



Fundação Educacional do Município de Assis
Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis
Campus "José Santilli Sobrinho"

RAPHAEL LARANJEIRA ZAGO

**VINHAÇA: UM BEM DE VALOR ECONÔMICO NA PRODUÇÃO DA
CANA-DE-AÇÚCAR**

ASSIS – SP
2010

Av. Getúlio Vargas, 1200 – Vila Nova Santana – Assis – SP – 19807-634
Fone/Fax: (0XX18) 3302 1055 homepage: www.fema.edu.br

RAPHAEL LARANJEIRA ZAGO

**VINHAÇA: UM BEM DE VALOR ECONÔMICO NA PRODUÇÃO DA
CANA-DE-AÇÚCAR**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao curso de Administração de Empresas do Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis – IMESA e à Fundação Educacional do Município de Assis – FEMA, como requisito parcial à obtenção do Certificado de Conclusão de bacharelado em Administração de Empresas.

Orientador: Reynaldo Campanatti Pereira

Área de Concentração: Ciências Sociais Aplicadas

ASSIS – SP
2010

FICHA CATALOGRÁFICA

ZAGO, Raphael Laranjeira

Vinhaça: Um Bem de Valor Econômico na Produção da
Cana-de-Açúcar/ Raphael Laranjeira Zago. Fundação
Educativa do Município de Assis – FEMA -- Assis, 2010.
61 p.

Orientador: Reynaldo Campanatti Pereira
Trabalho de Conclusão de Curso – Instituto Municipal
de Ensino Superior de Assis - IMESA

1. Cana-de-açúcar. 2. Vinhaça.

CDD: 658
Biblioteca da FEMA

VINHAÇA: UM BEM DE VALOR ECONÔMICO NA PRODUÇÃO DA CANA-DE-AÇÚCAR

RAPHAEL LARANJEIRA ZAGO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Instituto Municipal de Ensino Superior de Assis, como requisito do Curso de Graduação de Administração de Empresas, analisado pela seguinte comissão examinadora:

Orientador: Reynaldo Campanatti Pereira

Analizador (1):

ASSIS – SP
2010

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que de alguma forma ou de outra me ajudaram nesses anos de curso. Em especial a minha família e aos meus avós Washington e Nézia, sem os quais não teria conseguido a realização deste sonho.

AGRADECIMENTOS

Agradeço à todos os professores que tiveram além do dom de ensinar, paciência comigo e com todos colegas de sala nos momentos mais difíceis e delicados.

Agradeço de forma especial, ao meu orientador, Reynaldo Campanatti Pereira, pela dedicação e competência na orientação deste trabalho.

Aos amigos e colegas de sala, que nas alegrias e tristezas, sempre estavam ali presentes para nos animar na caminhada.

A toda minha família pelo suporte dado durante toda minha vida, família que além de alicerce, é a razão de minha existência.

"Há homens que lutam um dia e são bons.
Há outros que lutam um ano e são melhores.
Há os que lutam muitos anos e são muito bons.
Porém, há os que lutam toda a vida.
Esses são os imprescindíveis."

Bertolt Brecht

RESUMO

A cana-de-açúcar, no início do século XXI, é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo que seu cultivo é bastante difundido em muitos estados da nação, sobretudo o de São Paulo. Pode-se observar o aumento da cultura de cana-de-açúcar, seja para a produção do açúcar, seja para fabricação do álcool combustível. A importância econômica da cana-de-açúcar está diretamente ligada aos diversos produtos e subprodutos advindos da industrialização dessa planta e à sua multiplicidade de funções. Por outro lado, essa importância contribui para suscitar várias intervenções governamentais na agroindústria canavieira brasileira, seja para regular as relações entre usineiros e fornecedores de cana, seja para administrar um programa da amplitude do Programa Nacional do Álcool-Proálcool (PNA). No final do século XX, os subprodutos da cana começaram a chamar a atenção do mercado, concorrendo diretamente com os produtos mais importantes como álcool e açúcar. Dentre os subprodutos pode-se destacar o bagaço de cana, a torta de filtro e a vinhaça. A vinhaça é um subproduto gerado através da produção de álcool, rica em nutrientes e que têm sua utilização na fertirrigação de lavouras de diversas culturas, se constituindo como um potente fertilizante, além de ser fonte de produção de biogás por meio do desenvolvimento de tecnologias envolvendo fermentação anaeróbica. O presente trabalho procura explicar como os subprodutos da produção de açúcar e álcool afetam o meio ambiente, mas sobretudo, como estes podem ter valores econômicos agregados a sua utilização, com destaque para o uso da vinhaça.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; subprodutos da cana-de-açúcar; vinhaça.

ABSTRACT

The sugarcane, in the 21st century, is one of the main agricultural products in Brazil, being that its cultivation is widespread in many states of the nation, especially that of Sao Paulo. May observe the increase in the sugarcane crop-of-sugar, for the production of sugar, is for the manufacture of alcohol fuel. The economic importance of sugarcane is directly linked to the various products and products deriving from industrialization of the plant and its multiple functions. On the other hand, this importance contributes to raise several governmental interventions in sugar mill and Brazilian alcohol, is to regulate the relationships between sugar mill owners and suppliers of cane, is to administer a program of the amplitude of National Program of the alcohol-Proálcohol (PNA). At the end of the twentieth century, the products of sugar cane started to draw the attention of the market, competing directly with the most important products such as alcohol and sugar. Among the products may-highlight the sugar cane bagasse, the filter cake and stillage. THE stillage is a byproduct generated through the production of alcohol, rich in nutrients and who have their use in fertirrigation of plantations of different cultures, constitute a powerful fertiliser, in addition to be a source of biogas production by means of the development of technologies involving anaerobic fermentation. This work seeks to explain how the byproducts of the production of sugar and alcohol affect the environment, but above all, as these may have economic aggregates values its use, with emphasis on the use of stillage.

Key-words: Reed-by-products; sugar cane-of-sugar; stillage.

LISTA DE SIGLAS

NO_3^- = Nitrato

K^+ = Íons de potássio

IAA = Instituto do Açúcar e do Alcool

PLANALSUCAR = Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar

PROÁLCOOL = Programa Nacional do Alcool

CONAB = Companhia Nacional de Abastecimento

ÚNICA = União da Indústria de Cana-de-açúcar

ZAECana = Zoneamento agroecológico da cana – ZAECana

EMBRAPA = Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária

PNA = Programa Nacional do Alcool

IBGE = Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística

CETESB = Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental

CO_2 = Gás carbônico

FAO = Organização das Nações Unidas para Agricultura e Alimentação

N = Nitrogênio

B = Boro

Cl = Cloro

Cu = Cobre

Fe = Ferro

Mn = Manganês

Zn = Zinco

Mb = Molibdênio

Si = Silício

K = Potássio

Ca = Cálcio

Mg = Magnésio

S = Enxofre

P = Fósforo

DBO = Demanda Bioquímica de Oxigênio

DQO = Demanda Química de Oxigênio

CTC = Capacidade de Troca Catiônica

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 A CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL	16
2.1 CARACTERÍSTICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR	18
2.2 O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR	19
2.3 A CRIAÇÃO DO INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL	20
2.4 IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA PRÓ-ÁLCOOL	22
2.4.1 Fases Evolutivas do Proálcool	24
2.5 IMPACTOS CAUSADOS PELO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR ...	28
2.5.1 Impactos Ambientais	28
2.5.2 Impacto Econômico	32
2.6 ÁREAS PLANTADAS NO BRASIL	33
2.6.1 Produção e Produtividade	34
2.7 OS SUBPRODUTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR	36
3 BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR	37
3.1 TORTA DE FILTRO.....	37
3.2 A VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR	38
4 O VALOR ECONÔMICO DA VINHAÇA	48
4.1 A VINHAÇA COMO FERTILIZANTE	48
4.2 OS CUSTOS DO APROVEITAMENTO DA VINHAÇA	50
4.2.1 Sulcos de Infiltração	51
4.2.2 Caminhões-tanque	51

4.2.3 Aspersão convencional	52
4.2.4 Aspersão com canhão hidráulico	52
4.3 VALOR ECONÔMICO DA VINHAÇA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS ..	53
5 CONSIDERAÇÕES FINAIS	57
REFERÊNCIAS	58

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo matéria-prima fundamental na produção de açúcar e álcool.

Desde o início da colonização brasileira, engenhos de cana foram implantados em diversos setores do país e a cultura começou a ser desenvolvida com a finalidade de suprir o mercado externo, sobretudo com a produção de açúcar.

Apesar de historicamente ter sofrido quedas de produtividade e de valor econômico, no início do século XXI, percebe-se que sua cultura é bastante difundida, sobretudo no Estado de São Paulo.

A utilização da cana-de-açúcar na produção de etanol e as preocupações ambientais relacionadas a poluição causada pela queima de combustíveis fósseis, alavancaram ainda mais o crescimento das lavouras e a montagem de usinas canavieiras.

Entretanto, na produção de açúcar e álcool, muitos outros subprodutos são gerados, os quais proporcionam desequilíbrios ao meio ambiente e causam transtornos ambientais com grandes proporções.

Dentre os subprodutos destacam-se o bagaço de cana-de-açúcar, a torta de filtro e a vinhaça.

Porém, desde o final do século XX, muitos pesquisadores vêm atribuindo funções aos subprodutos da produção de açúcar e álcool. Diversas técnicas em sendo aplicadas e muitas descobertas realizadas com o intuito de minimizar os impactos ambientais e implementar os recursos financeiros. Dentre essas descobertas aponta-se a utilização desses subprodutos ou resíduos como potentes fertilizantes não apenas para a lavoura canavieira, mas para diversos tipos de cultura; a utilização na confecção de papel, papelão, garrafas PET; geração de energia elétrica, energia térmica; além da produção de biogás.

Observando as vantagens e desvantagens oriundas da industrialização da cana-de-açúcar e da utilização de seus subprodutos, fez-se a idéia do trabalho, com o intuito

de contribuir para o melhor conhecimento dos valores econômicos agregados com a utilização da vinhaça de cana-de-açúcar.

2 A CANA-DE-AÇÚCAR NO BRASIL

A cana-de-açúcar representa, ainda no início do século XXI, um dos principais produtos agrícolas do Brasil, sendo que seu cultivo é bastante difundido em muitos estados da nação, sobretudo o de São Paulo. Há muito tempo já se observa o aumento da cultura de cana-de-açúcar, seja para a produção do açúcar, seja para fabricação do álcool combustível.

A indústria sucroalcooleira acompanha a história do país desde seus primórdios. Introduzida no Brasil pelos portugueses, a cana-de-açúcar torna-se, no período colonial, uma das principais fontes de geração de recursos financeiros pelo seu grande valor no mercado internacional (PRADO JUNIOR, 1981).

Por iniciativa de Martin Afonso de Souza, em 1532, a cana-de-açúcar encontrou, no clima quente e úmido do Brasil, um ambiente altamente favorável para o seu cultivo. Apesar de ter iniciado na capitania de São Vicente, onde se implantou o primeiro engenho, foi no litoral, principalmente em Pernambuco e na Bahia, que os engenhos se multiplicaram (PRADO JUNIOR, 1981).

Segundo Arruda (1985), a história da cana-de-açúcar na economia brasileira teve seu início por volta de 1526. No começo, o açúcar era produto de maior valor no mercado internacional e o Brasil, despontava como principal exportador. A cultura desenvolveu-se de forma irregular, em diferentes momentos de nossa história, porém, sempre servindo aos interesses econômicos do país.

Comenta Furtado (1981) que a agroindústria canavieira sustentou a economia da colônia por mais de 150 anos. Embora grande produtor de açúcar desde a colônia, a cultura expandiu muito a partir da década de 70 com o advento do Proálcool, programa do governo que subsidiou a produção do álcool combustível obtido da cana-de-açúcar na tentativa de reduzir o consumo e utilização de gasolina por parte dos veículos, sendo a gasolina um combustível mais poluente e mais caro, na década citada, devido a importação de petróleo para sua confecção.

Arruda (1985) destaca que os sistemas de produção açucareiro, ao longo da história, constituíram os elementos fundamentais na formação do que seria, no

século XX, a economia brasileira. Crescimento puramente intensivo, na base da monocultura e latifúndio mediante incorporação de terra e mão-de-obra, não implicando modificações estruturais que repercutissem nos custos da produção e produtividade. Mesmo assim, a cana-de-açúcar representou o negócio colonial agrícola mais rentável de todos os tempos, caracterizando-se pela tradição, relevância sócio-econômica, função energética e pela distribuição geográfica.

