULO 1 - CONSIDERAÇÕES GERAIS

1.1. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a conseqüente demanda por bens de consumo, assim como os aumentos do desenvolvimento industrial geram, principalmente nas regiões metropolitanas, águas residuais e resíduos sólidos (lixos em geral) em quantidades vultuosas (FRANCO, 2003).

De acordo com MARQUES (1990), o lodo de esgoto pode ser definido como material sólido, constituído, basicamente, de matéria orgânica, elementos nutrientes de plantas e metais pesados, além de microrganismos patogênicos ou não, obtido em Estações de Tratamento de Esgotos (ETES).

No caso das águas servidas municipais (esgotos) os processos industriais, empregados para o seu tratamento, originam um material pastoso cujos sólidos compõem-se de matéria orgânica estável, água e frações minerais. Esse material, uma vez estabilizado, higienizado e seco, denomina-se bio sólido (MARQUES et al 2002). Sua composição depende do material que lhe deu origem, mas em média, apresenta de 60 a 80% de umidade, sendo que na fração sólida têm-se cerca de 30 a 40% de matéria orgânica além de elementos minerais nutrientes de plantas (macro e micronutrientes), podendo ainda conter metais pesados, compostos orgânicos complexos oriundos de produtos domiciliares e/ou industriais e patógenos humanos (NOBILE, 2002).

Entre as possibilidades para a destinação do lodo de esgoto citam-se a incineração, o lançamento nos oceanos (emissários submarinos) e a deposição em aterros sanitários, mas nenhuma reúne qualidades suficientes para torná-las mais interessantes do que o seu emprego como fertilizante e/ou condicionador de solos agrícolas. O potencial para tanto decorre da presença de matéria orgânica e elementos minerais (MARQUES et al., 1997). Entretanto, os patógenos humanos, os metais pesados e a praticamente inexistência de potássio em sua composição

(COSTA et al., 2001), além da baixa disponibilidade dos nutrientes no solo são problemas que devem ser equacionados para viabilizar a referida prática sem poluir o ambiente e sem comprometer a produção das culturas.

A agroindústria sucroalcooleira, da mesma forma, gera resíduos provenientes do processamento industrial da cana-de-açúcar, em quantidades que se correlacionam diretamente com seu porte. Destacam-se, entre as frações geradas, a água de lavagem da cana, as cinzas de caldeira, a torta de filtro e a vinhaça que, apesar de terem elevados potenciais poluidores, os mesmos não se manifestam em decorrência de serem previamente tratados (água de lavagem de cana), antes do retorno aos mananciais ou de serem reutilizados como fertilizantes ou condicionadores de solos, normalmente utilizados na própria cultura de cana. Essa reutilização é de grande interesse, pois além de dar destino aos mesmos, torna-os úteis na medida em que, ao se decomporem no solo, interferem positivamente em seus atributos, especialmente nos relacionados ao fornecimento de nutrientes às plantas.

A vinhaça é o subproduto da fabricação do álcool que é composta, em sua maioria, de água \cong 97%. A fração sólida constitui-se principalmente de matéria orgânica e elementos minerais, sendo que o K representa cerca de 21% dos elementos presentes, e constitui-se no elemento limitante para a definição da dose de vinhaça a ser aplicada (MARQUES, 2006).

O Brasil tem capacidade instalada para a produção de álcool da ordem de 16 bilhões de litros ao ano (UNICA, 2007), o que representa de 13 a 16 vezes mais de vinhaça. No total, a cana-de-açúcar ocupa cerca de três milhões de hectares no Estado de São Paulo (FRONZALIA, 2007). A maior parte desta área (75-80%) pode perfeitamente receber vinhaça através da operação denominada fertirrigação.

Atualmente, considerar a cana-de-açúcar, como cultura agrícola e matéria prima industrial, é vislumbrar uma nova concepção comercial para o produto, cujos desafios para permanência no mercado globalizado perfazem um caminho que ultrapassa as políticas do tradicional binômio preços e quantidade. As vantagens

comparativas características da cana-de-açúcar, cultivada em mais de cem países, passaram a abranger três grandes áreas estratégicas, em contínuo desenvolvimento em todo o mundo: alimentação, energia e meio ambiente. Em termos de alimentação, a cana-de-açúcar constitui o alimento energético mais completo e de consumo mais geral para o ser humano. Como matéria-prima renovável, destaca-se pela sua capacidade de gerar energia em nível cinco vezes superior ao necessário para obtê-la, além de ser detentora de elevada capacidade fotossintética e, portanto, contribuir para atenuar o “efeito estufa”. Por fim, com a utilização de tecnologias químicas e biotecnológicas é possível obter derivados de cana em números apenas superados pelos produtos oriundos da petroquímica (BEZERRA, 1999).

De acordo com ULLER (1999), o setor sucroalcooleiro constitui, nos tempos atuais, um seguimento industrial importante, seja pelo seu peso relativo no PIB – Produto Interno Bruto Brasileiro (somente o açúcar corresponde a 4% do total das exportações brasileiras) e pelo impacto social na criação de posto de trabalho (1,2 milhões de empregos em toda a cadeia produtiva, 600 vezes mais do que o setor do petróleo – dados de 1998/99).

A sustentação dos preços do petróleo em patamares recordistas está contribuindo fortemente para aumentar a rentabilidade do setor sucroalcooleiro. Além disso, as vendas de carro flex fuel (tecnologia que permite o uso de álcool e gasolina separados ou simultaneamente) têm superado as expectativas mais otimistas, autorizando prever uma demanda crescente por álcool nos próximos anos. Com isso os investimentos no setor estão crescendo, bem como as expectativas de produção para os próximos anos (AGRIANUAL, 2006).

Assim, neste trabalho, foram avaliadas frações de nitrogênio em cana-de-açúcar, fertilizada com lodo de esgoto, sanitário e vinhaça, além disso, analisou-se também variáveis agroindustriais da cultura. A matéria-prima utilizada foi da cana soca (quinto corte), cultivada em solo que recebeu lodo de esgoto e vinhaça por quatro anos consecutivos, e fertilizantes por cinco anos consecutivos.

1.2. REVISÃO DE LITERATURA

1.2.1. A cana-de-açúcar e o setor sucroalcooleira

A cana-de-açúcar é considerada a planta que possui os mecanismos fisiológicos mais aperfeiçoados para a produção de sacarose. Pois as suas vias fotossintéticas para produzi-la (C_4 ou via do dicardoxílico), a partir dos açúcares simples, são mecanismos altamente eficientes, que o homem, através do processo longo e continuando de melhoria, utiliza como parâmetro para selecionar as variedades comerciais com alto teor de sacarose e resistente a doenças, (TAUPIER e RODRIGEUS, 1999). Esses mesmos autores afirmam que esta planta, é uma das que possuem maiores qualidades, entre as culturas comerciais, por sua eficiência de assimilação de fotossíntese e capacidade de produzir massa verde composta por açúcares, amidos, proteínas e compostos lignocelulósicos. O fruto agrícola da cana-de-açúcar é o colmo, no qual se acumula sacarose no período de maturação.

A cana-de-açúcar é cultivada em mais de 100 países. Entre as culturas comerciais, é a que consegue desenvolver mais eficientemente o mecanismo da fotossíntese, o qual lhe permite fixar a energia solar e transformá-la em massas verdes, compostas fundamentalmente de diferentes açúcares e substâncias lignocelulósicas. Esta elevada capacidade fotossintética determina também um maior coeficiente de absorção de CO_2 atmosférico, superior aos das florestas de zonas temperadas, o que contribui para atenuar o efeito estufa, causa principal do aquecimento da atmosfera (TAUPIERE e RODRIGUES, 1999).

É crescente o consenso a respeito da redução das reservas mundiais de petróleo e das mudanças climáticas causadas pelo efeito estufa. Os países do hemisfério norte são mais afetados por terem maior proporção de terras em relação a oceanos e apresentarem variações climáticas mais intensas, com isso, nos próximos anos, os países do hemisfério norte tenderão a estimular fortemente a substituição dos combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis. Apesar

de existirem diversas outras fontes alternativas de energia, o álcool, a celulose, o algodão e os grãos deverão adquirir crescente importância como fonte de combustíveis e como matérias-primas substitutivas dos hidrocarbonetos fósseis (ANDERSON, 2005).

O Brasil é o maior produtor e consumidor mundial de álcool combustível. O crescimento da demanda por álcool deveu-se a forte expansão da demanda interna, em virtude do aumento das vendas de veículos bicompostível, como consequência do grande diferencial de preços entre álcool e gasolina (NEHMI FILHO, 2005).

No exterior, houve aumento da demanda pelo álcool brasileiro, que não pode ser totalmente atendida. No caso do açúcar, a forte redução dos estoques mundiais, devido à quebra da produção indiana, levou os preços a patamares inesperadamente altos (NEHMI FILHO, 2005).

Apesar da Rússia, maior importadora mundial de açúcar, ter reduzido suas importações para algo em torno de 3,5 milhões de toneladas, devido ao aumento da produção local e elevados estoques formados nos anos anteriores, países como China, Índia e do Médio-Oriente aumentaram as suas importações. Embora o Brasil consuma, em média, de 73% do açúcar produzido no país, e as exportações correspondem, em média a aproximadamente 27% da produção nacional, o país tem se posicionado entre os maiores produtores e exportadores de açúcar no mundo, e sua oferta no mercado externo tem grande influência sobre os preços internacionais (NEHMI FILHO, 2005).

O setor sucroalcooleiro brasileiro, mais especificamente o açucareiro, espera com expectativa que entre em vigor o contencioso na OMC (Organização Mundial de Comércio) para exportação de açúcar branco o qual teve decisão favorável no início deste ano para o Brasil, Tailândia e Austrália, mas a OMC, em sua decisão, não estipulou um prazo para a adequação da União Européia na eliminação dos subsídios à produção de açúcar. Com essa decisão, o Brasil poderá ter um aumento das exportações na ordem de 2,5 milhões de toneladas. O

que representa em termos monetários, cerca de US\$ 412,5 milhões a mais com preço médio de US\$ 165,00 /t (PEREZ e TORQUATO, 2006).

Com uma projeção de aumento mundial de consumo per capita de açúcar na ordem de 3,8% a.a., a participação do Brasil no comércio mundial se manterá, apesar da grande escalada da produção de álcool tanto para o consumo interno como externo. O preço é outro fator que leva a manutenção das exportações de açúcar já que há uma previsão de aumento no futuro. Outra razão para o crescimento das vendas de açúcar para o exterior é a remuneração em comparação ao álcool, que em agosto de 2005 era de 30% maior, conforme dados do Centro de Estudos Avançados em Economia Aplicada – CEPEA, (PEREZ & TORQUATO, 2006).

A análise do comércio exterior mostra que o açúcar vem ocupando o primeiro lugar nas exportações do agronegócio paulista e, entre janeiro e setembro de 2005, o valor das exportações ultrapassou dois bilhões dólares. Há que se ressaltar também que São Paulo lidera as exportações de açúcar do país, com participação crescente no valor exportado de 63% em 2000 para 71,4% em 2005 (PEREZ & TORQUATO, 2006).

De acordo com CARVALHO (2005), na safra 2004/05, a cana-de-açúcar para indústria ocupou 3,52 milhões de hectares em São Paulo e produziu 244,5 milhões de toneladas. No Brasil, nos próximos dez anos a produção de cana-de-açúcar deverá crescer 48%, atingindo 557 milhões de toneladas na safra 2013/14. A produção deverá continuar concentrada no Centro-Sul. Em São Paulo, devido à pequena disponibilidade de terras, o crescimento da produção tende a ocorrer a noroeste do estado.

O Instituto de Economia Agrícola (IEA) analisou possíveis desempenhos, no curto e médio prazo. Entre os resultados destacam-se:

a) O crescimento estimado de 5,1% na área total de cana-de-açúcar a ser colhida na safra brasileira 2005/06 e a expansão, nos próximos cinco anos, de 1,2 milhões de hectares da área plantada com cana na Região Noroeste do Estado de São Paulo, decorrente da implantação de 30 novas destilarias de álcool;

b) Para os próximos dez anos, o aumento na produção brasileira de açúcar a uma taxa média anual de 5%;

c) A produção de álcool poderá elevar-se de 15,2 bilhões de litros produzidos atualmente para 36 bilhões de litros, se o cenário considerado no modelo de projeção for confirmado.

d) As exportações de cachaça deverão atingir o patamar de 50 milhões de litros exportados em 2010.

1.2.2. Dinâmica de Nitrogênio no solo e seu Efeito na qualidade da cana-de-açúcar

O nitrogênio é um dos principais responsáveis pelo aumento de produção de alimentos no mundo. Atualmente existe um grande número de trabalhos visando auxiliar ou fornecer um índice para a adubação nitrogenada, mas nem sempre foi assim. Os estudos sobre o nutriente se intensificaram com início dos conflitos bélicos no Oriente Médio em 1967, o anúncio de uma possível escassez de petróleo elevou os preços dos fertilizantes nitrogenados e conseqüentemente as pesquisas sobre o nutriente (OLIVEIRA, 1989).

O nitrogênio ocorre em diversas formas no solo. O nitrogênio elementar (N_2) é encontrado em abundância no ar do solo, em formas inorgânicas combinadas, o nitrogênio ocorre nos solos como óxidos nitroso (N_2O), óxido nítrico (NO), nítrico (NO^{-2}), nitrogênio amoniacal (NH^{+4}) e nitrato (NO^{-3}). As duas primeiras são gases e ocorrem em pequena quantidade, as três últimas são formas iônicas e encontram-se na solução do solo. São formas importantes de nitrogênio porque podem ser absorvidas e utilizadas na nutrição das plantas, principalmente a forma nítrica (NO^{-3}) e amoniacal (NH^{+4}). A quantidade dessas duas formas de nitrogênio é muito pequena, constituindo menos de 2% de nitrogênio total do solo, sendo a quase total se encontra na forma orgânica não assimilável pelas plantas (COELHO & VERLENGIA, 1973).

Quando o material orgânico é adicionado ao solo, bactérias, leveduras, fungos, protozoários e outros organismos atacam os seus vários constituintes, degradando-os em compostos mais simples. A porção protéica, através de enzimas proteolíticas dos microrganismos, principalmente bactérias e fungos, é transformada em aminoácidos, peptonas e peptídeos (NEPTUNE et al, 1960).

Amonificação é o processo de conversão do N-orgânico em amônio. Embora não tenha organismos específicos, é realizada por algumas bactérias como as do gênero *Clostridium* e *Pseudomonas* (GRISI, 1996). A amônia (NH₃) liberada se combina, com a água e produz o amônio, que pode ser: absorvido pelas plantas; adsorvido a minerais de argila; dissolvido na solução do solo, volatilizar, ou sofrer o processo de nitrificação. O amônio, apresentando carga positiva, é facilmente adsorvido as partículas coloidais do solo.

A nitrificação é o processo de oxidação da amônia ou amônio a nitrato. A nitrificação é realizada por microrganismos autotróficos que usam o nitrogênio como fonte de energia. Este processo é muito dependente de pH, cujo ótimo está entre 6,6 e 8,0 (GRISI, 1996). De acordo com PEREIRA (1994), vários fatores podem afetar a nitrificação: aeração, umidade, pH, temperatura, cultura, relação C/N, condições ambientais e presença de raízes.

O nitrato por ser um ânion que fica livre na solução do solo, pode ser lixiviado, absorvido por plantas e microrganismos e utilizado na síntese de aminoácido ou, em ambiente sem oxigênio, ser utilizado como acceptor de elétrons e ser reduzido a amônio (GRISI,1996).

A perda de nitrogênio do solo é muito comum, sendo causada pela erosão, lixiviação e remoção pelas colheitas. Há também a perda por volatilização que envolve a perda de óxido nitroso produzido durante a desnitrificação em condições de anaerobiose (COELHO & VERLENGIA, 1973).

A disponibilidade do N para as plantas depende da taxa de liberação do N-orgânico para a solução do solo através da decomposição microbiana da matéria orgânica. Essa liberação, que pode ser obtida através de experimento de incubação do solo por um determinado tempo, normalmente se correlaciona com

as quantidades de N absorvido pelas plantas, fornecendo a potencialidade do solo em liberar o N para as plantas sob condições ideais (CANTARELLA, 1989).

Segundo RAIJ (1991), há duas fontes gerais de N disponível no solo para as plantas, o N-inorgânico (amônio e nitrato) e a matéria orgânica, através da mineralização. De acordo com BAYER & MIELNICZUK (1997) em solos degradados, os baixos teores de matéria orgânica podem determinar menor disponibilidade de N-mineral às culturas, resultando numa das principais limitações à produtividade agrícola.

De acordo com ANDRADE e OLIVEIRA (2005), os teores totais de nitrogênio no solo e os estoques de nitrogênio não foram influenciados após cinco anos da aplicação de doses de um biofertilizante alcalino em superfície.

TRIVALIN et al (2002) determinou as perdas de N da uréia no sistema solo-planta em dois ciclos de cana-de-açúcar em cana-planta as perdas foram de 12% do N-uréia, que ocorreu principalmente por desnitrificação no solo. Em cana-soca, a aplicação de uréia em profundidade resulta em 81% de recuperação do N-fertilizante enquanto na superficial, somente em 50%.

SALCEDO (1985) avaliou a mineralização do C e do N em Podzólico Vermelho-Amarelo cultivado com cana-de-açúcar e verificaram que a mineralização foi maior na profundidade 0-20 cm e, nesta camada ocorreram as maiores variações. Contudo apesar de ser considerado um solo de baixa fertilidade, as quantidades de N orgânico mineralizado poderiam satisfazer as necessidades de N da planta.

MARCHIORI (1998) avaliou a relação que existe entre N-mineralizável, N-extraído e N-amoniaco. Concluiu que existem correlações positivas e significativas entre o N-mineralizável, N-extraído e N-amoniaco, nas profundidades 0-10 e 10-20 cm, foram obtidas em solo sob diferentes usos.

