

UNIVERSIDADE FEDERAL DE MINAS GERAIS
PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA SANITÁRIA E
TECNOLOGIA AMBIENTAL
ÁREA DE CONCENTRAÇÃO: TECNOLOGIA AMBIENTAL

MONOGRAFIA DE FINAL DE CURSO

VINHAÇA: PRODUÇÃO E DESTINAÇÃO VIA FERTILIZANTE
NA FORMA DILUÍDA OU CONCENTRADA.

Antônio Pinto de Goes e Lara Neto

Belo Horizonte

2011

Antônio Pinto de Goes e Lara Neto

**Vinhaça: Produção e Destinação Via Fertilizante na Forma
Diluída ou Concentrada.**

Monografia apresentada ao Programa de Pós-Graduação em Engenharia Sanitária e Tecnologia Ambiental da Universidade Federal de Minas Gerais, como requisito parcial à obtenção do certificado de Especialista em **Engenharia Sanitária ou Tecnologia Ambiental.**

Orientadora: Miriam Cristina Santos Amaral

Belo Horizonte
Escola de Engenharia da UFMG
2011

AGRADECIMENTOS

A Deus, aquele que tem as chaves da casa; a minha esposa Elisângela, grande incentivadora deste projeto; a minha família que engentou os alicerces de minha formação; aos amigos pela força; aos professores e aos colegas da pós-graduação; a Professora Miriam por acreditar em minhas idéias e me orientar nessa jornada e em especial a própria natureza que oferece sempre recursos para que possamos juntos melhorar a convivência entre o homem e os recursos que o cercam.

RESUMO

Um dos maiores setores do agronegócio no Brasil, a agroindústria do álcool e açúcar, vem sofrendo com o alto consumo de água e alta produção de efluente impactante à natureza. Promover um controle sobre a poluição gerada nesse agronegócio torna-se foco de pesquisa dos setores envolvidos. A vinhaça ou o vinhoto, como é também chamado um dos efluentes gerado pela indústria sucroalcooleira, além de conter muita água, que poderia ser reutilizada no sistema de produção, apresenta-se ainda como potencial poluidor de nossos solos e águas. Esse efluente, muito utilizado via fertirrigação em canaviais, possui uma enorme carga orgânica e de composição variada, que se não for devidamente tratado, pode trazer perdas significativas para o meio ambiente. O setor sucroalcooleiro depara-se na atualidade com desafios que se devidamente encarados poderão fazer deste setor referência em produção mais limpa e sustentável. A conservação dos solos para produção da matéria-prima, a reutilização ou reúso da água nas diversas etapas de produção e o conhecimento das características físicas, químicas e biológicas do efluente gerado, fazem parte das respostas a serem obtidas para a busca da sustentabilidade no setor. O importante não é só a produção mais limpa, mas a que custo. Tecnologias, como a utilização de membranas, são, a todo o momento, testadas para satisfazer a necessidade da não-geração de efluentes potencialmente poluidores. Podendo resgatar aquelas substâncias nocivas ao meio ambiente ou mesmo aquelas que podem ser reutilizadas na forma de fertilizante para as lavouras canavieiras. Para tanto, alternativas devem ser analisadas para satisfação ambiental dos órgãos fiscalizadores e para a própria sobrevivência desse ramo do agronegócio. Através deste trabalho, portanto, foi feito um estudo onde procurou-se levantar dados gerais sobre a geração deste efluente. Dados estes que pudessem contribuir para uma análise sobre a reutilização segura dos nutrientes contidos na vinhaça, seja na forma concentrada ou diluída, de modo a fertilizar os solos agrícolas com o mínimo possível de impacto ao meio ambiente.

SUMÁRIO

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SIMBOLOS

LISTA DE FIGURAS

LISTA DE TABELAS

1 INTRODUÇÃO	1
2 OBJETIVOS.....	3
2.1 OBJETIVO GERAL.....	3
2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	3
3 REVISÃO DA LITERATURA.....	4
3.1 CONSIDERAÇÕES SOBRE O HISTÓRICO NO SETOR SUCROALCOOLEIRO	4
3.2 ALGUNS ASPECTOS SOBRE A REALIDADE NA PRODUÇÃO DE VINHAÇA	7
3.3 CARACTERIZAÇÃO DA VINHAÇA.....	8
3.4 POSSIBILIDADES DE MINIMIZAÇÃO DOS IMPACTOS GERADOS NA PRODUÇÃO DA VINHAÇA E SUAS TECNOLOGIAS.....	10
4 METODOLOGIA.....	13
5 RESULTADOS E DISCUSSÕES.....	15
5.1 VINHAÇA, LIMITES PARA SEU USO NO SOLO	15
5.2 IMPACTOS DO LANÇAMENTO IN NATURA E NA FORMA CONCENTRADA NOS SOLOS AGRÍCOLAS.....	18
5.3 POSSÍVEIS CONSEQUÊNCIAS DA CONCENTRAÇÃO DA VINHAÇA.....	20
6 CONCLUSÕES.....	22
7 RECOMENDAÇÕES	24
8 REFERÊNCIAS.....	26

LISTA DE ABREVIATURAS, SIGLAS E SÍMBOLOS

CTA – Capacidade de troca aniônica

CTC - Centro de Tecnologia Canavieira

CTC - Capacidade de troca catiônica

C/N – Relação carbono nitrogênio

DBO - Demanda bioquímica de oxigênio

DQO - Demanda química de oxigênio

SB – Soma de bases

LISTA DE FIGURAS

Figura 3.1: Evolução da produção de álcool e vinhaça ao longo das safras no Brasil.

LISTA DE TABELAS

Tabela 3.1: Classificação dos solos por Estado de acordo com Agência de informação da Embrapa com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos, 2006.

Tabela 3.2: Caracterização físico-química da vinhaça obtida de levantamentos realizados no Centro de Tecnologia Canavieira (NETO, A. E *et al.*, 2009).

Tabela 4.1: Termos utilizados na pesquisa bibliográfica.

1 INTRODUÇÃO

A vinhaça ou o vinhoto, outra denominação comum, é produzida em larga escala como efluente do setor sucroalcooleiro e atualmente vem sendo contestada a sua destinação. Uma visão ambiental e a necessidade da destinação segura da vinhaça, levam a questionamentos sobre a possível contaminação dos solos agrícolas e águas superficiais por esse efluente (SILVA *et al.*, 2007).

A vinhaça possui em sua composição uma porção significativa de nutrientes que ora são desperdiçados na má destinação desta, ora são destinados de maneira insegura na fertilização dos canaviais. Esta enorme quantidade de nutrientes, lançada anteriormente no solo através da fertirrigação ou a simples disposição no solo, aliada a uma carga orgânica muito elevada, enfatizava a necessidade de estudos sobre os efeitos das aplicações de vinhaça no solo agrícola e no meio ambiente.

Estima-se que para a produção de cada litro de álcool a produção de vinhaça seja em torno de 11 litros (SMEETS *et al.*, 2006). Além da exportação de nutrientes, que é a perda dos nutrientes ao longo do processo agroindustrial, existe também o questionamento em torno da água que poderia ser reutilizada, considerando que é a principal componente desse efluente.

Uma grande carga poluente está agregada à vinhaça, devido ao elevado teor de Demanda Bioquímica de Oxigênio (DBO), Demanda Química de Oxigênio (DQO), pH ácido, cor, turbidez e uma alta carga de nutrientes e sais, principalmente Fósforo e Potássio.