Segundo Arruda (1985), a agricultura foi o sustentáculo da economia brasileira até o século XX, destacando a agroindústria canavieira, a qual fez do país o principal produtor e fornecedor de açúcar na Europa. Seu prestígio foi de grande valor, a ponto de caracterizar, entre 1530 e 1650, o ciclo da cana-de-açúcar, fundamentado basicamente nas exportações que contavam com todo o apoio e regulamentação da metrópole portuguesa. Dessa forma, o Estado funcionou como fundador-sócio na fundação dos primeiros engenhos (ARRUDA, 1985). Já no período imperial, o governo, para ajustar a indústria brasileira, estimulou a modernização dessa atividade, via medidas de amparo aos chamados engenhos centrais.

Segundo Vian (2003) e Ramos (1999), a concorrência das Antilhas e de outros países produtores gerou as primeiras tentativas da modernização da cultura no Brasil por meio da política da implantação dos engenhos centrais. A maioria deles não dispunha de maquinários modernos e de técnicas mais apuradas para competir com o açúcar antilhano e com o de beterraba, que ganhavam destaque no mercado europeu. Contudo, a modernização ocorreu via implantação de usinas, cujos proprietários eram os senhores de engenho do Nordeste e agricultores oriundos do café, em São Paulo. Dessa maneira, o complexo canavieiro se modernizou e ganhou escala.

...após 1870, com o início do processo abolicionista e o favorecimento das exportações com uma política cambial favorável, é que os senhores-de-engenho se viram forçados a modernizar o setor. A grande mudança ocorreu na separação da atividade de cultivo da cana-de-açúcar do processo industrial, iniciando a fase de especialização de cada uma das etapas do sistema de produção. E, a partir de 1890, surgiram os engenhos centrais - um complexo canavieiro correspondente às atuais usinas (VIAN, 2003, p.32).

No início do século XX, a agroindústria canavieira se deparava com os conflitos de interesses entre usineiros, donos de pequenos engenhos, fornecedores e refinadores/comerciantes. Essa situação se agravou no final da década com a superprodução e a queda das vendas externas ocasionadas pela crise de 29, nos Estados Unidos (RAMOS, 1999).

2.1 CARACTERÍSTICAS DA CANA-DE-AÇÚCAR

A cana-de-açúcar é uma planta típica de climas tropicais e subtropicais em que alternam as estações seca e úmida. Ela se desenvolve em forma de touceira que podem alcançar vários metros de altura. Sua parte aérea é formada por colmos, folhas, inflorescências e frutos e, por sua vez, sua parte subterrânea por raízes e rizomas (SEGATO et al., 2006).

No Brasil, a colheita da cana é realizada por meio de dois processos diferentes, com a queima da palha do canavial, que implica em destruição e poluição do meio ambiente, e sem a queima da palha (SILVA et al., 2005).

Segundo Silva et al. (2005) a conservação da palha da cana-de-açúcar no solo é uma prática empregada que além de evitar a poluição do meio ambiente com a emissão de gases traz uma série de benefícios ao solo e a cultura, como a manutenção da umidade, da temperatura e o acúmulo de matéria orgânica, as quais são condições ideais para o desenvolvimento desse tipo de plantação, pois permite levar a ciclagem parcial de nutrientes e o desenvolvimento da população de microrganismos.

Além do mais, tal técnica permite que haja uma diminuição do uso de herbicidas, um uso racional de adubos fertilizantes, reduz riscos de lixiviação de NO_3^- (nitrato) e de K^+ (íons de potássio) no perfil do solo e equilíbrio com o meio ambiente (SILVA et al., 2005).

A cana-de-açúcar plantada, proveniente de uma muda, a qual recebe o primeiro corte é denominada cana-planta. Passados aproximadamente doze meses do corte dessa cana-planta inicia-se um novo ciclo na cultura denominado de soqueiras ou

cana-soca. O ciclo da cana-de-açúcar compreende um espaço de tempo entre onze e vinte e dois meses para que a planta possa brotar, emergir, perfilhar (na qual necessita de um período quente ou úmido) e acumular sacarose, possível num período seco ou frio (SEGATO et al., 2006).

De acordo com Segato et al. (2006, p. 35)

Todos os fatores ambientais que imporem outra condição tendem a alterar o ciclo fenológico da cultura. Portanto todo o manejo deve ser empregado para otimizar e dar condições para que a cana-de-açúcar consiga expressar o máximo do seu potencial produtivo, o que significa produzir quantidade de biomassa por hectare, aliado a quantidade de sacarose, preservando o canavial para ser produtivo o máximo de tempo possível, conseguindo-se assim colheitas mais lucrativas.

Para Segato (2006), no Brasil existem mais de 500 variedades de cana-de-açúcar cultivadas, onde dentre elas, 51 foram liberadas nos últimos dez anos. Ainda de acordo com os autores, o aumento da diversificação das variedades possibilita um aumento nos níveis de produtividade, pois gera a cultura maior resistência e tolerância contra pragas e doenças da cana-de-açúcar.

2.2 O AUMENTO DA PRODUÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

O cenário da agroindústria canavieira, no início da década de 30, refletia essa situação: a crescente produção não conseguia escoamento para o exterior, um consumo interno em declínio, devido à recessão geral da economia brasileira provocada pela crise de 29, bem como pela derrocada do setor cafeeiro (SZMRECSÁNYI, 1979).

Nesse contexto de crise, os cafeicultores paulistas optaram pelo cultivo da cana como um meio alternativo de diminuir os prejuízos decorrentes da conjuntura externa desfavorável. Iniciou-se o período de rápida expansão da produção paulista.

De acordo com Shikida (1998) e Ramos (1999), formou-se em São Paulo a maior concentração econômica e institucional da agroindústria canavieira, principalmente o “quadrilátero açucareiro”, constituído por Sorocaba, Piracicaba, Jundiaí e Mogi-Mirim. As áreas do centro-sul do país, notadamente na região Sudeste, passaram a

ser os núcleos mais dinâmicos da produção açucareira do país, levando a economia paulista a alcançar força propulsora e orientação para o mercado interno e externo. Assim, a agricultura canavieira tornou-se a atividade fundamental dessa região prevalecendo até os dias atuais.

Vale dizer que as primeiras décadas do século XX foram de crise. O setor esteve sujeito a superprodução devido ao aumento da capacidade produtiva das usinas paulistas, com o aumento considerável da área plantada, a concorrência acirrada do mercado internacional e a necessidade urgente de coordenação entre os vários agentes do setor (SHIKIDA, 1998).

...o produtor de cana-de-açúcar, açúcar e álcool, antes sujeito de uma série de arranjos institucionais que interceptavam interesses da classe e as decisões do Estado, passa, a partir de então, a estar atento aos custos de produção, ao desenvolvimento de novas tecnologias e aproveitamento econômico dos subprodutos como forma de definir uma situação concorrencial mais adequada. Esse momento marca um ponto de inflexão: é a mudança do paradigma subvencionista para o paradigma tecnológico (SHIKIDA, 1998, p.24).

Diante desse quadro, o governo brasileiro iniciou a implantação de políticas públicas para regulamentar o mercado do açúcar, visando manter o preço e atender as reivindicações dos produtores.

2.3 A CRIAÇÃO DO INSTITUTO DO AÇÚCAR E ÁLCOOL

A intervenção do governo no setor sucroalcooleiro se deu com a criação do Instituto do Açúcar e do Alcool – IAA, em 1933, e a produção açucareira e do álcool passou a ser vista por decreto, como assunto do Estado (BRAY, 2000).

Para Bray (2000), o surgimento do IAA foi o reflexo das reivindicações dos senhores de engenho, de usinas e de fornecedores de terem um órgão controlador da economia. Tornava-se, pois, necessário a presença de um intermediador dos

interesses dessas classes, com a finalidade de minimizar as incertezas desse seguimento produtivo, quanto à garantia de mercado, maior facilidade de obtenção de crédito, armazenamento, dentre outras. O IAA teve como objetivo defender as empresas açucareiras e alcooleiras nacionais, mediante uma série de mecanismos, como: o controle dos preços e da comercialização; estabelecimento de cotas de produção, capazes de garantir, entre outros, o equilíbrio interno entre as safras anuais do açúcar e o consumo de seus principais produtos.

Esse instituto adotou o regime de cotas, que atribuía a cada usina uma quantidade de cana a ser moída, a produção de açúcar e também do álcool. Para a aquisição de novos equipamentos ou a modificação dos já existentes, precisavam de sua autorização. Enfim, o IAA foi criado para estabelecer uma política de planejamento da agroindústria canavieira, sendo que a sua intervenção se fez presente desde a produção da matéria-prima até a conseqüente fabricação, distribuição, consumo e exportação do produto final. Além de disciplinar as relações entre fornecedores e usineiros, e destes com seus lavradores (RAMOS, 1999).

Segundo Belik e Ramos (1992), a intervenção do IAA não foi de toda homogênea, apresentando para cada circunstância e região uma especificidade própria. Contudo, as cotas de produção, impostas para cada usina, eram desobedecidas, a escala se ampliava mais e mais e, assim, acabavam substituindo engenhos, impulsionando o setor metal mecânico.

Após a Segunda Guerra Mundial (1939-1945), com o desabastecimento do mercado e a crescente escassez do produto, outras regiões do país foram necessariamente incentivadas a desenvolver e expandir a produção de açúcar, principalmente, em São Paulo, onde se registrou a transformação dos engenhos criados durante a guerra, em usinas e a conversão de destilarias em usinas de açúcar, dando início a um novo período de ampliação da capacidade produtiva. Assim, na década de 50, a exportação da indústria açucareira encontra crescente demanda de mercado interno, ampliada por um processo rápido de urbanização e industrialização (SHIKIDA, 1998; ANDRADE, 1994). A década de 50 foi o marco da expansão produtiva do centro-sul, ampliando a agroindústria açucareira (MORAES, 2000).

Cumpra registrar que, de 1945 até meados de 60, o centro-sul do país, especialmente os produtores do Estado de São Paulo, foram autorizados a aumentar suas capacidades produtivas instaladas, consolidando-se, hegemonicamente, na agroindústria canavieira nacional. Entre 1965/69 e 1971, denominou-se a fase tecnológica que em nome de uma maior competitividade setorial, promoveram-se políticas de incentivo, fusões e incorporações de usinas, melhoria nas áreas de pesquisa agrônômica e industrial. Para sustentar essa expansão, o setor contou com o apoio por parte do governo federal em forma de três programas de investimento e de incentivos públicos: Programa Nacional de Melhoramento da Cana-de-Açúcar (PLANALSUCAR), Programa de Nacionalização da Indústria Açucareira e o Programa de Apoio à Indústria Açucareira (SHIKIDA, 1998).

Todos esses programas foram fundamentais, constituindo-se os pilares para o crescimento e modernização da agroindústria sucroalcooleira.

2.4 IMPLANTAÇÃO DO PROGRAMA PRÓ-ÁLCOOL

Conforme Moraes (2000) e Vian (2003), em 1975, o governo cria o Programa Nacional do Alcool – Proálcool, com o intuito de reduzir a necessidade de importação do petróleo (80%), possibilitando ao Brasil deter o domínio da tecnologia da produção de álcool, além do desenvolvimento dos carros a álcool e a buscar formas alternativas renováveis de combustível. Ao incentivar a produção de álcool anidro hidratado, para substituir a gasolina, automaticamente o governo estimulou os produtores a canalizarem a matéria-prima disponível para a fabricação do álcool “direto”, em vez de destiná-lo à produção habitual do açúcar acrescida ao álcool residual.

Percebe-se que, com esse programa, o cultivo da cana-de-açúcar alavancou novas regiões produtoras como Paraná, Goiás, Mato Grosso e Mato Grosso do Sul. Ao lado disso, foram criadas as chamadas destilarias anexas, vinculadas a usinas de açúcar e também créditos para a construção de novas unidades produtoras de

álcool. Como resposta a esses incentivos, presenciou-se um crescimento muito rápido da produção de álcool, especialmente do álcool anidro adicionado à gasolina, sendo o setor sucroalcooleiro estimulado pelo forte investimento do governo federal. Dessa forma, o programa nasce alicerçado em subsídios e financiamentos públicos, ficando no decorrer do seu desenvolvimento ao governo (Petrobrás) a compra, armazenamento, transporte, distribuição e determinação do preço e venda do produto (BACCARIN, 1994; BRAY, 2000).