A diversidade dos fatores que influenciam a mineralização do N orgânico e a dinâmica das formas inorgânicas do N no solo dificulta a obtenção de métodos satisfatórios de avaliação da disponibilidade deste elemento para as plantas.

Diversos métodos de experimentação são propostos na literatura para a avaliação da disponibilidade de N no solo. Estes dividem-se entre biológicos e químicos.

Os métodos biológicos de estudo da disponibilidade de N visam avaliar a quantidade de N efetivamente disponível em condições de campo ou estimar esta disponibilidade em condições controladas de casa de vegetação ou de laboratório. É requisito fundamental, nestes métodos, a presença de população microbiana adequada a mineralização do N orgânico (TEDESCO, 1985).

Os métodos biológicos baseiam-se na atuação de plantas e microrganismos. Eles podem ser de longa duração, quantificando o N-mineralizado durante o crescimento ativo das culturas, ou de curta duração, embasados na incubação (aeróbica ou anaeróbica) de amostras no laboratório.

A incubação anaeróbica mantendo o solo coberto com água e determinando-se o amônio mineralizado após determinado período apresenta boas correlações com N absorvido pelas plantas. O método apresenta como dificuldade: a) a avaliação dos metabólitos formados; b) está sujeito a variações devido ao tratamento da amostra (secagem, estocagem); c) o nitrato presente pode ser perdido por desnitrificação; e d) demora no tempo de extração (RODRIGUES FILHO & LANCASTER 1984).

Os métodos químicos envolvem o uso de reagentes com o objetivo de extrair do solo frações de N orgânico facilmente mineralizável ou que apresentem boa correlação com o N inorgânico produzido em determinado intervalo de tempo (CANTARELLA, 1989).

Segundo RAIJ (1991) o nitrogênio é o mais importante dos macronutrientes, tanto em uso de fertilizantes, mundialmente, e como em conteúdo nas culturas e nas colheitas. O nitrogênio na planta é inicialmente reduzido à forma amoniacal e combinado nas cadeias orgânicas, formando ácido glutâmico, este por sua vez, incluído em mais de uma centena de diferentes aminoácidos. Desses, cerca de 20 são usados na formação de proteínas. As proteínas participam, como enzimas, nos processos metabólicos das plantas, tendo assim uma função mais funcional

do que estrutura. Além disso, o nitrogênio participa da composição da molécula da clorofila.

Plantas deficientes em nitrogênio apresentam-se amareladas e com crescimento reduzido. A clorose se desenvolve primeiro nas folhas mais velhas, com as mais novas permanecendo verdes. Em casos de deficiências severas, as folhas adquirem coloração marrom e morrem. O fato das folhas mais novas das plantas conservarem-se verdes, em condições de deficiência de nitrogênio, é um indicativo da mobilidade do nutriente nas plantas. As proteínas translocam-se das folhas deficientes e são reutilizadas nas folhas mais novas. Plantas deficientes em nitrogênio têm seu ciclo encurtado, amadurecendo antes (RAIJ, 1991).

O principal efeito bioquímico da falta de nitrogênio é a inibição da síntese protéica. A inibição da síntese de clorofila resulta de uma clorose generalizada, ocorrendo, assim, diminuição na síntese de aminoácidos essenciais, além de efetuar os processos de síntese de carboidrato e esqueletos carbônicos envolvidos nas sínteses orgânicas subseqüentes. Os sintomas de deficiência de N aparecem inicialmente nas folhas mais velhas e, com o progredir da deficiência, toda a planta é afetada. As raízes apresentam-se porém compridas, mas com menor diâmetro que aquelas que receberam suprimento adequado do nutriente (SILVA & CASAGRANDE, 1983).

Por outro lado, o emprego de excesso de nitrogênio na planta, gera crescimento vigoroso e folhas verdes escuras, além de promover a alongação da fase vegetativa, atrasando a maturação, aumentando o ciclo da planta, aumentar a succulência da planta (que pode favorecer o ataque de pragas e doenças) e por outro lado reduzir o açúcar acumulado (BARBERI, 1984).

O uso de adubo nitrogenado é um meio rápido e imediato de aumentar a disponibilidade deste elemento no solo. Porém, o aproveitamento pelas plantas é de ordem de 50-60% (BARTHOLOMEW, 1975).

ZAMBELO JR & ORLANDO FILHO (1981) concluíram que, de maneira geral, as soqueiras de cana-de-açúcar apresentam maiores possibilidades de respostas positivas a adubação nitrogenada que a cana-planta. HUMBRTO

(1968), citado por CARNAÚBA (1990), sugere que as explicações para este fato esta na diferença do vigor dos sistemas radiculares da cana-planta e das soqueiras, como a cana-planta é menos vigoroso, portanto é menos apto a absorverem nitrogênio em profundidade, tornando a adição de N as socas essencial à manutenção de altas produtividades.

A cana-de-açúcar apresenta evidencia de absorver mais rapidamente o NH_4 (CLEMENTS, 1980), no entanto a preferência para absorver uma forma de nitrogênio, segundo KIEHL (1980), é de importância secundaria, pois, quando se compara o efeito de fontes amoniacais e nítricas em condições normais de cultivo, observam-se efeitos similares, pois o processo de nitrificação (oxidação microbiológica da amônia a nitrato) é relativamente rápido (KIEHL & COBRA NETO, 1976), e assim as plantas passam a absorver o NO_3 independentemente da forma aplicada, por ser a forma predominante no solo.

De acordo com PENATTI & FORTI (1994), o nitrogênio é um dos nutrientes mais difíceis de serem recomendados adequadamente, sendo necessários estudos de calibração de adubação nitrogenada em soqueiras de cana-de-açúcar.

1.2.3. Dinâmica do Lodo de Esgoto no solo e sua aplicabilidade em áreas agrícola

O lodo de esgoto é o resíduo que se obtém após o tratamento das águas servidas (esgotos) com a finalidade de torná-las o menos poluído possível, de modo a permitir seu retorno ao ambiente sem que sejam agentes de poluição (MELO, 2001).

De acordo com MARQUES (1990), o lodo de esgoto pode ser definido como “Material sólido, constituído basicamente, de matéria orgânica, elementos nutrientes de plantas e metais pesados, além de microrganismos patogênicos ou não, obtido em Estações de Tratamento de Esgotos residenciais”.

Há vários processos para se conseguir a descontaminação das águas servidas, assim como para tratamento do lodo obtido, em função do que sua

composição química e biológica pode variar de modo sensível. A previsão da evolução da produção de lodo de esgoto no Brasil é um tanto difícil, tendo em vista o grau de desenvolvimento e da evolução da população nas diferentes regiões do país.

MARQUES (1990), analisando a composição média dos biossólidos digerido e seco proveniente da estação de recuperação da qualidade das águas da Vila Leopoldina – SABESP – São Paulo, SP encontrou os seguintes valores médios: 0,36% de N; 0,51% de P_2O_5 ; 0,095% de K_2O ; 0,485% de Ca; 0,18% de Mg; 0,235% de S; 776 mg Kg^{-1} de Zn; 331 mg Kg^{-1} de Cu; 7703,6 mg Kg^{-1} de Fe; 189,5 mg Kg^{-1} de Mn; 112,5 mg Kg^{-1} de Al.

Os metais pesados, adicionados ao solo com o lodo de esgoto, apresentam um comportamento que depende do tipo de solo, ou seja, do seu conteúdo em matéria orgânica, dos teores dos óxidos de ferro, alumínio e manganês, dos tipos e concentrações dos minerais de argila, da CTC, da relação macro/microporos e do teor de umidade.

De um modo geral, os metais pesados tendem a se complexar com a matéria orgânica, o que diminui sua mobilidade no perfil do solo, fazendo com que sua distribuição no perfil siga o modelo da distribuição da matéria orgânica.

O interesse pelo uso de biossólido como fertilizante é relativamente recente mesmo em alguns países desenvolvidos. De um modo geral, os experimentos com biossólido seco ou líquido têm revelado aumento na produtividade das culturas, refletindo economia nos gastos com fertilizantes minerais, embora, em alguns casos, não se tenha detectado efeito benéfico e, em outros, até mesmo um efeito depressivo sobre o desenvolvimento das culturas (KING & MORRIS, 1972).

A decomposição do lodo de esgoto produz agentes complexantes, que facilitam a movimentação de fosfatos combinados com ferro e alumínio, além de permitir melhor aproveitamento dos nutrientes pelas plantas em decorrência da lenta liberação dos mesmos através do processo de mineralização da matéria orgânica (CARVALHO & BARRAL, 1981). A adição de material orgânico ao solo promove aumento na disponibilidade de fósforo pela liberação de P-orgânico

durante o processo de mineralização, dissolução de fosfatos insolúveis em água pela ação do ácido carbônico formado pela reação da água com gás carbônico proveniente da decomposição do material orgânico, formação de complexos fosfo-húmicos facilmente assimiláveis formação de fosfatos orgânicos mais fracamente retidos no solo, revestimentos superficial das partículas de argila evitando o contato direto das mesmas com o fosfato (MELLO, 1980).

O uso deste resíduo como fertilizante, vem sendo citado por vários autores (McCOY, et al. 1986, KIRKAM, 1982). Culturas como a soja, milho e arroz, já foram empregadas como indicadores do lodo de esgoto como fertilizante (BETTIOL e CARVALHO, 1982).

Os experimentos com lodo de esgoto têm revelado aumento na produtividade das culturas, geralmente complementado com fertilizantes minerais, visando o equilíbrio nutricional do solo, refletindo economia nos gastos com estes, embora em alguns casos, não se tenha constatado efeito benéfico e, em outros, até mesmo um efeito depressivo sobre o desenvolvimento das culturas (COKER, 1966; HINESLY et al., 1971; KING e MORRIS, 1972).

Deve-se ressaltar que ROS et al. (1990), em trabalho com a aplicação de lodo de esgoto na cultura do milho e na associação de aveia + ervilhaca, considera necessária a suplementação potássica do lodo, quando da aplicação deste como fertilizante.

DIAS (1994) e SEKI (1995) estudando a aplicação de lodo de esgoto constataram que a aplicação do resíduo aumentou os teores de fósforo, pH, CTC e SB. Ratificam, ainda, a atuação do lodo de esgoto como fornecedor de nutrientes para as plantas e estimulador do crescimento vegetativo.

O lodo aumenta a estabilidade dos agregados, com conseqüente mudança na estrutura do solo, afetando diretamente suas características hídricas, melhorando a distribuição das raízes (BETTIOL, 1983). Há a diminuição da densidade dos solos, com aumento do estado de agregação das partículas e aeração do sistema, permitindo maior taxa e constância na renovação do oxigênio (BERNARDES, 1982). Lodo de esgoto é fonte de N, P, K e S para o solo e atua

também melhorando as propriedades físicas deste, o que resulta em maiores produtividades (SABEY, 1974).

Além da melhoria nas propriedades físicas dos solos, YONOS et al.(1982), ressalta a atuação do lodo nas propriedades químicas e eletroquímicas do solo, no sentido de melhorar a fertilidade deste, com reflexo na produtividade.

A decomposição do lodo produz agentes complexantes, que facilitam a mobilização de fosfatos, que normalmente acham-se combinados com o ferro e alumínio do solo (CARVALHO e BARRAL, 1981). BERRY e MARX (1977), em trabalho com solos degradados, com a camada superficial removida, verificaram que o lodo de esgoto atuou com efeito restaurador, reciclando nutrientes.

1.2.4. Efeito da Vinhaça na produtividade da cana-de-açúcar

As destilarias de aguardente e as de álcool, autônomas ou anexas às usinas de açúcar, produzem como principal resíduo líquido a vinhaça, também conhecida por vinhoto, restilo ou calda. Este efluente tem coloração que varia de amarelo âmbar ao pardo escuro e, no final do processo de destilação, apresenta-se com temperaturas pouco abaixo do ponto de ebulição da água (80 a 90°C), possuindo um pH abaixo de 4,0. Com elevados valores de DBO (demanda bioquímica de oxigênio) e de DQO (demanda química de oxigênio). O elevado teor de água nas vinhaças juntamente com a predominância de matéria orgânica sobre os componentes minerais caracteriza-se como um resíduo líquido que, devido aos sólidos em suspensão, é classificado como fonte de matéria orgânica líquida. Esse resíduo apresenta-se ainda com um elevado conteúdo de potássio em relação aos minerais totais e aos nutrientes nitrogênio e fósforo (GLÓRIA, 1996).

Na indústria sucroalcooleira, são gerados três tipos de vinhaça em função da origem, sendo proveniente do mosto de caldo de cana, do mosto de melação e do mosto misto, resultante da mistura dos mostos anteriores (TEDESCO, 1999).

A utilização de resíduos da indústria como a vinhaça, já é rotina em muitas regiões canavieiras do país com aumentos notórios na produção de cana-de-

açúcar. Mais recentemente, pressões sociais, para reduzir a emissão de CO₂ e de partículas sólidas sobre as áreas urbanas, intensificaram a colheita da cana-de-açúcar sem a queima previa da palhada.

O aproveitamento de resíduos orgânicos gerados na produção agroindustrial e usados como fertilizantes, é cada vez mais comum na agricultura atual. As mudanças nas propriedades químicas do solo promovidas pela aplicação de vinhaça podem alterar as propriedades físicas como estabilidade de agregados e dispersão de argila do solo. Apesar do aumento temporário do pH devido a aplicação deste resíduo ao solo, alguns trabalhos mostram que a sua aplicação no solo por longo tempo, melhora estrutura por seus efeitos na agregação do solo. ORLANDO FILHO et al. (1983), afirma que a vinhaça, resíduo da fabricação do álcool, é produzida, em média, na proporção de 13 litros para cada litro de álcool. Subproduto da indústria sucroalcooleira apresenta elevado índice de D.B.O. (demanda biológica de oxigênio), variando de 20.000 a 35.000 mg L⁻¹, em função de sua riqueza em matéria orgânica, caracterizando-se, portanto como material poluente quando descartada em cursos de água. Entre as opções de aproveitamento da vinhaça, a utilização agrícola do resíduo "in natura" na lavoura, substituindo total ou parcialmente as adubações minerais, é amplamente recomendada.

GLÓRIA e ORLANDO FILHO (1983), concluem que a adição de vinhaça ao solo promove melhorias na estrutura física do solo como: porosidade, densidade do solo, estado de agregação etc. Bem como aumenta a disponibilidade de nutrientes, melhora a atividade microbiana e eleva o pH.

Em trabalho realizado pela COPERSUCAR (1980), em Latossolo Vermelho Escuro e aplicando vinhaça, junto com nitrogênio e fósforo, em diferentes dosagens, concluiu-se que Brix e Pol% cana não apresentaram alterações significativas, porém, notou-se diminuição dos mesmos com a aplicação de vinhaça. O mesmo autor também observou que houve diferença nos teores de AR e fibra entre os tratamentos estudados.

GLÓRIA e MATTIAZO (1976) afirmam que as vantagens da aplicação da vinhaça "in natura" nas lavouras canavieiras, têm sido demonstradas por vários autores, principalmente devido à riqueza em matéria orgânica e em nutrientes minerais, destacando-se o potássio e o cálcio, substituindo total ou parcialmente as adubações minerais de parte dos canaviais. COELHO e AZEVEDO (1986) chegaram à conclusão de que a vinhaça, quando aplicada em quantidades que atendem às exigências das plantas, proporcionou aumentos de nutrientes ao solo, principalmente potássio.

Vinhaça aplicada em cana soca (3º corte), concluíram que as maiores produtividades ocorreram nas parcelas com a aplicação de vinhaça, quando se compara com aquelas que só receberam adubo mineral, porém os tratamentos não diferem significativamente (FURLANI NETO et al, 1985). Enquanto que NAGAKI (1996), aplicando vinhaça em solo cultivado com cana-de-açúcar verificou que as variedades agroindústrias não diferiram entre si, com exceção da porcentagem de fibra, que apresentou diferença significativa quando se aplicou vinhaça, como fonte de potássio.

ROSSETO et al. (1987), comentou que a vinhaça trata-se de um material com cerca de 2 a 6% de constituintes sólidos, onde se destaca a matéria orgânica em maior quantidade. Em termos minerais, ressaltam-se as quantidades de potássio e teores médios de cálcio e magnésio.

RODELLA e FERRARI (1977) estabeleceram as amplitudes de variação dos principais constituintes da vinhaça provenientes de diversas destilarias autônomas, sendo 1,10 a 2,40 para Brix; 3,20 a 4,30 para pH; 0,33 a 0,71 para % de cinzas; 0,40 a 0,85 para % de C; 0,01 a 0,05 para % de N; 0,03 a 0,20 para % de K; 18 a 62 ppm de P; 61 a 223 ppm de Ca e 65 a 190 ppm de Mg. RODELLA et al. (1980), estudando a vinhaça proveniente de diversas regiões do Estado de São Paulo, nas safras 78/79 e 79/80, verificaram que esta pode sofrer variação profunda dentro da mesma destilaria, em função de mudanças no sistema de trabalho.

ROSSETO et al. (1987), ressaltou a importância da caracterização da vinhaça através de uma análise química periódica, a partir de amostragem criteriosa, para a obtenção de dados seguros para seu uso racional. Salienta ainda, que na inviabilidade deste procedimento, pode-se lançar mão de métodos simplificados de análise.

AGUJARO (1979), LORENZETTI e FREITAS (1978), MAGRO (1978), trabalhando com a aplicação de vinhaça por fertirrigação, obtiveram resultados semelhantes que mostraram aumentos expressivos na produtividade agrícola em áreas que receberam vinhaça. Entretanto, seu excesso, em alguns casos chegava a ser depressivo na produção de açúcar por hectare. citado por ROSSETO (1987), concluiu que 300 Kg de $K_2O \cdot ha^{-1}$ seria a dosagem ótima deste nutriente para o solo.