A simples disposição da vinhaça no solo ou no curso d'água bem como a utilização desse efluente diluído na fertirrigação dos canaviais não satisfazem os critérios ambientais de conservação dos recursos naturais. Essas maneiras de disposição do efluente eram erroneamente citadas como formas de tratamento, pois se resolve o problema quantitativo da destinação, mas ocasionam sérios problemas ao meio ambiente. Pode-se citar como resultados da má disposição a acidificação do solo, o balanço negativo de oxigênio devido às altas taxas DBO e DQO, o aumento do processo de eutrofização de solos e das águas, a proliferação de insetos entre outros problemas (GLÓRIA, 1975).

Aproveitar de forma segura os nutrientes e sais contidos no vinhoto torna-se foco principal das pesquisas envolvidas nesses setores industriais e agroindustriais (BEBÉ *et al.*, 2009). São elevados os custos econômicos com fertilizantes sintéticos ou mesmo orgânicos para

suplementação nutricional de lavouras agrícolas em geral, principalmente os canaviais situados no entorno das grandes usinas de açúcar e álcool.

Estudar as características desse efluente rico em elementos químicos é um desafio para o domínio das técnicas de aproveitamento dos nutrientes e da própria água contida na vinhaça.

Técnicas como a utilização de processos de separação por membranas, por exemplo, a técnica conhecida como osmose inversa, promete separar a água contida na vinhaça, concentrando-a. Dessa forma, é possível sua utilização na forma concentrada, promovendo o reúso da água no setor agroindustrial do açúcar e álcool, e assim inovando as perspectivas para a solução do problema ambiental da vinhaça (SIMÕES *et al.*, 2004). Essa técnica possui como vantagem o baixo consumo energético, considerando que, as usinas sucroalcooleiras respondem por aproximadamente 40% do consumo da água de todo o setor industrial (SILVA, 1981) citado por Simões (2004). Dessa forma, pode-se utilizar o concentrado como forma de fertilização dos canaviais e promover o reúso da água oriunda deste processo de separação por membranas nas diversas etapas de limpeza ou resfriamento de equipamentos nas várias fases do processo produtivo.

Definir tecnologias limpas para destinar e tratar efluentes do setor agroindustrial, promover o reúso da água e buscar alternativas sustentáveis deve ser o foco de pesquisas, fazendo do agronegócio um setor exemplo a ser seguido em se tratando de tratamento e destinação correto dos efluentes gerados nos processos de produção do açúcar e álcool. Tendo ainda como opção, recuperar nutrientes perdidos ao longo do processo produtivo deste setor agroindustrial.

2 OBJETIVOS

2.1 Objetivo geral

O objetivo geral desta pesquisa é estudar o efluente vinhaça do setor sucroalcooleiro, considerando seu potencial poluidor para o meio ambiente e discutindo sobre sua atual utilização via fertirrigação ou disposição simples no solo. Assim, propor novas formas de aproveitamento da vinhaça, como a técnica da concentração, de forma a minimizar os impactos gerados no meio ambiente.

2.2 Objetivos específicos

Serão abordados como objetivos específicos deste trabalho:

- Estudar as características físicas, químicas e biológicas da vinhaça;
- Abordar sobre a utilização da vinhaça na agricultura, visando aumentar a fertilidade dos solos para a produção de cana-de-açúcar;
- Estudar e questionar a viabilidade da utilização do concentrado da vinhaça obtido pelo processo de separação de membranas, de modo a reutilizar os nutrientes nele contidos.
- Identificar impactos ambientais relacionados à disposição inadequada da vinhaça propondo soluções, medidas mitigadoras e compensatórias;

3 REVISÃO DA LITERATURA

3.1 Considerações sobre o histórico do setor sucroalcooleiro

A cana-de-açúcar, conhecida a aproximadamente 6 mil anos a.C em regiões próximas da Índia, deu origem a uma especiaria de enorme valor: o açúcar. O álcool proveniente da cana-de-açúcar, gênero de *Saccharum ssp.*, teve expressão na produção, décadas mais tarde. No século XII, o açúcar ganhou mercado e crédito europeu considerando que por lá circulavam gêneros alimentícios que precisavam ser adoçados, cita-se o café, os variados tipos de chá e outras bebidas como o chocolate (WALTER *et al.*, 2008).

Rapidamente, as mudas de cana-de-açúcar foram sendo disseminadas por todos continentes, mas ganharam expressão com Cristovão Colombo que inseriu mudas nas Antilhas, permitindo o seu cultivo. Mais tarde as primeiras mudas chegaram ao Brasil, espalhando-se pelo nordeste deste país. As condições climáticas eram favoráveis ao plantio, havia mão-de-obra africana e a proximidade com a costa facilitava o embarque para a Europa (NETO *et al.*, 2009).

Anos depois, a rápida expansão do cultivo da cana-de-açúcar teve uma desaceleração devido à forte produção de açúcar de beterraba na Europa, abrindo caminho para o fortalecimento de destilados no mundo e no Brasil, exclusivamente na região conhecida como quadrilátero do açúcar, em São Paulo (JUNQUEIRA, 2006).

No auge da revolução industrial, os equipamentos de moenda da cana-de-açúcar foram progressivamente sendo substituídos por estruturas de produção mais modernas e que gerariam cada vez mais produtividade. Deste modo, a indústria sucroalcooleira se tornou referência em todo mundo. Cita-se Cuba que liderava a produção mundial de açúcar de cana com 25% do total produzido (NETO *et al.*, 2009).

Progressivamente, terras antes ocupadas por café e pastagem natural também deram espaço à produção de cana e novas indústrias foram surgindo e adicionando mais força ao setor. Com isso, os problemas relativos à expansão da área plantada se afluaram. Houve necessidade de melhorias das variedades plantadas, no que se refere às pragas e doenças. Mas, este era apenas um obstáculo a percorrer, o maior deles estava por vir, os problemas ambientais ocasionados pelo excesso da captação da água e geração de uma maior quantidade de efluentes com potencial de contaminação dos nossos solos e águas superficiais e subterrâneas.

Em meados do século XIX, com a instalação de novas destilarias, profundas modificações foram feitas nos processos de produção. Como grave consequência deste processo de modernização, houve um grande desequilíbrio das funções hidrológicas dos rios e riachos de regiões produtoras de cana-de-açúcar. Um desequilíbrio que aumentava com o crescimento do setor em termos de produção e produtividade (SILVA *et al.*, 1986).

No Brasil, todo o açúcar é produzido a partir da cana-de-açúcar e, atualmente, cerca de 50% da cana cultivada é usada na produção de álcool combustível (etanol).

O Brasil é o segundo maior produtor e consumidor de álcool do mundo. Dados de 2007 e 2008, obtidos pelo Centro de Tecnologia Canavieira (CTC), revelam que nestas safras foram produzidos aproximadamente 24 bilhões de litros de álcool gerando em torno de 312 bilhões de litros de vinhaça (WALTER *et al.*, 2008), configurando uma preocupação ambiental, já que a maior parte desse efluente provavelmente foi despejada na forma de fertirrigação nos solos produtores de cana-de-açúcar. Problemas de balanço de oxigênio também podem ser observados, bem como a emissão de gases responsáveis pelo efeito estufa, como o metano e diversos danos a biota dos solos e das águas superficiais, promovendo o desequilíbrio no ambiente receptor.

