

UNIVERSIDADE DO ESTADO DE MATO GROSSO
DEPARTAMENTO DE ZOOTECNIA

**ADUBAÇÃO DA CULTURA DE CANA-DE-AÇÚCAR COM RESÍDUOS
DE USINA DE ÁLCOOL**

Autor: Marcos Nascimento da Silva Camões
Orientador: Professor Me. Fernando André Silva Santos

“Trabalho de Conclusão de Curso de graduação em Zootecnia, apresentado ao Departamento de Zootecnia da Universidade do Estado de Mato Grosso Campus Universitário de Pontes e Lacerda, como parte das exigências para obtenção do título de BACHAREL EM ZOOTECNIA”.

PONTES E LACERDA
JULHO/2013

MARCOS NASCIMENTO DA SILVA CAMÕES

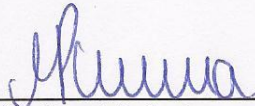
ADUBAÇÃO DA CULTURA DA CANA-DE-AÇÚCAR COM RESÍDUOS DE USINA DE ÁLCOOL

“Trabalho de Conclusão de Curso apresentado junto a Coordenação do Curso de Graduação em Zootecnia, da Universidade do Estado de Mato Grosso, *Campus* Universitário de Pontes e Lacerda, como parte das exigências para obtenção do título de Bacharel em Zootecnia”.

Aprovado em: 02 de julho de 2013

COMISSÃO EXAMINADORA:


Orientador: Prof. Me. Fernando André Silva Santos
UNEMAT- Pontes e Lacerda/MT


Membro: Profa. Dra. Maria Aparecida Pereira Pierangelli
UNEMAT- Pontes e Lacerda/MT


Membro: Zootecnista Luzia Elaine D. Pimenta
Prefeitura - Pontes e Lacerda/MT

A minha família, a qual sempre me incentivou;
Aos meus pais Cicero Camões da Silva (pai);
A Helena Nascimento da Silva (mãe);
Aos meus irmãos, Nelci Aparecida e Ediomar;
Aos meus sobrinhos, Karen Dhorrainy, Thália, Thiago e Gustavo;
Aos meus amigos (as);

Dedico-lhes de coração.

AGRADECIMENTOS

Á Deus em primeiro lugar por me colocar no mundo e me proporcionado forças, para conseguir e ir à busca dos meus objetivos e conquistas.

Á Universidade do Estado de Mato Grosso e todo o corpo docente, por ter possibilitado a minha formação acadêmica e a realização deste trabalho, agradeço em especial Professor Me. Fernando André Silva Santos por ter aceitado me orientar e a Professora Dr^a Jocilaine Garcia, por me ajudar em mais uma conquista. Não a agradeço somente pela orientação e ajudar da melhor forma possível, mas sim por tudo que pode me passar do seu conhecimento como professora dentro da Universidade, muito obrigado.

E também aos professores Dr^a Adriana Fernandes de Barros, Dr. Alexandre Agostino Mexia, Dr. Luiz Juliano Valério Geron, Dr^a Maria Aparecida Pierangelli, Me. Osvaldo de Souza, Me. Edson Júnior Heitor de Paula, Me. Marcelo Silveira Meirelles Pinheiro, Ma. Giselde Marques Angreves Silva, Me. Edson Sadayuki Eguchi. Aos funcionários do Departamento de Zootecnia e do laboratório de Análise de Solos, Alimentos e Nutrição Animal.

Aos meus pais Cicero e Helena, grandes guerreiros e amigos que sempre estiveram á minha disposição nas horas mais difíceis, por eles estavam ao meu lado e me dando forças. Aos meus irmãos Nelci Aparecida e Ediomar, minha cunhada Lorella e aos meus sobrinhos Karen Dhorrainy, Thália, Thiago e Gustavo.

A toda minha família, pois sempre me apoiaram na parte emocional e moral desde o principio da escolha do meu futuro, por se preocuparem comigo e me apoiarem em momentos muito importantes na minha vida.

A todos que sempre estiveram ao meu lado, verdadeiros amigos (as) e companheiros (as), Diego Cordeiro, Wellington Vinícios, Wagner Soares, Danilo Borges, Livia Castilho, Sirlei Barreto, Wellington Valério, Marribe Sória, Aline Sippel, Alexandro Correia e a todos os outros colegas de curso. E a meus verdadeiros amigos (as) externos da universidade.

Agradeço também a empresa Cooperativa Agrícola de Produtores de Cana de Rio Branco Ltda – Filial, aos meus superiores e colegas de trabalho pelo apoio e colaboração da realização deste trabalho.

“Cultivar a terra e criar os animais são as mais nobres atividades praticadas pelo homem. Produzir alimentos vegetais é a arte de colher o sol. Produzir proteína animal é a arte de transformação desta magia. Imagine, então, o quão nobre é o homem que cultiva a terra, cria os animais e ainda respeita e protege seus semelhantes e o ambiente. Saudamos nossos nobres e mágicos ZOOTECNISTAS”

(Anônimo)

RESUMO

A indústria sucroalcooleira no Brasil vem se destacando no cenário mundial por ser o país, ocupar o status de maior produtor de cana-de-açúcar do mundo. Todo esse avanço é devido a grandes investimentos como a adoção de tecnologias renováveis, mecanização, e aproveitamentos de resíduos na agropecuária. Objetivou-se com essa revisão bibliográfica relatar acerca dos tipos de resíduos gerados na indústria sucroalcooleira e sua utilização como fonte de adubação para a produção da cana-de-açúcar, bem como sobre a gestão adotada para o processo de produção. Dentre os resíduos originados na indústria sucroalcooleira, é merecido o destaque para a vinhaça, a torta de filtro e as cinzas que podem ser utilizados como fonte de fertilizantes e aplicados no plantio da cana-de-açúcar. Esses resíduos quando não tratados e destinados de maneira incorreta podem acarretar grandes impactos ao meio ambiente, pois os mesmos possuem grande quantidade de elementos que podem ser prejudiciais. A compostagem desses resíduos e sua adição no solo potencializam as propriedades químicas e físicas, além de diminuir custo de produção. A vinhaça, a torta de filtro e a cinza do bagaço são reutilizados como fontes de adubo, adição mineral e para aumento da umidade do solo. Para evitar futuros problemas faz-se necessário ampliar o número de empresas envolvidas nesse processo, buscando o crescimento da produção, a fim de disponibilizar esses resíduos a um número maior de produtores, gerando menos impacto ambiental e menor dependência de insumos importados, garantindo assim o desenvolvimento sustentável.

Palavras-chave: Compostagem, impacto ambiental, produção mais limpa.