De acordo com Bray (2000, p.18),

O Proálcool pode ser dividido em três fases: a primeira entre os anos de 1975 e 1979, abarcando o início do Programa até o chamado “segundo choque do petróleo”, destacando a sua implementação como solução para crise do açúcar no mercado mundial e como um programa de alternativa energética; a segunda entre os anos de 1980 e 1985, quando a meta estabelecida pelo Proálcool foi a de atingir uma produção de 10,7 bilhões de litros de álcool, o equivalente a 170 mil barris de petróleo-dia. Nesta fase o Proálcool assumiu a postura de um programa que ia além de uma mera alternativa energética, isto é, caracterizava-se como um plano que visava principalmente a substituição da gasolina; e finalmente a terceira fase, que se inicia a partir de 1986, quando o governo federal suspendeu os financiamentos e subsídios para as novas destilarias do Proálcool e as empresas passaram a operar de acordo com as condições existentes. O Proálcool continuou como um programa de alternativa energética e de substituição a gasolina, mas com perspectivas pouco definidas, apresentando problemas institucionais, até quando completou vinte anos de existência, nos fins de 1995.

Nesse contexto, Bacha (2004) comenta que o Proálcool foi instituído para atender aos interesses dos usineiros como um mecanismo para superar a crise econômica açucareira; ao interesse do governo para melhorar os indicadores econômicos; aos interesses da indústria de máquinas e equipamentos dando continuidade ao crescimento iniciado no final dos anos 60 e, aos interesses da indústria automobilística com a criação dos carros a álcool. Por fim, é considerado o maior programa do mundo de utilização comercial da biomassa para a produção e uso da energia, demonstrando a viabilidade técnica da produção em larga escala de etanol do seu uso como combustível automotivo (SHIKIDA, 1998).

O mercado nacional, após muitos anos, do lançamento do programa Próálcool voltou a ser grande consumidor do etanol com o advento dos carros “flex”, os quais podem utilizar tanto gasolina como etanol para a queima e geração de energia a seus motores.

2.4.1 Fases Evolutivas do Próálcool

Autores como Baccarin (1994), Moraes (2000), Vian (2003) analisam o processo da agroindústria canavieira em suas fases distintas de desempenho, caracterizadas pelo Próálcool.

a) 1ª fase: 1975-1979

É conhecida como fase moderada, com produção alcooleira baseada em regiões tradicionais da agroindústria canavieira, destacando-se a produção do álcool anidro misturado à gasolina, visando à diminuição da importação do petróleo e a redução do déficit da balança de pagamentos. Essa produção era realizada em destilarias anexas e usinas de açúcar devido à disponibilidade de matéria-prima. É considerada como fase moderada pela incerteza dos usineiros na possível recuperação do preço do açúcar no mercado interno e da indústria automobilística quanto à viabilidade do programa (Baccarin, 1994).

b) 2ª fase: 1979-1986

É denominada a fase de expansão acelerada coma produção desenvolvida em outras regiões, além das tradicionais como Mato Grosso, Mato Grosso do Sul, Goiás, provocando alteração geográfica da produção do álcool nacional e, como opção mais adequada para substituir os derivados do petróleo, incentivou-se a produção do álcool hidratado, estimulando simultaneamente o consumo do carro

movido a álcool, bem como a utilização nos setores químicos. O álcool passa a ser produzido em destilarias anexas e destilarias autônomas, propiciando a expansão do cultivo da cana-de-açúcar. Foi uma fase relevante, que marcou o auge da expansão do programa, mas também o seu declínio, em 1985.

O governo alcançou o seu objetivo, que era consolidar o programa como alternativa à substituição energética e as metas propostas com a produção e consumo do álcool hidratado. Porém, para os usineiros tratava-se de diversificar a produção, criar um novo mercado, diante das crises da economia açucareira e de um parque produtivo que precisava avançar tecnologicamente, com tendência à sobrecapacidade. Nesse sentido, a tecnologia ficou relegada a segundo plano, dificultando a produtividade. E a realidade econômica do país ainda era crítica (Moraes, 2000)

c) 3ª fase: 1986-2000

É a chamada fase de desaceleração e crise do Proálcool, em decorrência da diminuição do preço internacional do petróleo e estabilização do mercado interno, que teve como consequência a diminuição da importância do petróleo, em virtude da expansão da produção brasileira. Os planos econômicos foram priorizados nessa década, o que levou o governo a suspender os financiamentos para a ampliação da capacidade industrial, bem como o corte de subsídios para as usinas já existentes. Houve um desequilíbrio entre oferta e demanda de álcool, inclusive na forma metanol, para adicionar à gasolina ou ao próprio álcool hidratado, fatores esses que desestimularam a credibilidade do Proálcool, que entra em processo de declínio. Aliado a isso, ocorreu queda e estabilização do preço do açúcar no mercado internacional.

Diante disso, o país passa pela estagnação da produção do álcool, que acabou por provocar a crise de abastecimento, em 1989. Após a estagnação, o IAA foi desativado.

A crise de abastecimento foi ocasionada devido à ascensão da fabricação dos carros a álcool; preço menor do álcool frente à gasolina; e manutenção menor do imposto aos veículos a álcool.

Nesse período, o governo promove a desregulamentação do setor sucroalcooleiro, com a extinção do IAA, e as unidades produtoras deixaram de ser monopólio público, inserindo o setor para uma economia de livre mercado.

O processo de abertura do setor continuava, nos anos seguintes, com gradativa liberação dos preços dos produtos, sendo o açúcar o primeiro a ser liberado (1991), em segundo o álcool anidro (1997), a cana (1998) e o álcool hidratado (1999).

O desregulamento do setor refletiu diretamente no ambiente organizacional, que passou a fazer parte da administração privada. No entanto, foi a partir das safras de 1994/1995/1996 que o Brasil aumentou significativamente suas exportações de açúcar, com a produção do açúcar da região centro-sul e, principalmente, de São Paulo. Contudo, foi com o advento dos veículos flex fuel, em 2003, que o programa começa a ressurgir e a ganhar força (Moraes, 2000 e Vian, 2003).

d) 4ª fase: 2003 até os dias atuais

Nessa fase, o programa ganha novo impulso devido a três motivos fundamentais: novo aumento do petróleo no mercado internacional, consciência do Protocolo de Kyoto, cuja finalidade é conseguir que os países desenvolvidos reduzam em 5% a emissão de gases causadores do efeito estufa, e o surgimento dos veículos flex fuel, que estimulam a produção do álcool combustível com predomínio relevante no mercado interno e externo (Vian, 2003).

Com a nova alta do petróleo no mercado internacional, a discussão da dependência ao combustível fóssil tem estimulado debates em busca de fontes alternativas renováveis de energia. Assim, vislumbra-se a propensão dos países ao consumo de outros combustíveis renováveis, entre eles, o etanol. Os reflexos dessa maior demanda mundial já são percebidos pelo aumento da produção e exportação brasileiras (Unica, 2008).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar e o segundo em etanol, atrás dos Estados Unidos, que extraem o etanol do milho. É também o maior exportador mundial de cana-de-açúcar e etanol. Grande parte da produção da cana concentra-se na região centro-sul, sobretudo no Estado de São Paulo, onde a produção a produção de cana é de aproximadamente 62,6% e 59,6% de álcool (Unica, 2008).

Segundo dados da CONAB (2008), a produção de etanol no Brasil superou 22,5 bilhões de litros na produção de 2007/2008, um aumento de 27% em relação à safra anterior. A estimativa de 2008/2009 para o etanol de cana foi de 26,7 bilhões de litros e para cana 31,6 milhões de toneladas. A colheita total de cana é de 629 milhões de toneladas, 10% a mais que em 2008, numa área plantada de 7,8 milhões de hectares. As projeções futuras (2012) estimam 1 bilhão de toneladas para a cana, com uma área plantada de 10-12 milhões de hectares. Para o etanol 48 bilhões de litros.

Segundo Marcos Jank (2008), presidente da UNICA: “(...) apesar da crise econômica mundial, acreditamos na competitividade e na sustentabilidade do etanol brasileiro. Isso porque o desempenho energético e ambiental da cana-de-açúcar não encontra paralelo em todo o mundo”.

Ainda afirma que: “(...) a produção e o uso do etanol de cana-de-açúcar são importante ferramenta no combate ao aquecimento global, uma vez que cerca de 45 milhões de toneladas de CO₂ deixaram de ser emitidas no Brasil desde 2003, quando lançados os veículos flex fuel”

É importante ressaltar nesse cenário a questão do zoneamento agroecológico da cana – ZAECana, decreto instituído pelo Presidente, uma iniciativa que vai orientar a expansão da cultura da cana para a exploração do etanol e açúcar. Por meio do Projeto Lei o zoneamento inova ao considerar em profundidade aspectos ambientais, econômicos, sociais e de sustentabilidade, aliado a uma decisão de governo e a um acordo com os produtores. Esse plano, segundo o Ministro Reinhold Stephanes: “(...) responde à necessidade de disciplinar a expansão da produção da cana diante da demanda mundial pelos biocombustíveis e do interesse das empresas nacionais e transnacionais em aportar recursos na produção do etanol no Brasil (EMBRAPA, 2009)”.

O zoneamento valerá para o licenciamento das usinas de açúcar e álcool. Todas as usinas, tanto as novas como as já existentes, para pleitear o licenciamento ambiental, deverão demonstrar adequação em todos os fatores, como clima, tipo de solo, a vulnerabilidade das águas subterrâneas, a disponibilidade de águas superficiais, a biodiversidade presente nas áreas, as unidades de conservação, a declividade e a quantidade de ar.

2.5 IMPACTOS CAUSADOS PELO CULTIVO DE CANA-DE-AÇÚCAR

A importância econômica da cana-de-açúcar está diretamente ligada aos diversos produtos e subprodutos advindos da industrialização dessa planta e à sua multiplicidade de funções. Por outro lado, essa importância contribui para suscitar várias intervenções governamentais na agroindústria canavieira brasileira, seja para regular as relações entre usineiros e fornecedores de cana, seja para administrar um programa da amplitude do Programa Nacional do Álcool-Proálcool (PNA).

Segundo dados do IBGE (2010) e CONAB (2010), o Brasil deve processar 622 milhões de toneladas de cana-de-açúcar na safra 2009/2010, uma alta de 10% em relação a 565,6 milhões de toneladas na safra anterior para 370 unidades em todo país que deverá chegar a 409 até o final de 2012/13. A área plantada foi de 7,8 milhões de hectares. A produção mundial de açúcar atingiu em 2008/2009 31,6 milhões de toneladas e do etanol, 26,7 bilhões de litros. O centro-sul deve moer 530,0 milhões de toneladas de cana nesta safra, uma alta de 6,1% sobre os 499,6 milhões de toneladas da safra de 2008/2009.

2.5.1 Impactos Ambientais

Apesar desse cenário favorável, o sistema de produção sucroalcooleiro no Brasil é caracterizado por diversos fatores negativos em face da sua importância econômica. São os impactos ambientais decorrentes dos processos produtivos dessa atividade que tem gerado preocupação quanto ao desenvolvimento sustentável do setor.

Porém, há controvérsias com relação aos impactos socioambientais do setor para a economia como um todo (BARBIERI, 2004).

Pode-se apontar como um dos principais fatores de impacto ambiental a poluição das águas por meio da vinhaça, a eliminação de gases poluentes à atmosfera, através da queima da palha da cana-de-açúcar, além da degradação do solo por meio de cultivos excessivos de cana sem que haja um manejo correto.

A adoção de medidas que conduzem a um desempenho ambientalmente satisfatório torna-se uma necessidade emergencial e por isso começaram a ser aplicadas regulamentações e leis visando a proteção ambiental, onde para se adequarem a tal legalidade, as indústrias iniciaram a implantação de um sistema de gestão ambiental específico em sua administração, com o intuito de facilitar a obediência legal, possibilitando o exercício de seus direitos e deveres (BARBIERI, 2004).