Destaca-se em todo território nacional, duas grandes regiões canavieiras: a Norte-Nordeste, que a duas décadas passadas era responsável por 25% da produção nacional diminuindo então sua contribuição para 12 % da produção e a Centro-Sul sendo responsável por 88 % da produção nas safras de 2007/2008 (NETO *et al.*, 2009).

De forma mais agravante para a problemática de produção e destinação da vinhaça, tem-se ainda pequenas e médias fazendas produtoras de cachaça, destacando o estado de Minas Gerais com 8.466 alambiques e uma produção de aproximadamente 220 milhões de litros de cachaça por ano (OLIVEIRA *et al.*, 2009). O controle da poluição provocada nos solos e águas nas grandes usinas se faz de maneira mais eficaz considerando a exposição do setor à fiscalização. A dificuldade de fiscalizar está na grande diversidade de gêneros de produção, quer seja em escala industrial, ou como ocorre na maioria das vezes na produção de cachaça de modo artesanal, dificultando assim ainda mais o acesso à informação e fiscalização por órgãos competentes.

A utilização da vinhaça de forma a fertilizar os solos agrícolas produtores de cana-de-açúcar vem sendo feita empiricamente desde a década de 40. Mas, a partir de 1952 deram-se início as discussões sobre seu efeito no solo (NETO *et al.*, 2009).

A produção canavieira ocupa uma enorme área no país, portanto, diferentes tipos de solos são cultivados. Na tabela 1 observa-se os tipos de solos cultivados com cana-de-açúcar por estado de acordo com Agência de Informação da Embrapa (SANTOS *et al.*, 2006) com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos.

Tabela 3.1: Classificação dos solos por Estado de acordo com Agência de Informação da Embrapa com base no Sistema Brasileiro de Classificação de Solos (SANTOS *et al.*, 2006).

Estado	Tipos de Solo
São Paulo	Latosolos Vermelho, Amarelo e Roxo
Pernambuco e Alagoas	Latosolos e Argissolos vermelho-amarelo
Rio de Janeiro	Hidromórficos e Aluvionares
Paraná	Argissolo, Nitossolo, Latossolo Roxo e Latossolo de textura média
Santa Catarina	Aluviais e Hidromórficos
Bahia	Argissolo Vermelho, Amarelo e Vertissolo
Sergipe	Argissolo Vermelho-Amarelo e Brunizen Avermelhado
Paraíba e Rio Grande do Norte	Argissolo Vermelho-Amarelo e areia Quartzosa
Planalto Central	Latossolo Vermelho Escuro, Latossolo Vermelho-Amarelo e areia Quartzosa.

A pesquisa agropecuária brasileira cresceu conforme a disposição das áreas com classes de solos citadas. A tecnologia de aplicação da vinhaça, praticamente desenvolvida no Brasil, por não ter outro país com produção expressiva desse efluente, evoluiu conforme a necessidade. Assim, diante da exacerbada produção de vinhaça, muitas tecnologias e descobertas ainda prometem para o setor sucroalcooleiro.

Houve um aumento significativo na produção de vinhaça ao longo das safras, como pode ser observado na figura 3.1, configurando assim um cenário de extrema necessidade de solução imediata. Os primeiros despejos da vinhaça no solo aconteciam nas *áreas de sacrifício* (áreas

não utilizadas para o plantio de cana-de-açúcar onde eram feitos despejos constantes do efluente gerado), que eram muito próximas às destilarias. Essas áreas recebiam, ano após ano, doses elevadas do efluente, ficando, posteriormente, grandes períodos de tempo, inutilizadas devido à alta salinidade e difícil remediação (OLIVEIRA *et al.*, 2009).

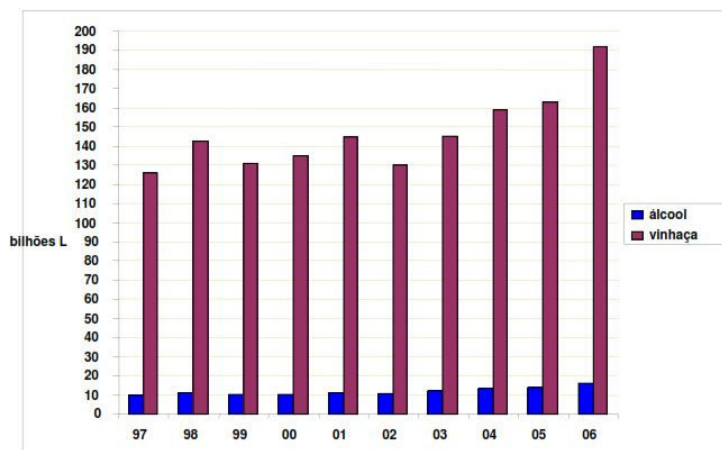


Figura 3.1: Evolução da produção de álcool e vinhaça ao longo das safras no Brasil, nos anos de 1997 a 2006, extraído de Termo de Referência para o Workshop Tecnológico, Vinhaça, na Universidade Estadual Paulista.

3.2 Alguns aspectos sobre a realidade na produção de vinhaça

O termo vinhaça, usado indistintamente para o resíduo da destilação alcoólica, que é obtida anteriormente por um processo fermentativo do mosto ou caldo, também pode ser chamado de vinhoto, restilo, garapão e outras denominações regionais. O vinho é o produto ou subproduto da fermentação do mosto, de produtos agrícolas como uva, frutas, beterraba, cana-de-açúcar e o próprio açúcar, mel e melaço da indústria canavieira. O resíduo da destilação do vinho recebe o nome de vinhaça devido à adição de flegmaça, que é um resíduo oriundo da solução hidroalcoólica que precisa ser retificada ao longo do processo de destilação alcoólica (NETO *et al.*, 2009).

Outro aspecto importante é o fato de a vinhaça ser caracterizada diferentemente quanto à sua composição, quando é oriunda da destilação de álcool hidratado ou anidro. As diferenças básicas são que a vinhaça advinda da destilação do álcool anidro, possui uma quantidade maior de flegmaça devido a uma maior quantidade de vapor vindo da coluna de destilação.

Os efluentes líquidos como a vinhaça são um problema de cunho ambiental passíveis de serem resolvidos, porém métodos mais práticos para resolução dos problemas ainda são utilizados esquecendo-se assim da questão ambiental. Pode-se citar a disposição da vinhaça via fertirrigação de canaviais. Deste modo, a fertirrigação é responsável pelas baixas taxas de lançamento de despejo tratado ou não nos corpos d'água.

3.3 Caracterização da vinhaça

A composição da vinhaça é muito variável, dependendo de vários fatores, mas um deles apresenta significância garantida na composição final desse efluente e diz respeito a sua origem. Quando se utiliza o caldo da cana para a fermentação, a vinhaça resultante possui menor concentração de nutrientes se comparado àquela oriunda de mosto de melaço e mosto misto. Portanto, a concentração desse efluente varia de usina para usina e dentro de cada usina nas diferentes safras.

Este efluente fermenta-se liberando o gás metano, importante gás responsável pelo efeito estufa. Ele também possui elevada DBO e pH abaixo de 4, apresentando-se como forte poluente aos lençóis freáticos e solos. Como consequência, o bioma pode ser afetado ocasionando um efeito no nível de teia trófica. É também considerado altamente nocivo à fauna, à microfauna e à microflora de águas doces, além de afugentar a fauna marinha que vêm as costas brasileiras para procriação (FREIRE *et al.*, 2000).

