
O USO DA VINHAÇA NA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR

BAFFA, David Carlos Ferreira¹
FREITAS, Ricardo Galvão de¹
BRASIL, René Porfirio Camponez do²

Recebido em: 2008-06-10

Aprovado em: 2009-06-29

ISSUE DOI: 10.3738/1982.2278.92

RESUMO: O uso racional da vinhaça como fertilizante nos canaviais, está proporcionando diversos benefícios para unidades produtoras do Centro-Sul e do Nordeste brasileiro. Além de criar condições para uma destinação ambientalmente correta desse resíduo industrial, a fertirrigação melhora o rendimento agrícola e gera economia nos gastos com adubação. A prática é adotada por todas as usinas, com tecnologia conhecida e bem definida, existindo inúmeros ensaios que comprovam os resultados positivos obtidos na produtividade agrícola, associados à economia dos adubos minerais. A grande vantagem no emprego da vinhaça é que ela pode substituir em grande parte alguns nutrientes da adubação mineral, fato comprovado pelos inúmeros trabalhos que mostram aumento de produtividade da cana-de-açúcar devido à sua aplicação. Porém, a falta de estudos mais completos voltados aos efeitos contaminantes provocados por doses altas de aplicação, levam-nos a recomendar que as doses de aplicação da vinhaça deveriam ser baseadas na necessidade de potássio e de enxofre pela cultura.

Palavra Chave: Vinhaça. Cana-de-Açúcar. Fertirrigação.

SUMMARY: The rational use of stillage as fertilizer for the sugarcane, is providing several benefits for units of production in Center-South and Northeast of Brazil. Besides to create conditions for an environmentally correct allocation of industrial waste, the fertigation improved agricultural income and spending with the economy generated by fertilizer. The practice is used by all the industries which have a technological and well defined knowledge, there are numerous tests that may confirm the positive results obtained in agricultural production associated with the economy of fertilizers. The great advantage of deploying the stillage is that it can replace some nutrients in large part of mineral fertilizer, a fact proven by numerous studies that show a increase in productivity of sugarcane due to its application. On another hand, the lack of more comprehensive studies that shows the effects of contaminants caused by high doses of application, lead us to recommend that the rates of application of stillage should be based on the need potassium and sulfur by the culture.

Keywords: Stillage. Cane-of-sugar. Fertirrigação.

INTRODUÇÃO

Historicamente a cana de açúcar é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo cultivada desde a época da colonização. A cultura da cana-de-açúcar tem

¹ Engenheiro Agrônomo, Universidade Federal de Viçosa-UFV. Pós-Graduação em Gestão e Tecnologia Sucroalcooleira, Faculdade de Agronomia Doutor Francisco Maeda-FAFRAM. E-mail: davidbaffa@yahoo.com.br; ricardogalvaogro@yahoo.com.br

² Engenheiro Agrônomo, Professor, Faculdade Doutor Francisco Maeda-FAFRAM. E-mail: rpebrasil@hotmail.com

um grande destaque sócio-econômico em nosso país. A indústria canavieira, com aproximadamente 350 indústrias de açúcar e álcool, ocupa cerca de 5.677.396 hectares de área, gerando um 1.000.000 de empregos diretos e indiretos, e possui uma capacidade de produção de 396.012.158 toneladas de cana-de-açúcar, na safra de 2003/2004, sendo 55% destinadas à produção de álcool anidro e hidratado e 45% de açúcar (IBGE, 2004).

Outros produtos, também originados dessa cultura e que devem ser salientados, são a aguardente (muito consumida), o bagaço (que é utilizado principalmente como fonte de energia), a vinhaça (que serve de fertilizante), o plástico e o papel (SOUZA et al., 1999). A cana é, em si, usina de enorme eficiência, uma vez que cada tonelada tem um potencial energético equivalente ao de 1,2 barril de petróleo. O Brasil é o maior produtor do mundo, seguido da Índia e Austrália. Na média, 55% da cana brasileira se transformam em álcool e 45% em açúcar. No país se planta cana no Centro-Sul e no Norte-Nordeste, o que permite dois períodos de safra (UNICA, 2004).

A vinhaça, vinhoto, restilo ou calda da destilaria, é resultante da produção de álcool, após a fermentação do mosto e a destilação do vinho. 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 apresenta quantidade apreciável de potássio e médios de cálcio e magnésio (ROSSETTO, 1987). A quantidade de vinhaça produzida pela destilaria é função do teor alcoólico obtido na fermentação, de modo, que a proporção pode variar de 10 a 18 litros de vinhaça por litro de álcool produzido.