Dado um esperado aumento na demanda mundial por biocombustíveis para suprir o crescimento da oferta de energia com a redução do uso de fontes não-renováveis e emissão de gás carbônico, a questão ambiental é considerada uma prioridade corporativa que assegura o estabelecimento de políticas com programas e práticas que visem conduzir as atividades de uma maneira ambientalmente sustentável (MILARÉ, 2000).

A Produção mais limpa é uma estratégia ambiental preventiva aplicada a processos, produtos e serviços para minimizar os impactos sobre o meio ambiente.

A Produção mais Limpa estabelece uma hierarquia de prioridades de acordo com a seguinte seqüência: prevenção, redução, reuso e reciclagem, tratamento com recuperação de materiais e energia, tratamento e disposição final. A indústria sucroalcooleira, tanto no setor agrícola quanto no setor industrial, pode reduzir seus problemas ambientais mediante Produção mais Limpa (BARBIERI, 2004).

Segundo Barbieri (2004), existem problemas provenientes no setor agrícola desde o processo de plantio até a colheita da cana. A vinhaça e a torta-de-filtro provenientes da indústria é lançada muitas vezes indiscriminadamente no solo antes e pós plantio da cana. Quando no momento da colheita, a queima da palha de cana traz consigo problemas como a forte concentração de gás carbônico na atmosfera.

De acordo com CETESB, 2002, (Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental), os conceitos de Produção mais Limpa consideram a geração de resíduos como desperdício de dinheiro por parte das empresas. Isso pelo fato de que o não reaproveitamento desses resíduos acarreta compra de insumos, desgaste de equipamentos e também custos envolvidos no transporte e armazenamento desses resíduos.

Em muitas empresas sucroalcooleiras, os resíduos da produção são lançados indiscriminadamente ao meio ambiente. Mediante a informação das causas e conseqüências advindas das atividades sucroalcooleiras, tanto agrícolas quanto industriais, pode-se ter um foco de atuação para que a Produção mais Limpa seja realmente alcançada (BARBIERI, 2004).

Os aspectos ambientais referentes aos impactos causadas pelas usinas sucroalcooleiras caracterizam-se por dois setores, sendo o primeiro referente aos aspectos ligados às atividades desenvolvidas na área em que a cultura da cana-de-açúcar ocupa. E o segundo ligado aos aspectos da fábrica de açúcar e destilaria de álcool (LANGOWSKI, 2007).

Na visão de Langowski (2007, p.22):

...os impactos negativos na área agrícola que mais merecem destaque são: redução da biodiversidade causada pelo desmatamento e pela implantação da Monocultura canavieira; contaminação das águas superficiais e do solo através da prática excessiva de adubos, corretivos minerais e aplicação de herbicidas (uso desregulado de subprodutos da indústria); compactação do solo por conta do tráfego de maquinaria pesada durante o plantio, os tratos culturais e a colheita; assoreamento de corpos d'água devido à erosão do solo em áreas de renovação de lavoura; e eliminação de fuligem e gases de efeito estufa na queima durante o período da colheita.

Warwick e Rocha (2006) lembram que um dos pontos mais críticos e discutidos a respeito dos impactos negativos da cana-de-açúcar é a queima da sua palha e as consequentes emissões de gás carbônico (CO₂) emitidos na atmosfera. A cultura da

cana-de-açúcar é extremamente eficiente no seqüestro de carbônico atmosférico (captura de gás carbônico através da fotossíntese) e apresenta um balanço positivo (absorve mais carbono do que libera). Isso mesmo ao se considerar a re-emissão do carbono com a queima do álcool por parte dos veículos que usam este combustível.

Em geral, a absorção do gás carbono pela cana se dá durante o seu período de crescimento, entre 12 a 18 meses. No momento da queimada, entre 30 e 60 minutos, ela libera todo esse gás à atmosfera. E isso é extremamente prejudicial ao meio ambiente, justamente por causa da liberação em excesso de todo carbono até então absorvido (LANGOWSKI, 2007).

Além do gás carbônico acumulado e liberado à atmosfera outros gases também são formados e lançados. Dentre esses se pode citar o ozônio, o qual não se dissipa facilmente em baixa altitude e é extremamente poluente. Como impacto negativo ao meio ambiente tal gás prejudica o crescimento de plantas e o desenvolvimento de seres vivos (PIACENTE, 2005).

Langowski (2007) aponta que na queima da palha da cana-de-açúcar, também ocorre impacto significativo na fauna local. Animais mamíferos e répteis perdem seus abrigos e alimentos, sendo que grande parte de animais silvestres encontram abrigo e alimento em meio ao canavial, formando ali um nicho ecológico. Pássaros como as pombas colocam ovos e procriam, enquanto que os seus predadores para ali se dirigem em busca de alimento. Assim, encontram-se num canavial cobras, ratos e lagartos, cachorro-do-mato, felinos, capivara, paca. Quando vem a queimada, poucos conseguem fugir.

Atingindo mais diretamente a população humana, sobretudo do meio urbano, têm-se o subproduto da queimada que é a fuligem da cana-de-açúcar. Tal substância além de provocar transtornos pela sujeira nas residências domésticas é também causador de doenças respiratórias e outras doenças como o câncer. Segundo Langowski (2007) há constatação de que existe a presença de Hidrocarboneto Policíclicos Aromáticos (País) – composto cancerígeno – no sangue da maioria dos cortadores de cana-de-açúcar como também nas imediações de canaviais que sofreram queima de suas palhas.

A segunda forma direta de impacto causada pela indústria sucroalcooleira se refere ao processo na fase industrial, onde, segundo Langowski (2007), são: a utilização intensiva de água para o processamento industrial da cana de açúcar; o forte odor gerado na fase de fermentação e destilação do caldo para a produção de álcool. A geração de resíduos potencialmente poluidores como a vinhaça e a torta de filtro.

Sem dúvida alguma, a cultura de cana-de-açúcar causa diversos danos ao meio ambiente, entretanto, a Política Nacional de Proteção ao Meio Ambiente, trabalha para no desenvolvimento de estratégias a serem adotadas pelas empresas com a finalidade de minimizar tais impactos.

2.5.2 Impacto Econômico

É fato comum discutir as perspectivas para as indústrias canavieiras no Brasil. Dentre desse contexto, a perspectiva para o ano de 2018 é que sejam gerados aproximadamente 170 mil novos postos de trabalho, ao mesmo tempo em que mais de 400 mil funcionários serão demitidos da colheita devido ao avanço da mecanização das lavouras. Outro fato bastante peculiar é em relação aos cargos de liderança, como de gerentes de usinas sucroalcooleiras, que são de difícil preenchimento pela falta de pessoas capacitadas para desempenhar tais funções, independentemente do aumento no valor dos salários (SEGATO et al., 2006).

De acordo com Segato et al. (2006), o Brasil é o maior produtor e exportador mundial de açúcar, detendo 40% do comércio internacional, visando também ampliar a participação com a reforma do regime do açúcar na União Européia, determinada pela Organização Mundial do Comércio (OMC).

Têm-se ainda, além do açúcar, a elevada produção de álcool etanol que é o grande propulsor do crescimento nesse setor, por se tratar de uma fonte alternativa de combustível e da demanda da frota automobilística que pode se utilizar de determinado combustível que cada vez mais é reconhecido e valorizado pelo mundo todo (ORTOLAN apud SEGATO et al., 2006).

Quase metade da produção mundial de cana-de-açúcar é assegurada atualmente por quatro nações das Américas: Brasil, Cuba, México e EUA.

Seguem-se, pela importância de suas safras, países asiáticos como a Índia, a China e as Filipinas. No Brasil, depois de meados da década de 1970, a crise do petróleo tornou intensa a produção de etanol a partir da cana-de-açúcar, para utilização direta em motores a explosão (hidratado) ou em mistura com a gasolina (anidro). Desde então, o álcool combustível asido de modernas destilarias que em muitos pontos do país substituíram aos antigos engenhos, passou a absorver parte ponderável da matéria-prima antes destinada sobretudo à extração do açúcar (MOZAMBANI et al. apud SEGATO et al., 2006).

No ano de 2003, o Brasil exportou um volume de 762 milhões de litros de álcool etílico e 13 milhões de toneladas de açúcar e, em 2005 os números subiram para 2,6 bilhões de litros de etanol e 18,1 milhões de toneladas de açúcar. De acordo com o Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística (IBGE), o Brasil pode investir no cultivo de cana-de-açúcar, tendo em vista que há uma área disponível para plantação 30 vezes maior a área plantada, sem que haja quaisquer prejuízos ambientais ou substituição de culturas de outras fontes de alimentos (SEGATO et al., 2006).

Na visão de Ortolan (apud SEGATO et al., 2006, p. 407), “atualmente um dos maiores desafios mundiais é a busca de alternativas ao petróleo, combustível fóssil, com reservas em declínio, altamente poluente e com preços voláteis”.

2.6 ÁREAS PLANTADAS NO BRASIL

Em 1999, pesquisas realizadas pela FAO divulgaram que no Brasil a área cultivada de cana-de-açúcar era de 4,8 milhões de hectares e, a área fertilizada de 95% (SILVA et al., 2005). Já no ano de 2008, a área total plantada no território brasileiro com a cultura de cana-de-açúcar ocupa cerca de 2% da área agrícola do país, da qual 99,7% estão a pelo menos 2 mil Km de distância da Floresta Amazônica (SEGATO et al., 2006).

Dados levantados sobre o ano de 2003 apontaram no país uma área cultivada de 60,7 milhões de hectares, sem considerar áreas de reflorestamento e pastagens naturais e artificiais (SEGATO et al., 2006). Segundo Lopes (2005, apud SEGATO et al., 2006) estima-se que no ano de 2010 a área total brasileira cultivada atinja 80,1

milhões de hectares, sendo que tudo indica que a cana-de-açúcar terá papel fundamental nesse crescimento. Ainda, de acordo com o autor, além do aumento da área plantada o aumento do consumo de N, P₂O₅ e K₂O que passa de 149 kg ha⁻¹ passará a aproximadamente 163 kg ha⁻¹, um aumento considerável de incremento de N, P e K. Até 2003, 3,6 milhões de toneladas de K₂O eram utilizadas e, para 2010 a estimativa é que supere a marca de 5,2 milhões de toneladas.

Segundo Silva (2007, p. 22)

Essas projeções indicam um déficit de 26,7 milhões de toneladas de K₂O para o período de 2004-2010, a ser suprido por importações, ao preço médio FOB de US\$220,00 por tonelada (base 2003), o que acarretará dispêndio de divisas total para os próximos sete anos de US\$ 6 bilhões. Esses dados justificam uma ação de política governamental objetivando o aproveitamento do minério carnalita em Sergipe e também de silvinita no Amazonas, além de apoio às pesquisas sobre o possível aproveitamento de silicatos potássicos abundantes no Brasil para a produção de fertilizantes potássicos.

De acordo com estas considerações, pode-se apontar o Brasil como um dos principais produtores de cana-de-açúcar de todo o mundo.

2.6.1 Produção e Produtividade

Em 1983, o Brasil teve um rendimento anual de cana-de-açúcar entre 50 e 100 toneladas por hectare, sendo a média brasileira de 60 toneladas por hectare e, no estado de São Paulo uma média de 74 toneladas por hectare, com o teor de açúcar extraído de 8 a 12% e, rendimento de álcool de 70 litros por tonelada (GÓES e MARRA, 1998).

Nos anos seguintes, 1984 e 1985, as usinas sucroalcooleiras moeram 202 milhões de toneladas, sendo 105 milhões para a produção do álcool e o restante, 96 milhões para a produção de açúcar (GÓES e MARRA, 1998).

Ainda, no ano de 1985, a produção mundial foi de 940 milhões de toneladas, sendo o Brasil responsável por ¼ da produção total, ou seja, produziu aproximadamente 235 milhões de toneladas. Em 1986, a produção brasileira cresceu para 238 milhões

de toneladas, sendo o estado de São Paulo o maior produtor com 116 milhões de toneladas. Os estados de Pernambuco e Alagoas foram os outros que mais produziram com 21 milhões de toneladas cada; e, logo abaixo o estado do Paraná com a produção de 16,5 milhões de toneladas.