A vinhaça possui elevada carga orgânica e de nutrientes que podem ser utilizados na fertilização de solos agrícolas. Sua composição também é muito influenciada por adições feitas ao mosto para fermentação. São adicionados ao mosto, nutrientes, ácido fosfórico e proteínas, sendo esta última etapa chamada de sangramento. Isto influencia nas características qualitativas da vinhaça, diminuindo a quantidade de sólidos suspensos, representados por leveduras mortas contidas neste subproduto da produção de açúcar e álcool.

Esse efluente, especificamente, apresenta composição variada como nitrogênio, sulfatos, óxidos, potássio, fósforo que são necessários a recomposição da fertilidade de nossos solos agrícolas. Além disso, ainda contém substâncias como água, glicerina, aldeídos, furfural, alcoóis superiores, ácido succínico e acético, todos oriundos da transformação do mosto da cana-de-açúcar (SILVA *et al.*, 2006).

A matéria orgânica é a principal constituinte da vinhaça, encontrando-se na forma de ácidos orgânicos. Também é composta em menor parte por cátions de alguns elementos como o Potássio, o Cálcio e o Magnésio. Sua DBO varia de 20.000 a 35.000 mg/l. A média de vinhaça despejada nos solos agrícolas, via fertirrigação, por destilarias, varia de 10 a 18 litros por litro de álcool produzido, tendo uma temperatura de despejo de 85 a 90 graus Celsius, o que torna um problema à vida do solo (ROSSETTO, 1987).

Uma enorme variedade de parâmetros podem ser obtidos através de uma caracterização físico-química da vinhaça alcançada através de levantamentos realizados pela agro-indústria sucroenergética, conforme demanda (tabela 3.2).

Tabela 3.2: Caracterização físico-química da vinhaça obtida de levantamentos realizados no Centro de Tecnologia Canavieira (NETO *et al.*, 2009).

Descrição	Un.	Valores Médios		Valores Extremos	
		CTC, 1995 ^(*1)	CTC, 2007 ^(*2)	Mínimo	Máximo
Alumínio	mg/L	-	18,30	< 5,0	120,0
Bário	mg/L	-	13,3	< 10	25,0
Cálcio (CaO)	mg/L	515,25	836,9	71	2614,7
Chumbo	mg/L	-	< 2,50	< 2,50	< 2,50
Cloreto	mg/L	1.218,91	-	480	2.300
Cobre	mg/L	-	0,50	< 0,2	3,2
Condutividade	µS/cm	-	6.553	3.780	12.500
DBO ₅	mg/L	16.949,76	11.331,1	5.879	75.330
DQO	mg/L	28.450,00	31.504,6	9.200	97.400
Dureza	mg/L	-	4.505,7	1.080	9.200
Etanol-CG	% v/v	0,09	-	0,01	1,19
Ferro	mg/L	25,17	14,71	2	200
Fósforo total	mg/L	60,41	32,0	< 10	188
Glicerol	% v/v	0,59	< 1,00	0,26	2,50
Levedura	% v/v	1,35	-	0,38	5,00
Lítio	mg/L	-	< 0,50	< 0,50	< 0,50
Magnésio (MgO)	mg/L	225,64	535,0	97	1.112,9
Manganês	mg/L	4,82	4,50	1	12
Nitrogênio total	mg/L	356,63	352,5	81,2	1.214,6
Nitrogênio amoniacal	mg/L	10,94	36,6	0,4	220,0
Nitrogênio nitrato	mg/L	-	< 0,8	< 0,1	4,2
Nitrogênio nitrito	mg/L	-	< 0,2	< 0,1	1,2
pH	-	4,15	4,8	3,50	4,90
Potássio total	mg/L	2.034,89	2.666,6	814	7.611,5
RAS ^(*3)		2,47	1,10	0,3	4,69
Resíduos Sedimentáveis	mg/L	2,29	7,0	0,1	40
Sódio	mg/L	51,55	30,6	2,7	220
Sólidos Dissolvidos Fixos	mg/L	11.872,36	7.517,7	921	24.020

Sólidos Dissolvidos Totais	mg/L	18.420,06	24.520,4	1.509	45.630
Sólidos Dissolvidos Voláteis	mg/L	6.579,58	1.7004,3	588	29.350
Sólidos Suspensos Fixos	mg/L	294,38	< 327,8	< 20	2.350
Sólidos Suspensos Totais	mg/L	3.966,84	-	260	9.500
Sólidos Suspensos Voláteis	mg/L	3.632,16	4901,1	40	15.900
Sólidos Totais (ST)	mg/L	25.154,61	29.596,3	10.780	56.780
Sulfato	mg/L	1.537,66	861,2	92,3	3.363,5
Sulfito	mg/L	35,90	-	5	153
Temperatura	°C	89,16	-	65	110,5
Zinco	mg/L	-	< 1,0	< 0,5	4,6

Fontes: (*1) ELIA NETO & NAKAHODO, 1995; (*2) ELIA NETO & ZOTELLI, 2008.

3.4 Possibilidades de minimização dos impactos gerados na produção da vinhaça e suas tecnologias

Ao proibir o descarte desse efluente de maneira insegura, a legislação ambiental, em quaisquer que seja as esferas, federal, estadual ou municipal, promove um passo importante no sentido de preparar a agroindústria para uma produção mais limpa. O descarte ideal aproxima-se de um tratamento físico-químico, da normalização do efluente, permitindo assim aos solos uma melhor resposta em se tratando de depuração.

Aproveitar os nutrientes contidos na vinhaça, até então de forma errônea, através da fertirrigação, sem prévio tratamento desta, como faz a maioria das usinas, pode ocasionar resultados positivos conforme relata PENATTI *et al.* (1988). No entanto, a mitigação de riscos e impactos ambientais se faz necessária. Para minimização desses riscos e maximização do aproveitamento dos íons contidos no concentrado do efluente, após algum tratamento, muitos estudos devem ser feitos, para que possam se observar efeitos positivos claros e sem interferência de fatores externos.

O setor sucroalcooleiro através da pesquisa, da adoção de boas práticas agrícolas, da inserção do termo reúso nas etapas de produção, procura evitar o descarte deste efluente e também consumir menos água.

Por se tratar de um setor com alta demanda de água, pois ela é utilizada em quase todas as etapas do processo de produção, a reutilização desta se faz necessária. O reúso se apresenta como a opção mais interessante em termos de conservação de recursos hídricos. O grau de impureza da água permite que esta seja utilizada novamente em tarefas menos exigentes em termos de qualidade. Por exemplo, pode-se reduzir o consumo de água nas usinas utilizando águas residuárias de um determinado processo, como, resfriamentos de tubulações para

lavagem da cana-de-açúcar. Águas com baixa qualidade podem ser reutilizadas na lavagem de cinzeiros, ou qualquer etapa onde a má qualidade seja compatível com o objetivo de reutilização.