A vinhaça é composta de material químico, que pode ser percolado e lixiviado para o lençol freático. As pesquisas revelam que a dinâmica dos constituintes da vinhaça no solo interfere nos aspectos físicos e químicos e a possível poluição do lençol freático. Há um pequeno risco do potássio e do nitrato em poluir a água subterrânea devido à irrigação com vinhaça, visto que a lixiviação de íons abaixo da profundidade máxima de observação (1,20 m) das unidades coletoras é pequena. Por outro lado, a ação do solo na redução da matéria orgânica é de maneira geral mais efetiva na camada superficial de 10 a 15 cm e, em decorrência da aplicação de vinhaça, de forma mais intensa, até a profundidade de 24 cm.

A utilização da vinhaça como fertilizante de forma racional, através da fertirrigação, ocorreu após os desastres ecológicos nos cursos d'água, só a partir disso, é que foram desenvolvidos estudos, para o seu melhor aproveitamento, aonde vem apresentando efeitos positivos sobre a produtividade agrícola por hectare e prolongando

o ciclo da cana (FREIRE; CORTEZ, 2000). O aproveitamento desse resíduo industrial nas lavouras, sem causar danos ambientais, é a regra predominante no setor.

Quando depositada no solo, a vinhaça pode promover melhoria em sua fertilidade; todavia, quando usada para este fim, às quantidades não devem ultrapassar sua capacidade de retenção de íons, isto é, as dosagens devem ser mensuradas de acordo com as características de cada solo, uma vez que este possui quantidades desbalanceadas de elementos minerais e orgânicos, podendo ocorrer à lixiviação de vários desses íons, sobretudo do nitrato e do potássio.

Devido aos benefícios vistos sobre a fertirrigação com vinhaça, relatamos neste trabalho as principais características da vinhaça, o seu efeito no solo, seus meios de aplicação e algumas informações relevantes sobre esta prática.

1 REVISÃO DE LITERATURA

1.1 CARACTERÍSTICAS DA VINHAÇA

A vinhaça é o produto da calda na destilação do licor de fermentação do álcool de cana-de-açúcar; é líquido residual, também conhecido, regionalmente, por restilo e vinhoto. É produzida em muitos países do mundo como subproduto da produção de álcool, tendo em vista ser a matéria-prima diferente (cana-de-açúcar na América do Sul, beterraba na Europa etc.), a vinhaça apresenta diferentes propriedades. A concentração de sódio na vinhaça de cana-de-açúcar é menor que na de beterraba e elevados valores desse íon são indesejáveis já que podem causar condições nocivas ao solo e às plantas (GEMTOS et al., 1999).

O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K, Ca e Mg, sendo que sua riqueza nutricional está ligada à origem do mosto. Quando se parte de mosto de melão, apresenta maiores concentrações em matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio, ao passo que esses elementos decaem consideravelmente quando se trata de mosto de caldo de cana, como é o caso de destilarias autônomas (ROSSETTO, 1987). Dos efluentes líquidos da indústria sucroalcooleira, a vinhaça é a que possui maior carga poluidora, apresentando demanda bioquímica de oxigênio (DBO) variando de 20.000 a 35.000 mg L⁻¹. A quantidade despejada pelas destilarias pode variar de 10 a 18 L de vinhaça por litro de álcool produzido, dependendo das condições tecnológicas

da destilaria. A temperatura da vinhaça que sai dos aparelhos de destilação é de 85 a 90 °C (ROSSETTO, 1987).

Vários estudos sobre a disposição da vinhaça no solo vêm sendo conduzidos, enfocando-se os efeitos no pH do solo, propriedades físico-químicas e seus efeitos na cultura da cana-de-açúcar, mas poucos avaliaram o real potencial poluidor da vinhaça sobre o solo e lençol freático já que, em virtude dos elevados níveis de matéria orgânica e nutriente, principalmente potássio, quase toda destilaria brasileira tem adotado sua utilização na fertirrigação de plantações de cana-de-açúcar (CUNHA et al., 1981).

Nos últimos anos, a alternativa adotada pelos usineiros, para resolver o problema de poluição dos cursos d'água, tem sido a utilização da vinhaça como fertilizante, por possuir uma riqueza em matéria orgânica e por possuir nutrientes como o nitrogênio, fósforo, cálcio e potássio. (LUDOVICE, 1997).

A composição química da vinhaça, segundo Glória e Orlando Filho (1984) que consta na tabela 1, é variável de acordo com o tipo de vinho destilado, de natureza e composição da matéria prima, do sistema usado no mosto, do método de fermentação adotado e do sistema de condução de fermentação alcoólica, da raça de levedura, dos equipamentos de destilação, do modo de destilação e do tipo de flegma.