ABSTRACT

The sugarcane industry in Brazil has been excelling on the world stage, due this to be the largest producer of cane sugar in the world. All this progress is due to major investments such as the adoption of renewable technologies, mechanization, and exploitation of waste in agriculture. The aim of this literature review was report the types of waste generated in the sugar industry and its use as a source of fertilizer for the production of sugarcane, as well as about the management adopted for the production process. Among the waste generated in the sugar industry, the highlight is deserved for vinasse, filter cake and ash that can be used as a source of fertilizer and applied at the planting of sugarcane. These wastes if not treated and disposed of improperly can cause major impacts to the environment, as they have lots of elements that can be harmful. The composting of these wastes and your addition in soil enhances the chemical and physical properties, and reduce the production cost. The vinasse, filter cake and bagasse ash is reused as fertilizer sources, mineral addition and increased soil moisture. To avoid future problems it is necessary to expand the number of companies involved in this process, seeking the growth of production in order to deliver the waste to a larger number of producers, generating less environmental impact and less dependence on imported inputs, thus ensuring the sustainable development.

Keywords: Cleaner production, composting, environmental impact.

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	9
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	13
2.1 Tipos de resíduos gerados em usina de álcool	13
2.1.1 Vinhaça.....	13
2.1.2 Torta de filtro	15
2.1.3 Cinza.....	17
2.2 Compostagem de resíduos sólidos: torta de filtro, cinzas, bagacilho e remanescentes de bagaço.....	18
2.3 Aplicação de vinhaça (fertirrigação)	20
2.4 Aplicação de adubação orgânica (compostagem).....	26
2.5 Gestão ambiental e produção mais limpa.....	27
3 CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	30
REFERÊNCIAS.....	31

1 INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar (*Saccharum* spp) pertencente à família Gramineae (Poaceae), é uma planta de ciclo perene originada no sudoeste da Ásia, é uma planta adaptada para ser utilizada em solos tropicais e subtropicais, e a sua utilização vem chamando à atenção do mundo, especialmente perante o impacto ambiental ocasionado pelo uso de combustíveis fósseis, e pelo motivo do álcool originado da cana-de-açúcar ser uma das biotecnologias mais acessíveis à produção de energia limpa (VITTI; MAZZA, 2002).

De acordo com Rosa et al. (2005) apud Almeida Junior (2010), a cultura de cana-de-açúcar foi introduzida na América por Cristóvão Colombo e no Brasil chegou há quase 500 anos no início do século XVI, trazida por Martin Afonso de Souza, no ano de 1532. O ingresso da cultura no país ocorreu primeiramente em 1532 em São Vicente, capital de São Paulo, e na mesma época na capital de Pernambuco por Duarte Coelho Pereira, onde se desenvolveu especialmente nos estados de Pernambuco, Paraíba e Alagoas. Atualmente o país ocupa o status de maior polo industrial sucroalcooleiro do mundo. Sendo a cana-de-açúcar é considerada a segunda cultura de maior importância para o agronegócio brasileiro.

A cana-de-açúcar no início foi utilizada como planta ornamental, sendo em seguida empregada para a produção de garapa, açúcar e aguardente. Presentemente a cana-de-açúcar é uma matéria-prima utilizada para a produção de diversos produtos como: açúcar, álcool, papel, plásticos, produtos químicos, bebidas, cachaça, além de ser utilizada na alimentação animal e também no fornecimento de energia elétrica, gerando grandes benefícios para o mercado interno e externo (ALMEIDA JUNIOR, 2010).

No estado de Mato Grosso, a maior importância da cultura é para a indústria sucroalcooleira, sobretudo no sul do estado, enquanto, na região norte, é principalmente utilizada como forragem para alimentação animal, sendo empregado na estação seca, período de escassez de forragem (CAIONE et al., 2011).

Segundo Alfonsi et al. (1987) apud Almeida Junior (2010) essa cultura é mais produtiva quando plantada em período quente e úmido, com intensa radiação solar durante a fase de crescimento, seguida de um período seco durante as fases de maturação e colheita. No Brasil, em função da sua extensão territorial, existem as mais variadas condições climáticas e, possivelmente, é o único país com duas épocas de colheita anuais.

A lavoura de cana-de-açúcar continua em expansão no Brasil. As áreas em produção continuam com progressivo aumento nos estados da região Centro-Oeste, Sudeste e na região Sul. A área cultivada com cana-de-açúcar que será colhida e destinada à atividade

sucroalcooleira na safra 2012/13 que está estimada em 8.527,8 mil hectares, distribuídas em todos estados produtores conforme suas características (Quadro 1). A área de cana-de-açúcar destinada à produção neste ano safra apresentou um crescimento de 2,1% ou 171,7 mil hectares em relação à safra passada. A falta de investimento em novas unidades ou mesmo na ampliação da capacidade de processamento das já existentes, bem como a renovação de áreas já cultivadas, dificulta um maior crescimento (BRASIL, 2012).

Quadro 1: Comparativos de área, produtividade e produção safra 2011/12 e 2012/13.