De acordo com Góes e Marra (1998) toda essa produção abasteceu 357 usinas de açúcar e álcool, sendo 142 no estado de São Paulo, 35 no estado de Pernambuco, 31 no estado de Alagoas e o restante nos demais estados da federação.

Segundo Góes e Marra (2008), analisando os anos de 1983 a 2008, percebe-se que houve uma grande expansão da cana-de-açúcar em todo o país, sobretudo no estado de São Paulo, além das regiões Centro-sul do Brasil, em áreas distantes dos biomas da Floresta Amazônica, Mata Atlântica e Pantanal.

Entre 1992 e 2003 a expansão canavieira no centro-sul do país foi feita quase que totalmente (94%) nas áreas já utilizadas com a própria cana-de-açúcar, sendo envolvidas poucas fronteiras agrícolas novas. No estado de São Paulo, responsável por 58% da cana-de-açúcar produzida no país, o crescimento ocorreu principalmente pela substituição de áreas de pastagens degradadas. Nos próximos anos, a tendência é de a cana-de-açúcar expandir-se nas regiões Oeste e Noroeste do estado de São Paulo, nos estados de Goiás, Mato Grosso do Sul e Minas Gerais (GÓES; MARRA, 2008).

A produção anual da cana-de-açúcar no Brasil, no ano de 2005, foi de 26,7 milhões de toneladas de açúcar e 17 bilhões de litros de álcool, em 5,9 milhões de hectares de cultivo (ORTOLAN apud SEGATO et al., 2006).

Uma série de pesquisadores relatam a importância dos micronutrientes e macronutrientes na produção e produtividade da cana-de-açúcar. No desenvolvimento da cana-de-açúcar os micronutrientes são o Boro (B), Cloro (Cl), Cobre (Cu), Ferro (Fe), Manganês (Mn), Zinco (Zn), Molibdênio (Mo) e Silício (Si), são responsáveis pelos processos metabólicos e fenológicos das plantas como ativadores enzimáticos. Os macronutrientes primários e secundários são o nitrogênio (N), o potássio (K), o Cálcio (Ca), Magnésio (Mg), Enxofre (S) e Fósforo (P), os quais são os principais responsáveis pelo crescimento e desenvolvimento da planta.

2.7 OS SUBPRODUTOS DA CANA-DE-AÇÚCAR

A produção de açúcar e álcool, provenientes da cana-de-açúcar, acaba por gerar alguns compostos que até o final do século XX, eram considerados resíduos descartáveis, mas que no início do século XXI, ganharam importância e foram denominados subprodutos da cana-de-açúcar.

Dentre os subprodutos, pode-se destacar o bagaço, a torta de filtro e a vinhaça, sendo que cada um deles exerce sua função dentro das lavouras e do processo industrial.

3. BAGAÇO DA CANA-DE-AÇÚCAR

O bagaço é o resíduo encontrado em maior quantidade após a fabricação de açúcar e álcool, e um dos maiores resíduos de toda a agroindústria brasileira. De acordo com Segato et al. (2006), a estimativa é que a cada ano, sobrem de 5 a 12 milhões de toneladas de bagaço, que corresponde a 30% da cana moída.

Quase que a totalidade das usinas sucroalcooleiras utilizam de 60% a 90% do bagaço como fonte de energia térmica, substituindo o óleo combustível no aquecimento das caldeiras, assim como na geração de energia elétrica.

Além de servir como combustível em substituição a lenha, muitos outros usos podem ser designados ao bagaço da cana-de-açúcar, merecendo destaque o seu emprego como matéria-prima na indústria de papel e papelão, na fabricação de aglomerados, na indústria química, como material alternativo na construção civil, como ração animal e na produção de biomassa microbiana (SEGATO et al., 2006).

Entretanto, de acordo com os mesmos autores, há um excedente muito grande de bagaço que não é utilizado em outras ações, causando assim, um grande problema ambiental, chegando a 30% em usinas com destilarias autônomas.

3.1 TORTA DE FILTRO

A torta de filtro é outro subproduto da produção de açúcar e álcool, sendo um importante resíduo originado da filtração do caldo extraído das moendas no filtro rotativo, daí a origem de seu nome. Antigamente, era um resíduo obtido apenas na produção do açúcar, mas, atualmente, as novas unidades alcooleiras introduziram o filtro rotativo e, assim, também obtém o resíduo torta de filtro (VITTI et al., 2006).

A torta de filtro é um resíduo rico em nutrientes constituída de cerca de 1,2 a 1,8% de fósforo e cerca de 70% de umidade, a qual é fundamental para garantir a brotação da cana em plantios feitos em épocas de inverno nas Região Sul e

Sudeste. A torta também apresenta alto teor de cálcio e consideráveis quantidades de micronutrientes (VITTI et al., 2006).

Segundo Marques (2006), cerca de 50% do fósforo da torta pode ser considerado disponível, fazendo com que a torta seja bastante empregada principalmente em cana-planta, nas dosagens de 80 a 100 toneladas por hectare (torta úmida). A compostagem da torta de filtro com adição de compostos como gesso, cinzas de caldeiras e palhada, tem agregado valor à torta de filtro, melhorando sua concentração em nutrientes e reduzindo sua umidade, o que pode ser vantajoso para o transporte a distâncias maiores e desvantajoso para plantios em épocas de estiagem (MARQUES, 2006).

A aplicação de torta de filtro em área total, no sulco ou nas entrelinhas da cana-soca é uma prática usual, facilitada pelo desenvolvimento de implementos próprios, como carretas para aplicação e, mais recentemente, devido ao desenvolvimento de plantadeiras mecanizadas com compartimento para a torta (MARQUES, 2006, p.32).

A torta se apresenta como um importante nutriente para as lavouras de cana-de-açúcar, devendo ser priorizada em solos arenosos, com baixa matéria orgânica. Devendo salientar que apesar de rica em nutriente, para o cultivo da cana se faz necessário a complementação mineral, uma vez que a torta de filtro não possui todos nutrientes para o melhor desenvolvimento da planta.

Um outro subproduto da cana-de-açúcar, que tem se tornado atraente em termos econômicos é a vinha, a qual será descrita a seguir.

3 2 A VINHAÇA DE CANA-DE-AÇÚCAR

Nas últimas décadas, os subprodutos da cana chamaram a atenção do mercado, concorrendo diretamente com os produtos mais importantes derivados da cana-de-açúcar, álcool e açúcar. Dentre os subprodutos pode-se destacar a queima do bagaço de cana, a torta de filtro e a vinhaça.

A vinhaça, vinhoto, garapão ou calda da destilaria, é um subproduto gerado através 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), além de enxofre e micronutrientes.

Para Gemtos et al. (1999, p.8):

A vinhaça é o produto de 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 desses íons são indesejáveis já que podem causar condições nocivas ao solo e às plantas.

Segundo Rossetto (1987, p.9)

... dos efluentes produzidos pelas destilarias de álcool, a vinhaça é a que possui a maior carga poluidora, pois apresenta DBO variando de 20.000 a 35.000 mg/l de vinhaça. 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.

Cada litro de álcool fabricado gera outros 13 litros de vinhaça com diferentes concentrações de potássio, variando conforme sua origem. O subproduto originário do melaço, que é o resíduo da fabricação do açúcar, possui uma concentração quatro a oito vezes maior do que a gerada na fabricação de álcool.

Por muitos anos a vinhaça foi descartada em rios e riachos, próximos às destilarias. Em função da sua riqueza em matéria orgânica, a vinhaça apresenta um elevado índice de DBO e DQO, sendo assim, caracterizada como material altamente poluente.

Entretanto, atualmente, muitas usinas sucroalcooleiras, para resolver o problema de poluição dos cursos d'água, tem utilizado a vinhaça como fertilizante, por possuir uma riqueza em matéria orgânica e por possuir nutrientes como o nitrogênio, fósforo, cálcio e potássio. (LUDOVICE, 1997).

A vinhaça pode ser formada a partir de três mostos diferentes, o que lhe confere níveis variáveis para cada elemento mineral. O mosto de melaço é o mais rico apresenta em média níveis de NPK com cerca de 0,57; 0,10; 3,95 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 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 (COELHO, 1986).

Ainda, de acordo com Coelho (1986), o uso agrícola da vinhaça e os seus benefícios oriundos do solo são indiscutíveis, tanto do ponto de vista agrônomo, econômico, quanto social. O benefício imediato decorrentes 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.

A vinhaça tem sua composição basicamente sob a forma de ácidos orgânicos e, em menor quantidade, por cátions como o K, Ca e Mg, sendo o efluente líquido, da indústria sucroalcooleira, que possui maior carga poluidora. 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).

O efluente causa no solo inumeros efeitos como:

- elevação do pH;
- aumento da disponibilidade de alguns íons;
- aumento da capacidade de troca catiônica (CTC);
- aumento da capacidade de retenção de água e melhoria da estrutura física do solo.

É agente do aumento da população e atividade microbiana no solo. O pH dos solos tratados com vinhaça aumenta principalmente em áreas cultivadas há mais tempo,

eleva-se abruptamente, podendo alcançar valores superiores a sete; este efeito está ligado à ação dos microrganismos (SILVA et al., 2007).

Apesar dos prejuízos, segundo Barros (2010), a vinhaça é importante pois pode substituir em grande parte os nutrientes da adubação mineral.

A vinhaça é um subproduto que pode se usado como forma de Produção mais Limpa pela indústria sucroalcooleira. Ela é rica em matéria orgânica como potássio cálcio e enxofre. Sua produção pode variar entre 10 e 15 litros para cada litro de álcool produzido. Seu destino tem como fim a fertirrigação - irrigação do solo com a vinhaça (LANGOWSKI, 2007).

...apesar de apresentar algumas variações em sua composição, em geral, a vinhaça é rica em nutrientes minerais como potássio, cálcio e enxofre, além de apresentar elevado teor de matéria orgânica (Demanda Bioquímica de Oxigênio - DBO de 20.000 a 35.000 mg/L), com pH variando de 3,7 a 5. Devido à essas características e por se tratar de um método eficiente e de custo relativamente baixo, a vinhaça vem sendo amplamente utilizada na fertirrigação de áreas para plantio da cana (LUDOVICE, 2000, p.10).

Para Silva et al. (2007), a vinhaça ou vinhoto constitui-se no principal resíduo da industrialização da cana e apresenta um alto potencial poluidor quando lançada em cursos d'água, em função da sua alta demanda bioquímica por oxigênio, alta concentração de sais, particularmente potássio, e alta carga de matéria orgânica. A quantidade despejada pelas destilarias pode variar de 10 a 18 litros de vinhaça por litro de álcool produzido, dependendo das condições tecnológicas da destilaria.

Por apresentar vantagens como favorecer o desenvolvimento de microrganismos que atuam sobre diversos processos biológicos, seu uso é muitas vezes em dosagem superiores aceitáveis. Antes de a vinhaça ser usada como fertilizante ela tinha como destino os rios e córregos localizados perto das usinas de açúcar e álcool (SILVA et al., 2007).

Dessa forma, quando a vinhaça que entrar em contato com o solo estiver numa concentração muito alta, essa pode contaminar tanto o solo quanto o lençol freático. Na visão de Piacente (2005) a alta concentração de vinhaça no solo e no lençol pode acarretar também uma alta concentração de diversos metais. Dentre esses, os mais prejudiciais são à amônia, magnésio, alumínio, ferro, cloreto como também matéria orgânica.

Segundo Ludovice (1997) em canais de escoamento da vinhaça a contaminação do lençol freático pode chegar a 91,7%, tornando assim poluída à manta freática. Em terrenos muito arenosos o solo absorve um metro de vinhaça a cada 4 dias. Em terrenos mais compactos tal absorção ocorre no dobro do tempo, 8 dias. Isso é um risco alto, uma vez que depois de contatado a contaminação, as possibilidades de reversão são pequenas.

O subproduto torta-de-filtro, assim como a vinhaça, também apresenta potencial de utilização como forma de Produção mais Limpa pelas usinas sucroalcooleiras. Sua produção é da ordem de 30 a 40 kg por tonelada de cana moída. É um composto muito rico em proteína, composto orgânico de alta demanda pela cana. Sua utilização se dá tanto na irrigação do solo preparado para o plantio da cana-de-açúcar como também no lançamento direto na vala onde a muda da cana será plantada (LUDOVICE, 1997).