TABELA 1: Composição química média da vinhaça

Elemento	Vinhaça de Mosto		
	Melaço	Misto	Caldo
N (Kg/m ³)	0,77	0,46	0,28
P ₂ O ₅ (Kg/m ³)	0,19	0,24	0,20
K ² O (Kg/m ³)	6,00	3,06	1,47
CaO (Kg/m ³)	2,45	1,18	0,46
MgO (Kg/m ³)	1,04	0,53	0,29
SO ₄ (Kg/m ³)	3,73	2,67	1,32
Mat. Orgânica (Kg/m ³)	52,04	32,63	23,44
Fe (ppm)	80,00	78,00	69,00
Cu (ppm)	5,00	21,00	7,00
Zn (ppm)	3,00	19,00	2,00
Mn (ppm)	8,00	6,00	7,00
pH	4,40	4,10	3,70

Observando-se a Tabela 1, nota-se que a vinhaça é rica em K, matéria orgânica, contendo também uma quantidade razoável de N, S, Ca e Mg, podendo substituir totalmente adubação potássica e de enxofre, e parcialmente a de nitrogênio, além de contribuir como micronutrientes.

O uso agrícola da vinhaça e os seus benefícios oriundos do solo são indiscutíveis, tanto do ponto de vista agrônomo, econômico, quanto social. Segundo

Coelho, (1986), o benefício imediato decorrente do uso racional desse resíduo nas lavouras canavieiras se dá pelo aumento da produtividade, que ocorre com mais intensidade em solos mais pobres e em regiões mais secas, e inclui-se aqui a economia de fertilizantes.

1.2 COMPLEMENTAÇÃO COM NITROGÊNIO

Existem inúmeros experimentos que comprovam os resultados positivos obtidos na produtividade agrícola (t de cana/ha), associados ou não a economia na aquisição de adubos minerais (ROBAINA et al., 1983; PENATTI; FORTI, 1998, PENATTI; FORTI, 1997). A vinhaça contém alto teor de matéria orgânica e potássio, sendo relativamente pobre em nitrogênio e cálcio, com baixos teores de fósforo e magnésio. Entretanto, sua aplicação sem o conhecimento da dose adequada e da devida complementação mineral, é insuficiente para atender as necessidades nutricionais da cultura, podendo até mesmo produzir um desequilíbrio de nutrientes, afetando a produtividade da cana. A recomendação adequada deve basear-se nos resultados das análise químicas dos solos, concentração de potássio na vinhaça e curvas de calibração obtidas através dos resultados experimentais.

A vinhaça é um produto que adicionado ao solo, dependendo da dose utilizada e da concentração de potássio presente, necessita uma complementação nitrogenada no cultivo das soqueiras. Trabalhando com 22 experimentos com aplicação de 120 m³/ha de vinhaça (2,5% de k₂O/m³) e complementação de 0, 50, 100, e 150 kg/ha de nitrogênio, Penatti; Forti (1994) obtiveram uma regressão quadrática para a média da produtividade de cana e a dose econômica de 97 Kg/ha.

Segundo Penatti; Araújo; Forti e Ribeiro, (2001), a análise conjunta dos resultados de 4 safras indicam respostas significativas para a interação nitrogênio e vinhaça até a dose de 100 m³/ha. Nas doses de 200 e 300 m³/ha de vinhaça não houve necessidade da complementação com nitrogênio. Comparando os resultados com a adubação mineral aplicada pela Usina São José da Estiva (57-28-115 Kg/ha de N-P₂O₅-K₂O), as doses de 100 e 150 Kg de N/ha produziram mais, indicando que a usina pode aumentar a quantidade de nitrogênio na adubação da cana-soca que não recebe vinhaça. Apenas a dose de 100 m³/ha de vinhaça sem nenhum nitrogênio complementar não superou o tratamento com adubação mineral 57-28-115 Kg/ha de N-P₂O₅-K₂O quando se trata de t de cana/ha. Quando se faz a complementação com nitrogênio, a partir da

dose 50 Kg/ha já se tem maior produtividade de cana do que a obtida com a adubação mineral, indicando o potencial desta operação.

1.3 REAÇÃO NO SOLO

Como na composição da vinhaça o teor de matéria orgânica é elevado, é de se esperar, ao se aplicar à vinhaça, modificações nas propriedades do solo ao longo do tempo. A matéria orgânica da vinhaça é instável, e ao ser aplicada no solo ela se decompõe. Conseqüentemente, uma serie de transformações nas propriedades do solo deve ocorrer e tais transformações devem seguir os mais diversos caminhos. Como atualmente a vinhaça tem sido utilizada em larga escala como fertilizante, há necessidade de se conhecer as modificações que se operam nos solos ao longo do tempo, para tirar da vinhaça o melhor proveito possível.