MAGRO e GLORIA (1977), trabalhando com ensaios em Latossolo Roxo, utilizando a variedade NA 56-79, constataram que a complementação da vinhaça, com fosfato, não proporcionou efeito favorável à mesma, o mesmo ocorrendo com o nitrogênio, adicionado através do DAP (diamônio fosfato). Esta complementação, segundo os autores, chegou mesmo a provocar efeito depressivo na produtividade e Pol da cana-de-açúcar.

A complementação nitrogenada da vinhaça é um procedimento adequado. Entretanto a alternância dos resultados, quanto aos níveis de nitrogênio aplicados, demonstra a necessidade da análise da composição da vinhaça com que se está trabalhando e realizar experimentação local para a obtenção de resultados mais confiáveis (ROSSETO et al. 1987).

O acúmulo de potássio na cana-de-açúcar, causado pelo excesso deste elemento no solo, gera um aumento considerável no teor de cinzas do caldo. Este fato provoca efeitos negativos na qualidade da matéria-prima, devido ao aumento de cinzas exercerem ação "melacigênica", ou seja, dificultam a recuperação da sacarose na forma cristalizada, alteram a forma dos cristais e retardam a filtração e a industrialização do açúcar, reduzindo a eficiência das operações de refino, ou seja, reduz o rendimento industrial em termos de açúcar ensacado.

Conseqüentemente produz quantidade maior de mel final, além de depreciar a qualidade do açúcar obtido, devido ao aumento de cinzas neste açúcar produzido (CÉSAR et al,1978).

MAGRO (1978) e FERNANDES (1974) através de trabalhos realizados com cana irrigada com vinhaça admitiram que grandes doses deste material propiciam elevada produção de colmos, porém há uma significativa depreciação na qualidade da matéria-prima. STUPIELLO et al. (1977), estudando o efeito da vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar, verificaram aumento na produtividade de colmos, queda na Pol% cana e nenhum efeito sobre a produção de sacarose por hectare.

A análise da composição da fração sólida da vinhaça ressalta a importância da matéria orgânica seguida de cátions, muitos dos quais são nutrientes de plantas. O efeito da aplicação deste material no solo corresponderia a uma fertilização orgânica, assim como seus efeitos no solo.

GLÓRIA e ORLANDO FILHO (1983) enumeram como efeito no solo pela aplicação da vinhaça, a elevação do pH, o aumento na disponibilidade de alguns nutrientes, aumento no poder de retenção de cátions e água pelo solo, melhoria na estrutura física do solo, diminuição na disponibilidade de nitrogênio do solo, aumento da população e atividade microbiana do solo.

O aumento do pH do solo provocado pela vinhaça, apesar desta apresentar características ácidas, com pH próximo a 4, pode ser atribuído a matéria orgânica atuando como complexante do alumínio do solo segundo, GLORIA e MATTIAZZO (1976).

Vários autores ressaltam que, quando se aplica nos solos produtos contendo matéria orgânica, é possível ocorrer elevação do pH. No caso da vinhaça esse efeito, no sentido de elevar o pH do solo, é conhecido há muito tempo.

As explicações de como a decomposição da matéria orgânica pode promover aumento do pH do solo não são unânimes. HOYT e TURNER (1975) afirmam que esse efeito é decorrente da complexação do alumínio solúvel por

substâncias orgânicas formadas durante o processo de decomposição da matéria orgânica. MATTIAZZO e GLÓRIA (1987) explicam que a elevação do pH de solos tratados por vinhaça decorre da produção de íons hidroxilas (OH⁻), quando o oxigênio atua como receptor final de elétrons na reação de oxidação do carbono orgânico por microrganismos. Para HUE (1992) esses íons hidroxilas são produzidos por reações de troca de ligantes entre ânions orgânicos e terminais de (OH⁻) de óxidos de ferro e alumínio e, por reações semelhantes à adsorção de fosfatos, em que ânions orgânicos (tartaratos e ftalatos, por ex.) são adsorvidos aos óxidos, o que libera na solução do solo íons OH⁻.

ORLANDO FILHO et al. (1983), afirmam que a vinhaça, quando aplicada em doses maiores, provoca elevação da CTC, muito provavelmente devido a um efeito direto da matéria orgânica e a um efeito indireto resultante da elevação do pH do solo. O mesmo autor afirma que há uma elevação na concentração de alguns cátions no solo, principalmente, potássio e cálcio.

1.3. REFERÊNCIAS

AGUJARO, A. O uso da vinhaça na Usina Tamoio como Fertilizante. Saccharum: revista Tecnológica da Indústria Açucareira e Alcooleira, São Paulo, v.2, n.4, p.23-27, 1979.

AGRIANUAL, Anuário da agricultura brasileira. São Paulo – sp. 504p, 2006.

ANDERSON, C. A. Distribuição terceirizada de calcário fica mais em conta. In: **AGRIANUAL 2005**, 134-135p, anuário da agricultura brasileira. São Paulo.

ANDRADE, C. A.; OLIVEIRA, C. Qualidade da matéria orgânica e estoques de carbono e nitrogênio em Latossolo tratado com biossólido e cultivado com eucalipto. **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.29, p803-812, 2005.

BARBERI, S. A. Nutriente balance and nitrogen use. In: HAUCH, R. D. (Ed.) **Nitrogen in crop production**. Madison: 1984, p88-95.

BARTHOLOMEW, W. V. El nitrogênio y la material organica de los suelos. In: DROSDOFF, M. et al. (Ed.) **Suelos de las regiones tropicales húmedas**. Buenos aires: Marymar, 85-107p, 1975.

BAYER, C.; MIELNICZUK. Nitrogênio total de um solo submetido a diferentes métodos de preparo e sistemas de cultura **Revista Brasileira de Ciência do Solo**, Viçosa, v.21, p235-39, 1997.

BERNARDES, L.F. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto nas propriedades físicas do solo**. 1982. 50f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

BERRY, C.R.; MARX, D.H. Growth of lablolly pine seedlings in strip-muned kaolin spoilas influenced by sewage. **Journal of Environment Quality**, Madison, v.6, n.4, p.379-381, 1977.

BETTIOL, W. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante. **O Solo**, Piracicaba, v.75, n.1, p.44-54, 1983.

BETTIOL, W.; CARVALHO, P. C. T. Lodo de esgoto como fertilizante para a cultura do milho (*Zea mays*, L) híbrido HMDO7974. **Fertilizantes**, São Paulo, v.4, n.31, p9-11,1982.

BEZERRA, F. Apresentação. In: Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da cana-de-açúcar. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar: diversificação**,

matéria prima, derivado do bagaço, derivado do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. p1.

CARNAUBA, B. A. A. O Nitrogênio e a cana-de-açúcar. **STAB, Açúcar, Álcool e Subproduto**, Piracicaba, v. 8, n.34, p.24-41, 1990.

CANTARELLA, H. Matéria orgânica e nitrogênio do solo. In: BULL, L. T.; ROSOLEM, M. C. A. **Interpretação e análise química do solo e planta para fins de adubação**. Botucatu: Fundação de estudos e Pesquisas Agrícolas e florestais, 1989. p.37-73.

CARVALHO, M. A.; SILVA, V.; MELLO, N. T. C.; AMARO, A. A. **Prognóstico agrícola 2005/06**: culturas perenes e semi-perenes. Disponível em: <www.iea.sp.gov.br>. Acesso em 20 nov 2006.

CARVALHO, P.C.T.; BARRAL, M.F. Aplicação do lodo de esgoto como fertilizante. **Fertilizantes**, São Paulo, v.3, n.2, p.1-4, 1981.

CASAGRANDE, J. C. Fontes e localização de fertilizantes nitrogenados na cultura da cana-de-açúcar colhida sem queimada. **Álcool & Açúcar**, Piracicaba, n.75, p26-30, 1994.

CÉSAR, M.A.A.; DELGADO, A.A.; GABAN, L.C. Aumento do nível de amido e de potássio no caldo de cana-de-açúcar, decorrente da aplicação sistemática de vinhaça ao solo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.92, p.24-9, 1978.

CLEMENTS, M. F. **Sugarcane crop logging and crop control**: principles and practices. London: Pitman Publis. 1980, 820p.

COCKER, E.G. The value of liquid digest sewage. I -The effect of liquid sewage sludge on growth and composition of grass-clover swards in Southwest England. ***Journal Agricultural Science***, Cambridge, v.67, p.91-97, 1966.

COELHO, M. B.; AZEVEDO, H. J. de. Utilização da vinhaça em cana de açúcar. **STAB: Açúcar Álcool e Subprodutos**, Piracicaba, v.4, n.5, p.49-52, 1986.

COELHO, F. S.; VERLENGIA, F. **Fertilidade do solo**. 2.ed. Campinas: Instituto Campineiro de Ensino Agrícola 1973. 384p.

COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. Aplicação de vinhaça a soqueira de cana-de-açúcar em três anos de cultivo. Piracicaba, 1980. 4p. (Boletim Técnico).

COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S.; MARQUES, M. O.; SANTANA, R. C. Estudo de caso – utilização de lodo de estações de tratamento de esgoto (ETEs) na cultura de mamoeiro no norte de estado de Espírito Santo. In: ANDRIOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima/ABES, 2001. p.189-214.

DIAS, F. L. F. **Efeitos da aplicação de calcário, lodo de esgoto e vinhaça em solo cultivado com sorgo granífero (*Sorghum bicolor* (L.) Moench)**. 1994, 74f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

FERNANDES, A. C. **Comportamento agro-industrial de seis variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*) com e sem fertirrigação**. 1974. 82f. Tese (Mestrado em produção Vegetal) - Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

FRONZALIA, T. Cana-de-açúcar: expansão alarmante, instituto de economia agrícola, 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8905>>. Acesso em: 2 abr. 2007.

FURLANI NETO, V. L. et al. Formas de cultivo de cana soca. associação e utilização agrícola da vinhaça com adubo mineral. **STAB: Açúcar Álcool e Subprodutos**. Piracicaba, v.3, n.6, p. 42-56, 1985.

GARCIA, C.; HERNANDEZ, T.; COSTA, F. Study on water extract of sewage sludge compost. **Soil Science Plant Nutrition**, Bunkejo-kun, v.37,n.3, p.399-408,1991.

GLÓRIA, N.A.; MATTIAZZO, M.E. Efeito da matéria orgânica na solubilização de fosfatos no solo. II. Efeitos de resíduos de usinas de açúcar e destilarias (bagaço de cana, torta de filtro e vinhaça). **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.88, n.5, p.386-95, 1976.

GLÓRIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. **Aplicação da vinhaça como fertilizante**. São Paulo: Coopersucar, 1983. 38p. (Boletim Técnico Coopersucar, 5-1).

GLORIA, N. A. O uso agrícola de resíduos da indústria sucroalcooleira. In: CONGRESSO LATINO AMERICANO DE CIENCIA DO SOLO, 13., 1996, Águas de Lindóio **Anais**. Águas de Lindóia: SBCS, 1996. 1 CD ROM.

GRISI, B. M. Participação da microbiota na ciclagem de nutrient. In: CONGRESSO BRASILEIRO DE CIÊNCIA DO SOLO, 1996, Rio de Janeiro, **Anais**. Rio de Janeiro: editora, 1996. 1CD-ROM.

HINESLY, T. P.; BRAIDS, O.C.; MOLINA, J.A.E. Agricultural benefits and environmental changes resulting from the use of digest sewage sludge on field crop: Report of a solid waste demonstration project. Washington: USEPA, 1971.

HOYT, P. B.; TURNER, R. C. Effects of organic material added to very acid soil on pH, aluminum, exchangeable NH₄ and crop yields. **Soil Science**, London, England, v.119, p.227-237, 1975.

HUE, N. V. Correcting soil acidity of a highly weathered ultisol with chicken manure and sewage sludge. **Communications in Soil Science and Plant Analysis**, Athenas, Georgia, v.23, n. 3-4, p. 241-264, 1992.

KIEHL, J. C.; COBRA NETO, A. A nutrição de amônia em alguns solos de município de Piracicaba. **O Solo**, Piracicaba, v.68, p.32-9, 1976.

KIEHL, J. C. Matéria orgânica e nitrogênio no solo. Piracicaba: departamento de solos, Geologia e Fertilizantes, 1980. 90p. (Mimeografado).

KING, L. D.; MORRIS, H. D.; Land disposal of liquid sewage sludge. I the effect on yield, in vivo digestibility and chemical composition of coated bermuda grass (*Cynodon dactylon* L, Pers). **Journal Environmental Quality**, Oxford, v.1, p.325-329, 1972.

KIRKAM, M.B. Agricultural use of phosphorus in sewage sludge. **Advances in Agronomy**, Madison, v.35, p.129-63, 1982.

LORENZETTI, J.M.; FREITAS, P.G.R. Aplicação de vinhaça por aspersão. **STAB: Açúcar Álcool e Subprodutos**, São Paulo, v.1, n.2, p.16-22, 1978.

MAGRO, J.A. Uso da vinhaça em cana-de-açúcar na Usina da Pedra, Serrana. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.92, n.4. p.40-8, 1978.

MAGRO, J.A.; GLÓRIA, N.A. da. Adubação de soqueira de cana-de-açúcar com vinhaça; complementação com nitrogênio e fósforo. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.90, n.6, p.363-366,1977.

MARCHIORI JR, M. **Carbono, nitrogênio, biomassa microbiana e atividade enzimática num solo sob mata natural ou cultivado com pastagem ou algodoeiro**. 1998. 81f. Dissertação (Mestrado de Agronomia) - Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MARCIANO, C. R. **Alterações nos atributo físico - hídricos do solo pela aplicação de resíduos urbanos**. 1999. 74f. Tese (Doutorado). Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz". Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: editora, 2006. p. 369-375.

MARQUES, M. O. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar**. 1990. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura "Luiz de Queiroz", Universidade de São Paulo, Piracicaba.

MARQUES, O. O.; MELO, W. J.; BERLLINGIERÍ, P. A.; MARRETO, G. H.; KANESIRO, M. A.; MARQUES, T. A.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. Residual effect of sewage sludge on the fertility of a soil copped with sugar-cane . In.: DROZ, J.; GONET, S. S.; SENESI, N; WEBER, J. **The role of humu substances in the ecosystems and in environmental protection**. Wroclaw: PTSH, 1997. p. 883 – 888.

MARQUES, O. O.; MELO, W. J.; CAMILOTTI, F.; TASSO JUNIOR, L. L.; NOBELE, F. O. sugarcane parameters in trosolid and miane added soil. In: FAZ CANO, A.; ORTIZ SILLA, R.; MERMUT, A.R. **Sustainable use and management of soils in and semiarid regions**. Catagena: Quaderna Editorial, 2002. v. 2, p.549 – 550.

MATIAZZO, M. E.; GLORIA, N. A. Effect of vinasse on soil acidity. **Water Science of Technology**, v.19, n.7, pag.1293-1296, 1987.

McCOY, J.L.; SIKORA, L.J.; WELL, R.R. Plant availability of phosphorus in sewage sludge compost. **Journal Environment Quality**, Madison, v.15, p.403-409, 1986.

MELLO, F. A. F. de O. **O fósforo no solo e adubação fosfatada**. Piracicaba: ESALQ,1980. 39p.

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In.: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p289-363.

NAGAKI, A.M. **Comparação entre sistemas de manejo da soca de cana de açúcar abrangendo vinhaça, cultivo mecânico, palha e doses de nitrogênio**.

1996. 51f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

NEHMI FILHO, V. A. Alta do petróleo e vitória na OMC reforçam expectativas altistas. In: AGRIANUAL 2005: Anuário da agricultura brasileira. São Paulo: FNP Consultoria de Agroinformativos, 2004. p. 261-264.

NEPTUNE, A. M. L.; MENARD, L.; JOLY, S.; Atividade proteolítica e amonificante de vários tipos de solos do estado de São Paulo. I-Solo Latosol Vermelho Amarelo com e sem cobertura morta. **Anais Escola Superior Agricultura “Luiz de Queiroz”**, Piracicaba, v. 17, p.119-30, 1960.

NOBILE, F. O. **Variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar cultivada em solo acrescido com lodo de esgoto e vinhaça**. 2002. 66f. Monografia (Trabalho de graduação em agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal, 2002.

OLIVEIRA, S. A. Avaliação da disponibilidade de nitrogênio no solo. **Pesquisa Agropecuária Brasileira**. Brasília, v.24, n.2, 131p,1989.

ORLANDO FILHO, J.O. et al. Efeito da aplicação prolongada de vinhaça nas propriedades químicas dos solos com cana-de-açúcar: estudos exploratórios. **STAB Açúcar, Álcool e Subproduto**, Piracicaba, v. 1, p.28-33, 1983.

PENATTI, C. P.; FORTI, J. A. Adubação nitrogenada em soqueira de cana-de-açúcar – resultados preliminares. In SEMINARIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, Piracicaba. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1994. p.99-104.

PEREIRA, R. **Formas de nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar: efeito do local de amostragem da palha e da vinhaça**. 1994. 66f. Monografia.

(Trabalho de Graduação em Agronomia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

PEREZ, L. H.; TORQUATO, S. A. Evolução das exportações brasileiras de açúcar, 1996 a 2004. **Informações Econômicas**, São Paulo, v.36, n.1, p.43-60, 2006.

RAIJ, van B. **Fertilidade do solo e adubação**. Piracicaba: Potafos, 1991. 343p.

RODELLA, A.A.; FERRARI, S.E. A composição da vinhaça e efeitos de sua aplicação como fertilizante da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.90, n.1, p.6-13, 1977.

RODELLA, A.A.; PARAZZI, C.; CARDOSO, A.C.P. Composição da vinhaça. In : SIMPÓSIO DE TECNOLOGIA DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL, 3., 1980, Águas de São Pedro, SP. **Anais...** Águas de São Pedro: STAB-SUL, 1980. p.243-56.