REGIÃO/UF	ÁREA (Em mil ha)			PRODUTIVIDADE (Em kg/ha)			PRODUÇÃO (Em mil t)		
	Safra 2011/12	Safra 2012/13	VAR. %	Safra 2011/12	Safra 2012/13	VAR. %	Safra 2011/12	Safra 2012/13	VAR. %
NORTE	34.400	43.360	26,00	73.522	71.882	(2,23)	2.529,2	3.116,8	23,20
RO	2,770	3,450	24,72	56,712	77,840	37,30	157,1	268,5	70,90
AC	0,570	0,570	-	92,352	92,500	0,20	52,6	52,7	0,20
AM	3,780	3,680	(2,71)	75,918	76,482	0,70	287,0	281,5	(1,90)
PA	12,570	12,570	-	53,012	55,000	3,80	666,4	691,4	3,80
TO	14,710	23,090	57,00	92,872	78,940	(15,0)	1.366,2	1.822,7	33,4
NORDESTE	1.108,220	1.099,700	(0,80)	56.755	57.268	0,90	62.896,7	62.978,1	0,10
MA	39,570	41,870	5,81	57,255	60,564	5,80	2.265,6	2.535,8	11,90
PI	13,910	14,810	6,50	71,312	70,000	(1,80)	992,0	1.036,7	4,50
CE	1,990	2,150	8,00	60,000	78,000	30,00	119,4	167,7	40,50
RN	62,260	60,390	(3,00)	47,756	41,000	(14,10)	2.973,3	2.478,0	(16,70)
PB	122,590	122,710	0,10	54,842	51,830	(5,50)	6.723,1	6.360,1	(5,40)
PE	326,110	309,740	(5,02)	54,099	55,100	1,90	17.642,2	17.066,7	(3,30)
AL	463,650	448,880	(3,19)	59,755	59,562	(0,30)	27.705,4	26.735,0	(3,50)
SE	35,540	43,360	22,00	53,979	63,736	18,10	1.918,4	2.763,6	44,10
BA	42,600	55,810	31,00	60,031	68,743	14,50	2.557,3	3.836,5	50,00
CENTRO-OESTE	1.379,370	1.531,100	11,00	66.866	69.966	4,64	92.233,5	107.124,5	16,10
MT	220,090	235,430	6,97	59,765	68,337	14,30	13.153,7	16.068,6	22,30
MS	480,860	554,290	15,27	70,415	69,575	(1,20)	33.859,8	38.564,7	13,90
GO	678,420	741,380	9,28	66,655	70,775	6,20	45.220,1	52.471,2	16,00
SUDESTE	5.220,970	5.243,390	0,40	69.353	72.927	5,20	362.089,8	382.386,4	5,60
MG	742,650	721,860	(2,80)	67,652	74,200	9,70	50.241,8	53.562,0	6,60
ES	66,930	64,890	(3,05)	59,821	62,000	3,60	4.003,8	4.023,2	0,50
RJ	41,310	37,180	(10,00)	53,446	45,100	(15,60)	2.207,9	1.676,8	(24,10)
SP	4.370,080	4.419,460	1,13	69,938	73,114	4,50	305.636,4	323.124,4	5,70
SUL	613,140	610,220	(0,50)	66.240	67.228	1,50	40.614,7	41.024,0	1,00
PR	611,440	608,380	(0,50)	66,269	67,250	1,50	40.519,5	40.913,6	1,00
RS	1,700	1,840	8,00	55,956	60,000	7,20	95,1	110,4	16,10
NORTE/NORDESTE	1.142,620	1.143,060	-	57.259	57.823	1,00	65.425,8	66.094,9	1,00
CENTRO-SUL	7.213,480	7.384,710	2,40	68.613	71.842	4,70	494.938,0	530.534,9	7,20
BRASIL	8.356,100	8.527,770	2,10	67.060	69.963	4,30	560.363,8	596.629,8	6,50

Fonte: BRASIL – 2º Levantamento: Abril de 2012.

A previsão de esmagamento de cana para a produção de açúcar é equivalente a 50,42% da previsão de moagem de 596,65 milhões de toneladas, correspondendo 300,82 milhões de toneladas. A produção total de açúcar está estimada em 38,99 milhões de toneladas, 8,41% maior que a produção da temporada passada. Para a produção de etanol é estimada em 23,49

bilhões de litros, 3,21% maior que a produção da safra 2011/12. Para esta produção foram destinadas 49,58% da produção de cana-de-açúcar ou o equivalente 295,81 milhões de toneladas (Quadro 2) (BRASIL, 2012).

Quadro 2: Estimativa de produção e destinação safra 2012/13 (em 1.000 toneladas).

REGIÃO/UF	INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA		
	TOTAL	AÇÚCAR	ETANOL
NORTE	3.116,8	441,8	2.675,0
RO	268,5	-	268,5
AC	52,7	-	52,7
AM	281,5	154,8	126,7
PA	691,4	286,9	404,5
TO	1.822,7	-	1.822,7
NORDESTE	62.978,1	38.031,2	24.946,9
MA	2.535,8	65,4	2.470,4
PI	1.036,7	490,4	546,3
CE	167,7	-	167,7
RN	2.476,0	1.431,1	1.044,9
PB	6.360,1	2.162,4	4.197,7
PE	17.066,7	13.211,3	3.855,4
AL	26.735,0	18.709,2	8.025,8
SE	2.763,6	887,1	1.876,5
BA	3.836,5	1.074,2	2.762,3
CENTRO-OESTE	107.124,5	33.797,7	73.326,8
MT	16.088,6	3.732,6	12.356,0
MS	38.564,7	14.538,9	24.025,8
GO	52.471,2	15.526,2	36.945,0
SUDESTE	382.386,4	204.497,7	177.888,7
MG	53.562,0	28.837,8	24.724,2
ES	4.023,2	980,1	3.043,1
RJ	1.676,8	838,9	837,9
SP	323.124,4	173.840,9	149.283,5
SUL	41.024,0	24.049,0	16.975,0
PR	40.913,6	24.049,0	16.864,6
RS	110,4	-	110,4
NORTE/NORDESTE	66.094,9	38.472,9	27.622,0
CENTRO-SUL	530.534,9	262.344,4	268.190,5
BRASIL	596.629,8	300.817,3	295.812,5

Fonte: BRASIL – 2º Levantamento: Abril de 2012

Contudo, na indústria sucroalcooleira, grande quantidades de resíduos são geradas durante o processamento da cana de açúcar como: a vinhaça, a torta de filtro, as cinza de caldeira. Esses resíduos possuem elevada concentração de nutrientes, podendo ser reciclados e

utilizados em solos agrícolas, evitando assim a utilização de fertilizantes químicos. Diante do exposto, a presente revisão bibliográfica tem como objetivo descrever sobre os tipos de resíduos gerados na indústria sucroalcooleira, a sua utilização e aplicação em solos agrícolas como fonte de adubação orgânica em substituição aos fertilizantes químicos não renováveis, bem como sobre a gestão ambiental visando uma produção de maneira sustentável.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Nos processos para produção de etanol e açúcar são geradas grandes quantidades de resíduos tais como: vinhaça, torta de filtros e cinza de caldeira entre outros, que possuem altas cargas orgânicas. Quando utilizado de maneira correta os mesmos podem trazer benefícios tanto para o solo quanto para a planta, suprimindo suas necessidades de nutrientes. Já quando aplicado de maneira incorreta podem ocasionar grande impacto ao meio ambiente afetando atributos químicos, físicos e biológicos do solo, podendo também contaminar os corpos d'água (SILVA; GRIEBELER; BORGES, 2007).

2.1 Tipos de resíduos gerados em usina de álcool

As indústrias sucroalcooleiras produtoras de álcool, geram grandes quantidades de resíduos. Além da vinhaça, outros resíduos são originados nas usinas produtoras de álcool, tais como: torta de filtro; cinzas de caldeira (SILVA et al., 2009).

Todos esses resíduos, quando empregados de modo sustentável são aproveitados inteiramente em solos agrícolas, contribuindo para melhoria da imagem do setor sucroalcooleiro, que recicla quase 100% dos nutrientes que entram no sistema produtivo, reduzindo o uso de fertilizantes químicos. Portanto, o manejo correto do solo, melhora sua qualidade e a produtividade, transformando o subproduto (resíduo) em adubo para agricultura (SILVA, 2009).