A maioria dos estudos realizados nesta área, conclui ser a aplicação da vinhaça uma prática economicamente viável, substituindo parcialmente ou totalmente a adubação mineral. Seus efeitos sobre as condições químicas, físicas e biológicas do solo são quase sempre benéficos, como elevação de pH, da soma de bases e da CTC efetiva, aumento da capacidade de retenção de água e da atividade dos microorganismos. Entretanto, em certos casos, a má drenagem do solo deve provocar a salinização do mesmo.

A fertilidade do solo é determinante para a dosagem da aplicação da vinhaça, por isso deve-se levar em conta a densidade, textura, porosidade, etc. Os níveis de NPK do solo variam de acordo com a composição química originária da vinhaça usada como fertirrigação. A qualidade do solo será avaliada através dos parâmetros: Al (alumínio total), Ca (cálcio), Mg (magnésio), SO₄ (sulfato), H (hidrogênio dissociável), MO (matéria orgânica), CTC (capacidade de troca catiônica), pH (potencial hidrogeniônico), V% (saturação de bases), bem como a presença dos fatores bióticos.

1.3.1 Efeito Químico

O conhecimento da composição química da vinhaça é de fundamental importância, pois, através dela poder-se-á recomendar doses ideais.

A aplicação da vinhaça ao solo, ao contrário do que se pensou durante muitos anos, causa uma elevação no pH, ou seja, diminuição da acidez do solo, sendo o efeito

mais pronunciado nos solos arenosos do que nos argilosos, atribuídos ao menor poder tampão dos solos arenosos.

A elevação do pH provoca a variação dos teores de alumínio trocável dos solos, podendo atingir níveis nulos quando o pH for maior que 5,3, que é o limite para a solubilidade do alumínio.

Pelas características coloidais da matéria orgânica contida na vinhaça, sua adição provoca uma elevação da CTC, conferindo ao solo uma maior quantidade de cargas negativas, diminuindo a lixiviação de cátions. Provoca ainda, uma elevação do teor de carbono no solo, tendência observada até seis meses após a aplicação em ensaio de doses de vinhaça.

Sua aplicação aos solos causa também um acréscimo no teor de cátions trocáveis, principalmente potássio e cálcio, que são os elementos minerais que se apresentam em maiores proporções na vinhaça, aumentando com isso a soma de bases.

1.3.2 Efeito Físico

A vinhaça pura aplicada ao solo conduz a um aumento da porosidade total do solo, aumentando da retenção de água e seu poder de embebição. A velocidade máxima de caminhamento da água, a velocidade máxima de absorção da camada de água e o caminhamento capilar Máximo de água no solo diminuem.

A aplicação da vinhaça ao solo causa um acréscimo de material orgânico, que propicia uma melhor estruturação (o húmus age como agente cimentante das partículas do solo, formando agregados estáveis), favorecendo com isso uma melhor circulação de água e ar, reduzindo também à susceptibilidade a erosão.

A matéria orgânica tem efeito sobre a consistência, permeabilidade, aeração, temperatura e cor, reduzindo a plasticidade e coesão do solo, favorecendo as operações de preparo.

1.3.3 Efeitos Biológicos

A adição da vinhaça provoca sensível aumento da microflora existente no solo, favorecendo a decomposição da matéria orgânica em compostos estáveis, proporcionando efeitos físicos e químicos favoráveis.

A variação do pH proporcionada pela adição de matéria orgânica ao solo depende das características do material orgânico adicionado e dos microorganismos existentes no solo que agem na sua decomposição.

A vinhaça confere aos solos uma alternativa do pH, sendo esta provocada pelos fungos que atacam a matéria orgânica (inicialmente) decompondo-a parcialmente, diminuindo a acidez do solo e preparando o campo para ação posterior das bactérias. Estas completam o ciclo da matéria orgânica, dando-lhe assim, melhores condições para que funcione como meio de cultura para um maior desenvolvimento de números de microorganismos.

A aplicação de vinhaça provoca, inicialmente, uma diminuição no teor de nitrato na camada superficial do solo, devido à rápida utilização destes pelos microorganismos, que posteriormente elevam seus teores.

Os fungos influenciam a formação de agregados, unindo mecanicamente, com seus micélios, as partículas minerais, enquanto as bactérias produzem substâncias gomosas que também facilitam a agregação.