Entretanto, para Piacente (2005), tal subproduto pode ser muito poluente, quando não armazenado e aplicado de forma adequada. Da mesma forma que a vinhaça, a torta pode acarretar sérios danos à manta freática bem como no solo que foi depositado e usado incorretamente.

Segundo Rossetto (1987), dos efluentes produzidos pelas destilarias de álcool, a vinhaça é a que possui a maior carga poluidora, pois apresenta DBO (demanda bioquímica de oxigênio) variando de 20.000 a 35.000 mg/l de vinhaça.

Os mesmos elementos que lhe dão o poder poluente fornecem as características de um bom fertilizante: a matéria orgânica e teores significativos dos macronutrientes nitrogênio, fósforo e o potássio tornado-o, comparativamente, com um potencial poluidor de cerca de cem vezes a do esgoto doméstico e um substituto altamente vantajoso, economicamente, dos fertilizantes químicos. Juntamente com a água

residuária da suinocultura, é um dos mais volumosos efluentes da atividade produtiva agrícola.

De acordo com Casagrande (1991), a vinhaça proveniente das usinas canavieiras era inicialmente despejada nos rios, poluindo os cursos d'água; e que apesar do valor nutricional do produto ser conhecido desde a década de 50, foi somente no ano de 1974 que passou a ser utilizada na adubação, sendo tal feito realizado pela Usina da Pedra, de Serrana, estado de São Paulo.

No mesmo período, a torta de filtro, mistura de bagaço moído e lodo da decantação, começou a ser utilizada na fertirrigação. Com o desenvolvimento da tecnologia na utilização desses subprodutos, o modo de aplicação foi testado de diferentes formas nas unidades de produção, desde a aplicação da área total até nas entrelinhas ou nos sulcos de plantio (CASAGRANDE, 1991).

Para Casagrande (1991), a torta de filtro e a vinhaça são adubos orgânicos que proporcionam resultados espetaculares. Os produtos são ricos em fósforo, além de serem fontes de cálcio, magnésio, enxofre e micronutrientes. Para o autor (p.7) "Além dos benefícios à agricultura, a grande vantagem da utilização desses resíduos é retornar ao solo o que a planta extraiu".

Na visão de Penatti et al. (1988) a utilização de vinhaça na lavoura, bem como fertirrigação, é uma prática adotada por todas as usinas, utilizando-se de tecnologia conhecida e bem definida, vindo ao encontro de inúmeros testes que comprovam os bons resultados obtidos na produtividade agrícola, além de gerar economia na adubação mineral do solo.

A grande vantagem no emprego da vinhaça como fertilizante é que ela pode substituir em grande parte os nutrientes da adubação mineral, aumentando a produtividade de lavouras, sobretudo a de cana-de-açúcar após a sua utilização como fonte mineral (AGUJARO, 1979).

Para Freire e Cortez (2000):

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, onde vem apresentando efeitos positivos sobre a produtividade agrícola por hectare e prolongando o ciclo da cana... Com isso, a sua utilização nas plantações de cana-de-açúcar vem mudando nas últimas décadas, o conceito que se tinha da vinhaça como um resíduo poluente (FREIRE e CORTEZ, 2000, p. 22).

Ainda, de acordo Szmrecsányi (1979):

A adubação é uma prática agrícola indispensável para o acréscimo ou na manutenção dos níveis de produtividade adequada e que contribui com êxito no custo de produção da cana-de-açúcar, torna-se necessário o uso correto dos fertilizantes, para se obterem produções cada vez mais econômicas. No cultivo de cana-de-açúcar, para se obter uma grande produtividade, é necessário que o solo tenha boas quantidades de nitrogênio, fósforo e principalmente potássio que é o nutriente extraído do solo em maior quantidade por essa cultura. (SZMRECSÁNYI, 1979, p. 74).

Sendo que, a vinhaça, atualmente, pode ser considerada como um dos principais meios de adubação das lavouras de cana-de-açúcar.

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.

Dos efluentes líquidos da indústria sucroalcooleira, a vinhaça é a que possui maior carga poluidora. 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).

Os seguintes efeitos da vinhaça no solo foram enumerados: elevação do pH; aumento da disponibilidade de alguns íons; aumento da capacidade de troca

catiônica (CTC); aumento da capacidade de retenção de água e melhoria da estrutura física do solo. A vinhaça deve ser vista, também, como agente do aumento da população e atividade microbiana no solo. O pH dos solos tratados com vinhaça aumenta principalmente em áreas cultivadas há mais tempo, embora nos primeiros dez dias após sua aplicação o pH sofra uma redução considerável para, posteriormente, elevar-se abruptamente, podendo alcançar valores superiores a sete; este efeito está ligado à ação dos microrganismos.

No momento em que a matéria orgânica contida na vinhaça é incorporada ao solo, ela é colonizada por fungos, os quais a transformam em húmus, neutralizando a acidez do meio preparando, deste modo, o caminho para proliferação bacteriana; assim, quando adicionada como fertilizante, favorece também o desenvolvimento desses microrganismos os quais atuam na mineralização e imobilização do nitrogênio e na sua nitrificação, desnitrificação e fixação biológica, bem como de microrganismos participantes dos ciclos biogeoquímicos de outros elementos (SILVA et al., 2007).

A grande vantagem no emprego da vinhaça é que ela pode substituir em grande parte os nutrientes da adubação mineral, sendo vários trabalhos que mostram aumento de produtividade da cana-de-açúcar devido à sua aplicação. O uso agrícola da vinhaça e os seus benefícios oriundos do solo são indiscutíveis, tanto do ponto de vista agrônomo, econômico, quanto social. O benefício imediato decorrentes 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. Recomenda que se conheça a composição química da vinhaça, para que se possa orientar com segurança qual a dosagem a ser aplicada, uma vez que há diversos fatores que interferem em sua composição, destacando a natureza e a composição da matéria-prima.

A vinhaça pode ser formada a partir de três mostos diferentes, o que lhe confere níveis variáveis para cada elemento mineral. O mosto de melaço é o mais rico apresenta em média níveis de NPK com cerca de 0,57; 0,10; 3,95 kg/m³ de vinhaça, respectivamente. O mosto misto, que é produzido em usinas como destilarias, apresenta níveis com cerca de 0,48 de N, 0,09 de P, 3,34 de K 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 (BARROS, 2010).

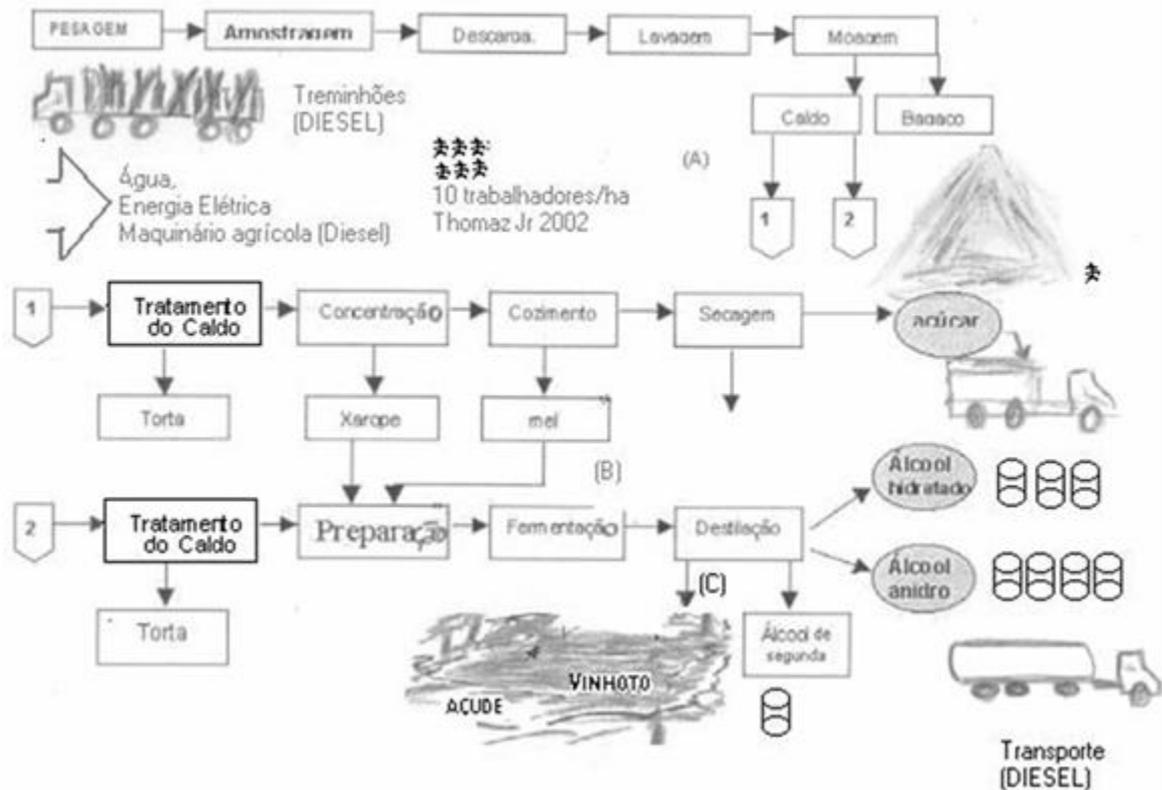


Figura 1- 3 tipos de mostos da vinhaça (In: BARROS, 2010, p.3)

Para Calheiros (2010), a aplicação da vinhaça como fonte de adubação da lavoura de cana-de-açúcar, se dá, atualmente, pelo método da aspersão, combinando economia, eficiência e uniformidade de aplicação.

De acordo com CALHEIROS (2010) o sistema é formado por:

- *Áreas de segurança*, formadas por duas estruturas:

a) uma lagoa-depósito para o armazenamento temporário da vinhaça para quando, por uma razão ou outra, a vazão de aplicação da vinhaça no campo foi diminuída ou interrompida. Nessa ocorre a decantação dos sólidos grosseiros em suspensão, que pode ser aplicado, após secagem, também na lavoura, bem como uma perda de água da água residuária, favorecendo o processo posterior de condução e econômica na distribuição...

b) a(s) "área(s) de sacrifício", em que a vinhaça, emergencialmente, pode ser aplicada para infiltrar no solo;

- *Sistema de condução e distribuição* da vinhaça para a área de lavoura, constituído por tubos, canais e equipamentos de controle e desvios de fluxo;
- *Sistema de aplicação*, que executará a captação da vinhaça do canal e a aplicará na superfície do solo. Normalmente tem-se utilizado o método da aspersão nos sistemas de montagem direta ou autopropelido e recentemente, em menor escala, o gotejamento e;
- a área de aplicação, ou seja, a lavoura (CALHEIROS, 2010, p.1).

O autor ainda aponta para o esquema, conforme esboço a seguir:

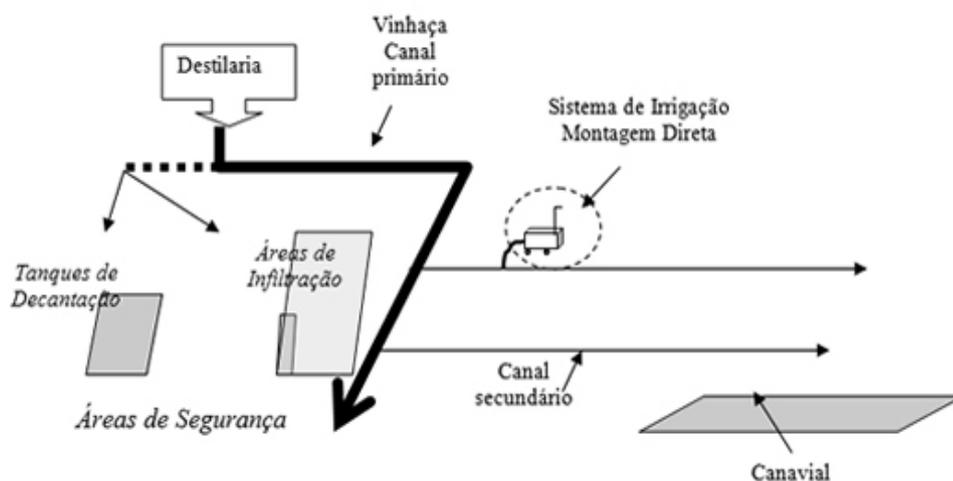


Figura 2- Sistemas de adubação da lavoura com vinhaça (In: CALHEIROS, 2010, p.1)

A vinhaça, como resíduo da produção de açúcar e álcool, pode ser utilizada para diversos fins, alcançando valor econômico, com certo destaque, na produção de adubos para a própria lavoura de cana-de-açúcar e, de acordo com algumas pesquisas recentes, na produção de biogás.