RODRIGUES-FILHO, F. S.O.; LANCASTER, J. D. Avaliação de métodos químicos para prever a disponibilidade do nitrogênio orgânico no solo. **Bragantia**, Campinas, v. 43, n.2, p.313-25,1984.

ROS, C.A. da, et al. Utilização do lodo de esgoto como fertilizante: efeito imediato no milho e residual na associação de aveia + ervilhaca. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO E NUTRIÇÃO DE PLANTAS, 23, 1990, Santa Maria, RS. **Anais...** Santa Maria: SBCS, 1990. p.20.

ROSSETO, A.J. et.al. **Cana-de-açúcar, cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987. v.2, p.435-504.

SABEY, B.R. The use of sewage sludge as a fertilizer. **Environmental Engineering**, London, p.72-108, 1974.

SALCEDO, I. H.; SAMPAIO, E. S. B.; ALVES, G. D. Mineralização do carbono e do nitrogênio em solo cultivado com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira Ciência do Solo** v.9, p.33-38,1985.

SEKI, L. T. **Estudo da aplicação de doses de calcário e lodo de esgoto na cultura da aveia branca cv. UFRGS-7, cultivada em Latossolo Vermelho escuro**. 1995. 63f. Monografia (Trabalho de Graduação em Zootecnia) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

SILVA, L. C. F.; CASAGRANDE, J. C. Nutrição da cana-de-açúcar (Macronutrientes). In: ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: Planalsucar, 1983. p77-79. (Coleção Planalsucar, 2)

STUPIELLO, J.P. et al. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v.90, n.3, p.41-50, 1977.

TAUPIER, L. O. G.; RODRIGUEZ, G. G. A cana-de-açúcar: In: Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da cana-de-açúcar. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar**: diversificação, matéria prima, derivado do bagaço, derivado do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. p.21-232.

TEDESCO, M. J. Perspectivas do uso de métodos de diagnose na recomendação de fertilizantes nitrogenados no Brasil. In: REUNIÃO BRASILEIRA DE FERTILIDADE DO SOLO, 16. **Anais...** Ilhéus: 1985, p.243-273.

TESDESCO, M. J.; SELBACH, P. A.; GIANELLO, C.; CAMARGO, F. A. O. Resíduos orgânicos no solo e os impactos no ambiente. In: SANTOS, G. A.;

CAMARGO, F. A. O. **Fundamentos da matéria orgânica do solo**. 1999, p159-192.

TRIVELIN, P. C.; OLIVEIRA, M. W.; VITTI, A. C.; GAVA, G, J, C.; BENDASOLLS, J. A. Perdas do N da ureia no sistema solo-planta em dois ciclos da cana-de-açúcar, **Pesquisa Agropecuária Brasileira** v. 27, n. 2, p.193-201, 2002.

ULLER, A. Introdução. In: Instituto Cubano de Pesquisa dos Derivados da cana-de-açúcar. **Manual dos derivados da cana-de-açúcar**: diversificação, matéria prima, derivado do bagaço, derivado do melaço, outros derivados, resíduos, energia. Brasília: ABIPTI, 1999. p.1-2.

UNIÃO DA INDUSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **São Paulo**, produção de álcool do Brasil. abril 2007. Disponível em: <http://www.portalunica.com.br/portalunica/index.php?Secao=referência&SubSecao> > Acesso em 02 nov. 2006.

YONOS, T.M.; TEO, B.K.; SMOLEN, M.D. Unique method to enrich mine spoils. **Byocicle**, Emmaus, v.23, n.6, p.34-46, 1982.

ZAMBELLO JR., E.; ORLANDO FILHO, J. A adubação da cana-de-açúcar na região centro-sul do Brasil. **Boletim Técnico Planalsucar**, Piracicaba, v.3, P.5-26. 1981.

CAPITULO 2 - NITROGENIO EM CALDO DE DIFERENTES PARTES DO COLMO DA CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA COM LODO DE ESGOTO E VINHAÇA

2.1. RESUMO

O trabalho objetivou avaliar os efeitos da vinhaça e lodo de esgoto em cana-de-açúcar, cultivar SP 81-3250, quanto aos frações de Nitrogênio presentes no caldo das diferentes partes do colmo das plantas. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 13 tratamentos e 3 repetições, analisados em esquema Fatorial 3 x 2 x 2 mais um tratamento adicional. Os tratamentos testados são resultantes de três combinações de dois tipos de resíduos (lodo de esgoto; vinhaça; lodo de esgoto + vinhaça) com dois modos de aplicação (ao lado da linha de cana e em área total) e com duas doses (100 e 200 %) e mais um tratamento testemunha adicional. As variáveis analisadas foram: Nitrogênio Total, Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio Não Protéico, Nitrogênio Amínico e Nitrogênio Protéico. A vinhaça proporcionou os maiores teores de Nitrogênio em todas as frações analisadas. As aplicações dos resíduos com a dose aumentada em 100% demonstram a superioridade nas variáveis determinadas. Apenas não aumentou a fração do Nitrogênio Protéico. Para a fração de Nitrogênio Amínico, o comportamento dos diferentes tipos de resíduos na dose 100% demonstra a superioridade da vinhaça frente aos demais resíduos. O mesmo não acontece na dose 200%.

Palavras-chave: adubação nitrogenada, adubação orgânica, nutriente

2.2. INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto pode ser definido como material sólido, constituído, basicamente, de matéria orgânica, elementos nutrientes de plantas e metais pesados, além de microrganismos patogênicos ou não, sendo obtido em Estação de Tratamento de Esgotos – ETES (MARQUES, 1990).

Dentre os vários destinos que pode ser atribuído a esse material, o uso na agricultura se apresenta em destaque pelo fato desse material contribuir para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Considerada uma adequada fonte de Nitrogênio para as culturas, MELO et al. (2001).

Estudo nesse sentido foi conduzido por FRANCO (2003), o qual estudou o lodo de esgoto como fonte de nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar. O mesmo conclui que a aplicação do lodo em dois ciclos da cultura proporcionou resultados comparáveis a fertilização mineral.

A vinhaça constitui-se no principal efluente das destilarias de álcool. Em sua composição a água é a fração predominante. Entre os sólidos destacam-se frações orgânicas e elementos nutrientes de plantas, sendo que o potássio presente em torno de 21% dos elementos presentes (MARQUES, 2006).

O uso da vinhaça na agricultura, especialmente na fertirrigação de áreas cultivadas com cana é prática comum. No Estado de São Paulo, 75 a 80% dos três milhões de hectares cultivados com cana-de-açúcar são aptos a receber vinhaça (FRONZALIA, 2007).

O trabalho objetivou avaliar os efeitos da vinhaça e lodo de esgoto em cana-de-açúcar, cultivar SP 81-3250, quanto aos frações de Nitrogênio presentes no caldo das diferentes partes do colmo das plantas.

2.3. MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O projeto foi instalado no município de Pontal, Estado de São Paulo, em propriedade da Destilaria Santa Inês, localizada na Rodovia Sertãozinho-Pontal (SP 322), ocupando área de aproximadamente 0,5 ha.

O experimento foi instalado no dia 7 de abril de 2000. Para o preparo da área experimental, foram realizadas duas arações e uma gradagem, seguindo-se a abertura dos sulcos de plantio. O lodo de esgoto e a vinhaça foram distribuídos no interior do sulco de plantio ou em área total (em conformidade com o tratamento previamente estabelecido) e na seqüência, procedeu-se o plantio e o recobrimento dos toletes com terra.

O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO-Eutroférico, cuja análise química resultou em seguintes valores: pH (CaCl₂) = 5,0; M. O. (g dm⁻³) = 25; P resina = 20 (g dm⁻³); K = 1,2; Ca = 20; Mg = 6 e H +Al = 28, expressos em mmol_c dm⁻³.

Variedade da cana utilizada

A variedade utilizada foi a SP 81 – 3250 que apresenta como característica período útil de industrialização médio, ótima brotação de soqueira, alto teor de fibra e de sacarose, COPERSUCAR (1995). De acordo com NUNES JUNIOR et. al (2004), essa variedade foi a mais cultivada no Estado de São Paulo na safra 2003/2004, representando 14,23% do total da cana colhida. Considerando a região centro-sul, a mesma também foi a mais cultivada, com 11,38% na safra 2003/2004.

Lodo de esgoto e Vinhaça

O lodo de esgoto foi obtido junto à SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) – Estação de Tratamento de Esgotos de Franca – SP.

A vinhaça empregada foi proveniente da destilação de vinho resultante da fermentação do mosto de caldo na Destilaria Santa Inês Ltda, localizada no município de Pontal, SP. As composições químicas parciais do lodo de esgoto (base seca) e da vinhaça aplicados nos quatros primeiros ciclo da cultura, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 1 - Composições químicas parciais do lodo de esgoto e vinhaça.

Resíduo/ciclo	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Lodo de esgoto	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
1º ANO	79,5	10,6	0,63	--	--	400	26391	225	1000
2º ANO	52	3,4	1,96	4,3	0,6	98	29350	380	658
3º ANO	39,8	6,8	0,5	0,5	0	723	60900	110,7	416,7
4º ANO	52	3,4	0,6	4,3	0,6	676	61033	117	393,3
Vinhaça	kg m ⁻³					mg L ⁻¹			
1º ANO	0,39	0,06	4,08	2,6	0,2	4,5	59,89	0,17	0,82
2º ANO	0,3	0,09	3,83	2,7	0,2	4,2	63,42	0,12	0,76
3º ANO	0,36	0,34	1,05	1,1	0,3	7,4	69,75	1,12	2,65
4º ANO	0,4	0,01	0,85	1,2	0,4	8,6	75,25	2,05	4,47

Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos testados foram resultantes de dois tipos de resíduos: Lodo de Esgoto e Vinhaça e a combinação de Lodo de Esgoto + Vinhaça, com dois

modos de aplicação (no sulco de plantio e em área total) e com duas doses (Lodo de Esgoto fornecendo 100 e 200 % do nitrogênio necessário para a cultura da cana; vinhaça fornecendo 100 e 200% do potássio). Lodo de Esgoto + Vinhaça fornecendo 100 e 200% de N e K. ressalta-se que o Lodo de Esgoto é fonte de nitrogênio e a Vinhaça fonte de potássio. O tratamento testemunha, as parcelas receberam fertilizantes minerais por cinco anos consecutivos de acordo com as recomendações constantes do Boletim 100 do IAC, (1997) para o Estado de São Paulo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e em esquema Fatorial 3x2x2, mais um tratamento testemunha adicional, todos com três repetições, totalizando 39 parcelas.

Cada parcela experimental constitui-se de cinco linhas de cana espaçadas de 1,50m entre si e com 10 metros de comprimento e área total de 75m². Por ocasião da amostragem, procedeu-se ao descarte de 1 metro de cada uma das extremidades das parcelas e da primeira e quinta linha de cana, coletando-se as amostras nas três linhas centrais.

Amostragem

Em 25/08/2005 foram feitas coletas de 10 colmos de cada parcela experimental, os quais foram encaminhados para o Laboratório de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – *Campus* de Jaboticabal. Na seqüência esses colmos de cada parcela foram divididos em três partes iguais: terço inferior, terço médio e terço superior.

De cada parte, o material foi desintegrado e homogeneizado, sendo retirada uma amostra de 500g, a qual à prensagem, de acordo com a metodologia preconizada pelo CONSECANA (2003), foi submetida obtendo-se o caldo extraído.

No caldo extraído procedeu-se à determinação do Nitrogênio Amoniacal, Nitrogênio não Protéico e Nitrogênio Total, de acordo com a metodologia baseada na desproteinização do caldo com cloreto de bário e sulfato de zinco. Assim, após

a obtenção desses resultados, determinou-se os teores de Nitrogênio Aminico e Protéico.

2.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nitrogênio total

Os teores de Nitrogênio Total no caldo expressas em $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$ (Tabela 2), de forma geral, variam de 57,37 (media encontrada no terço médio dos colmos das parcelas do esquema fatorial) a 73,88 (media encontrada no terço médio de colmos fertilização mineral).

Os valores encontrados para os teores de Nitrogênio Total (Tabela 2) estão em sua maior parte, inserido na faixa de $49\text{-}67 \text{ mg } 100\text{ml}^{-1}$ a exemplo do trabalho de (MARQUES, 1996). Entretanto, os maiores valores obtidos ultrapassaram 10,2 % ao limite máximo proposto pelo autor. Por outro lado os intervalos dos resultados apresentados na tabela 2 encontram-se entre 11,83 e $99,26 \text{ mg } 100\text{ml}^{-1}$, que são limites mínimo e máximo encontrados por OLIVEIRA (1986).

Em relação ao tipo de resíduo estudado, observou-se que as parcelas que receberam vinhaça proporcionaram os maiores teores de Nitrogênio Total independentemente da parte analisada. Enquanto o efeito residual do lodo de esgoto foi inferior ao da vinhaça. Isso se evidencia pelos resultados encontrados na medida em que a maior participação do lodo na fertilização promovem os menores acúmulos do elemento.

A superioridade dos resultados obtidos com aplicação de vinhaça pode ser conseqüência da alta percentagem de água contida na mesma. Assim o aumento proporcionado na umidade do solo resultaria nas condições ideais e necessárias para o crescimento do sistema radicular.

Tabela 2 - Nitrogênio Total em caldo de cana-de-açúcar de 5^o corte (mg 100ml⁻¹), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo, Valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Fatores	Colmo		
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior
Resíduo (R)			
Lodo de esgoto (L)	58,35 b	50,23 b	50,51 b
Vinhaça (V)	73,08 a	69,13 a	69,30 a
L + V	55,85 b	52,75 b	55,35 b
Teste F	16,14 **	13,23 **	11,36 **
Dms (5%)	8,18	9,96	10,21
Modo de aplicação (M)			
Linha	61,76 a	57,33 a	58,83 a
Área total	63,10 a	57,41 a	57,95 a
Teste F	0,25 ns	0,00 ns	0,07 ns
Dms (5%)	5,53	6,73	6,90
Dose (D)			
100%	54,94 b	50,71 b	52,56 b
200%	69,91 a	64,04 a	64,21 a
Teste F	31,27 **	16,72 **	12,17 **
Dms (5%)	5,53	6,73	6,90
Interações			
R X M	0,28 ns	0,02 ns	1,79 ns
R X D	1,70 ns	0,76 ns	1,42 ns
M X D	0,67 ns	0,18 ns	1,02 ns
R X M X D	0,18 ns	0,76 ns	0,08 ns
Médias			
Testemunha	71,09	73,88	66,76
Fatorial	62,43	57,37	58,39
Teste F	3,22 ns	7,90 **	1,93 ns
C V (%)	12,73	16,67	16,98

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; ** significativo a 1 % de probabilidade; ns – não significativo; CV (%) – coeficiente de variação.

A relação entre a disponibilidade de água como fator para promover aumento da taxa de crescimento de sistema radicular da cana-de-açúcar é abordado por HUMBERT (1968). DILLEWIJN (1952) citado por VASCONCELOS (1998).

Outro aspecto que pode ter interferido no crescimento radicular é a disponibilidade de nutrientes. Nesse sentido, existem elementos cujo aumento de disponibilidade promove aumento no crescimento das raízes. Um exemplo é o fósforo e o potássio que está presente na composição da vinhaça. segundo (SILVA, 1992). Existe um efeito intenso do potássio no comprimento do sistema radicular.

Observa-se pelos resultados obtidos, que o efeito resultante dos fatores interferentes ocorre no sentido de aumentar o sistema radicular potencializado o maior acúmulo de nitrogênio.

Os teores de nitrogênio total não foram influenciados pelo modo de aplicação dos resíduos. Por outro lado, o aumento de 100% na dose dos resíduos elevou as quantidades acumuladas de nitrogênio total em até 27,3% quando se considera o caldo do terço superior do colmo. Esse aumento porcentual foi de 26,3% e 22,2%, respectivamente no terço médio e inferior dos colmos.

Pode-se inferir que essa semelhança em relação aos modos de aplicação decore da velocidade lenta de degradação da matéria orgânica, que é necessária para a disponibilidade dos nutrientes em geral. Em sendo gradual, os elementos tornam-se disponíveis em quantidades moderadas e em momentos distintos. O que aumenta a probabilidade de o mesmo ser absorvido pelo sistema radicular da cultura.

Nitrogênio Amoniacal

Os teores de nitrogênio amoniacal nos caldos das diferentes partes dos colmos, expressos em $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$, (Tabela 3) demonstram, da mesma forma que para o nitrogênio total o tipo de resíduo e a dose empregada exerceram influência.

De modo geral, os teores encontrados variam entre 14,85 e 16,60 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$ nas parcelas que receberam resíduos. Para a fertilização mineral esses teores oscilaram entre 18,53 a 21,74 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$. Entretanto próximos aos valores encontrados por OLIVEIRA (1986), que oscilaram entre 1,12 a 35 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$.

Considerando a porcentagem que o Nitrogênio Amoniacal representa em relação ao Nitrogênio Total, verifica-se que os resultados obtidos indicam valores oscilando entre 32,30 e 34,82%, muito superior aos valores de 6% mencionado por FERNELL (1924). Entretanto, quando se considera os resultados de OLIVEIRA (1986), verifica-se que a maior proximidade, uma vez que aquele autor encontrou valores entre 9,47 e 35,66%. De Nitrogênio Amoniacal em relação ao nitrogênio Total. O autor encontrou 21,21 % com valores médios para a referida relação.

Quanto aos resíduos testados, observa-se que independentemente da parte do colmo considerada, a vinhaça proporcionou os maiores teores. Comportamento semelhante foi observado para as doses empregadas em que o aumento em 100% proporcionou acréscimo de até 38% nos teores de nitrogênio amoniacal nos caldos obtidos no terço superior dos colmos. Os demais aumentos verificados foram de 30,1% e 34,5%, respectivamente para o terço médio e inferior do colmo.