1.3.4 Efeitos Maléficos Causadores aos Solos

Como visto, a adição de vinhaça ao solo, dependendo da quantidade aplicada, poderá corresponder a uma adubação potássica, cálcica e sulfatada de nível adequado, como também uma adubação orgânica, sem acarretar problemas. Porém, se as doses forem acima das recomendações, poderá atingir condições insatisfatórias, com um enriquecimento em sais do solo.

1.4 Métodos de Aplicação

Segundo Matioli; Lazo; Oliveira e Guazzelli (1988), a recomendação de uma dose de vinhaça esta sempre associada à substituição da adubação mineral potássica correspondente. No entanto, esta associação não obedece a uma reação direta, e o fato é explicado por ser um adubo mineral aplicado em linha e próximo das soqueiras, enquanto a vinhaça é aplicada em área total, espalhando-se por todo o terreno. Como a relação não é direta, existe um fator para esta correção, que apesar de sempre se tornar um tema bastante polêmico, por grande parte dos especialistas é adotado como sendo dois, isto é, deve-se aplicar através da vinhaça o dobro de quantidade de K_2O que se aplicaria com adubo mineral. Como a adubação padrão adotada é de 100 Kg N/ha e 150 Kg K_2O /ha, deve-se aplicar através da vinhaça uma dose correspondente a 300 kg K_2O /ha, que obviamente é função da concentração de K_2O/m^3 . A tabela 2 ilustra esta dependência.

TABELA 2: Dose de vinhaça X Concentração de K₂O.

CONCENTRAÇÃO [Kg K₂O/m³]	DOSE [m³/há]
1,5	200
2,0	150
3,0	100
4,0	75
6,0	50

A recomendação de adubação potássica da Secretaria de Agricultura do Estado de São Paulo, para a cana-de-açúcar, é de 40 a 200 Kg K₂O/ha, para cana planta e de 30 a 150 Kg K₂O/ha para cana-soca. Na maioria dos trabalhos com dosagem de vinhaça, na quantidade de até 300 Kg K₂O/ha, não interferem na qualidade da cana, para indústria (ROSSETO, 1987).

A quantidade de doses na aplicação da vinhaça como fertilizante depende da produção de álcool na usina, mas os trabalhos publicados têm apresentado os valores entre 250,3 a 273,8 m³/ha. O mosto de melaço é o mais rico apresenta em média níveis de NPK com cerca de 0,57; 0,10; 3,95 por Kg/m³ de vinhaça, respectivamente. O mosto misto, que é produzido em usinas com destilarias, apresenta níveis com cerca de 0,48 de N, 0,09 de P, 3,34 de K por kg/m³ e o mosto de caldo, produzido em destilarias isoladas, apresenta os níveis de NPK em kg/m³ de vinhaça, 0,28; 0,09; 1,29 respectivamente.

A porcentagem da área de fertirrigação das usinas é bastante variável, tanto em escala regional, como dentro de uma mesma região. Existem usinas que já vem aplicando vinhaça em 70% da sua área de cultivo, por outro lado, podem-se encontrar também usinas com áreas de fertirrigação bem abaixo deste valor.

Pode-se considerar também que, de maneira geral, a cada safra o valor de área de fertirrigação das usinas aumenta, mostrando a preocupação das usinas com o uso racional da vinhaça, buscando maior rendimento agrícola e redução no uso de fertilizantes químicos, bem como uma adequação de dose de vinhaça que não cause prejuízo ao meio ambiente.

Os sistemas utilizados atualmente para fertirrigação da lavoura canavieira com efluentes líquidos (vinhaça e águas residuárias), são: caminhão-tanque convencional e aplicação por aspersão. Na aplicação por aspersão são utilizados o sistema de montagem direta e autopropelido com carretel enrolador, podendo este ser alimentado diretamente

de canais ou a partir de caminhões. O aspersor do tipo ‘canhão’ apresenta característica própria de distribuição, requerendo critérios na aplicação, pois, quantidades excessivas podem causar problemas de rendimento industrial para a fabricação do açúcar e álcool. Já foi verificado que aplicação de até 100 mm de vinhaça teve efeito positivo ou neutro nas características físicas e químicas do solo (ROSSETTO, 1987; FREIRE;CORTEZ, 2000).

Nos primórdios do Pró-Álcool outros dois sistemas eram bastante difundidos nas destilarias do país: área de sacrifício e sulcos de infiltração. No entanto, com o passar do tempo, ocorreu à eliminação desses sistemas porque eles não proporcionam o aproveitamento racional da vinhaça e impõem riscos de poluição das águas subterrâneas.