Atualmente, técnicas muito avançadas, como o processo de separação por membranas, têm sido empregadas na recuperação de nutrientes perdidos no processo, possibilitando assim a recirculação da água nas etapas mais exigentes em termos de qualidade. A própria vinhaça, através de técnicas de concentração, como a utilização de membranas, permite obter um concentrado rico em nutrientes e água de boa qualidade para demais etapas do processo de fabricação do álcool ou açúcar. Processos como esses são utilizados na melhoria da qualidade da água circulante, mas algumas técnicas têm se mostrado interessantes em termos de tratamento da vinhaça e efluentes em geral, como as técnicas de Biodigestão, os Processos Oxidativos e a utilização de membranas para Osmose Inversa (SIMÕES *et al.*, 2004).

Satisfazer os limites de disposição de efluentes em nossos corpos d'água, não é tarefa difícil, mas, nos dias atuais exige um grande conhecimento interdisciplinar. Principalmente em se tratando da definição de quais são os padrões de lançamento a serem obedecidos para um determinado corpo d'água.

Os conceitos de reúso e reaproveitamento de nutrientes estão intimamente ligados. Reaproveitar os nutrientes da vinhaça, por exemplo, em certo ponto, significa tratar esse efluente permitindo a melhoria qualitativa da água, que poderá retornar ao sistema produtivo, diminuindo assim a quantidade captada para este fim. Além disso, a recuperação dos nutrientes minerais, substâncias orgânicas, vitaminas, pode evitar a degradação de um determinado solo a ser fertilizado, considerando que se pode diminuir a sobrecarga de fertilizantes sintéticos utilizados na agricultura. Outra questão importante está em torno do custo, pois as usinas cumpririam com seus passivos de tratamentos de efluentes e reaproveitariam nutrientes exportados no processo produtivo, nutrientes estes que envolvem boa parte do custo de produção da cana-de-açúcar.

Destinar corretamente águas residuárias e os efluentes como a vinhaça são obrigações e responsabilidade do setor agroindustrial. A pesquisa, como aliada da indústria, apresenta propostas viáveis à satisfação ambiental e à redução dos custos de produção nas usinas de açúcar e álcool em todo mundo. Para tanto, é necessário promover a economia na captação da água nos corpos d'água, reduzir o despejo de efluentes líquidos e aproveitar os nutrientes

neles contidos. O reúso da água e as tecnologias adotadas para este fim aliado à possibilidade de recuperar esses nutrientes de modo a realizar a reposição de íons nos solos agrícolas, são assuntos abordados neste universo de possibilidades de destinação mais segura de efluentes do setor sucroalcooleiro.

4 METODOLOGIA

Como material para este trabalho, artigos, periódicos e outras publicações de interesse do setor sucroalcooleiro serviram de apoio a pesquisa. Procurou-se observar as datas dos artigos publicados, de forma mais recente e atualizada, contribuindo assim, para uma análise crítica e que representasse de forma corrente toda problemática envolvendo a produção e utilização da vinhaça na agricultura.

Este trabalho constitui-se de uma revisão bibliográfica realizada entre novembro de 2010 a abril de 2011. Essa pesquisa foi realizada principalmente nas bases de dados Scielo (www.Scielo.com.br) e Scopus (www.Scopus.com). Foram utilizados os termos de busca identificados na tabela 4.1. Uma busca por termos mais gerais seria, inicialmente, necessária para conhecer e identificar as características da produção de cana-de-açúcar, bem como caracterizar o subproduto dessa produção, que é o foco do presente trabalho.

Os artigos encontrados foram selecionados em 6 grupos como listado na tabela 4.1. Para essa seleção observou-se inicialmente os títulos e palavras chaves de cada trabalho.

Tabela 4.1: Termos utilizados na pesquisa bibliográfica.

Termos de pesquisa	Grupos
Produção sucroalcooleira	1 – Produção de cana de açúcar no Brasil
Vinhaça	2 – Características da vinhaça
Vinhoto	3 – Utilização da vinhaça
Efluente da cana de açúcar	4 – Reúso da água da vinhaça
	5 – Utilização da vinhaça na agricultura
	6 – Utilização do concentrado da vinhaça como fertilizante.

Posteriormente, os artigos foram examinados, cada grupo individualmente, seguindo a ordem crescente, de 1 a 6. Dentro de cada grupo, os *abstracts* foram analisados individualmente observando se os artigos eram realmente de interesse para o presente trabalho.

A pesquisa inicial, dos grupos 1 e 2, foi essencial para servir de base para o entendimento do funcionamento da produção sucroalcooleira e para a caracterização da vinhaça.

Procurou-se, inicialmente, identificar as características do setor sucroalcooleiro, visando a destinação mais atual do efluente vinhaça. Sob este aspecto a pesquisa foi focalizada na utilização da vinhaça como fertilizante, encontrando muitas referências apoiadas na fertirrigação e muito poucas na utilização da vinhaça concentrada. A partir desta, a leitura dos artigos encontrados levaram à construção das bases desta monografia.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

5.1 Vinhaça, limites para seu uso no solo

A aplicação de vinhaça no solo, de modo inseguro, proporcionou ao longo dos anos agrícolas, alterações nas características físicas, químicas e biológicas de um solo, fazendo-o distanciar de suas características iniciais e *in natura*. Surge, então, um distúrbio nesse solo associado a uma concentração bastante variável da vinhaça e ao enorme volume produzido nas usinas sucroalcooleiras. A pesquisa no setor sucroalcooleiro, crescendo junto com a produção, buscou respostas e tecnologias para destinação adequada deste efluente.

Com o elevado consumo de água nas lavouras pela irrigação, uma solução seria a diluição da vinhaça, via fertirrigação, considerando sua carga fertilizante e os interesses de destinação deste efluente das usinas de açúcar e álcool. No entanto, o volume de água na composição da vinhaça também é expressivo. Essas aplicações acarretam problemas ao solo, todos envolvidos com o aporte de nutrientes na vinhaça, com a elevada carga orgânica, volume de aplicação, com a temperatura deste efluente na aplicação e com problemas com lixiviação de cátions.

O solo e as águas superficiais são os que mais sofrem, sentindo os efeitos da aplicação da vinhaça em constantes ciclos que nem sempre estão em acordo com os conceitos ambientais de conservação destes recursos naturais. Assim, a utilização da vinhaça como fertilizante, deve obedecer a critérios, considerando que sua utilização na fertilização de nossos solos também está associada a aspectos negativos.

Os critérios estudados nesta monografia levaram a percepção de um cenário de melhorias no setor sucroalcooleiro, considerando a aplicação de vinhaça no solo, seja concentrada ou não. Para tanto, observou-se que pesquisas diretas relacionadas ao uso da vinhaça concentrada no solo ainda encontram-se deficientes, apesar da concentração ser feita desde meados do século passado, via evaporação.

Uma enormidade de tipos de solos responde diferentemente às aplicações de vinhaça. A maioria dos solos utilizados nas plantações de cana-de-açúcar são solos aluvionares com menor formação de horizontes e geralmente horizonte B muito estreito, permitindo assim, maior contato desse efluente com as águas superficiais e subterrâneas, ocasionando um aumento da eutrofização e do aporte de nutrientes nos solos agrícolas. Outros efeitos estão

associados a essa contaminação, como a diminuição da qualidade da água, aspectos relacionados à migração de peixes e até mesmo o aspecto social, considerando que populações migram dessas áreas consideradas contaminadas.