4 O VALOR ECONÔMICO DA VINHAÇA

Nas últimas três décadas, a vinhaça despertou interesse de ambientalistas e pesquisadores que preocupados com a poluição do meio ambiente e com o desperdício de matéria orgânica iniciaram estudos para o aproveitamento deste produto residual do açúcar e álcool.

Para Rossetto (1987), o valor econômico que a vinhaça adquiriu, desde sua descoberta como potente fertilizante, a partir de 1975, fez com que seu papel de agente poluidor e conseqüentemente de causador de desequilíbrio ambiental, fosse suprimido, uma vez que os resultados obtidos nos ensaios nas lavouras e os conhecimentos acumulados sobre o problema que causa a natureza, mostram que a vinhaça se constitui como um excelente fertilizante mineral, pouco poluidor quando utilizado com essa finalidade.

4.1 A VINHAÇA COMO FERTILIZANTE

De acordo com pesquisas econômicas realizadas nas usinas da região de Ribeirão Preto, as diferentes técnicas de substituição de adubos químicos, como a utilização da torta de filtro e, sobretudo, da vinhaça, permitem uma economia média de US\$ 60 por hectare (CASAGRANDE, 1991).

Além da redução nos custos de plantio, o aproveitamento dos resíduos reduz significativamente a poluição ambiental, uma vez que tais subprodutos eram anteriormente despejados nos rios, riachos e represas. A utilização de vinhaça e torta de filtro nas lavouras fez com que muitas usinas brasileiras fossem reconhecidas como padrão no processo de reaproveitamento de subprodutos, além de auxiliar na diminuição dos impactos ambientais causadas por esse tipo de indústria.

No trabalho de Leite (1999), do ponto de vista econômico e social, a utilização da vinhaça como fonte de adubo às lavouras de cana-de-açúcar, solucionou o problema de poluição de corpos d'água próximos a Usina sucroalcooleira pesquisada, substituiu adubação mineral como fonte de potássio para a cana, fazendo com que o custo por tonelada de cana adubado com vinhaça tenha custo menor que aquele adubado com mineral. Apesar do custo por hectare ser maior com o uso da vinhaça.

Ainda, em relação a produção de cana-de-açúcar adubado com vinhaça, Camilotti et al. (2006), constataram em pesquisas científicas que a vinhaça serve como fonte de potássio (K) para a uréia e para o KCl na produtividade e qualidade da cana-soca de 3º e 4º cortes.

De acordo com Melo e Silva (2010 apud CALHEIROS, 2010), a vinhaça possui a capacidade de suprir as necessidades de cloreto de potássio, tanto da planta da cana-de-açúcar quanto da soca; suficiente para a planta e insuficiente, em, apenas, 38% na soca em relação ao sulfato de amônio e, por fim, insuficiente, nas duas fases em relação ao superfosfato triplo.

No entanto, para as autoras, apesar da pequena insuficiente, a economia com fertilizantes seria significativa e compensaria o problema.

A seguir é mostrado na tabela um comparativo de custos com fertilizantes da cana de sequeiro com os custos com a fertirrigação com vinhaça. Observa-se que o custo com fertilizante da cana fertirrigada com vinhaça representa apenas 32,9% do custo da cana de sequeiro (MELO e SILVA, 2010 apud CALHEIROS, 2010, p.1).

Como apresentado na tabela, os custos a fertirrigação na lavoura são muito inferiores se comparados a adubação mineral de sequeiro, sendo que a quantidade e qualidade da cana-de-açúcar produzida por ambos métodos de adubação, se apresentam de maneira muito semelhantes.

FERTILIZANTES	Custos em R\$ da cana de Sequeiro			Custos em R\$ da cana Fertirrigada		
	Planta	Soca	Total	Planta	Soca	Total
Sulfato de amônio	29,00	72,50	101,50	-	27,55	27,55
Super fosfato triplo	72,60	25,00	97,60	56,76	3,34	60,10
Cloreto de potássio	27,84	39,80	67,64	-	-	-
Total	129,44	137,30	266.74	56,76	30,89	87,65

Tabela 1- Custos com fertilizantes da cana de sequeiro e da fertirrigação com vinhaça (MELO e SILVA, 2010 apud CALHEIROS, 2010, p.1)

4.2 OS CUSTOS DO APROVEITAMENTO DA VINHAÇA

Um ponto bastante discutido diz respeito ao custo com o transporte da vinhaça para as lavouras. Diversas usinas, com destaque para aquelas situadas no Estado de São Paulo, realizaram investimentos na canalização da vinhaça diretamente para as lavouras.

Diversas técnicas de aplicação de vinhaça em canaviais são empregadas como os sulcos de infiltração, os caminhões-tanque, a aspersão convencional e a aspersão com canhão hidráulico.

4.2.1 Sulcos de infiltração

De acordo com Marques (2006, p.5), “através de uma adutora principal a vinhaça, associada aos demais efluentes líquidos como água de condensação e água de lavagem da cana, é retirada dos tanques de contenção e lançada em canais principais que margeiam os talhões”.

Quando cai nesses canais de margem, a vinhaça associada aos demais efluentes cegam aos sulcos de irrigação abertos entre as plantações de cana-de-açúcar, ou seja, nas entrelinhas do canavial. O método de sulcos de infiltração se destaca por ser o de menor custo, tendo em vista que não há consumo de energia. Apesar de o sistema ser pouco preciso em sua distribuição e pode estabelecer pontos de encharcamento no canavial (MARQUES, 2006).

4.2.2 Caminhões-tanque

Outro método de dispersão da vinhaça associada a outros efluentes líquidos é o uso de caminhões-tanque. Segundo Marques (2006), o caminhão percorre a lavoura lançando a vinhaça por meio de bombas ou por gravidade através de um sistema de vazão na parte posterior do caminhão.

O sistema é de rápida implantação e de fácil operação, mas apresenta elevado consumo de combustível, além de promover a compactação do solo e causar danos aos rizomas (MARQUES, 2006).

Portanto, não é o método mais aconselhado, sobretudo para evitar impactos ambientais.

4.2.3 Aspersão Convencional

Nesse método, a vinhaça é retirada da canalização principal por meio de moto-bombas (MARQUES, 2006), que alimentam tubulações principais e laterais, onde estão inseridos aspersores. As tubulações laterais são movimentadas ao longo dos canais principais a fim de cobrir toda a área. Para Marques (2006, p.6) “A principal vantagem deste sistema é permitir um melhor controle da quantidade de resíduo, bem como sua distribuição mais homogênea, em relação aos sulcos de infiltração”.

4.2.4 Aspersão com Canhão Hidráulico

A vinhaça é lançada por meio de um aspersor setorial tipo canhão, montado sobre uma carreta, acionado por uma moto-bomba que succiona a vinhaça diretamente do canal principal.

Na visão de Vitti et al. (2006, p.32), “este sistema necessita de menos manutenção e consome menor volume do material devido à melhor distribuição”.

Entretanto, vale lembrar que a concentração de vinhaça a ser aplicada na lavoura é definida com base no seu teor de potássio e na análise química do solo, onde segundo Marques (2006), no Estado de São Paulo, a Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental (Cetesb) definiu, por meio da Portaria P. 4231, a dose a ser aplicada para cada talhão em função da saturação de potássio no cálculo da capacidade de troca catiônica (CTC).

Marques (2006, p. 12) aponta que,

A vinhaça é utilizada principalmente nas soqueiras, devido à época em que é produzida na agroindústria, fornecendo todo o K₂O e parte do nitrogênio necessários à cana. Em muitos solos, é necessário complementar a vinhaça com adubos nitrogenados.

A aplicação de vinhaça em doses adequadas oferece uma série de benefícios, como:

melhoria das propriedades físicas, químicas e biológicas do solo;

- aumento da matéria orgânica e microflora do solo;
- facilita a mineralização do nitrogênio;
- melhoria nas condições gerais de fertilidade do solo;
- aumento do poder de retenção de água;
- aumento da produtividade da cana.

É preciso agir com cautela também pois o excesso de vinhaça pode provoca retardo no processo de maturação da planta, o que leva à queda no teor de sacarose e compromete a qualidade final da cana (VITTI et al., 2006).

Além disso, o uso contínuo de vinhaça pode levar à contaminação do lençol freático através da lixiviação de ânions em função do excesso de potássio.

4.3 VALOR ECONÔMICO DA VINHAÇA NA PRODUÇÃO DE BIOGÁS

A vinhaça além de servir como uma rica fonte de nutrientes para a adubação das lavouras de cana-de-açúcar tem seu valor econômico também na produção de biogás.

Em geral, a produção de biogás por meio da biodigestão da vinhaça ocorre com maior produção em períodos de safra da lavoura de cana-de-açúcar, entretanto, de acordo com Rego e Hernandez (2006), em uma segunda etapa, fora da época de safra, há a utilização de um açude de armazenamento da vinhaça ao longo do ano.

Segundo os autores, a biodigestão da vinhaça durante o período de safra ocorre da seguinte maneira:

O processo é realizado durante o período da safra, uma vez que a legislação ambiental do Estado de São Paulo não permite que a vinhaça seja estocada, há apenas a construção de um pequeno tanque de resfriamento de 20 m³. A usina, com operação prevista de 3.960 horas/ ano, atingirá a potência instalada máxima de 3.775 kW, disponibilizando anualmente ao sistema 11.899.800 kWh, correspondendo em média a 3.005 kWh/h.

A transformação da energia contida no biogás em energia elétrica será feita pela queima (explosão) do biogás em motor de combustão

interna operando em ciclo Otto, potência mecânica contínua 792 kW, aspiração turbo-alimentada, velocidade 1800 rpm, relação de compressão 14:1, acoplado a alternador síncrono.

Para atender o fornecimento de energia, serão implantados cinco motores geradores com rendimento 35%, interligados entre si e operando com fator de disponibilidade 0,9. Potência ativa nominal de 755 kW, cada, rendimento co-seno ϕ 1 e 0,8 de respectivamente 96,5% e 95,5% e capacidade de regulação deste co-seno em conformidade com a rede. Cada grupo motor-gerador será montado em container no qual também se encontra todo equipamento necessário à partida, controle, proteção e sincronismo.

Adicionalmente, serão implantados:

- Transformador elevador: 1 (um) 4.000 kVA, 60Hz, trifásico, 380 V / 13.800V;
- Linha de interconexão com a rede da Concessionária;
- Painéis, disjuntores, relés de proteção e controle na alta e baixa tensão;
- Sistema de sincronismo, medição e despacho.

A usina disponibilizará sua energia através da subestação elevadora 380 V/ 13.800 V e de uma linha em 13.800 V, em alumínio, circuito simples, com aproximadamente 10 Km de extensão, conectando-se esta à linha da concessionária de distribuição.

O orçamento previsto para este projeto é de R\$ 5.725 mil, sendo que apenas o grupo gerador representa 57% do investimento. A avaliação de viabilidade do projeto considerou as mesmas premissas de financiamento do BNDES - Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social, concedida aos projetos selecionados pelo PROINFA - Programa de Incentivo às Fontes Alternativas de Energia.

Considerando-se uma taxa de oportunidade do capital próprio, ou taxa interna de retorno de 15,0% ao ano, o custo de comercialização da energia que viabilize o projeto é de R\$ 155 / MWh.