De acordo com a Coopersucar (2010), dos subprodutos da indústria sucroalcooleira os que mais se destacam são a torta de filtro e a vinhaça, que quando aplicadas em solos que cultivam a cana, além de poupar o uso de fertilizantes de origem não renovável, acumulam nutrientes, o que beneficia a produtividade da cana, a melhora da qualidade do solo, com aumento da umidade e de sua resistência à erosão.

2.1.1 Vinhaça

A vinhaça (Figura 1), também conhecida como restilo, vinhoto ou vinhote, é o principal efluente gerado em destilarias de álcool, é adquirido através dos mostos que são os líquidos susceptíveis à fermentação, este após serem fermentados passam a constituir os vinhos, este ao ser destilado recupera-se o álcool produzido pela fermentação alcoólica na forma de um líquido alcoólico denominado flegma, de concentração variável, restando

somente o resíduo denominado vinhaça. Sendo classificada na maioria das vezes é feita de acordo com os componentes empregados na preparação do mosto (caldo, melação ou misto) (BRASIL, 2009).

Figura 1: Vinhaça gerada em destilarias de álcool.



Fonte: Arquivo Pessoal (Destilaria Novo Milênio e Cooperb - Filial).

A composição da vinhaça tem grande variação e depende de muitos fatores tais como: a composição da matéria-prima, de como foi preparado o mostro, o método de fermentação utilizado durante o processo de fermentação alcoólica, tipo de levedura utilizada, aparelhagens utilizadas para destilação e o modo utilizado para a destilação (DINIZ, 2010). Outro atributo que pode influenciar na característica da vinhaça é a produção da levedura seca, diminuindo a concentração de sólidos suspensos, representada pelas leveduras mortas suspensas na vinhaça. O tipo de etanol obtido (hidratado ou anidro) é um aspecto importante que também deve ser avaliado, na caracterização da vinhaça. A quantidade de vapor é maior na produção do álcool anidro, gerando maior produção de vinhaça (BRASIL, 2009).

A vinhaça é composta por diversos elementos químicos tais como o carbono, nitrogênio, fósforo, potássio, cálcio, magnésio, enxofre, ferro, zinco, cobre e manganês, sendo que a quantidade de cada elemento varia de um tipo de vinhaça para outra (PREVITALI, 2011). Esse subproduto que possui em sua composição 93% de água e 7% de sólidos, a sólida é constituída especialmente de composto orgânicos e elementos minerais (Tabela 1). O

potássio (K) é o elemento de maior concentração na vinhaça em torno de 20%, sendo este nutriente de grande importância para a aplicação dependendo do tipo de solo e plantas (MARQUES, 2006).

Tabela 1: Características da vinhaça.

Parâmetro	Matéria prima para o álcool		
	Melaço	Caldo	Mistura
pH	4,2 – 5,0	3,7 – 4,6	4,4 – 4,6
DQO (mg/L O ₂)	65.000	15.000-33.000	45.000
N (mg/L N)	450 – 1.600	150 - 700	480 – 710
P (mg/L P ₂ O ₅)	100-290	10-210	9 – 200
K (mg/L K ₂ O)	3.740-7.830	1.200-2.100	3.340-4.600
C (mg/L C)	11.200-22.900	5.700-13.400	8.700-12.100
Material orgânico (mg/L)	63.400	19.500	38.000

Fonte: SALOMON (2007)

Segundo Zolin et al. (2011) quando utilizado no solo como fertilizante pode ter efeitos benéficos ocasionando alterações com relação as propriedades físicas do solo, tais como: agregação coloidal do solo e melhor infiltração de água, porém em outros casos podem trazer malefícios agindo de forma antagônica podendo ocasionar dispersão de partículas do solo, redução na taxa de infiltração de água e também a elevação do escoamento superficial.

De acordo com Silva et al. (2009) e Barros et al. (2010), para cada 1 litro de álcool são gerados aproximadamente 10-15 litros de vinhaça. É um efluente que possui grande carga poluidora (RESENDE et al., 2006).

2.1.2 Torta de filtro

A cana-de-açúcar produz durante seu processo de industrialização um resíduo orgânico conhecido como torta de filtro. Esse resíduo é composto da mistura de bagaço moído e lodo da decantação, sendo originário do tratamento e clarificação do caldo da cana-de-açúcar, são gerados em torno de 30 a 40 kg de torta de filtro por tonelada de cana moída (SANTOS, 2009). A torta de filtro é um resíduo orgânico que possui grande valor econômico, podendo ser utilizada como condicionador dos solos, principalmente para solos que possuem baixa fertilidade (SANTOS, TIRITAN E FOLINI, 2012).

A torta de filtro (Figura 2) apresenta em sua composição macronutrientes e micronutrientes, disponibilizando assim elementos essenciais para fertilidade do solo e

nutrição de plantas. O fósforo (P) é o principal elemento presente na torta de filtro, sendo 50% disponíveis do que está presente na torta e o restante é mineralizado de forma lenta no solo (BITTENCOURT et al., 2006).

Figura 2: Torta de filtro



Fonte: Arquivo Pessoal (Destilaria Novo Milênio e Cooperb - Filial).

De acordo com Ferreira et al. (1986) apud Santos (2009), a torta de filtro é rica em macronutrientes e micronutrientes apresenta em sua composição (Tabela 2).

Tabela 2: Características da torta de filtro.

Componente	Teor na matéria seca a 80°C		
	Mínimo	Médio g.100g ⁻¹	Máximo
N	0,9	1,45	2,7
P ₂ O ₅	0,45	1,11	1,92
K ₂ O	0,3	0,7	1,49
CaO	2,35	5,25	8,45
MgO	0,29	0,52	0,8
S	0,65	1,44	2,05
Cinzas	12	18,37	27,73
Materia Orgânica	72,27	81,7	88

Fonte: KOFFLER; DONIZELLI (1987).

Segundo Rossetto e Dias (2005), a torta de filtro por ser considerado um material orgânico, apresenta grande capacidade de retenção de água a baixas tensões, contribuindo assim no aumento da produção da cana-de-açúcar, principalmente em regime não irrigado, assegurando melhor brotação em plantios realizados em épocas desfavoráveis.

A torta de filtro causa alterações significativas nas características químicas do solo tais como: maior disponibilidade de fósforo, cálcio e nitrogênio, elevação nos teores de carbono e na capacidade de troca de cátions e redução nos teores de alumínio trocável (SANTOS; TIRITAN; FOLONI, 2012). Esses autores ressaltam os benefícios que a torta de filtro pode promover nas propriedades do solo, melhorando o solo para plantio, diminuição da densidade, aumento da porosidade total do solo; formação de agregados e redução da erosão.