O fator classe de solos, utilizados para plantio da cana-de-açúcar, apresenta-se como critério delicado na tomada de decisões na aplicação da vinhaça no solo. Solos hidromórficos e aluvionares possuem como características indesejáveis à fertilização com vinhaça, a presença de um nível d'água flutuante que interferirá diretamente na absorção dos nutrientes e no complexo de troca, podendo ocasionar perdas consideráveis para este solo. Areias quartzosas possuem baixa capacidade de retenção de íons, devido à pequena quantidade de argilominerais responsáveis pela fixação de nutrientes essenciais na matriz do solo. Vertissolos por possuírem muita argila do tipo 2:1, expansíveis, podem modificar visivelmente ao longo do tempo seu comportamento, considerando que a fixação dos íons em suas camadas pode interferir no seu processo de expansão da dupla camada, tornando o solo com o passar do tempo ainda mais expansivo devido ao excesso de íons retidos e a dificuldade da planta em participar desse complexo de troca.

As classes de solos conhecidas apresentam comportamento intrínseco se comparado ao mais próximo de si, em termos de propriedades. Por isso, sua composição química e cristalográfica, sua estrutura, textura e atividade biológica presente, influenciam direta e indiretamente nas respostas obtidas em termos de melhoria nos solos agrícolas. Percebe-se em termos de produção de álcool, açúcar e destilados, que muitas classes de solos são cultivados com cana-de-açúcar, o que exalta a necessidade da correlação entre estes diferentes tipos de solos e a dosagem aplicada da vinhaça estando na forma concentrada ou não.

O mapeamento de áreas de produção de cana-de-açúcar dentro de uma unidade produtiva se faz necessária. Este mapeamento deve conter informações peculiares de solo como classificação agrônômica, análises de fertilidade de solo, análise da textura e estrutura, velocidade de infiltração, e dados como, doses do concentrado da vinhaça aplicada ao longo dos anos agrícolas. Todos esses dados contidos no mapeamento de solos poderão ajudar na tomada de decisão, seja para a aplicação do concentrado da vinhaça, seja para monitorar possíveis desequilíbrios de modo a diminuir ou minimizar a poluição aos solos, águas subterrâneas e superficiais.

O confinamento do material da vinhaça adicionada ao solo em depressões naturais do terreno ou em barragens leva a rápida decomposição microbiana da matéria orgânica, estando boa parte delas nas dimensões coloidais, como conseqüências há formação de gases de odores desagradáveis, causando desconforto a populações vizinhas às destilarias de açúcar e álcool (KIEHL, 1895; RAMOS *et al.*, 1978) citado por SIMÕES *et al.* (2004).

A elevada carga orgânica adicionada ao solo por meio da aplicação da vinhaça ocasiona um desequilíbrio de oxigênio também chamado de Balanço de Oxigênio, que é a quantidade máxima que a água necessita para oxidar a matéria orgânica. Com a aplicação da vinhaça nos solos ocorre a desoxigenação deste e do curso d'água, pois a própria vinhaça precisa de muito oxigênio para decompor sua matéria orgânica. Visto que nesta situação a vinhaça compete com o próprio solo por oxigênio, desequilibrando os processos bioquímicos, promovidos pela vida do solo e em equilíbrio com o solo agrícola.

Também se deve considerar que este efluente apresenta baixa concentração de nitrogênio, elemento essencial para o equilíbrio da relação C/N, que é a quantidade necessária de nitrogênio para degradar a matéria orgânica. Na decomposição de material rico em Carbono, como restos culturais da cana-de-açúcar, o nitrogênio é muito solicitado, portanto, na sua falta há maior solicitação de fertilizantes nitrogenados àquele solo agrícola.

Outro aspecto importante relacionado à vinhaça é seu poder corrosivo, devido a seu pH baixo, geralmente abaixo de 4, que quando não mata ou dizima um organismo vivo, afugenta estes presentes no solo, e ocorrendo também efeitos na desova de peixes. O aumento da população de alguns insetos também está associado à má disposição do efluente no solo, ocasionando o aparecimento de endemias como a malária (FREIRE *et al.*, 2000).

LOPES *et al.* (1986) observaram após meses de aplicação da vinhaça ao solo uma influência significativa na atividade respiratória do mesmo, exaltando ainda mais problemas relacionados a emissão de CO₂ e os efeitos relacionados à dinâmica dos gases na atmosfera.

A aplicação de gesso agrícola, importante fonte de cálcio e enxofre, neutralizador de alumínio como o calcário, possui um efeito negativo para o complexo de troca da matriz do solo, chamado efeito laxativo, devido à alta mobilidade dos íons de sulfato no solo, podendo formar ligações com cátions e percolando no perfil. Assim, a associação de gesso agrícola e vinhaça

poderão favorecer a perda de nutrientes ao longo do perfil do solo, podendo estes atingir o lençol freático (RIBEIRO *et al.*,1999).

Com relação à lixiviação de cátions presentes no solo ou na própria vinhaça, conforme demonstrou BRITO *et al.* (2007), os efeitos laxantes relacionados à lixiviação de cátions, estão muito relacionados ao fator de diluição.

5.2 Impactos do lançamento *in natura* e na forma concentrada nos solos agrícolas

O aspecto mais importantes a se relacionar quanto à aplicação de vinhaça no solo, é a melhoria das condições físicas deste, considerando a incorporação de matéria orgânica no solo, rica em cadeias curtas de carbono, ideais para microrganismos que produzem excretas que ajudam na aglutinação de partículas do solo, principalmente solos arenosos, que possui fraca estrutura e coesão de partículas.

Poucos estudos foram observados relacionando as dosagens de aplicação do concentrado de vinhaça aplicado com diferentes solos ou associando resposta da planta cana-de-açúcar, às aplicações do concentrado, bem como o efeito do concentrado sobre a atividade biológica do solo.

A utilização da vinhaça nos solos agrícolas na sua forma *in natura*, via fertirrigação, é uma técnica que tenta ser racional considerando que impossibilita que este efluente seja lançado nos rios ocasionando perdas ao meio ambiente e ao mesmo tempo que possibilita a fertilização de canaviais. A disposição da vinhaça no solo fertirrigando ou não, possibilita um aumento da Soma de Bases (SB) de um solo, ocasionando uma maior troca de cátions e ânions e micronutrientes ao complexo solo-planta.

Aplicada na forma diluída na proporção de uma parte de vinhaça a 3 a 6 partes de água, em especial considerando a concentração de potássio na forma de K_2O , pode-se induzir a uma saturação do solo e promover um lixiviação para o lençol subterrâneo. Portanto, tais riscos podem ser evitados promovendo uma utilização da vinhaça no solo adequada proporcionada pelo total conhecimento das características deste solo receptor. Cada categoria diferente de solo deve apresentar uma resposta peculiar em relação às diferentes dosagens e formas de aplicação, considerando sua textura, estrutura granular e porosidade, tipo de argilominerais

presentes e todo complexo de troca de solo, ou seja, CTC (Capacidade de troca catiônica) e CTA (Capacidade de troca aniônica).

Portanto, sua utilização na forma diluída onera custos de transporte e ocasiona perdas nas estradas e rodovias, considerando que muitas áreas produtoras de cana-de-açúcar situam-se distantes das usinas sucroalcooleiras. Deste modo, há a necessidade de concentrar a vinhaça de modo a transportar o mínimo possível de água, diminuindo então as perdas no transporte.