Verifica-se ainda que apenas no terço médio dos colmos a fertilização mineral resultou em teores de nitrogênio amoniacal superiores aos tratamentos envolvendo os resíduos testados.

Tabela 3 - Nitrogênio Amoniacal em caldo da cana-de-açúcar de 5º corte (mg 100ml⁻¹), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo, Valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Fatores	Colmo		
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior
Resíduo (R)			
Lodo de esgoto (L)	15,30 b	12,71 b	12,76 b
Vinhaça (V)	20,85 a	18,74 a	18,99 a
L + V	13,65 b	13,12 b	12,79 b
Teste F	14,44 **	9,28 **	11,92 **
Dms (5%)	3,50	3,90	3,67
Modo de aplicação (M)			
Linha	16,19 a	14,79 a	15,01 a
Área total	17,01 a	14,92 a	14,68 a
Teste F	0,52 ns	0,01 ns	0,07 ns
Dms (5%)	2,36	2,64	2,48
Dose (D)			
100%	13,95 b	12,91 b	12,66 b
200%	19,25 a	16,80 a	17,03 a
Teste F	21,40 **	9,27 **	13,22 **
Dms (5%)	2,36	2,64	2,48
Interações			
R x M	0,50 ns	0,17 ns	1,29 ns
R x D	0,93 ns	0,24 ns	0,42 ns
M x D	0,65 ns	0,04 ns	0,08 ns
R x M x D	0,05 ns	0,60 ns	0,13 ns
Médias			
Testemunha	19,97	21,74	18,53
Fatorial	16,60	14,86	14,85
Teste F	2,67 ns	8,65 **	2,89 ns
C V (%)	20,37	24,90	23,82

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; ** significativo a 1 % de probabilidade; ns – não significativo; CV (%) – coeficiente de variação.

Nitrogênio Não Protéico

Os teores de nitrogênio não protéico no caldo extraído de diferentes partes de colmo de cana, expresso em $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$ (Tabela 4) ressaltam comportamento semelhante aos observados para o nitrogênio total e amoniacal. Assim, como nas demais formas de nitrogênio discutidas, a vinhaça e o aumento da dose de resíduo em 100% resultaram em aumento expressivo de nitrogênio não protéico no caldo e todas as partes estudadas. Ao mesmo tempo, o modo de aplicação dos resíduos não exerceu influências. De forma geral, os teores de nitrogênio não protéico encontrados nas parcelas fertilizadas com os resíduos estudados nas suas diferentes combinações variaram de 27,20 a 46,74 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$.

A comparação dos tratamentos com a da fertilização mineral indica que o tratamento testemunha apresentou teores maiores na base e no terço médio dos colmos. Os teores médios encontrados nessas partes foram 40,74 e 46,67 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$. Esses valores são próximos ao limites máximos encontrados por OLIVEIRA (1986), cujo intervalo foi de 3,08 e 44,38 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$.

Em relação ao nitrogênio total, os tratamentos que receberam resíduos apresentaram valores entre 47,41 a 74,87 %. Na testemunha os valores oscilaram entre 71 e 74%.

Vale ressaltar que em comparação ao trabalho de OLIVEIRA (1986), nesse caso a fração Não Protéica foi mais significativa, uma vez que aquele autor relata valores entre 20,41 e 44,71%.

Além disso, quanto maior a porcentagem da fração Não Protéica é de se esperar melhor qualidade de caldo tanto para a fabricação de açúcar quanto de álcool. Uma vez que as proteínas contribuem para a menor qualidade do açúcar e não são assimiladas pelas leveduras alcoólicas (MARQUES, 2001).

Tabela 4 - Nitrogênio Não Protéico em caldo da cana-de-açúcar de 5º corte ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo, Valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Fatores	Colmo		
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior
Resíduo (R)			
Lodo de esgoto (L)	34,95 b	29,62 b	28,63 b
Vinhaça (V)	46,74 a	41,16 a	38,76 a
L + V	29,41 b	28,32 b	27,20 b
Teste F	21,17 **	10,79 **	9,73 **
Dms (5%)	6,79	7,59	7,13
Modo de aplicação (M)			
Linha	36,89 a	33,06 a	31,54 a
Área total	37,17 a	33,01 a	31,52 a
Teste F	0,02 ns	0,00 ns	0,00 ns
Dms (5%)	4,59	5,13	4,82
Dose (D)			
100%	30,86 b	28,87 b	28,55 b
200%	43,20 a	37,19 a	34,51 a
Teste F	30,90 **	11,22 **	6,51 *
Dms (5%)	4,59	5,13	4,82
Interações			
R x M	1,03 ns	0,01 ns	2,77 ns
R x D	1,20 ns	0,41 ns	2,00 ns
M x D	1,87 ns	0,00 ns	0,01 ns
R x M x D	0,83 ns	0,21 ns	1,99 ns
Médias			
Testemunha	42,94	46,67	40,74
Fatorial	37,03	33,03	31,53
Teste F	2,18 ns	9,28 **	4,79 *
C V (%)	17,78	21,86	21,71

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; ** significativo a 1 % de probabilidade; * significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo; CV (%) – coeficiente de variação.

Nitrogênio Amínico

Os teores de Nitrogênio Amínico no caldo extraído das diferentes partes dos colmos, expresso em mg 100ml⁻¹, (Tabela 5) repetem os mesmos comportamentos encontrados nas demais frações de Nitrogênio, ou seja, a vinhaça e a maior dose dos resíduos resultaram em maiores teores. De modo geral os teores encontrados no caldo do terço médio de colmos que receberam a fertilização mineral foram superiores àqueles encontrados as parcelas que compoñham o esquema fatorial.

Os teores calculados nesse trabalho variam de 15,88 a 25,07 mg 100ml⁻¹, estando acima dos valores de OLIVEIRA (1986), os quais variaram entre 0,00 e 11,48 mg 100ml⁻¹. Em relação ao Nitrogênio Total, essa fração representa entre 27,68 a 40,16 %, superior ao intervalo dos resultados de OLIVEIRA (1986), ou seja, de 0,00 a 15,39 %.

Verifica-se, ainda, que o teor de Nitrogênio Amínico entre os diferentes tipos de resíduos estudados variou conforme a dose empregada. Assim, apenas na dose 100% o uso de vinhaça ocasionou os maiores teores (Tabela 6).

Em relação ao processo de industrialização da cana, a fração Nitrogenada Amínico, pelo menos em parte, pode ser útil quando se trata da produção de álcool, pois as leveduras conseguem assimilar até tri peptídeos. Contudo neste mesmo processo os aminoácidos, especialmente nas fases finais da fermentação alcoólica podem dar origem aos álcoois superiores, os quais podem acompanhar os álcoois etílicos, contribuindo para sua menor qualidade REALIN (1973) e GOLDEMBERG & MACEDO (1994).

No processo de fabricação de açúcar os aminoácidos presentes podem reagir com os açúcares redutores presentes desencadeando reações em cadeia cujo coletivo denomina-se “reação de Maillard” que, dentre outros efeitos, viabilizam a formação de compostos escuros que também contribuem para diminuir a qualidade do açúcar (BAIKOW, 1982).

Tabela 5 - Nitrogênio Amínico em caldo da cana-de-açúcar de 5º corte (mg 100ml⁻¹), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo, Valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Fatores	Colmo		
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior
Resíduo (R)			
Lodo de esgoto (L)	19,68 b	16,91 b	15,88 b
Vinhaça (V)	25,07 a	22,67 a	19,76 a
L + V	17,42 b	16,03 b	16,74 ab
Teste F	17,52 **	11,96 **	3,57 *
Dms (5%)	3,31	3,68	3,81
Modo de aplicação (M)			
Linha	20,13 a	18,26 a	18,08 a
Área total	21,32 a	18,81 a	16,84 a
Teste F	1,21 ns	0,20 ns	0,99 ns
Dms (5%)	2,24	2,49	2,57
Dose (D)			
100%	17,84 b	16,13 b	15,89 b
200%	23,60 a	20,94 a	19,03 a
Teste F	28,24 **	15,98 **	6,35 *
Dms (5%)	2,24	2,49	2,57
Interações			
R x M	1,66 ns	0,04 ns	0,84 ns
R x D	2,12 ns	0,76 ns	3,90 *
M x D	1,42 ns	0,00 ns	0,65 ns
R x M x D	1,01 ns	0,51 ns	1,41 ns
Médias			
Testemunha	22,97	24,93	22,21
Fatorial	20,72	18,54	17,46
Teste F	1,33 ns	8,69 **	4,47 ns
C V (%)	15,57	18,97	20,97

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; ** significativo a 1 % de probabilidade; * significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo; CV (%) – coeficiente de variação.

Tabela 6 - Nitrogênio Amínico em caldo do terço inferior de colmos de cana-de-açúcar, ($\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$), em função dos resíduos e doses empregadas. Valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Resíduo	Dose (%)		Teste F
	100	200	
Lodo de esgoto (L)	12,28 Ab	19,47 A a	11,11 **
Vinhaça (V)	20,41 Aa	19,11 Aa	0,36 ns
L + V	14,98 Ab	18,51 Aa	2,67 ns
Teste F	7,37 **	0,10 ns	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; letras maiúsculas comparação na horizontal; letras minúsculas comparação na vertical; ** diferença significativa a 1 % de probabilidade; ns – não significativo.

Nitrogênio Protéico

Verifica-se na Tabela 7, que os teores de nitrogênio protéico no caldo foram influenciados pelo tipo de resíduos empregados quando se tratava de caldo oriundo do terço médio ou inferior do colmo. Nessas partes a participação da vinhaça foi preponderante no estabelecimento dos maiores teores.

Em relação às doses empregadas, apenas no terço médio o uso da maior dose proporcionou maiores teores de proteínas nos caldos. De maneira geral, a aplicação dos resíduos em suas diferentes combinações, não influenciou os teores de nitrogênio protéico em relação à fertilização mineral.

Em media, os valores encontrados variaram de 21,68 a 30,54 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$. esses valores são próximos aos 33 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$ apresentados por FORT e MCKALG (1939) e 7,07 a 29,96 $\text{mg } 100\text{ml}^{-1}$ apresentados por OLIVEIRA (1986).

Tabela 7 - Nitrogênio Protéico em caldo da cana-de-açúcar de 5^o corte (mg 100ml⁻¹), em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo, Valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Fatores	Colmo		
	Terço superior	Terço médio	Terço inferior
Resíduo (R)			
Lodo de esgoto (L)	21,73 a	20,61 b	21,88 b
Vinhaça (V)	25,88 a	27,73 a	30,54 a
L + V	24,78 a	23,59 ab	25,82 ab
Teste F	2,08 ns	8,31 **	5,15 *
Dms (5%)	5,27	4,38	6,74
Modo de aplicação (M)			
Linha	24,59 a	24,28 a	25,42 a
Área total	23,68 a	23,68 a	26,42 a
Teste F	0,28 ns	0,18 ns	0,10 ns
Dms (5%)	3,56	2,96	4,56
Dose (D)			
100%	25,36 a	21,68 b	24,01 a
200%	25,91 a	26,28 a	28 15 a
Teste F	2,02 ns	10,42 **	3,53 ns
Dms (5%)	3,56	2,96	4,56
Interações			
R x M	0,55 ns	0,00 ns	0,10 ns
R x D	0,46 ns	2,12 ns	0,85 ns
M x D	0,18 ns	0,56 ns	0,85 ns
R x M x D	0,23 ns	0,64 ns	0,29 ns
Médias			
Testemunha	28,14	27,21	26,02
Fatorial	24,13	23,98	26,08
Teste F	1,67 ns	1,57 ns	0,00 ns
C V (%)	21,15	17,73	25,38

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; ** significativo a 1 % de probabilidade; * significativo a 5 % de probabilidade; ns – não significativo; CV (%) – coeficiente de variação.

A proteína presente no caldo pode ser considerada material inerte quando se trata da fabricação de álcool. Porém, na fabricação de açúcar eles fazem parte das impurezas coloidais que podem ser removidas do caldo, proporcionando açúcar de melhor qualidade (MARQUES, 2001).

2.5. CONCLUSÕES

Os resíduos testados e as doses aplicadas, influenciaram os teores das diferentes frações de Nitrogênio no caldo.

A vinhaça e a maior dose empregada resultaram em maiores teores das frações nitrogenadas em geral. A maior dose empregada promoveu aumento do teor protéico apenas no terço médio do colmo.

Entre as frações Nitrogenadas estudadas, apenas o Nitrogênio Aminico foi superior aos encontrados na literatura.

2.6. REFERÊNCIAS

BAIKOW, V. E. **Manufacture and refining of raw cane sugar**. Amsterdam. Elsevier, 1982, 588p.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL, DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba, 2003. 115 p.

COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **5º geração de variedades**. Piracicaba, 1995. p.16-23. (Boletim Técnico).

FERNELL, R. G. W. The effect of cold of hot liming on the removal of albumin from cane juices. **The International Sugar Journal**. London, 26, p359-363, 1924.

FORT, C. A; McKAIN JR, N. **Comparative chemical composition of juices of different varieties of Louisiana sugarcane**, Washington, Department of Agriculture, 1939. 68p. (Technical Bulletin, 688).

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

FRONZALIA, T. **Cana-de-açúcar: expansão alarmante**. São Paulo: Instituto de Economia Agrícola, 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8905>>. Acesso em: 2 abr. 2007.

GOLDEMBERG, J.; MARCEDO, I. Brazilian alcotíol program: an overview. **Energy of Sustainable Development**. Bangalore, v. 1, n. 1, p. 17-22, 1994.

HUMBERT, R. T. **the growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779p.

MARQUES, M, O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 1996. 111f. Tese (livre-docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: editora, 2006. p. 369-375.

MARQUES, M. O. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar.** 1990. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do biossólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MARQUES, M. O. **Biossólidos na agricultura.** São Paulo: SABESP, 2001. p. 289-363.

NUNES JUNIOR, D.; PINTO, A. R. S. A.; TRENTO FILHO, E.; ELIAS, A. I. **Indicadores agrícola do setor sucroalcooleiro:** safra 2003/04. Ribeirão Preto: IDEA, 2004. 111 p.

OLIVEIRA, I. M. A. **Efeito do tratamento térmico e da defecação simples do caldo de cana sobre a concentração de N, P e fermentação alcoólica.** 1986. 156f. Dissertação (Mestrado em Tecnologia de Alimento) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

RAIJ, B van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 237 – 239. (Boletim Técnico, 100).

REAZIN, G. Production of higher alcohols from threonine and isoleucine in alcohol fermentations of different types of grain mash. **Jornal of agricultural and chemistry**, Eaton, v. 21 n. 1, p. 50-54, 1973.

SILVA, M. A. **Estudo da capacidade de absorção de fósforo e de potássio de seis variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) no início de desenvolvimento**. 1992. 126F Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

VASCONSELOS, A. C. M. **Comportamento de clones IAC e variedades de cana-de-açúcar (*Saccharum spp.*) nas condições adafoclimáticas da região do vale do Paranapanema**. 2003. 108f. Dissertação (Mestrado em Produção Vegetal) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

CAPITULO 3 - DISTRIBUIÇÕES DE NITROGÊNIO EM CANA-DE-AÇÚCAR CULTIVADA EM SOLO ACRESCIDO DE LODO DE ESGOTO SANITÁRIO E VINHAÇA

3.1. RESUMO

O trabalho objetivou avaliar os efeitos de lodo de esgoto e vinhaça em cana-de-açúcar, cultivar SP 81 – 3250, quanto à distribuição de Nitrogênio. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 13 tratamentos e 3 repetições, Analisados em esquema Fatorial 3 x 2 x 2 mais um tratamento adicional. Os tratamentos testados são resultantes de três combinações de dois tipos de resíduos (lodo de esgoto; vinhaça; lodo de esgoto + vinhaça) com dois modos de aplicação (ao lado da linha de cana e em área total) e com duas doses (100 e 200 %) e mais um tratamento testemunha adicional. Foram determinadas as porcentagens de nitrogênio nas folhas, palmitos e nos colmos. Os fatores de variação testados (tipo de resíduo, modo de aplicação e doses) não promoveram alterações no teor de nitrogênio nas folhas, palmito e no terço superior dos colmos. No terço médio dos colmos a vinhaça apresentou maior teor. Com o uso de dobro da dose a maior porcentagem de nitrogênio são encontrados no terço médio e inferior do colmo da cana-de-açúcar. Os resíduos, não apresentaram diferença com a testemunha, demonstrando que podem substituir a fertilização mineral, sem alterar a porcentagem de nitrogênio na cana-de-açúcar.

Palavras-chave: nutriente, resíduos, reuso agrícola

3.2. INTRODUÇÃO

O lodo de esgoto pode ser definido como material sólido, constituído, basicamente, de matéria orgânica, elementos nutrientes de plantas e metais pesados, além de microrganismos patogênicos ou não, sendo obtido em Estação de Tratamento de Esgotos – ETES (MARQUES, 1990).

Dentre os vários destinos que pode ser atribuído a esse material, o uso na agricultura se apresenta em destaque pelo fato desse material contribuir para a melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo. Considerada uma adequada fonte de Nitrogênio para as culturas, MELO et al. (2001).

Estudo nesse sentido foi conduzido por FRANCO (2003), o qual estudou o lodo de esgoto como fonte de nitrogênio para a cultura da cana-de-açúcar. O mesmo conclui que a aplicação do lodo em dois ciclos da cultura proporcionou resultados comparáveis a fertilização mineral.

A vinhaça constitui-se no principal efluente das destilarias de álcool. Em sua composição a água é a fração predominante. Entre os sólidos destacam-se frações orgânicas e elementos nutrientes de plantas, sendo que o potássio presente em torno de 21% dos elementos presentes (MARQUES, 2006).