Almeida Junior et al. (2011) relatam que ao utilizar a torta de filtro em solos do tipo de Espodossolo, textura areia franca da usina Santa Tereza, localizada em Goiana, PE. Como fertilizante para melhorar a fertilidade do solo e a absorção de nutrientes, observou que a adubação com torta de filtro alterou de forma significativa a concentração de potássio (K) no solo e promoveu melhoria na fertilidade devido ao aumento dos macro e micronutrientes, ocorrendo também à redução nos teores de alumínio (Al^{+3}), diminuindo a acidez do solo. Portanto, é recomendada a utilização e aplicação desse subproduto na cultura da cana-de-açúcar.

2.1.3 Cinza

De acordo com Feitosa, Maltoni e Silva (2009) durante a extração do caldo da cana-de-açúcar é originada grande quantidade de bagaço, biomassa de estimável valor econômico e fonte de energia. Após o processo de extração, o bagaço é queimado em caldeiras para geração de vapor, dando origem a cinza de bagaço (Figura 3), que é composta, essencialmente, de sílica (SiO_2).

Figura 3: Cinza de bagaço originado na queima do bagaço para geração de vapor.



Fonte: Arquivo Pessoal (Destilaria Novo Milênio e Cooperb - Filial).

Esse resíduo é um material inorgânico e possui alto potencial para ser aproveitado como adubação mineral, e em construções civis, substituindo parte do cimento em argamassas e concretos (FEITOSA; MALTONI; SILVA, 2009). De acordo com Malavolta (2001) para cada 1000 kg de cana de açúcar são originados 550 kg de bagaço e 16,5 kg de cinza.

A composição média química da cinza originada pela queima de bagaço de cana-de-açúcar é de: 4,9% de carbono orgânico; 0,64% de potássio; 0,3% de nitrogênio; 0,2% de cálcio; 0,1% de fósforo; 0,1% de magnésio e 0,01% de enxofre. As cinzas de caldeira oriundas da queima do bagaço da cana-de-açúcar aplicadas ao solo promovem aumentos nos valores de pH e nos teores de cálcio (Ca) e potássio (K) (BRUNELLI; PISANI JUNIOR, 2006).

De acordo com Brunelli e Pisani Junior (2006) apud Feitosa, Maltoni e Silva (2009), o emprego da cinza, como insumo no processo produtivo agrícola é ambiental e economicamente viável, uma vez que esse material é rico em macronutrientes e micronutrientes, além de ter capacidade de corrigir a acidez do solo, o efeito de uma tonelada de cinza efeito equivale a 0,5 toneladas de calcário, possibilitando também alta capacidade de retenção de água, aperfeiçoando o desenvolvimento da cultura e diminuindo impactos ambientais gerados pela irrigação. Outro fator importante no seu emprego é que contribui gerando grande economia na produção e conseqüentemente diminuição nos gastos com fertilizantes, calcário, etc.

Este subproduto ultimamente tem sido depositado no solo, como um simples material de descarte, sem considerar critérios técnicos (FREITAS, 2005). As cinzas de bagaço de cana, por serem ricas em nutrientes, podem ser aplicadas em solos com baixa fertilidade natural, melhorando suas características físico-químicas (FEITOSA; MALTONI; SILVA, 2009).

As cinzas podem ser utilizadas como fonte de adubo potássico-fosfatado, auxiliando assim na adubação da cultura. A sílica presente nas cinzas, quando aplicada como adubo no solo é absorvida na forma de ácido monossílico (H_4SiO_4). Essa sílica auxilia o manejo de doenças e ataque de pragas, pois após a saída da água das plantas pelo processo de transpiração, ela se deposita na parede externa das células da epiderme como sílica gel, o que aumentando a resistência das plantas a doenças (KORNDÖRFER; DATNOFF, 1995).

2.2 Compostagem de resíduos sólidos: torta de filtro, cinzas, bagacilho e remanescentes de bagaço

A compostagem é uma opção viável de tratamento, permitindo o co-processamento de vários resíduos, gerando produtos com boas propriedades agronômicas. A compostagem pode ser determinada como um processo biológico, aeróbio e controlado, por meio do qual se obtém humificação do material orgânico obtendo-se, como produto final o composto orgânico. Durante esta técnica ocorrem duas fases distintas, sendo a primeira a degradação ativa e a segunda a maturação (humificação) do material orgânico, momento em que é produzido o composto orgânico propriamente dito (MATOS et al., 1998).

Segundo Silva (2007), a primeira etapa onde ocorre a degradação ativa é termófila com temperaturas entre 40-65°C e é considerado o momento onde ocorre com maior intensidade a oxidação da matéria orgânica e eliminação da grande maioria dos microorganismos patogênicos. Já na segunda etapa, conhecida como fase de maturação ocorre o processo de humificação, onde o composto orgânico é mineralizado podendo ser destinado para uso agrícola, devendo sua temperatura permanecer entre 35°C.

A compostagem de resíduos sólidos como a torta de filtro, cinzas, bagacilho e remanescentes de bagaço (Figura 4) promovem melhorias nas características químicas e físicas dos resíduos a exemplo de: redução no teor de água, facilitando a distribuição no campo; melhor balanceamento de nutrientes; maior grau de humificação do material orgânico, promovendo aumento dos sítios de cargas do solo, e liberação lenta de nutrientes. O autor ainda esclarece que o uso destes resíduos in natura em solo, aumenta a retenção de poluentes, portanto, deve ser desestimulado (SILVA, 2007).

Figura 4: Compostagem de resíduos sólidos a base de torta de filtro, cinzas, bagacilho.



Fonte: Arquivo Pessoal (Destilaria Novo Milênio e Cooperb - Filial)

Atualmente a utilização compostagem desses resíduos é muito utilizada por algumas usinas de cana-de-açúcar, servindo de incentivo para que outras empresas adotem praticas de reutilização dos subprodutos gerados durante o processo de produção (SILVA, 2007).

Portanto, a compostagem tem por finalidade produzir um material estável em um menor tempo possível com características físicas, químicas e biológicas superiores aos deparados nas matérias primas que a originou e que sejam ricos em nutrientes minerais, promovendo alterações significativas no solo (PERLATI, 2012).

2.3 Aplicação de vinhaça (fertirrigação)

De acordo com Rosseto e Dias (2005), os primeiros estudos sobre o aproveitamento da vinhaça em solos foram realizados na década de 50 pela ESALQ (Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz), em Piracicaba.

A vinhaça, efluente gerada da indústria alcooleira, pode ser utilizada como fertilizante por possuir em sua composição alto teor de matéria orgânica (RESENDE et al., 2006). Segundo Almeida et al. (2010) a vinhaça quando comparada à outros resíduos como o bagaço de cana e a torta de filtro possui maior concentração de nutrientes, em especial o potássio (K).