Veja, então, que nem toda vinhaça produzida devia ser concentrada, pois as áreas mais próximas das usinas podem receber a vinhaça na forma diluída. Entretanto, para a utilização da vinhaça na forma concentrada deve-se estar atento a solos muito potássicos, evitando assim seu uso nessas áreas, considerando que este nutriente geralmente encontra-se em maior teor em relação a outros na vinhaça.

A concentração da vinhaça era feita então com evaporadores de múltiplo efeito do tipo “falling film”, tecnologia DEDINI-VAGELBUSH, conseguindo concentrar a vinhaça a 40%. Esses tipos de evaporação requerem equipamentos em aço inox e uma considerável quantidade de energia na forma de vapor (NETO *et al.*, 2009). Devendo então as usinas comparar custo da vinhaça com o custo associado ao transporte, como a qualidade das estradas, custo com o combustível e manutenção de frotas.

Outras questões a serem consideradas na concentração da vinhaça é que o produto condensado apresenta-se ácido e com concentração de matéria orgânica equivalente a flegmaça, gerando outro efluente e que haverá captação do recurso hídrico próximo as lavouras para nova diluição da mesma para aplicação pode ser passível de outorga (NETO *et al.*, 2009).

Novas tecnologias como a utilização das membranas prometem um resultado muito melhor em se tratando de qualidade da água oriunda do processo de concentração, estando esta em condições de ser lançada na natureza ou mesmo voltar ao processo na forma de reúso. Muitos outros estudos pilotos têm sido testados através de membranas poliméricas. Colaboração também da pesquisa relacionando o uso da vinhaça na forma concentrada no solo também deve se fortalecer de modo a fazer uma aplicação segura e com pouco gasto deste recurso natural, a água, tão observada e fiscalizada pelos órgãos ambientais competentes.

5.3 Possíveis consequências da concentração da Vinhaça

A aplicação de vinhaça na forma concentrada nos solos agrícolas produtores de cana-de-açúcar, pode trazer consequências positivas e negativas para o setor sucroalcooleiro. Pode-se enumerar diversas modificações no solo receptor, como influência direta na retenção de água, modificações no comportamento da micro e microbiota presente no perfil agrícola e no comportamento do complexo de troca desse solo.

Consequências econômicas como a diminuição do volume transportado, trazem como vantagem menor manutenção de estradas de acesso e de veículos de carga. Outras vantagens podem ser citadas, como o reduzido gasto energético na adoção de membranas poliméricas para concentrar a vinhaça, como a técnica da Osmose Inversa, o reúso da água oriunda da concentração diminuindo assim a captação nos corpos d'água e a redução do lançamento do efluente rico em água nos solos produtores de cana-de-açúcar.

Além disso a utilização da vinhaça concentrada, possibilitaria o reaproveitamento da água em outras etapas de produção, a diminuição de efluente potencialmente poluidor, considerando seu valor fertilizante e menor volume aplicado. Como consequências negativas citam-se a utilização errônea do concentrado nos solos sem que seja feita uma análise local de características do solo e análises de teores presentes para cálculos aproximados de necessidade de fertilização ou reposição nutricional dos solos e cultura instalada.

Outra consequência direta da adoção de técnicas avançadas de concentração da vinhaça, como a utilização de membranas ou mesmo por evaporação, nas grandes usinas sucroalcooleiras, seria forçar a produção científica de pesquisas relacionando teores da vinhaça com parâmetros como doses aplicadas em diferentes teores de umidade do solo, podendo melhorar assim problemas com superdosagem e infiltração desta no solo.

Como se trata de um efluente muito ácido, pH em torno de 4, muitos autores concluíram que houve um aumento de pH dos solos em geral, portanto, esse solo tende a retornar ao pH original depois de um longo período. No entanto, a correção de acidez como a calagem desse solo se faz necessária já que este pH é considerado baixo para uma produção satisfatória da cana-de-açúcar que possui uma exigência de pH ideal em torno de 6,5, mas tolera solos com pH entre 4,5 a 8 (RIBEIRO *et al.*,1999).

O aumento da CTC e SB do solo é notório em todos os tratamentos e pesquisas consultadas, aumento este devido à maior disponibilidade de alguns nutrientes, a melhoria da estrutura do solo, aumento da retenção de água e melhoria da atividade biológica do solo. Porém efeitos negativos se referem na maioria das pesquisas em relação à superdosagens de aplicação da vinhaça, agravando-se ainda mais quando aplicada na forma concentrada.

6 CONCLUSÕES

Caso não mais se destine a vinhaça para fertirrigação, é necessário levar em consideração os custos para substituição desse adubo nas lavouras de cana. Se substituir a disposição de vinhaça no solo por fertilizantes químicos, será também retirada do campo toda a matéria orgânica de que as lavouras são tão carentes, e dificilmente se achará outra fonte para seu fornecimento.

A utilização da vinhaça nas grandes usinas, de forma fertilizar canaviais e outras culturas, é muito viável. Esta, ao longo dos anos, sofreu várias mudanças e melhorias em se tratando de eficiência agrônômica, gerenciamento desse efluente e consciência ecológica mundial. A realidade da produção de vinhaça no setor sucroalcooleiro exigiu que este se organizasse diante de novos problemas advindos do uso de grandes quantidades desse efluente nos solos, causando problemas como a lixiviação de elementos químicos e conseqüente carreamento desses para regiões mais profundas como águas de subsuperfície e poluição de mananciais hídricos.

Concentrar a vinhaça para uso no solo, embora possa representar custos elevados e adoção de novas tecnologias, apresenta-se como solução tecnicamente viável, considerando o reaproveitamento de nutrientes. Porém restrições ambientais persistirão até que a pesquisa cresça em termos de se conhecer as características intrínsecas de cada solo receptor.

Para uma boa aplicação do concentrado de vinhaça no solo, a caracterização deste efluente e ensaios de campo devem ser feitos, em pequenas glebas, com repetição, para que se possam avaliar os efeitos da aplicação da vinhaça concentrada. Aliando ao conhecimento pedogenético desse solo, análises de fertilidades antes e depois do experimento, análises do percolado e resposta da planta fertilizada, será possível concluir se naquela região, dotada de características peculiares, as vantagens serão maiores ou menores que as esperadas, tornando a aplicação viável ou não.

Aproveitar de modo seguro esse efluente impedindo sua disposição incorreta na natureza, com bases em experimentos confiáveis acarretará ao setor conclusões interessantes e viáveis até para serem extrapoladas para outras culturas.

Fazer o controle conjunto de fatores agrônômicos como a observação de resultados meteorológicos advindos de estações estrategicamente instaladas nas regiões produtoras de

cana-de-açúcar, pode ajudar na determinação do momento certo de aplicação da vinhaça no solo. Fatores como a qualidade do equipamento utilizado na aplicação, fator diluição, tamanho de gota de aplicação, quantidade aplicada, tudo isso com base em pesquisa fundamentada em repetição e aplicação de testes estatísticos, também se fazem necessários para a aplicação consciente deste potencial fertilizante.

Nota-se que em campo os critérios de avaliação podem ser mascarados devido à heterogeneidade dos solos agrícolas, do clima, dos equipamentos de aplicação e das aproximações sempre utilizadas no campo, devido ao déficit de pesquisas específicas relacionando o uso de vinhaça no solo, concentrada ou não.