O sistema de fertirrigação com **caminhões-tanque** num passado recente era o mais difundido para distribuição de vinhaça pura. Apresenta como vantagem o curto tempo exigido para sua implantação, isto é, praticamente basta adquirir a frota e colocá-la em operação. Possivelmente, este fato foi determinante para sua rápida difusão nas usinas e destilarias do país. Como limitações desse sistema destacam-se: agravamento dos problemas de compactação de solos, impossibilidade de aplicação em áreas com cana-planta, dificuldades em dias de chuva, baixa uniformidade de distribuição e pequena distância na qual a prática da fertirrigação é economicamente viável em comparação com a adubação mineral.

A vinhaça, diluída com águas residuárias ou não, pode ser aplicada através de sistemas de irrigação por aspersão, sendo o sistema de montagem direta e o autopropelido com carretel enrolador os utilizados nas usinas e destilarias do Brasil.

O sistema **montagem direta** consiste basicamente de um conjunto motobomba acoplado a um aspersor tipo canhão, montados em chassi com rodas. O sistema também pode ser dotado de extensões (tubulações), com o objetivo de aumentar o espaçamento entre canais, ou seja, para diminuir a quantidade de canais que atravessam os talhões de cana.

A vantagem principal do sistema de aspersão com montagem direta, quando comparado com o sistema de caminhões-tanque, é o menor custo por unidade de área fertirrigada. Por outro lado, a maior limitação é a exigência de uma rede de canais alimentadores, que implica em sistematização parcial do terreno e recortes da lavoura de cana, quando a implantação não é realizada na época da reforma do canavial.

O sistema autopropelido com **carretel enrolador** é o mais difundido atualmente nas usinas e destilarias, sendo o mesmo introduzido com o objetivo de substituir a extensão da montagem direta de aspersão.

A vantagem principal do sistema é ser semi-mecanizado e, portanto, requer menos mão-de-obra que a montagem direta (transporte e manuseio das extensões). Por outro lado, o autopropelido exige maior potência da motobomba e, conseqüentemente, consome mais combustível. O carretel enrolador possui outras vantagens como: flexibilidade de aplicação, facilidade de manejo no campo, opera em diferentes relevos, ultrapassa obstáculos (terraços), adequação para aplicação de efluentes, dosagens ampla faixa (7 a 50 mm). Porém, existem outras desvantagens como: requerimento de pressão de serviço, consumo de energia sujeito a ação do vento, eficiência de aplicação, uniformidade, adequação para baixas lâminas.

Um sistema também usado é o de **carretel enrolador com 'barra irrigadora'** que possui vantagens como: menor pressão de serviço – 1,5 a 3,5 kgf/cm², menos sujeita ao vento, maior uniformidade e eficiência, faixa de 36 a 54 m, altura da barra regulável, aspersores com reguladores de pressão, facilidade de adaptação no carretel, relevo suave – dd < 4% ,regularização da superfície, dificuldade em cana planta, histórico recente – poucos dados. Porém, existem desvantagens como: relevo suave – dd < 4%, regularização da superfície, dificuldade em cana planta, histórico recente – poucos dados, relevo suave – dd < 4%, regularização da superfície, dificuldade em cana planta.

TABELA 3: Percentual médio de cada sistema de aplicação de vinhaça nas lavouras de cana-de-açúcar do Estado de São Paulo.

Forma de Aplicação	Participação (%)
Caminhão-Tanque Convencional	6
Aspersão (canal + montagem direta)	10
Aspersão (canal + rolão)	53
Aspersão (caminhão + rolão)	31

Fonte: Elias Neto (2007).

Como evolução dos sistemas de aplicação de vinhaça pode-se considerar a utilização de sistemas do tipo Pivô central bem como a aplicação por meio de gotejamento subsuperficial.

A aplicação pelo sistema **Pivô central** beneficia a qualidade da fertirrigação, visto que o sistema proporciona uma uniformidade de distribuição superior quando comparada aos sistemas montagem direta e autopropelido.

Entretanto o sistema apresenta custos de implantação superiores, principalmente se considerarmos que para a fertirrigação, será necessário a utilização de equipamentos que resistam ao efeito corrosivo da vinhaça, sendo necessários estudos de viabilidade técnica e econômica da aplicação da vinhaça por este sistema.

Quando se tratar da utilização do sistema apenas para fertirrigação, deverão ser utilizados sistemas do tipo Pivô rebocável, pois não será viável a utilização de um sistema fixo para aplicação das pequenas lâminas correspondentes a fertirrigação.