O uso da vinhaça na agricultura, especialmente na fertirrigação de áreas cultivadas com cana é prática comum. No estado de São Paulo, 75 a 80% dos três milhões de hectares cultivados com cana-de-açúcar são aptos a receber vinhaça (FRONZALIA, 2007).

Dessa forma, a proposta deste trabalho objetivou avaliar os efeitos de lodo de esgoto e vinhaça em cana-de-açúcar, cultivar SP 81-3250, quanto à distribuição de Nitrogênio.

3.3. MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O projeto foi instalado no município de Pontal, Estado de São Paulo, em propriedade da Destilaria Santa Inês, localizada na Rodovia Sertãozinho-Pontal (SP 322), ocupando área de aproximadamente 0,5 ha.

O experimento foi instalado no dia 7 de abril de 2000. Para o preparo da área experimental, foram realizadas duas arações e uma gradagem, seguindo-se a abertura dos sulcos de plantio. O lodo de esgoto e a vinhaça foram distribuídos no interior do sulco de plantio ou em área total (em conformidade com o tratamento previamente estabelecido) e na seqüência, procedeu-se o plantio e o recobrimento dos toletes com terra.

O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO-Eutroférico, cuja análise química resultou em seguintes valores: pH (CaCl₂) = 5,0; M. O. (g dm⁻³) = 25; P resina = 20 (g dm⁻³); K = 1,2; Ca = 20; Mg = 6 e H +Al = 28, expressos em mmol_c dm⁻³.

Variedade da cana utilizada

A variedade utilizada foi a SP 81 – 3250 que apresenta como característica período útil de industrialização médio, ótima brotação de soqueira, alto teor de fibra e de sacarose, COPERSUCAR (1995). De acordo com NUNES JUNIOR et. al (2004), essa variedade foi a mais cultivada no Estado de São Paulo na safra 2003/2004, representando 14,23% do total da cana colhida. Considerando a região centro-sul, a mesma também foi a mais cultivada, com 11,38% na safra 2003/2004.

Lodo de esgoto e Vinhaça

O lodo de esgoto foi obtido junto à SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) – Estação de Tratamento de Esgotos de Franca – SP.

A vinhaça empregada foi proveniente da destilação de vinho resultante da fermentação do mosto de caldo na Destilaria Santa Inês Ltda, localizada no município de Pontal, SP. As composições químicas parciais do lodo de esgoto (base seca) e da vinhaça aplicados nos quatros primeiros ciclo da cultura, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 2 - Composições químicas parciais do lodo de esgoto e vinhaça.

Resíduo/ciclo	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Lodo de esgoto	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
1º ANO	79,5	10,6	0,63	--	--	400	26391	225	1000
2º ANO	52	3,4	1,96	4,3	0,6	98	29350	380	658
3º ANO	39,8	6,8	0,5	0,5	0	723	60900	110,7	416,7
4º ANO	52	3,4	0,6	4,3	0,6	676	61033	117	393,3
Vinhaça	kg m ⁻³					mg L ⁻¹			
1º ANO	0,39	0,06	4,08	2,6	0,2	4,5	59,89	0,17	0,82
2º ANO	0,3	0,09	3,83	2,7	0,2	4,2	63,42	0,12	0,76
3º ANO	0,36	0,34	1,05	1,1	0,3	7,4	69,75	1,12	2,65
4º ANO	0,4	0,01	0,85	1,2	0,4	8,6	75,25	2,05	4,47

Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos testados foram resultantes de dois tipos de resíduos: Lodo de Esgoto e Vinhaça e a combinação de Lodo de Esgoto + Vinhaça, com dois

modos de aplicação (no sulco de plantio e em área total) e com duas doses (Lodo de Esgoto fornecendo 100 e 200 % do nitrogênio necessário para a cultura da cana; vinhaça fornecendo 100 e 200% do potássio). Lodo de Esgoto + Vinhaça fornecendo 100 e 200% de N e K. ressalta-se que o Lodo de Esgoto é fonte de nitrogênio e a Vinhaça fonte de potássio. O tratamento testemunha, as parcelas receberam fertilizantes minerais por cinco anos consecutivos de acordo com as recomendações constantes do Boletim 100 do IAC, (1997) para o Estado de São Paulo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e em esquema Fatorial 3x2x2, mais um tratamento testemunha adicional, sendo todos com três repetições, totalizando 39 parcelas.

Cada parcela experimental constitui-se de cinco linhas de cana espaçadas de 1,50m entre si e com 10 metros de comprimento e área total de 75m². Por ocasião da amostragem, procedeu-se ao descarte de 1 metro de cada uma das extremidades das parcelas e da primeira e quinta linha de cana, coletando-se as amostras nas três linhas centrais.

Amostragem

Em 25/08/2005 foram feitas coletas de 10 plantas de cada parcela experimental, os quais foram encaminhados para o laboratório de Tecnologia da Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias – *Campus* de Jaboticabal. Na seqüência essas plantas de cada parcela foram divididas em folhas palmito e colmo. Os colmos foram subdivididos em 3 partes: terço inferior, terço médio e terço superior.

Cada uma dessas partes foi desintegrada, homogeneizadas e submetida à secagem na estufa. Desse material seco, foi retirada amostra para a determinação da porcentagem de nitrogênio, em diferentes partes da cana-de-açúcar, de acordo com a metodologia proposta por BAYLEY (1967).

3.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Nitrogênio nas folhas

As comparações dos diferentes tipos de resíduos, modo de aplicação e doses, quanto à porcentagem de nitrogênio nas folhas da cana não apresentaram diferença estatística entre as médias consideradas (Tabela 2).

De modo geral, os teores de Nitrogênio nas folhas variaram de 1,07 a 1,12 % esses valores são superiores em 0,8% aqueles mencionados por WIGGINS (1969) como o teor mais freqüente nas folhas de cana. Segundo HUMBERT (1968) 0,2% se constitui no valor limite abaixo do quais as plantas podem apresentar sintomas de deficiência do elemento. Por outro lado, MARQUES et al. (2001), mencionaram para a cana planta, que os teores de nitrogênio nas folhas variaram de 1,50 a 2,70 % considerando médias de vários países para folha +3 em cana planta com quatro meses de idade.

Nitrogênio no palmito

Os valores médios obtidos para os tratamentos, que receberam resíduos variaram de 2,29 a 2,56 % de nitrogênio no palmito (Tabela 2). Vale ressaltar que, quando maior for à porcentagem de N no palmito, menor será a porcentagem de N nos colmos e vice-versa.

Em comparação aos trabalhos encontrados na literatura os valores são superiores aos encontrados por MARQUES (1996), 0,6 a 0,77% e aos de GAVA et al (2003) 1,0 a 1,08%, que se refere a mistura de folhas verdes, ponteio e cartucho.

Tabela 2 - Porcentagem de nitrogênio em diferentes partes da cana-de-açúcar (5^o corte) em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo, valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Resíduo (R)	Folha	Palmito	Colmo (%)		
			Terço superior	Terço médio	Terço inferior
Lodo de esgoto (L)	1,10 a	2,56 a	0,44 a	0,29 ab	0,30 a
Vinhaça (V)	1,12 a	2,29 a	0,46 a	0,33 a	0,32 a
L + V	1,07 a	2,47 a	0,42 a	0,28 b	0,29 a
Teste F	0,26 ns	0,37 ns	0,50 ns	4,41 *	0,98 ns
Dms (5%)	0,18	0,78	0,12	0,04	0,04
Modo de aplicação (M)					
Linha	1,12 a	2,56 a	0,41 a	0,29 ab	0,29 a
Área total	1,07 a	2,32 a	0,48 a	0,31 a	0,31 a
Teste F	0,56 ns	0,84 ns	3,17 ns	2,73 ns	1,11 ns
Dms (5%)	0,12	0,53	0,08	0,03	0,03
Dose (D)					
100%	1,08 a	2,51 a	0,43 a	0,27 b	0,29 b
200%	1,11 a	2,37 a	0,46 a	0,32 a	0,32 a
Teste F	0,33 ns	0,27 ns	0,95 ns	11,17 **	4,44 *
Dms (5%)	0,12	0,53	0,08	0,03	0,03
Interações					
R x M	0,46 ns	0,05 ns	0,07 ns	0,70 ns	1,60 ns
R x D	1,34 ns	0,17 ns	0,66 ns	0,72 ns	1,35 ns
M x D	3,91 ns	0,00 ns	0,10 ns	0,39 ns	5,70 *
R x M x D	0,02 ns	0,02 ns	0,02 ns	0,82 ns	1,40 ns
Médias					
Testemunha	1,1	2,44	0,44	0,3	0,3
Fatorial	1,15	2,17	0,51	0,34	0,32
Teste F	0,26 ns	0,34 ns	0,81 ns	1,95 ns	0,32 ns
CV (%)	16,02	31,63	25,86	15,05	15,6

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; ** diferença significativa a 1 % de probabilidade; * diferença significativa a 5 % de probabilidade; ns – não significativo; CV (%) – coeficiente de variação.

Verifica-se, ainda, que o modo de aplicação e as doses dos resíduos, não interferem de forma significativa na porcentagem de nitrogênio nos palmitos. Quanto à comparação das doses empregadas, a não ocorrência de diferença entre ambas, permite a interferência de que a menor dose (100%) proporciona maior porcentagem de nitrogênio nos palmitos da cana-de-açúcar.

Nitrogênio nas diferentes partes do colmo

No terço superior dos colmos, nenhum dos resíduos analisados apresentaram diferença significativa quanto aos teores de porcentagem de nitrogênio. Os valores médios encontrados variaram entre 0,42 a 0,44 (Tabela 2).

Confrontando esses resultados com a literatura, verifica-se que os mesmos se enquadram no intervalo de 0,25 a 6,0 % proposto por HUMBERT (1984), considerado normais para a cultura da cana-de-açúcar. Porém, superiores a 0,083 % recomendado por COLETI (2006).

Em relação ao modo de aplicação, verifica-se que este segue o mesmo comportamento dos teores de nitrogênio nas folhas e nos palmito.

Verifica-se que o uso da dose recomendada em dobro não apresentou diferença significativa na análise estatística no terço superior do colmo.

Os teores de nitrogênio no terço médio dos colmos, quanto aos resíduos utilizados, O maior valor foi com o emprego de vinhaça (0,33%), seguida de lodo (0,29%) e lodo + vinhaça (0,28%). Sendo o maior valor diferente do menor, ou seja, a vinhaça supera a dos dois resíduos no que se refere ao teor de nitrogênio na porção média do colmo.

Aos valores encontrados são superiores aos de MARQUES (1996), 0,16 a 0,22 %, e próximo aos de GAVA et al (2003), que variaram entre 0,29 a 0,32%.

A forma de aplicação destes resíduos verifica-se que a aplicação na linha ou em área total, não interfere de forma distinta na porcentagem de nitrogênio no terço médio do colmo.

Quanto à dose o teste foi significativo ao nível de 1% de probabilidade, indicando que o dobro da dose recomendada (200%) no terço médio do colmo, possui efeito com grau de confiança superior a 95% na porcentagem de nitrogênio no colmo.

No terço inferior, nenhum dos resíduos testados nem o modo de aplicação apresentam diferença significativa em relação aos teores de nitrogênio. Os valores médios encontrados variam entre 0,29 a 0,32 %. Esses resultados são concordantes com os mencionados por HUMBERT (1984) e GAVA et al. (2003).

Considerando apenas a base de colmo, os resultados obtidos variam de 0,29 % (dose 100%) e 0,32% (dose 200%), sendo que a diferença encontrada é significativa do ponto de vista estatístico.

A comparação entre os tratamentos do esquema fatorial e a testemunha, indica a inexistência de diferença entre ambas. Isso demonstra que, os tratamentos estudados podem substituir a adubação mineral sem alterar a porcentagem de nitrogênio na matéria prima.

Tabela 3 - Teor de nitrogênio total no terço inferior da cana-de-açúcar, em função do desdobramento da interação entre modo de aplicação e doses, valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Modo de aplicação	Dose (%)		Teste F
	100	200	
Linha	0,30 Aa	0,29 Ab	0,05 ns
Area total	0,28 Aa	0,35 Aa	10,09 **
teste F	0,89 ns	5,92 *	

Médias seguidas de letras iguais não diferem entre si, pelo teste Tukey, ao nível de 5 % de probabilidade; letras maiúsculas comparação na horizontal; letras minúsculas comparação na vertical; ** diferença significativa a 1 % de probabilidade; * diferença significativa a 5 % de probabilidade ns – não significativo.

O modo de aplicação quando se adota a dose 200 % resulta em maior efeito da aplicação em área total (Tabela 3). O mesmo com aplicação dos resíduos na área total.

Uma possível explicação para esses resultados é que a distribuição uniforme dos resíduos nas superfícies das parcelas resultaria em maiores teores residuais de nutrientes e matéria orgânica no solo em decorrência do menor aproveitamento desses pelo sistema radicular da cana. Assim, pode se inferir que, para esse quinto ciclo da cultura, maior aporte de nutrientes se fez presente no solo, viabilizando a maior absorção e acúmulo do elemento nos tecidos da planta.

3.4. CONCLUSÕES

Os resíduos utilizados, os modos de aplicação e as doses testadas, após quatro aplicações anuais e cultivo sucessivos da cana-de-açúcar, não proporcionaram alterações na porcentagem de nitrogênio nas folhas, palmito e terço inferior dos colmos.

No terço médio dos colmos, a aplicação de vinhaça resultou em maior porcentagem de nitrogênio. Entretanto, o uso da dose em dobro proporcionou maior porcentagem de nitrogênio no terço médio e inferior do colmo.

Os resíduos, não apresentaram diferença em relação à testemunha, demonstrando que podem substituir a fertilização mineral.

3.5. REFERÊNCIAS

BAYLEY, J.L. **Techniques in protein chemistry**. Amsterdam: Elsevier, 1967. 406p.

COLETI, J. T.; CASAGRANDE, J. C.; STUPIELLO, J. J.; RIBEIRO, L. D.; OLIVEIRA, G. R. Remoção de macronutrientes pela cana-planta e cana-soca, em

argissolos, variedades RB835486 e SP81-3250. **Stab** – açúcar, álcool e subproduto. Piracicaba, v 24, n. 5, p32-36 2006.

COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **5º geração de variedades**. Piracicaba, 1995. p.16-23. (Boletim Técnico).

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

FRONZALIA, T. **Cana-de-açúcar: expansão alarmante**, Instituto de Economia Agrícola, 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8905>> Acesso em: 2 abr. 2007.

GAVA, G. J. C.; TRIVELIN, P. C. O.; VITTI, A. C.; OLIVEIRA, M. W. Recuperação do nitrogênio (¹⁵N) da uréia e da palhada por soqueira de cana-de-açúcar (*Saccharum spp*). **Revista Brasileira de Ciência do Solo**. P.621-630, 2003.

HUMBERT, R. T. **the growing of sugar cane**. Amsterdam: Elsevier, 1968. 779p.

HUMBERT, R. P; **El cultivo de la caña de azucar** 6. ed, México: Editorial Continental S. A., 1984. 719p.

MARQUES, M, O. **Incorporação de lodo de esgoto em solo cultivado com cana-de-açúcar**. 1996. 111f. Tese (livre-docência) – Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinária, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: editora. 2006. p. 369-375.

MARQUES, M. O. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar**. 1990. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

MELO, W. J.; MARQUES, M. O.; MELO, V. P. O uso agrícola do bio-sólido e as propriedades do solo. In: TSUTIYA, M. T.; COMPARINI, J. B.; SOBRINHO, P. A.; HESPANOL, I.; CARVALHO, P. C. T.; MELFI, A. J.; MARQUES, M. O. **Bio-sólidos na agricultura**. São Paulo: SABESP, 2001. p.289-363.

NUNES JUNIOR, D.; PINTO, A. R. S. A.; TRENTO FILHO, E.; ELIAS, A. I. **Indicadores agrícola do setor sucro alcooleiro**: safra 2003/04. Ribeirão Preto: IDEA, 2004. 111 p.

RAIJ, B van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo**. Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p. 237 – 239. (Boletim Técnico, 100).

WIGGINS, L. F. No-azuceres nitrogenadas (los aminoácidos e las proteínas). In: HONIG, P. (ed). **Principios de la tecnología azucareira**. México, editora continental, 1969. v. 1, p.155-172.

CAPITULO 4 - EFEITOS RESIDUAIS DE QUATRO APLICAÇÕES ANUAIS DE LODO DE ESGOTO E VINHAÇA NA QUALIDADE DA CANA-DE-AÇÚCAR

4.1. RESUMO

O trabalho objetivou avaliar os efeitos de lodo de esgoto e vinhaça em cana-de-açúcar, cultivar SP 81 – 3250, quanto à qualidade Tecnológica da cana. O delineamento experimental foi em blocos casualizados com 13 tratamentos e 3 repetições, Analisados em esquema Fatorial 3 x 2 x 2 mais um tratamento adicional. Os tratamentos testados são resultantes de três combinações de dois tipos de resíduos (lodo de esgoto; vinhaça; lodo de esgoto + vinhaça) com dois modos de aplicação (ao lado da linha de cana e em área total) e com duas doses (100 e 200 %) e mais um tratamento testemunha adicional. O delineamento experimental foi em bloco casualizado com três repetições totalizando 39 parcelas. As variáveis analisadas foram: Brix % CE, Pol % CE, Fibra % cana, Pureza %, pol % cana, AR % cana, ART % cana e ATR (kg t^{-1}). Os fatores de variação testados (tipo de resíduo, modo de aplicação e doses) não promoveram alterações na qualidade e valorização da cana-de-açúcar, portanto, tem grande potencial para substituir a fertilização mineral.