Dos efluentes líquidos originados na indústria sucroalcooleira, a vinhaça é a que apresenta maior carga poluidora, proporcionando demanda bioquímica de oxigênio (DBO) que pode variar entre 20.000 a 35.000 mg L⁻¹ (ROSSETO; DIAS, 2005). Segundo Freire e Cortez (2000), a vinhaça tem um poder de poluição que é cem vezes maior que o do esgoto doméstico, decorrente da sua grande quantidade de matéria orgânica, seu baixo pH, seu poder de corrosão, aumento da temperatura na saída dos destiladores além da concentração de demanda bioquímica de oxigênio (DBO),. De acordo com o autor, todo esse poder de poluição da vinhaça, é considerado altamente prejudicial à fauna, flora, microfauna e microflora das águas doces e salgadas.

A vinhaça quando lançada em corpos d'água a mesma se torna imprópria para o consumo humano, pode ter elevada demanda bioquímica de oxigênio, grande concentração de sais e elevada carga orgânica. Esse resíduo infiltra no lençol freático depositando grandes concentrações de amônia, magnésio, alumínio, ferro, manganês. (HASSUDA et al., 1990).

A fertirrigação (Figura 5) é uma pratica que faz a irrigação e adubação simultaneamente, que tem como objetivo fornecer água e nutrientes as plantas, sendo a

principal forma de utilização da vinhaça na irrigação de canaviais. Essa técnica propicia o baixo lançamento de despejo tratado nos corpos d'água (BRASIL, 2009).

Figura 5: Aplicação de vinhaça via fertirrigação.



Fonte: Arquivo Pessoal (Destilaria Novo Milênio e Cooperb - Filial).

Segundo Silva (2009), a fertirrigação com a vinhaça fertiliza o solo, corrigindo suas deficiências por se tratar de um resíduo rico em matéria orgânica coloidal e em elementos minerais que contribuem para elevação do pH do solo e aumento da microflora, facilitando a mineralização do nitrogênio e propiciando condições mais favoráveis para que a cana-de-açúcar complete seu ciclo vegetativo, tendendo a estendê-lo.

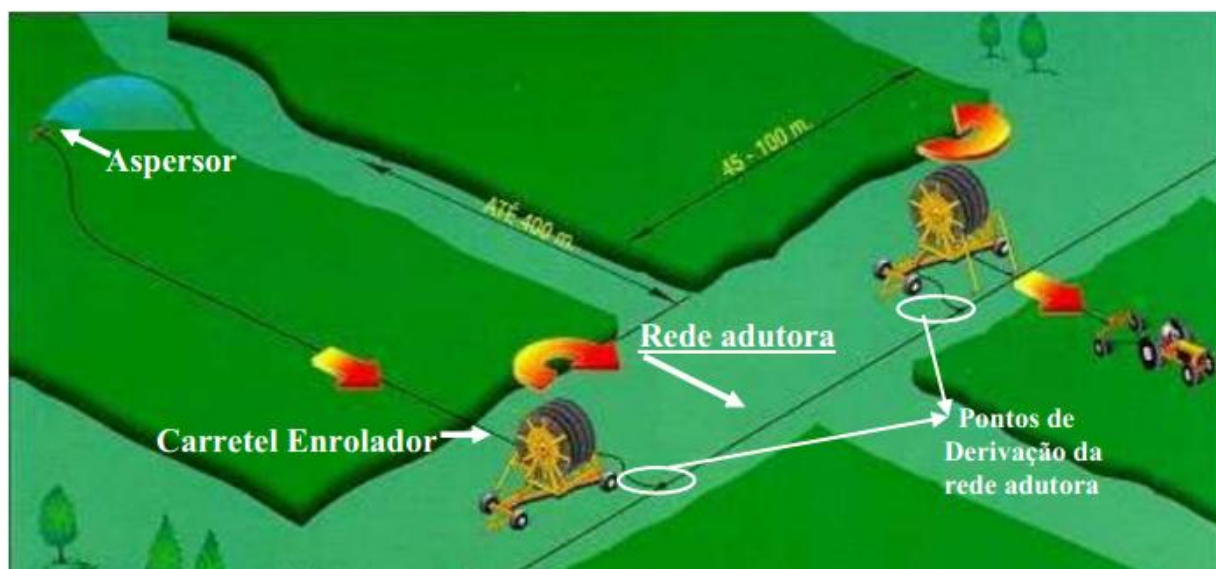
De acordo com Silva, Griebeler, Borges (2007) ao utilizar a vinhaça em áreas que já são cultivadas a muito tempo ocorre um aumento rápido no pH do solo, após 10 dias de aplicação, há uma redução podendo, entretanto, em seguida alcançar valores superiores a 7. Esse efeito ocorre devido à ação dos microrganismos, onde no momento em que a matéria orgânica é incorporada ao solo, ela é colonizada por fungos, que a transformam em húmus neutralizando a acidez do solo para que em seguida ocorra a proliferação bacteriana. Após esse processo quando for utilizada como fertilizante irá favorecer o melhor desenvolvimento de microrganismos.

A fertirrigação por aspersão diluída em água resíduaria ou não pode ser feita por diversas formas como caminhões (convencional), com canhão hidráulico ou montagem direta,

ou com carretel enrolador. A fertirrigação por aspersão apresenta vantagem de oferecer a facilidade de manuseio, sendo operada por um operador e um auxiliar de fertirrigação, instalada em qualquer terreno “independente” das condições topográficas do local, possuindo alta eficácia na aplicação (BRASIL, 2009).

A utilização da fertirrigação por aspersão com canhão hidráulico ou montagem direta, é um dos métodos mais utilizados (Figura 6). É um sistema composto por um aspersor do tipo canhão hidráulico, mantido diretamente sobre a bomba hidráulica, ou conectado a mangueira de seis polegadas de diâmetro e até 300-400 metros de comprimento, acionada por um motor de combustão interna (LORENZETTI; FREITAS, 1978).

Figura 6: Esquema de fertirrigação por aspersão com canhão hidráulico ou montagem direta.