O **pivô rebocável** possui vantagens como: irrigar várias áreas por safra, pivôs – 4 a 8 lances (2,5 a 16 ha), lâminas a partir de 6,5 mm, redução dos custos fixos/área, redução do custo de mão de obra, maior eficiência da irrigação, menos sujeito a ação do vento, menor pressão – consumo de energia, sistemas de operação no campo, em faixas ou círculos. Porém, existem desvantagens como: requer sistema viário compatível, “lay out” dos talhões adequado relevo plano/suavemente ondulado, sistema de redes adutoras/canais, conjunto motobomba.

Outra evolução nas técnicas de aplicação de vinhaça é a utilização de sistemas de **gotejamento subsuperficial**. Experimentos conduzidos pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC) mostram que é viável tecnicamente a aplicação da vinhaça por gotejamento.

Entretanto, devido ao elevado custo somado ao fato do mesmo ser fixo, torna o mesmo economicamente viável somente nas condições em que a irrigação por gotejamento na cana-de-açúcar apresentar viabilidade econômica, e a aplicação da vinhaça pelo sistema vier agregar valor ao mesmo.

1.5 Excesso na aplicação de Vinhaça

A Utilização racional da vinhaça pela agroindústria açucareira e alcooleira do Brasil, em substituição ou complementação a adubação mineral da cana-de-açúcar, esta amplamente difundida como pratica convencional, com comprovados efeitos benéficos sobre as produtividades, principalmente quando aplicada em solos de menor fertilidade. Entretanto, esta mesma vinhaça, se aplicada excesso pode acarretar serias alterações sobre a qualidade da matéria prima, conduzindo a diminuições no teor de sacarose e elevação dos teores de cinzas no caldo.

Gloria (1985), Gloria; Orlando (1984) mostraram que ocorre um aumento linear nos teores de cinzas do caldo, em função da elevação das doses aplicadas. Este fato ocasionaria dois principais problemas na fabricação de açúcar: o efeito melassigênico (dificuldades na cristalização do açúcar, que diminui os rendimentos finais) e prejuízos na qualidade do açúcar, provocando pelo elevado teor de cinzas do caldo da cana. Para a fabricação do álcool não se conhece efeitos no processo fermentativo, muito embora não se deva esquecer das reduções na POL% cana matéria-prima, com conseqüências reduções nos volumes nos produzidos por tonelada de cana.

Silva et al. (1976) observaram que a presença de elevadas doses de vinhaça nos solos aumentou as quantidades dos elementos K^+ , Ca^{++} , Mg^{++} e P, além de causar um significativo aumento nos teores de cinzas do caldo da cana. Varias variedades estudadas na presença da vinhaça apresentaram expressivos ganhos na produtividade de colmos, embora tenham demonstrados efeitos depreciativos na qualidade de sua matéria-prima.

A excessiva presença de vinhaça provoca um vigoroso desenvolvimento vegetativo e uma redução na qualidade da matéria-prima, que apresenta como principal alteração a elevada presença de cinzas no caldo da cana devido à absorção de luxo do potássio, abundante na vinhaça. Ocorre um restabelecimento nos teores de sacarose em algumas variedades a partir do terceiro corte, embora se tenha notado um pequeno atraso nas respectivas maturações.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

O uso racional da vinhaça como fertilizante nos canaviais, está proporcionando diversos benefícios para unidades produtoras do Centro-Sul e do Nordeste brasileiro. Além de criar condições para uma destinação ambientalmente correta desse resíduo industrial, a fertirrigação melhora o rendimento agrícola e gera economia nos gastos com adubação.

O constituinte principal da vinhaça é a matéria orgânica, basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K, Ca e Mg, sendo que sua riqueza nutricional está ligada à origem do mosto. Quando se parte de mosto de melão, apresenta maiores concentrações em matéria orgânica, potássio, cálcio e magnésio, ao passo que esses elementos decaem consideravelmente quando se trata de mosto de caldo de cana, como é o caso de destilarias autônomas.

É necessário fazer a análise de solo para evitar a saturação de potássio em determinados locais. Dependendo do resultado, deve-se mudar a aplicação de vinhaça para outras áreas.

A fertirrigação possibilita um aumento em torno de 10 toneladas de cana por hectare (tc/ha) na produtividade agrícola.

Há também economia com despesas de fertilizantes. A vinhaça, além de atender a necessidade de potássio do canavial, possui micronutrientes e matéria orgânica. É necessário fazer a complementação com nitrogênio e fósforo. Quando se faz a complementação com nitrogênio, a partir da dose 50 Kg/ha já se tem maior produtividade de cana do que a obtida com a adubação mineral, indicando o potencial desta operação.