Palavras-chave: matéria prima, resíduos, reuso agrícola

4.2. INTRODUÇÃO

O crescimento populacional e a conseqüente demanda, por bens de consumo, assim como o aumento do desenvolvimento industrial geram, principalmente nas regiões metropolitanas, águas residuais e resíduos sólidos (lixos em geral) em quantidades vultuosas (FRANCO, 2003).

De acordo com MARQUES (1990), o lodo de esgoto, pode ser definido como material sólido, constituído, basicamente, de matéria orgânica, elementos nutrientes de plantas e metais pesados, além de microrganismos patogênicos ou não, obtido em Estações de Tratamento de Esgotos (ETES).

No caso das águas servidas municipais (esgotos) os processos industriais, empregados para o seu tratamento, originam um material pastoso cujos sólidos compõem-se de matéria orgânica estável, água e frações minerais. Esse material uma vez estabilizada, higienizado e seco, denomina-se biossólido (MARQUES et al 2002). Sua composição depende do material que lhe deu origem, mas em média, apresenta de 60 a 80% de umidade, sendo que na fração sólida têm-se cerca de 30 a 40% de matéria orgânica além de elementos minerais nutrientes de plantas (macro e micronutrientes), podendo ainda conter metais pesados, compostos orgânicos complexos oriundos de produtos domiciliares e/ou industriais e patógenos humanos (NOBILE, 2002).

Entre as possibilidades para a destinação do lodo de esgoto citam-se a incineração, o lançamento nos oceanos (emissários submarinos) e a deposição em aterros sanitários, mas nenhuma reúne qualidades suficientes para torná-las mais interessantes do que o seu emprego como fertilizante e/ou condicionador de solos agrícolas. O potencial para tanto decorre da presença de matéria orgânica e elementos minerais (MARQUES et al., 1997). Entretanto, os patógenos humanos, os metais pesados e a praticamente inexistência de potássio em sua composição (COSTA et al., 2001), além da baixa disponibilidade dos nutrientes no solo são problemas que devem ser equacionados para viabilizar a referida prática sem poluir o ambiente e sem comprometer a produção das culturas.

A agroindústria sucroalcooleira, da mesma forma, gera resíduos provenientes do processamento industrial da cana-de-açúcar, em quantidades que correlacionam-se diretamente com seu porte. Destacam-se, entre as frações geradas, a água de lavagem da cana, as cinzas de caldeira, a torta de filtro e a vinhaça que, apesar de terem elevados potenciais poluidores, os mesmos não se manifestam em decorrência de serem previamente tratados (água de lavagem de cana), antes do retorno aos mananciais ou de serem reutilizados como fertilizantes ou condicionadores de solos, normalmente cultivados com a própria cana. Essa reutilização é de grande interesse, pois além de dar destino aos mesmos, torna-o útil na medida em que, por sua decomposição no solo, interfere positivamente em seus atributos, especialmente tendo em vista o fornecimento de nutrientes às plantas.

A vinhaça é o subproduto da fabricação do álcool que é composta em sua maioria, de água \cong 97%. A fração sólida constitui-se principalmente de matéria orgânica e elementos minerais. Sendo que o K representa cerca de 21% dos elementos presentes, e constitui-se no elemento limitante para a definição da dose de vinhaça a ser aplicada nos solos (MARQUES, 2006).

O Brasil tem capacidade instalada para a produção de álcool da ordem de 16 bilhões de litros ao ano (UNICA, 2007), o que representa de 13 a 16 vezes mais de vinhaça. No total, a cana-de-açúcar ocupa cerca de três milhões de hectares no Estado de São Paulo (FRONZALIA, 2007). A maior parte desta área (75-80%) pode perfeitamente receber vinhaça através da operação denominada fertirrigação.

Assim, neste trabalho objetivou avaliar os efeitos de lodo de esgoto e vinhaça em cana-de-açúcar, cultivar SP 81 – 3250, quanto à qualidade Tecnológica da cana.

4.3. MATERIAL E MÉTODOS

Localização

O projeto foi instalado no município de Pontal, Estado de São Paulo, em propriedade da Destilaria Santa Inês, localizada na Rodovia Sertãozinho-Pontal (SP 322), ocupando área de aproximadamente 0,5 ha.

O experimento foi instalado no dia 7 de abril de 2000. Para o preparo da área experimental, foram realizadas duas arações e uma gradagem, seguindo-se a abertura dos sulcos de plantio. O lodo de esgoto e a vinhaça foram distribuídos no interior do sulco de plantio ou em área total (em conformidade com o tratamento previamente estabelecido) e na seqüência, procedeu-se o plantio e o recobrimento dos toletes com terra.

O solo da área experimental é um LATOSSOLO VERMELHO-Eutroférico, cuja análise química resultou em seguintes valores: pH (CaCl₂) = 5,0; M. O. (g dm⁻³) = 25; P resina = 20 (g dm⁻³); K = 1,2; Ca = 20; Mg = 6 e H +Al = 28, expressos em mmol_c dm⁻³.

Variedade da cana utilizada

A variedade utilizada foi a SP 81 – 3250 que apresenta como característica período útil de industrialização médio, ótima brotação de soqueira, alto teor de fibra e de sacarose, COPERSUCAR (1995). De acordo com NUNES JUNIOR et. Al. (2004), essa variedade foi a mais cultivada no Estado de São Paulo na safra 2003/2004, representando 14,23% do total da cana colhida. Considerando a região centro-sul, a mesma também foi a mais cultivada, com 11,38% na safra 2003/2004.

Lodo de esgoto e Vinhaça

O lodo de esgoto foi obtido junto à SABESP (Companhia de Saneamento Básico do Estado de São Paulo) – Estação de Tratamento de Esgotos de Franca – SP.

A vinhaça empregada foi proveniente da destilação de vinho resultante da fermentação do mosto de caldo na Destilaria Santa Inês Ltda, localizada no município de Pontal, SP. As composições químicas parciais do lodo de esgoto (base seca) e da vinhaça aplicados nos quatros primeiros ciclo da cultura, são apresentados na Tabela 1.

Tabela 3 - Composições químicas parciais do lodo de esgoto e vinhaça.

Resíduo/ciclo	N	P	K	Ca	Mg	Mn	Fe	Cu	Zn
Lodo de esgoto	g kg ⁻¹					mg kg ⁻¹			
1º ANO	79,5	10,6	0,63	--	--	400	26391	225	1000
2º ANO	52	3,4	1,96	4,3	0,6	98	29350	380	658
3º ANO	39,8	6,8	0,5	0,5	0	723	60900	110,7	416,7
4º ANO	52	3,4	0,6	4,3	0,6	676	61033	117	393,3
Vinhaça	kg m ⁻³					mg L ⁻¹			
1º ANO	0,39	0,06	4,08	2,6	0,2	4,5	59,89	0,17	0,82
2º ANO	0,3	0,09	3,83	2,7	0,2	4,2	63,42	0,12	0,76
3º ANO	0,36	0,34	1,05	1,1	0,3	7,4	69,75	1,12	2,65
4º ANO	0,4	0,01	0,85	1,2	0,4	8,6	75,25	2,05	4,47

Tratamentos e delineamento experimental

Os tratamentos testados foram resultantes de dois tipos de resíduos: Lodo de Esgoto e Vinhaça e a combinação de Lodo de Esgoto + Vinhaça, com dois

modos de aplicação (no sulco de plantio e em área total) e com duas doses (Lodo de Esgoto fornecendo 100 e 200 % do nitrogênio necessário para a cultura da cana; vinhaça fornecendo 100 e 200% do potássio). Lodo de Esgoto + Vinhaça fornecendo 100 e 200% de N e K. ressalta-se que o Lodo de Esgoto é fonte de nitrogênio e a Vinhaça fonte de potássio. O tratamento testemunha, as parcelas receberam fertilizantes minerais por cinco anos consecutivos de acordo com as recomendações constantes do Boletim 100 do IAC, (1997) para o Estado de São Paulo. O delineamento experimental foi em blocos casualizados e em esquema Fatorial 3x2x2, mais um tratamento testemunha adicional, todos com três repetições, totalizando 39 parcelas.

Cada parcela experimental constitui-se de cinco linhas de cana espaçadas de 1,50m entre si e com 10 metros de comprimento e área total de 75m². Por ocasião da amostragem, procedeu-se ao descarte de 1 metro de cada uma das extremidades das parcelas e da primeira e quinta linha de cana, coletando-se as amostras nas três linhas centrais.

Amostragem e variáveis analisadas

Em 25/08/2005 foram coletados 10 colmos seguidos em uma das 3 linhas centrais das parcelas, escolhida ao acaso. Os colmos foram enfeixados e identificados por etiquetas e encaminhados para o laboratório de pagamento de cana da destilaria Santa Inês, onde foram analisados de acordo com a metodologia do CONSECANA – SP (2003), com as atualizações aprovadas para o ano de 2005. Os colmos foram desintegrados e homogeneizados.

Para cada parcela, uma amostra de 500g foi submetida à prensa hidráulica, obtendo-se o caldo extraído e o bolo úmido. Foram determinadas as seguintes variáveis agroindustriais: porcentagem de sólidos solúveis do caldo extraído (Brix % CE), porcentagem de sacarose do caldo extraído (Pol % CE), e porcentagem da fibra na cana (Fibra % cana). De posse desses resultados procedeu-se aos cálculos da Pureza aparente, porcentagem de sacarose na cana (Pol % cana),

porcentagem de açúcares redutores na cana (AR %cana), porcentagem de açúcares redutores totais na cana (ART % cana) e açúcar total recuperável (ATR).

4.4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Porcentagem de Sólidos Solúveis (Brix % C.E.)

De acordo com FERNANDES (2000), por consenso, admite-se o Brix % do Caldo Extraído (C.E.) como a porcentagem de sólidos solúveis contidos em uma solução açucarada impura, como é o caso do caldo extraído de cana-de-açúcar.

Os valores médios de Brix % caldo extraído, em função do tipo de resíduo testado (lodo de esgoto, vinhaça e lodo de esgoto + vinhaça), oscilaram entre 21,47 a 21,55 %CE (Tabela 2). As comparações desses valores permitem nos inferir que o tipo de resíduo, na forma em que foram empregados, não apresentaram diferenças quanto ao acúmulo de sólidos solúveis nos caldos. Neste trabalho, os valores encontrados estão acima dos limites mencionados, na literatura como os mínimos necessários, para que uma cana apresente condições de ser amostrada para a realização de uma análise tecnológica detalhada objetivando caracterizar o seu grau de maturação. Tal valor segundo MARQUES et al (2001) é 18º Brix, ou seja, 18% de sólidos solúveis.

Em relação ao efeito do modo de aplicação desses resíduos, as médias encontradas, quando submetidas a análise estatística, demonstram a inexistência de diferenças entre ambos. Dessa forma, a aplicação na linha de cana (cana-planta) ou ao lado da linha (soqueiras) não interfere de forma diferente da aplicação em área total, quando se trata do acúmulo de sólidos solúveis no caldo.

Em relação à dose empregada, verifica-se que embora a dose da 100 % apresente tendência de superioridade dos valores de Brix % caldo, a análise estatística não detecta diferença significativa entre os valores médios encontrados.

Tabela 2 - Variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar (5^o corte) em função do tipo de resíduo aplicado, modo de aplicação e doses empregadas nos quatro primeiros anos de cultivo, Valores médios obtidos e resumo da análise estatística.

Fatores	Brix	Pol	Pureza	Fibra	Pol	AR	ART	ATR	
Resíduo (R)	--- % CE ---		(%)		----- % Cana -----				(kg t⁻¹)
Lodo de esgoto (L)	21,47	20,21	94,13	11,63	17,23	0,07	18,21	160,18	
Vinhaça (V)	21,51	20,25	94,1	12,13	17,1	0,1	18,1	159,25	
L + V	21,55	20,34	94,38	12,11	17,19	0,07	18,16	159,98	
Teste F	0,04 ns	0,09 ns	0,23 ns	1,13 ns	0,12 ns	1,09 ns	0,08 ns	0,09 ns	
Dms (5%)	0,77	0,84	1,13	0,94	0,64	0,05	0,66	5,87	
Modo de aplicação (M)									
Linha	21,58	20,35	94,31	12,1	17,19	0,07	18,17	159,9	
Área total	21,44	20,18	94,1	11,8	17,15	0,09	18,14	159,71	
Teste F	0,03 ns	0,38 ns	0,33 ns	1,04 ns	0,03 ns	0,71 ns	0,02 ns	0,01 ns	
Dms (5%)	0,52	0,57	0,76	0,64	0,43	0,03	0,45	3,96	
Dose (D)									
100%	21,66	20,45	94,45	12,07	17,3	0,07	18,28	160,94	
200%	21,36	20,07	93,96	11,83	17,05	0,09	18,03	158,67	
Teste F	1,36 ns	1,91 ns	1,17 ns	0,61 ns	1,43 ns	1,09 ns	1,33 ns	1,40 ns	
Dms (5%)	0,52	0,57	0,76	0,64	0,43	0,03	0,45	3,96	
Interações									
R x M	0,89 ns	0,47 ns	0,23 ns	1,07 ns	0,27 ns	2,06 ns	0,33 ns	0,30 ns	
R x D	1,39 ns	1,06 ns	0,51 ns	0,08 ns	1,47 ns	0,27 ns	1,45 ns	1,49 ns	
M x D	0,81 ns	0,92 ns	0,42 ns	0,36 ns	1,75 ns	2,95 ns	1,49 ns	1,65 ns	
R x M x D	0,16 ns	0,16 ns	0,04 ns	0,03 ns	0,26 ns	2,31 ns	0,18 ns	0,18 ns	
Médias									
Testemunha	21,53	20,11	93,38	11,45	17,18	0,13	18,21	160,26	
Fatorial	21,51	20,26	94,20	11,95	17,17	0,08	18,16	159,80	
Teste F	0,00 ns	0,10 ns	1,54 ns	0,82 ns	0,00 ns	2,43 ns	0,02 ns	0,02 ns	
C V (%)	3,52	4,07	1,17	7,75	3,68	59,04	3,56	3,6	

ns- não significativo

Porcentagem de sacarose no caldo (Pol % CE)

A comparação dos diferentes tipos de resíduos quanto ao acúmulo de sacarose no caldo, embora não haja diferença estatística entre as médias consideradas. Os valores médios encontrados variam entre 20,21 a 20,34 Pol % CE (Tabela 2).

Quanto à forma de aplicação, verifica-se que as aplicações na linha de cana ou em área total não interferem, de formas distintas na porcentagem de sacarose no caldo, Embora os valores médios encontrados expressem certa tendência de superioridade, quando a aplicação foi realizada na linha de cana.

Em relação à dose empregada, verifica-se que, embora a dose 100 % apresente tendência de proporcionar maiores valores de Pol % caldo, a análise estatística não detecta diferença significativa entre os valores. Esses resultados indicam que mesmo o uso do dobro da dose recomendada não promoveu alterações na variável estudada, em comparação à fertilização mineral.

Os resultados representam a Pol % no caldo no momento em que a mesma foi cortada. Se, porventura, houve efeito das fertilizações na dinâmica do acúmulo de sacarose no caldo, esse ocorreu tanto nas parcelas que receberam lodo quanto nas que receberam fertilizantes minerais em proporções semelhantes. Afinal STUPIELLO et. al (1977) e SOBRAL et. al (1981), salientaram o efeito do retardamento do acúmulo de sacarose no caldo quando se aplica no solo matéria orgânica ou fertilizantes minerais. Isso se comprova quando se compara tratamento testemunha com os tratamentos que compõem o esquema fatorial, não se verifica a ocorrência de diferenças significativas.

Pureza Aparente (% caldo)

MARQUES et. al (2001), ressaltam que a pureza deve ser considerada concomitantemente com a época de safra. Esses autores sugerem que no início de safra, uma cana para ser industrializada deve apresentar caldo com a pureza

mínima de 80%. Por outro lado no transcorrer da safra esse valor não deve ser inferior a 85%.

Neste trabalho os valores médios obtidos para os tratamentos envolvidos no emprego dos diferentes fatores estudados, variam de 94,1 a 94,4. Vale ainda ressaltar que esses valores não diferem daqueles obtidos no tratamento baseado na fertilização mineral (Tabela 2).

Considerando o modo de aplicação dos resíduos, verifica-se que a aplicação na linha de cana tendeu a proporcionar maiores valores de pureza. Entretanto essa tendência não apresenta comprovação estatística.

Quanto à dose empregada, a menor delas, ou seja, a de 100% tendeu a proporcionar maiores valores, sem que esta tendência tenha a comprovação da análise estatística.

Em se confirmando a redução da pureza em decorrência do aumento da dose de resíduos, essa redução pode ser conseqüência de que a maior dose tenderia a aumentar a porcentagem de açúcares redutores.

Se essa hipótese se confirmar, as preocupações com a menor qualidade da matéria-prima não assumiriam proporções expressiva na medida em que maiores teores de açúcares redutores promovem benefícios no processo de fabricação de açúcar.

Esses benefícios ocorrem em função de que os açúcares redutores caracterizam-se por reduzir a solubilidade da sacarose na fase de cozimento do xarope, o que resulta numa maior recuperação da sacarose na forma cristalizada. (MARQUES, et. al, 2001).

Por outro lado, a não comprovação dessas expectativas por conta da não predominância dos açúcares redutores sobre os sais orgânicos presentes, indica que a maior dose de resíduos pode contribuir para uma menor qualidade da cana-de-açúcar, especialmente quando destinada à produção de açúcar, (MEADE, 1963; CHEN & CHOU, 1993).