Comparando-se com o valor que o PROINFA estaria disposto a pagar pela energia advinda de projetos a biogás, R\$ 166,31/ MWh, segundo Audiência Pública de julho de 2003, o projeto seria viável econômico-financeiramente. Mesmo sendo viável no âmbito do PROINFA, ele não pode ser contratado pela ELETROBRÁS - Centrais Elétricas Brasileiras S.A., pois a Portaria MME nº 45, de 30 de março de 2004, restringiu o PROINFA ao biogás de aterro, pagando-lhe R\$ 169,08/ MWh, eliminando a possibilidade de participação do biogás da vinhaça de cana-de-açúcar (REGO e HERNANDEZ, 2006, p.7)

Quando a produção ocorre ao longo do ano, com a utilização da vinhaça armazenada em açude, de acordo com o estudo de caso da pesquisa de Rego e Hernandez (2006) temos diferenças na produção de biogás, conforme exposto:

A simulação a ser apresentada neste item considera a utilização de um açude de decantação de 300 mil m³, ao invés de um tanque de 20 mil m³. O armazenamento da vinhaça em grandes açudes é uma realidade comum nas usinas do interior do Estado de Pernambuco. Com um açude de armazenamento, a produção de biogás pode ser normalizada durante todo o ano, o que traz os seguintes benefícios:

- Menor investimento em grupos geradores;
- Diminuição da temperatura da vinhaça de aproximadamente 55°C para 35°C, o que melhora a ação das bactérias.

Considerando-se as mesmas premissas do item anterior, e as duas vantagens acima, o custo de comercialização da energia que viabilize o projeto passa de R\$ 155 / MWh para R\$ 117 / MWh. Esta diferença retrata o custo ambiental pelo armazenamento da vinhaça, esses R\$ 38 / MWh representam um volume anual de aproximadamente R\$ 450 mil.

Entretanto, na prática, o que se verifica é uma inviabilidade de construção de um açude de 300 mil m³ nas usinas localizadas no Estado de São Paulo, em decorrência da aplicação e existência de uma legislação ambiental mais rigorosa do que a encontrada no Estado de Pernambuco (REGO e HERNANDEZ, 2006, p. 9)

Na visão de Rego e Hernandez (2006), o Brasil, como grande produtor de biomassa, não pode apenas se restringir a produção de álcool e queima do bagaço, dentro de um conceito de "fazenda de energia", todos os subprodutos da cana devem ser aproveitados, como a palha da cana e a vinhaça, residuária do processo de produção de açúcar e álcool.

Porém, de acordo com a legislação de alguns estados com de São Paulo, com leis bem mais severas, a situação de armazenamento de vinhaça compreende crime ambiental. Desta forma, a vinhaça deverá ser totalmente utilizada no processo de biodigestão durante os meses de safra, sem qualquer armazenamento em açude, o que elevariam os custos de investimentos, sendo necessária uma tarifa de comercialização de energia em torno de R\$ 155 / MWh, tornando o projeto inviável. E como nas palavras dos autores "...uma vez que não se pode admitir a estocagem da vinhaça, já que as conseqüências ... não são mensuráveis financeiramente. Não

há preço que pague os impactos ambientais de um tratamento imprudente da vinhaça” (REGO e HERNANDEZ, 2006, p.10).

Realizando alguns cálculos relacionados a produção nacional de álcool e a utilização dos subprodutos como a vinhaça, pode-se dizer que como a produção nacional de álcool chega a 16 milhões de m³/ano, sabe-se que as destilarias geram assim em torno de 160 milhões de m³/ano de vinhaça. Notando-se a dificuldade das agroindústrias canavieiras na utilização racional desse efluente, sem que hajam riscos ecológicos, os quais prejudicariam também a produção (REGO e HERNANDEZ, 2006).

De acordo com o Ministério de Minas e Energia (1998), se o processo de transformação da vinhaça em biogás for utilizado em escala nacional pode-se gerar em torno de três bilhões de m³/ ano de metano, produzindo uma fonte de energia alternativa que representa 1,27 % da energia elétrica consumida no país.

Na visão de Rego e Hernandez (2006, p.15)

A Biodigestão Anaeróbica da vinhaça torna-se interessante, pois, além de fonte de geração de energia elétrica, a vinhaça não perde seu valor nutritivo como adubação orgânica, mantendo os teores de potássio, podendo assim após a biodigestão ser utilizada normalmente na fertirrigação.

Entretanto, ainda é necessário estudos mais aprofundados e desenvolvimento de técnicas mais refinadas para a produção de combustíveis por meio da vinhaça sem que haja a poluição e degradação do meio ambiente por parte da mesma.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

O Brasil possui um vasto número de lavouras de cana-de-açúcar e de usinas de produção de açúcar e álcool. Pode-se dizer que nosso país também é pioneiro em tecnologia de produção dos derivados da cana-de-açúcar, e agora, no início do século XXI, com uma preocupação maior com os impactos ambientais e com a necessidade de agregar valor a produtos agroindustriais, começou a explorar de maneira mais refinada os subprodutos oriundos da produção de açúcar e álcool.

Como apontado no trabalho, a vinhaça é um desses subprodutos e tem enorme potencial de adubação por ser rica em nutrientes e, além do mais, serve como matéria-prima na produção de biogás, fonte de energia que causa menores impactos ambientais e pode propiciar um valor agregado muito grande a esse composto que até a metade do século XX era desprezado em lagoas e canais, causando severos problemas ambientais em todas lavouras do país.

Por meio desta pesquisa pode-se observar que os estudos envolvendo a utilização dos subprodutos, com destaque para a vinhaça, ainda podem evoluir muito mais em níveis tecnológicos, ambientais e econômicos e que o Brasil, por meio de sua rica produção canavieira, pode agir na vanguarda acerca dos problemas ambientais causados pelos subprodutos da cana-de-açúcar, além de propiciar valor econômico a esses compostos.

REFERÊNCIAS

AGUJARO, R. O uso da vinhaça na Usina Tamoio como fertilizante. **Saccharum. STAB**, v.2, p.4, mar, 1979.

ANDRADE, M. C. Modernização e Pobreza: a expansão da agroindústria canavieira e seu impacto ecológico e social. **UNESP**, 1994.

ARRUDA, J.J. **O Brasil no comércio colonial**. Ed. Nacional, 1985

BACCARIN, J. A. **O Proálcool: incentivos e subsídios**. FCA/UNESP S.P. 1994.

BACHA, C. J. **Economia e Política Agrícola para o Brasil**. Ed. Atlas, 2004.

BARBIERI, J. C. **Gestão ambiental empresarial: Conceitos, modelos e instrumentos**. Ed. Saraiva, 2004.

BARROS, P. B. **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**. Disponível em:

<<http://www.webartigos.com/articles/5211/1/estudo-dos-efeitos-da-aplicacao-davinhaca-na-qualidade-de-solos-em-cultivos-de-cana-de-acucar-saccharum-officinaruml-e-o-uso-de-indicadores-no-sistema-de-producao/pagina1.html>> Acesso em 12 de Abril de 2010.

BELIK, W; RAMOS, P. Mudanças Institucionais e seus impactos nas estratégias dos Capitais do Complexo Agroindustrial Canavieiro no Centro-Sul do Brasil. In: **Anais do XXXVI da Sober**, 1998.

BRAY, S. C.: **As políticas da agroindústria canavieira e o Proálcool no Brasil**. Marília: São Paulo, 2000 Etanol em Pauta. Thiago Romeiro <http://www.agencia.fapesp.br/materia/10581/especiais/etanol-em-pauta.htm> Disponível em 2 agosto 2010.

CALHEIROS, R. O. **Reuso da água na industria canavieira (vinhaça)**. Disponível em: <http://www.artedeproduziragua.com.br/10.htm>. Acesso em 02/07/2010

CASAGRANDE, A. A., FERREIRA, M. E., MUTTON, M. A., CAMPOS, M. S., BARBOSA, J. C. Influência da vinhaça no teor de enxofre de um solo manejado por sistema mecanizado de Cana Crua e Queimada. **STAB: Açúcar, Álcool e Subprodutos**, v. 19, n. 3, 2001.

CETESB. **A Produção Mais Limpa (P+L) no Setor Sucroalcooleiro – informações gerais.** São Paulo, 2002. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Adubacao_organica_producao_mais_limpaID-37HFh1RpEg.pdf> . Acesso em 20/07/2010.

COELHO, M. B. & PEIXOTO, M. J. C. Considerações econômicas sobre aplicação da vinhaça por aspersão em cana-de-açúcar. In: **CONGRESSO NACIONAL DA STAB**, 2, Rio de Janeiro, 1986.

CONAB. Companhia Nacional de Abastecimento. **Primeiro Levantamento da Safra 2008/2009 – 2009/2010.** Disponível em www.conab.gov.br. Acesso em 10/08/2010.

FREIRE, W.J.; CORTEZ, L.A.B. **Vinhaça de cana-de-açúcar.** Ed. Agropecuária, 203p., 2000

FURTADO, C. **Formação Econômica do Brasil.** Ed. Nacional, 1981

GEMTOS, T. A.; CHOULIARAS, N.; MARAKIS, S. Vinasse rate, time of application and compaction effect on soil properties and durum wheat crop. **Journal of Agriculture and Engineering Research**, v.73, n.3, p.286, 1999.

GOES, T.. MARRA, R. Setor sucroalcooleiro no Brasil: situação atual e perspectivas. **Revista de Política Agrícola.** Ano XVII – Nº 2 – Abr./Maio/Jun. Brasília: MAPA, 2008.

IBGE. Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Levantamento Sistemático da Produção Agrícola** <<http://www.ibge.gov.br/home/presidencia/noticia/impressao.php?idnoticia=1406>>. Acesso em 02/07/2010.

LANGOWSKI, E. **Queima da cana: uma prática usada e abusada.** Cianorte, maio de 2007. Disponível em: <<http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANA.pdf>>. Acesso em: 20/07/2010.

LUDOVICE, M.T.F. **Estudo do efeito poluente da vinhaça infiltrada em canal condutor de terra sobre o lençol freático.** Dissertação de Mestrado em Engenharia Civil – UNICAMP, Campinas, 1997. 143p.

MARQUES, M. O. Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba: CP 2, 2006. p. 369-375.

MILARÉ, E. **Legislação Ambiental do Brasil.** Ed. Edições APMP, 2000.

MORAES, M. A. F. D. **A desregulamentação do setor sucroalcooleiro do Brasil.** Caminho Editorial, 2000.

PENATTI, C. P. et al. Efeitos da aplicação de vinhaça e nitrogênio na soqueira da cana-de-açúcar. **Boletim Técnico Copersucar**, v. 44, 1988 32-38.

PIACENTE, F.J. **Agroindústria Canavieira e o Sistema de Gestão Ambiental: o caso das usinas localizadas nas Bacias Hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.** Dissertação de Mestrado em Desenvolvimento Econômico – UNICAMP, Campinas, 2005. 181p.

PRADO JÚNIOR, J. **História Econômica do Brasil.** Ed. Brasiliense, 1981

RAMOS, P. **A agroindústria canavieira em São Paulo e do Brasil: heranças a serem abandonadas.** Hucitec, 1999

REGO, E. E.; HERNANDEZ, F. M. Eletricidade por digestão anaeróbia da vinhaça de cana-de-açúcar. Contornos técnicos, econômicos e ambientais. **An. 6. Enc. Energ. Meio Rural**, 2006

ROSSETTO, A. J. Utilização Agronômica dos Subprodutos e Resíduos da Indústria Açucareira e Alcooleira. In: PARANHOS, S. B. (Coord.) Cana-de-açúcar - cultivo e utilização. Campinas: **Fundação Cargill**, 1987. 2.4.p.433-504.

SEGATO, S.V.; et al. Terminologias no setor sucroalcooleiro. In: SEGATO, S.V.; ALONSO, O.; LAROSA, G. **Atualização em produção de cana-de-açúcar.** Piracicaba, 2006.p.399-400.

SHIKIDA, P. A. **Agroindústria Canavieira no Brasil: evolução, desenvolvimento e desafios.** Ed. Atlas, 1998

SILVA, M.A.S.; GRIEBELER, N.P.; BORGES, L.C. Uso de Vinhaça e Impactos nas Propriedades do Solo e Lençol Freático. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.11, n.1, 2007, p.108–114.

SZMRECSANYI, S. **O planejamento da agroindústria canavieira do Brasil**. Hucitec, 1979

VIAN, C. E. P. **Agroindústria canavieira: Estratégias Competitivas e Modernização**. Ed. Átomo, 2003

VITTI, G. C.; OLIVEIRA, D. B. de; QUINTINO, T. A. Micronutrientes na cultura da cana-de-açúcar. In: SEGATO, S. V. et al. (Org.). **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, 2006. p. 121-138.

WARWICK, M; ROCHA, M. O Agronegócio da cana e as Mudanças do Clima – Algumas Implicações da Convenção do Clima sobre o Setor Sucroalcooleiro. **UDOP**, 2006.