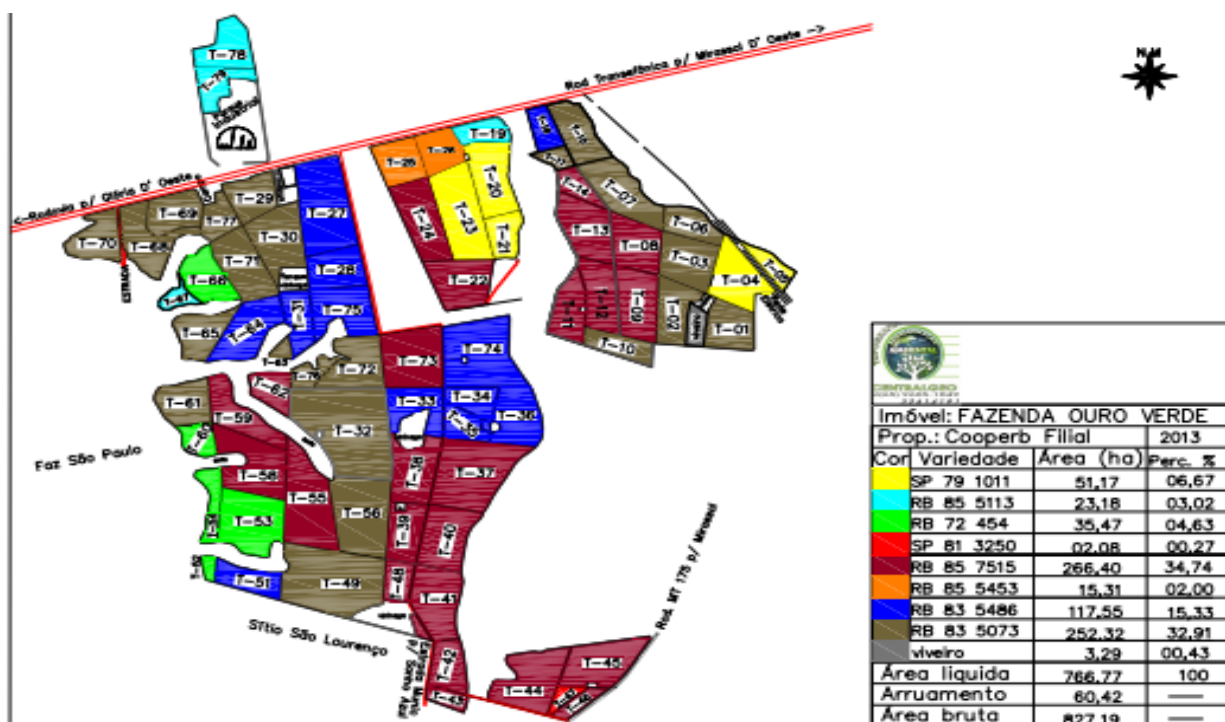
Fonte: LUIZ (2007), adaptada por PINTO (2007)

De acordo com Mاتيolli et al. (1988) apud Cortez et al. (1992) a bomba faz a sucção direto dos canais que possuem espaçamento de 100 m, dependendo dos atributos topográficos do terreno, sendo que essas estações de montagem dos sistemas também são espaçadas de 100 m, perfazendo uma rede com malhas de 100 m por 100 m. É o método mais eficaz para a aplicação da vinhaça no solo, pelo fato de uniformizar melhor a distribuição do resíduo. Este método independentemente de a vinhaça estar diluída ou não e propicia uma melhor incorporação do resíduo no solo (LORENZETTI; FREITAS, 1978).

Segundo Leme, Rosenfeld e Baptistella. (1979) apud Silva (2009) as vantagens na utilização da fertirrigação é de que não há necessidade de sistematizar (Figura 7) o terreno, podendo ser empregado em áreas que apresentam declividade e aplicado em todos os tipos de

solo; em todos os ciclos e fases da cultura; permitindo um bom controle da quantidade de vinhaça aplicada, irrigando extensas áreas por unidade de tempo, apresentando baixo custo operacional e economia de mão-de-obra. Esse método também apresenta desvantagens como a desuniformidade de chuva em consequência das variações instantâneas da direção do vento, exigência de um sistema de distribuição da vinhaça por canais adequados, alta pressão de serviço e necessidade de mão-de-obra operacional.

Figura 7: Sistematização da área de acordo com a variedade implantada ou reforma de canaviais.



Fonte: Cooperb, 2013.

Outro método conhecido é o uso do carretel enrolador, sistema este semi-automatizado, onde um canhão aspersor faz a irrigação da faixa de uma determinada área no momento em que ocorre o recolhimento de uma mangueira condutora de água, através do trabalho conjugado de uma turbina hidráulica e um carretel bobinador. Para a utilização deste método é necessário que se tenha um trator para a instalação do canhão juntamente com o carretel (BRASIL, 2009).

Segundo Diniz (2010) esse sistema tem maior rendimento que o sistema com montagem direta, e o início de seu uso ocorre com o enrolamento do carretel (Figura 8), onde o canhão-hidráulico é manuseado a uma velocidade adequada para manter a taxa de aplicação necessária.

Figura 8: Carretel bobinador (Rolão)



Fonte: Arquivo Pessoal (Destilaria Novo Milênio e Cooperb - Filial).

As vantagens deste sistema são: a dispensa do uso de cabos de aço na operação; irrigação de uma faixa com maiores comprimentos, de acordo com o comprimento e o diâmetro do tubo de polietileno; dispensa do uso de carreadores para o deslocamento e enrolamento do carrinho com aspersor; movimentação de rotação de 360°, o que permite mudar de uma faixa para outra sem transporte do equipamento; operação durante 24 horas por dia; irrigação em áreas com declividade de até 15%, desde que a mangueira seja puxada acompanhando a linha de nível, mesmo que seja em contorno e boa distribuição de água e uniformidade de irrigação (DINIZ, 2010).

De acordo com Laime et al. (2011), para a prática de aplicação de vinhaça no solo devem ser levados em consideração, alguns parâmetros ambientais tais como: o tipo de solo, a distância do local em relação aos cursos de água, capacidade que o solo tem de reter água e a quantidade de elementos presentes no solo, evitando que ocorra descarga de resíduos em cursos d'água e problemas de poluição.

A sua aplicação, quando feita de maneira correta nos solos, proporciona grandes benefícios às propriedades físicas, químicas e biológicas do solo tais como o aumento do pH, aumento da capacidade de troca de cátions (CTC), maior disponibilidade de nutrientes, melhoria na estrutura do solo, melhor retenção de água e desenvolvimento da microflora e microfauna e fertilidade do solo (LAIME et al., 2011).

A vinhaça ocasiona alguns efeitos quando disposta no solo, causando a acidificação imediata que favorece o desenvolvimento de fungos, que são os microrganismos responsáveis pelo início do método de decomposição, promovendo um aumento na atividade microbiológica, acelerando o processo de decomposição interferindo nas propriedades físicas

e químicas do solo. Este resíduo também promove efeitos físicos químicos quando aplicado de forma correta, principalmente em solos arenosos, aumentando a agregação das partículas e retenção de água (LAIME et al., 2011).