Porcentagem de fibra na cana (Fibra % cana)

Na cana industrial, ou seja, na cana disposta na esteira da usina, por conta das impurezas que acompanham a matéria prima (impurezas vegetais e minerais), os teores encontrados para fibra são maiores, ou seja, da ordem de 14-15%. Entretanto parte desses níveis constitui-se de matéria estranha que, embora computada como tal, não constitui a fração fibra da cana-de-açúcar, trata-se de um erro metodológico que, para o cálculo de balanço energético da indústria, não pode ser levado em consideração, mas quando se trata da qualidade da cana para estabelecimento do seu valor, o mesmo é aceitável, na medida em que promove a elevação do teor de fibra e alterar a valorização da mesma, reduzindo o valor pago ao fornecedor.

Verifica-se que nenhum dos fatores de variação testados promove alterações distintas na porcentagem de fibra da cana. As implicações desses resultados têm consequência que variam de acordo com a abordagem realizada. Assim, de acordo com MARQUES et. al (2001), na fase de extração, o aumento do teor de fibra da cana resulta na maior dificuldade das moendas em extrair o caldo contendo açúcares. Isso acontece, pois o caldo, uma vez extraído, é em parte reabsorvido pela fibra da cana. A quantidade reabsorvida varia de forma diretamente proporcional ao teor de fibra na matéria prima, resultando em maiores perdas de sacarose no bagaço, ou seja, menor eficiência da extração. Para se contornar essa situação a solução está em se aumentar o volume de água de embebição. Entretanto, isso, uma vez realizado, promove a obtenção de um caldo mais diluído e de bagaço mais úmido, resultando em maior consumo de vapor na fase de evaporação e maior dificuldade de queima do bagaço nas caldeiras.

Por outro lado, baixos teores de fibra na cana podem alterar o balanço térmico da indústria, levando a empresa a se utilizar, de outras fontes de energia, como o óleo diesel, lenha etc. , o que aumenta os custos de produção.

Considerando a porcentagem de fibra na cana (Tabela 2), em função do tipo de resíduo testado, verifica-se que o uso de lodo de esgoto isolado tendeu a proporcionar menores valores.

Contudo, essa tendência não apresenta comprovação estatística. Os valores encontrados variam entre 11,63 a 12,13 que podem ser considerados normais para cana-de-açúcar no Estado de São Paulo. Nos cortes anteriores (1º ao 4º corte) os teores de fibra oscilaram entre 9% a 15% (FRANCO, 2003 e CAMILOTTI et. al, 2006).

O modo de aplicação dos resíduos não interfere, de forma significativa, na porcentagem de fibra de cana, embora se observe certa tendência de que a aplicação na linha promova maiores valores. Quanto à dose empregada, o emprego do dobro da dose recomendada (200%) não promoveu alteração na porcentagem de fibra da cana, a tendência de a menor dose proporcionar valores superiores.

A comparação da fertilização mineral com os tratamentos envolvidos no esquema fatorial aponta para a inexistência de diferenças em relação a variável mencionada.

Porcentagem de sacarose na cana (Pol % cana)

O processo de maturação da cana caracteriza-se, sobretudo pelo acúmulo de sacarose no tecido que compõem colmo. O acúmulo máximo, a manutenção do mesmo e a época em que essa condição se apresenta são característica intrínseca das variedades e da interação dessas com o ambiente.

No Estado de São Paulo, uma cana para ser considerada madura deve apresentar Pol % cana variando de 14,4 (início da safra) a 15,3 (transcorrer da safra). DEUBER (1988) afirma que uma cana-de-açúcar torna-se madura no momento em que apresentar um teor mínimo de sacarose com Pol acima de 13.

No presente trabalho os valores médios obtidos, quando do uso dos diferentes tipos de resíduos, oscilaram entre 17,1 a 17,23 (Tabela 2).

A comparação das médias obtidas para os diferentes tratamentos indicam que os diferentes resíduos testados não exerceram efeitos distintos no acúmulo de sacarose. O mesmo acontece em relação ao modo de aplicação e a dose empregada. Verifica-se, ainda, que os resíduos testados em suas diferentes formas e doses não resultaram em valores de Pol % cana diferente daqueles obtidos com a fertilização mineral recomendada para a cultura.

Açúcares Redutores (AR % cana)

De forma contrária ao comportamento da Pol % cana no processo de maturação, os teores de AR durante este mesmo processo tende a diminuir. MARQUES et. Al, (2001), mencionam que, no início de safra, pode-se industrializar cana com até 1,5% AR. Porém no transcorrer da safra esse valor não deve superar a 1%. Neste trabalho os valores encontrados (Tabela 2) estão abaixo dos limites mencionados, o que sugere ser tecnicamente viável, levando-se em consideração a AR % cana, que se proceda ao corte da cana.

Observa-se que a aplicação da vinhaça tendeu a elevar a percentagem de AR na cana, mas não há comprovação estatística desse efeito distinto da vinhaça em comparação aos outros resíduos testados.

A forma de aplicação e a dose aplicada também não influenciaram essa variável, embora se observe que a aplicação em área total e o uso em maior dose expressam certa tendência de proporcionar maiores valores. Resultados similares foram encontrados por CAMILOTTI et. al (2006), estudando o efeito de doses de diferentes tipos de resíduos em soqueiras de 3° e 4° cortes.

Verifica-se ainda que o uso de resíduos não promoveu alteração nessa variável em relação ao valor obtidos com o emprego da fertilização mineral.

Açúcar Redutor Total (ART % Cana)

Em relação à percentagem de açúcar redutor total na cana, em função do tipo de resíduo testado, verifica-se que o uso de lodo de esgoto isolado tendeu a proporcionar maiores valores. Contudo, essa tendência não apresenta comprovação estatística. Os valores encontrados variaram entre 18,10 a 18,21 (Tabela 2).

Quanto à forma de aplicação de resíduos, análise estatística detecta que a aplicação na linha de cana ou em área total não interfere na percentagem de açúcar redutor total, embora os valores médios encontrados expressem certa tendência de superioridade quando a aplicação foi realizada na linha de cana.

Em relação à dose empregada, verifica-se que embora a dose da 100 % apresente tendência de superioridade dos valores de ART % cana, a análise estatística não detecta diferença significativa entre os valores médios encontrados.

A comparação entre o tratamento testemunha e aqueles que compõem o esquema fatorial demonstrou a inexistência de diferenças significativas, indicando que para esta variável agroindustrial os resíduos empregados exerceram influência nos mesmos níveis de fertilização mineral.

Açúcar Total Recuperável (ATR kg t⁻¹)

Os valores de ATR expressam em quantidade de açúcar presente na matéria prima que a indústria conseguirá recuperar na forma de açúcar cristal ou etanol. Neste trabalho os valores de ATR, de acordo com o tipo de resíduo empregado, variam de 159,26 kg t⁻¹ com emprego da vinhaça a 160,18 kg t⁻¹ com emprego de lodo de esgoto. A aplicação da análise estatística indica que não há diferença quanto aos teores de ATR na cana empregando-se diferentes resíduos testados (Tabela 2).

A forma de aplicação do resíduo também não afetou essa variável, entretanto no que diz respeito à dose dos resíduos, a menor delas (100%) tendeu

a proporcionar valores maiores, embora estatisticamente isso não se comprove. De maneira geral os resíduos empregados resultaram em cana com teores de ART nos mesmos níveis daqueles encontrados nas canas que receberam fertilização mineral.

Do ponto de vista ambiental, a aplicação de resíduos no solo, em área total, contempla o efeito de diluição do mesmo, sugerindo que o mais recomendado seria essa forma de aplicação. Por outro lado, quando se considera o reuso de resíduos na agricultura, o aproveitamento dos nutrientes e dos efeitos benéficos, que eventualmente tais produtos possam promover no solo, é de interesse primordial. Assim, partindo-se desses princípios, pode-se afirmar que o uso localizado apresenta vantagens que estão relacionadas à eficiência agrícola do resíduo como fertilizante.

Quanto à comparação das doses empregadas, a não ocorrência de diferenças entre ambas, permite a inferência de que a menor dose é a mais interessante, pois contempla maior margem de segurança no reuso desses resíduos, sem resultar em alterações na variável em pauta, além de aumentar o rendimento do resíduo em termos de aplicação, resultando num menor custo dessa operação.

Pode ser mencionado, ainda, que com exceção dos valores de AR % cana, cujo coeficiente de variação é considerado elevado (59,04), os demais ocorreram em níveis considerados baixos, sendo que se trata de experimento conduzido a campo.

Segundo os dados da Figura 1, demonstram que existe relação positiva entre os valores de porcentagem de açúcar redutor total e do açúcar total recuperável. Além disso, a alta correlação estabelecida ($R^2 = 0,9977$) demonstra que os fatores de variação estudados não influenciaram a quantificação dos açúcares totais recuperáveis.

A equação da reta obtida permite o cálculo da ATR da cana fertilizada com resíduos, doses e modas de aplicação estudadas. Como pode se verificar na

Tabela 2, o tratamento testemunha proporcionou valores médios de ART e ATR de 18,21 % e 160,26 kg t⁻¹, respectivamente.

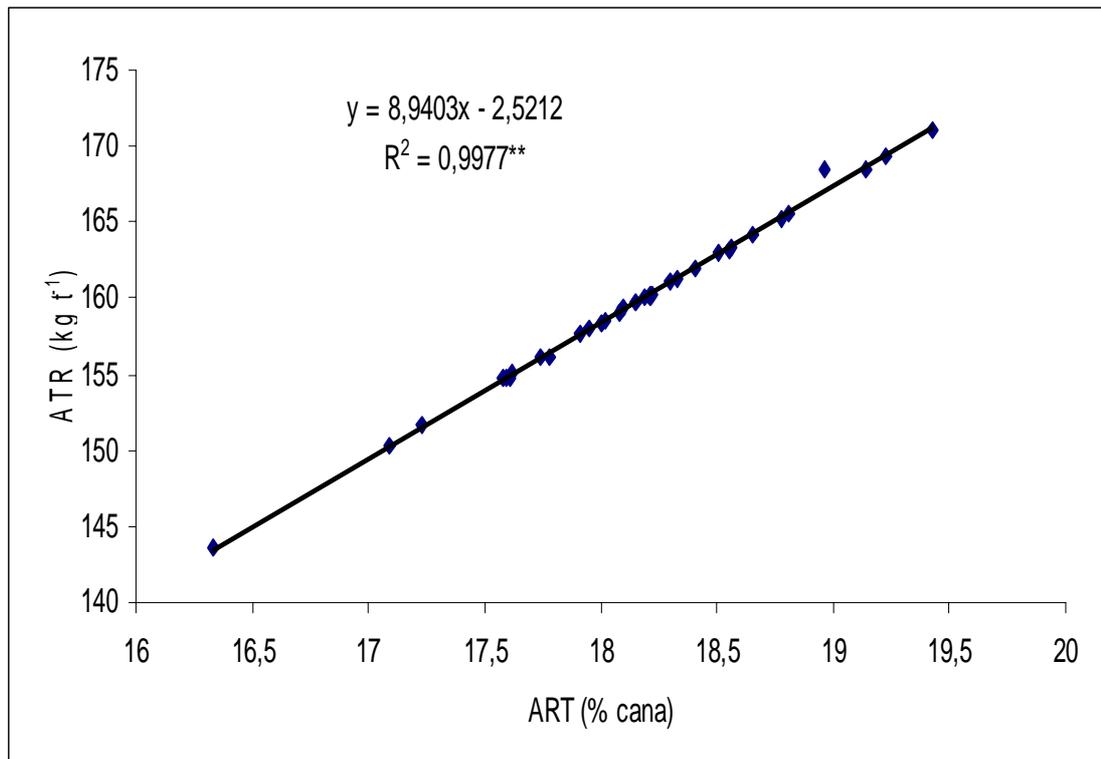


Figura 1 - Reta obtida por análise de regressão linear entre ART % cana e ATR (kg t⁻¹) (Jaboticabal/2007).

Substituindo-se o valor se ART médio do tratamento testemunha na equação da Figura 1, tem-se o valor de ATR de 160,28 kg t⁻¹. O que permite a interferência da que os resíduos empregados, nas formas de aplicações e doses estudadas, não promoveram alterações nas variáveis tecnológicas da matéria prima a ponto de influênciar a ATR, e, por conseguinte, a valorização da mesma.

4.5. CONCLUSÕES

Os resíduos utilizados, os modos de aplicação e as doses testadas após quatro aplicações anuais e cultivo sucessivos não proporcionaram alterações nas

variáveis: BRIX % CE, POL % CE, PUREZA %, FIBRA % CANA, POL % CANA, AR % CANA, ART % CANA e ATR (kg t⁻¹). Além de não terem alterado a qualidade da matéria prima, também não altera sua valorização.

Os resíduos podem substituir a fertilização mineral sem que prejuízos ou vantagens sejam auferidos à qualidade da matéria prima.

4.6. REFERÊNCIAS

CAMILOTTI, F.; ANDRIOLI, I.; MARQUES, M. O.; SILVA, A. R.; TASSO JUNIOR, L. C.; NOBILE, F. O.; NOGUEIRA, G. A.; PRATI, F. Produtividade e qualidade agroindustrial da cana-de-açúcar cultivada com lodo de esgoto, vinhaça e adubos minerais. **STAB**, AÇÚCAR, ALCOOL E SUBPRODUTO, Jaboticabal, v. 24, n. 3, p. 32 – 35, 2006.

CHEN, J. C. P.; CHOU, C. **Cane sugar handbook**. 12 th ed. New York: John Wiley & Sons , 1993. 284 p.

CONSELHO DOS PRODUTORES DE CANA-DE-AÇÚCAR, AÇÚCAR E ÁLCOOL, DO ESTADO DE SÃO PAULO. **Manual de instruções**. 4. ed. Piracicaba, 2003. 115 p.

COOPERATIVA DOS PRODUTORES DE CANA, AÇÚCAR E ÁLCOOL DO ESTADO DE SÃO PAULO. **5º geração de variedades**. Piracicaba, 1995. p.16-23. (Boletim Técnico).

COSTA, A. N.; COSTA, A. F. S.; MARQUES, M. O.; SANTANA, R. C. Estudo de caso – utilização de lodo de estações de tratamento de esgoto (ETEs) na cultura de mamoeiro no norte de estado de Espírito Santo. In: ANDRIOLI, C. V. (Coord.). **Resíduos sólidos do saneamento: processamento, reciclagem e disposição final**. Rio de Janeiro: Rima/ABES, 2001. 282p.

DEUBER, R. Maturação da cana de açúcar na região Sudeste do Brasil. In: SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA DA COPERSUCAR, 1988, **Anais...** Piracicaba: editora, 1988. p.33-40.

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

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. Piracicaba: STAB, 2000.

FRONZALIA, T. **Cana-de-açúcar: expansão alarmante**, São Paulo: Instituto de economia agrícola, 2007. Disponível em: <<http://www.iea.sp.gov.br/out/verTexto.php?codTexto=8905>>. Acesso em: 2 abr 2007.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. **Avaliação do estado nutricional das plantas**: princípios e aplicações. Piracicaba: Associação Brasileira para a Pesquisa da Potassa o do Fosfato, 1989. p 135 – 139.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: editora. 2006. p. 369-375.

MARQUES, M. O. **Efeitos da aplicação do lodo de esgoto na produtividade e qualidade da cana-de-açúcar**. 1990. 164 f. Tese (Doutorado em Agronomia) –

Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”, Universidade de São Paulo, Piracicaba.

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

MARQUES, O. O.; MELO, W. J.; CAMILOTTI, F.; TASSO JUNIOR, L. L.; NOBELE, F. O. sugarcane parameters in trossolid and miane added soil. In: FAZ CANO, A.; ORTIZ SILLA, R.; MERMUT, A.R. **Sustainable use and management of soils in and semiarid regions**. Catagena: Quaderna Editorial, 2002. v. 2, p.549 – 550.

MARQUES, O. O.; MELO, W. J.; BELLINGIERÍ, P. A.; MARRETO, G. H.; KANESIRO, M. A.; MARQUES, T. A.; CHELLI, R. A.; LEITE, S. A. S. Residual effect of sewage sludge on the fertility of a soil copped with sugar-cane. In: DROZ, J.; GONET, S. S.; SENESI, N; WEBER, J. **The role of humu substances in the ecosystems and in envinonmental protection**. Wroclaw: PTSH, 1997. p. 883 – 888.

MEADE, G.P. **Cane sugar handbook**. 9. ed. New York: John Wiley & Sons, 1963.

NOBILE, F. O. **Variáveis agroindustriais da cana-de-açúcar cultivada em solo acrescido com lodo de esgoto e vinhaça**. 2002. 66f. Monografia (Trabalho de Graduação em Agronomia) Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Universidade Estadual Paulista, Jaboticabal.

NUNES JUNIOR, D.; PINTO, A. R. S. A.; TRENTO FILHO, E.; ELIAS, A. I. **Indicadores agrícola do setor sucro alcooleiro**: safra 2003/04. Ribeirão Preto: IDEA, 2004. 111 p.

RAIJ, B van.; CANTARELA, H.; QUAGGIO, J. A.; FURLANI, A. M. C. **Recomendações de adubação e calagem para o Estado de São Paulo.** Campinas: Instituto Agrônômico, 1997. p 237 – 239. (Boletim Técnico, 100).

SOBRAL, A. F.; CORDEIRO, D. D; SANTOS, M. A. C. Efeito da aplicação de vinhaça em socarias de cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio-de-Janeiro, v. 98, n. 5, p. 52 – 58, 1981.

STUPIELLO, J. P.; PEXE, C. A; MONTEIRO, H.; SILVA, L. H. Efeitos da aplicação de vinhaça como fertilizante na qualidade da cana-de-açúcar. **Brasil Açucareiro**, Rio de Janeiro, v. 90, n. 3, p. 41-50, 1977.

UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR. **São Paulo**, produção de álcool do Brasil. 2007. Disponível em: <<http://www.portalunica.com.br/portalunica/index.php?Secao=referência&SubSecao=estatísticas&SubSacao=produção%20Brasil&id=%20and%id=9>>. Acesso em: 2 abr. 2007.