A maioria dos estudos realizados nesta área conclui ser a aplicação da vinhaça uma prática economicamente viável substituindo parcialmente ou totalmente a adubação mineral. Seus efeitos sobre as condições químicas, físicas e biológicas do solo são quase sempre benéficos, como elevação de pH, da soma de bases e da CTC efetiva, aumento da capacidade de retenção de água e da atividade dos microorganismos. Entretanto, em certos casos, a má drenagem do solo deve provocar a salinização do mesmo.

A recomendação de uma dose de vinhaça esta sempre associada à substituição da adubação mineral potássica correspondente. Usa-se geralmente o dobro da dose de potássio recomendada na análise de solo. Como a adubação padrão adotada é de 100 Kg N/ha e 150 Kg K₂O/ha, deve-se aplicar através da vinhaça uma dose correspondente a 300 kg K₂O/ha, que obviamente é função da concentração de K₂O/m³

O método de fertirrigação mais utilizado pelas usinas é o tipo aspersão como: caminhão + rolão, canal + rolão, canal + montagem direta, caminhão-tanque convencional e pivô rebocável.

A aplicação em excesso de vinhaça pode acarretar sérias alterações sobre a qualidade da matéria prima, conduzindo a diminuições no teor de sacarose e elevação dos teores de cinzas no caldo.

REFERÊNCIAS

ANSELMINI, R. Vinhaça gera economia e melhora rendimento. **JornalCana**, junho 2007. Disponível em <http://www.jornalcana.com.br/pdf/162/%5Ctecagric.pdf>. Acesso em: 19 abril 2008.

-
- BARROS, R. P. de. **Estudo dos efeitos da aplicação da vinhaça na qualidade de solos em cultivos de cana-de-açúcar (*Saccharum Officinarum L.*), e o uso de indicadores no sistema de produção.** webartigos.com, 6 abr. 2008. Disponível em: <http://www.webartigos.com/articles/5211/1/estudo-dos-efeitos-da-aplicacao-da-vinhaca-na-qualidade-de-solos-em-cultivos-de-cana-de-acucar-saccharum-officinarum-l-e-o-uso-de-indicadores-no-sistema-de-producao/pagina1.html>. Acesso em 30 abr. 2008.
- COLETI, J. T. et al. Efeito da Aplicação de Vinhaça nas Propriedades dos Solos da Usina São José – Macatuba. **STAB**, Piracicaba, v. 1, n. 3, p. 12-17, jan./fev. 1983.
- CUNHA, C.A.H; MACHADO, R.E; COELHO, R.D. Irrigação da cana-de-açúcar. **Stab**, Piracicaba, v. 19, n. 4, p.30-34, mar/abr. 2001.
- FERREIRA, E. S.; MONTEIRO, A. O. **Efeito da aplicação da vinhaça nas propriedades químicas, físicas e biológicas do solo.** São Paulo, p. 3-6, jan. 1987.(Boletim Técnico Copersucar, 36/87)
- FERREIRA, M. da C; CRISTÓFORO, A.B. Uniformidade da distribuição de vinhaça com aspersor tipo canhão. **Stab**, Piracicaba, v. 21, n. 3, p.34-35, jan/fev.2003.
- FILHO, D. de C. **Efeitos da adição de vinhaça sobre atributos químicos de vertissolos e na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar.** 2005. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Agrônômica) Universidade Federal de Sergipe, São Cristóvão.
- GLÓRIA, N.A.; ORLANDO FILHO, J. Aplicação de vinhaça: um resumo e discussões sobre o que foi pesquisado. **Álcool e Açúcar**, v.4, n15, p. 22-31, 1984.
- JUNIOR, D. N. **Efeitos da elevada deposição de vinhaça sobre variedades de cana-de-açúcar.** São Paulo, p.38-44, mai. 1987. (Boletim Técnico Copersucar, 37/87)
- LUDOVICE, M. T. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático.** 1996. Dissertação de (Mestrado) - FEC-UNICAMP, Campinas.
- MATIOLI, C. S.et al. **Distâncias Máximas de Aplicação de Vinhaça com Caminhões-Tanque.** São Paulo, p. 41-47, Abr. 1988. (Boletim Técnico Copersucar, 41/88)
- MELLISSA, A. S. da S. et al. Uso de vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.11, n.1, p.108–114, 2007.
- PENATTI, C. P. et al. Dose de vinhaça e nitrogênio em cana-soca durante quatro safras em solo LV – Usina São João da Estiva. **STAB**, CIDADE, v. 19, n. 5, p. 38-41, maio/jun. 2001.
- SOUZA, S. A. V. de. **Métodos de utilização e aplicação de vinhaça.** Workshop Tecnológico sobre VINHAÇA, Projeto Programa de Pesquisa em Políticas Públicas. Painel 2, Piracicaba, 05 out. 2007.