Conclui-se então que estudos locais são os mais indicados para o êxito da pesquisa da vinhaça como fertilizante na forma concentrada, já que o sucesso dependerá da associação de fatores agronômicos, fatores ligados ao solo e fatores relacionados ao setor produtivo da indústria sucroalcooleira.

7 RECOMENDAÇÕES

Como sugestões ao setor sucroalcooleiro e instituições de pesquisa envolvidas, na busca da confiança nos resultados obtidos na aplicação da vinhaça no solo concentrada ou não, uma pequena listagem de observações e dicas para tomada de decisão serão listadas, a seguir:

- Mapeamento e classificação dos solos agrícolas e canavieiros, de modo a conhecer o comportamento deste em relação à adição de íons visando à melhoria da fertilização dos canaviais e culturas afins;
- Analisar rotineiramente a fertilidade do solo e qualidade do percolado, antes e depois de completado o ciclo da cultura;
- Evitar o uso da vinhaça concentrada em solos com pouca capacidade de retenção de íons, principalmente se alocados próximos à mananciais e sujeitos a uma flutuação contínua do nível d'água ou lençol freático. Citam-se areias quartzosas, solos hidromórficos e aluvionares situados em leito menor;
- Não utilizar gesso agrícola em solos que receberão doses de vinhaça concentrada, devido ao conhecido efeito laxativo deste no solo, podendo assim acelerar o processo de percolação no perfil atingindo assim o nível d'água, em maiores concentrações;
- A associação de culturas canavieiras com leguminosas apresenta-se como uma saída fundamental à incorporação de nitrogênio aos solos, considerando que sucessivas aplicações de vinhaça concentrada ou não, pobre em nitrogênio, podem dificultar processos de mineralização da matéria orgânica;
- Promover o pousio da área com a associação de leguminosas, para promover a incorporação de nutrientes na biomassa e não possibilitando assim o possível carreamento destes para o lençol freático;
- Não aplicar a vinhaça concentrada no início do ciclo da cultura, fase esta que a planta necessita de alta demanda de nitrogênio, podendo então o solo competir com a própria planta pelo íon, necessária para decomposição da matéria orgânica resiliente no solo. Portanto, a aplicação deverá ser feita nas fases em que a cultura demanda mais cátions como o potássio.
- Observar e quantificar sempre as dosagens aplicadas para evitar superdosagem e possível contaminação do lençol freático;

- Correlacionar sempre o uso da vinhaça nos solos agrícolas com áreas produtoras vizinhas, promover troca de conhecimento, para assim alcançar resultados satisfatórios e minimizar os danos ao meio ambiente.

8 REFERÊNCIAS

- BEBÉ, F. V.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R.; SILVA, G. B.; OLIVEIRA, V. S. Avaliação de solos sob diferentes períodos de aplicação com vinhaça. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 13, n. 6, p. 781-787, 2009.
- BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Concentração de cátions presentes no lixiviado de solos tratados com vinhaça. *Eng. Agríc., Jaboticabal*, v.27, n.3, p.773-781, 2007.
- FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. Vinhaça de cana-de-açúcar. Guaíba: agropecuária, p. 203, 2000.
- GLÓRIA, N. A. Emprego da vinhaça para fertilização. Piracicaba, Codistil, 1975.
- JUNQUEIRA, E. D. A cana-de-açúcar, origem e influência. Informativo abag – associação brasileira do agronegócio. Disponível em: < <http://www.jornaldacana.com.br>>. Acesso em 25 de março de 2011.
- LOPES, E. S.; PERON, S. C.; PORTUGAL, E. P.; CAMARGO, O. A.; FREITAS, S. S. Atividade respiratória de solo tratado com vinhaça e herbicida. *Bragantia*, Campinas, 45 (1): 205-210, 1986.
- NETO, A. E.; SHINTAKU, A.; BAPTISTELO, A. A. P.; CONDE, A. J.; GIANNETTI, F.; DONZELLI, J. L. Manual de Conservação e Reúso de Água na Agroindústria Sucroenergética. Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; União da Indústria da Cana de Açúcar; Centro de Tecnologia Canavieira. Brasília: ANA, 2009.
- OLIVEIRA, E. L.; ANDRADE, L. A. B.; FARIA, M. A.; CUSTÓDIO, T. N. Vinhaça de alambique e nitrogênio na cana-de-açúcar, em ambiente irrigado e não irrigado. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v.13, n.6, p.694–699, 2009.
- PENATTI, C. P.; CAMBRIA, S.; BONI, P. S.; ARRUDA, F.C.; MANOEL, L.A. Efeitos da aplicação de vinhaça e nitrogênio na soqueira de cana-de-açúcar. *Boletim Técnico Copersucar*, n.44, p.32-38, 1988.
- RIBEIRO, A. C.; GUIMARÃES, P. T. G.; ALVAREZ, V. H. V. Recomendações para o uso de corretivos e fertilizantes em Minas Gerais. Comissão de Fertilidade do Solo do Estado de Minas Gerais (CFSEMG). Viçosa, 1999.
- ROSSETTO, A. J. Utilização agrônômica dos subprodutos e resíduos da indústria açucareira e alcooleira. In: Paranhos, S. B. (ed.) *Cana-de-açúcar: cultivo e utilização*. Campinas: Fundação Cargill, v.2, p.435-504, 1987.
- SANTOS, H. G.; JACOMINE, P. K. T.; ANJOS, L. H. C.; OLIVEIRA, V. A.; OLIVEIRA, J. B.; COELHO, M. R.; LUMBRERAS, J. F.; CUNHA, T. J. F. Sistema Brasileiro de Classificação de Solos. Embrapa Solos, Rio de Janeiro, 2006.
- SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V. Soil compaction and compressibility parameters in a relation to management systems and water content. *Rev. Bras. Ciência do Solo*, n.30, 2006.
- SILVA, G. M. A.; ORLANDO FILHO, J. Caracterização da composição química dos diferentes tipos de vinhaça no Brasil, *Boletim Técnico Planalsucar*, Piracicaba, 3 (8), 1981.

- SILVA, M. A. S.; GRIEBELER, N. P.; BORGES, L. C. Uso da vinhaça e impactos nas propriedades do solo e lençol freático. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*. v. 11, n. 1, p.108-114, 2007.
- SILVA, M. A.; SILVA, G. L. Utilização da vinhaça e demais efluentes líquidos. In: *Seminário da Agronidústria Açúcareira de Pernambuco*. Recife, 1986.
- SIMÕES, C. L. N.; SENA, M. E. R.; CAMPOS, R. Estudo da viabilidade econômica da concentração do vinhoto através de osmose inversa. *Enegep*, Florianópolis, p. 5286-5293, 2004.
- SMEETS, E.; JUNGINGER, M; FAAIJ, A.; WALTER A.; DOLZAN P. Sustainability of brazilian bio-ethanol. Report Nws-E-2006-110, Universiteit Utrechtcopernicus Institute, Department of Science, Technology and Society and University of Campinas, Brazil, 2006.
- Termo de Referência para o Workshop Tecnológico – Vinhaça, Universidade Estadual Paulista, 2007. Disponível em: < <http://www.apta.sp.gov.br>>. Acesso em 10 de março de 2011.
- WALTER, A.; ROSILLO-CALLE, F.; DOLZAN, P.; PIACENTE, E.; CUNHA, K.B. Perspectives on fuel ethanol consumption on trade. *Biomass and Bioenergy*, n.32, p.730-748, 2008.