Segundo Silva et al. (2006), as dosagens a serem aplicadas não podem ser superiores a capacidade de troca de cátions do solo, para que não afete o desenvolvimento e crescimento das plantas. Portanto, além de minimizar o potencial poluidor, a aplicação da vinhaça em plantações de cana-de-açúcar serve como fonte de nutrientes e é considerada uma alternativa viável. Para se determinar a dosagem de vinhaça a ser aplicada, é determinado pelo teor de K_2O na vinhaça, expressa em kg/m^3 . Essa determinação irá indicar a dosagem de vinhaça no solo, para se chegar à quantidade a ser aplicada no solo utiliza-se o seguinte cálculo de acordo com Luiz (2005).

$$V = \frac{[(0,05 \times CTC - K_{solo}) \times 3744 + 185]}{K_{vinhaça}}$$

V = Volume em m^3 de vinhaça a ser aplicado por hectares

CTC = Capacidade de troca de catiônica, expressa em $cmolc/dm^3$ a pH 7,0

K_{solo} ou K_s = Concentração de potássio $-K^+$ no solo em $cmolc/dm^3$

185 = Quantidade em kg de K_2O/ha . Extraído pela cana-de-açúcar por corte

$K_{vinhaça}$ ou K_v = Concentração de k^+ na vinhaça, expressa em kg de K_2O/m^3

A vinhaça quando utilizada de forma correta proporciona condições favoráveis ao desenvolvimento de plantas, aumento de sacarina e pureza do caldo, melhorias na fertilidade do solo e complementação da adubação mineral, fornecendo assim ao solo quantidades suficientes de nutrientes, com maior rendimento na produção de açúcar e álcool (RESENDE et al., 2006).

A aplicação da vinhaça pela técnica de fertirrigação gera alterações importantes na parte fisiológica da cana-de-açúcar. Dentre eles destaca-se o acréscimo do teor de umidade dos colmos, diminuição dos teores de lignina, elevação dos teores de potássio em todas as partes da cana, aumento dos teores de cinza, que são maléficos para a qualidade do açúcar, aumento da vegetação e redução dos teores de sacarose quando os níveis são excessivos. Quanto a sua aplicação em solos, as quantidades utilizadas não devem ser superiores a sua capacidade de fixação de íons, isto é, as dosagens devem ser determinadas de acordo com as particularidades de cada solo. O solo possui quantidades desbalanceadas de elementos

minerais e orgânicos, podendo ocorrer a lixiviação de vários destes íons, sobretudo do nitrato e do potássio. (SILVA et al., 2007).

2.4 Aplicação de adubação orgânica (compostagem)

A aplicação de adubo orgânico é significativa do que a utilização de adubos minerais pelo fato de seu poder de liberação gradual. Outro fator importante é quanto à disponibilização dos nutrientes no solo, onde os fertilizantes minerais podem ser perdidos por volatilização. Os adubos orgânicos possuem de dez a vinte por cento de nutrientes contidos em fertilizantes minerais, portanto possuem baixo teor de nutrientes, e podem melhorar a parte físico-química e biológica do solo auxiliando também no crescimento e desenvolvimento de plantas (SEVERINO et al., 2004).

Segundo Silva, Cabeda e Carvalho (2010) alguns fatores podem interferir no resultado final de uma adubação. Dentre eles podemos destacar: o preparo correto do solo para que não ocorra a compactação, presença de pragas, concorrência com plantas espontâneas, época de plantio, utilização de variedade mais indicada, forma de aplicação de fertilizantes, utilização de máquinas agrícolas (Figura 9), regulagem dos implementos e época da aplicação da adubação.

Figura 9: Aplicação de adubo orgânico.



Fonte: http://www.usinasaofernando.com.br/conteudo_site.asp?tipoID=3.

De acordo com Matos et al. (1998) o composto orgânico é considerado o produto final da compostagem. Sua aplicação no solo além de ter um efeito positivo de condicionante,

melhorando a parte física, como a macroporosidade, ocorrendo aumento na disponibilidade de macro e micronutrientes, aumento da retenção de água, CTC, melhor proliferação de microrganismos.

Segundo Ishimura (2000), a oferta de material orgânico para o solo é benéfico ocorrendo assim o acumulo de grande quantidade de nutrientes, além de benefícios tanto na parte física como biológica do solo. Porém logo após a aplicação do adubo orgânico, ocorre grande atividade dos microrganismos, podendo acarretar em uma redução do nitrogênio disponível para a cultura cultivada.

Todo esse processo ocorre devido ao componente biológico do solo. Portanto, a aplicação do adubo orgânico, de acordo com o grau de decomposição dos resíduos, pode ter efeito imediato no solo ou efeito residual. Seu uso, porém, se torna uma alternativa benéfica no aspecto ambiental, reciclagem de nutrientes e principalmente pelo baixo custo (ALMEIDA JUNIOR, 2010).

2.5 Gestão ambiental e produção mais limpa

A gestão ambiental na indústria sucroalcooleira é de grande importância pelo motivo de garantir uma produção de maneira sustentável, minimizando os impactos negativos sobre o meio ambiente. Ela deve envolver a questão do planejamento, de forma organizacional, tendo metas a serem atingidas. Portanto, a sua introdução deve ser monitorada e administrada sempre com muita clareza (RIBEIRO, 2010).

De acordo com Martins (2011), a gestão ambiental é um conjunto de ações e atividades que podem ser realizados pela empresa tanto de forma estratégica quanto operacional, tendo sempre como objetivo de evitar futuros ou caso ocorrer ter como solucionar brevemente problemas relacionados com as operações industriais e o meio ambiente.

Segundo Ribeiro (2010), a gestão ambiental deve ser tratada como prioridade e como fator determinante do desenvolvimento sustentável, deve auxiliar empresas a estabelecer políticas, programas e procedimentos para conduzir as atividades de modo mais seguro. A implantação de um sistema de gestão, além de fornecer subsídios para o seu gerenciamento, promove a segurança legal, a minimização de acidentes e ainda melhora a imagem da empresa, aumentando a eficiência no sistema produtivo (GUIMARÃES, 2011).

Portanto, além de melhorar a qualidade ambiente dos serviços e de trabalho, a gestão ambiental procura, através de ações associadas juntamente com os mais vários tipos de

organização, reduzir e/ou minimizar os impactos ao meio ambiente, ocasionados pela execução de suas atividades, buscando, em princípio, adequação à legislação, por exemplo: Portarias 323/1978 e 158/1980 que proíbe o despejo de vinhaça; Instruções Normativas 46/2011 que determina uma lista de produtos permitidos como fertilizantes orgânicos, e isso promoverá uma imagem melhor da empresa (LIMA et al., 2008).

O grande desafio do setor sucroalcooleiro é produzir mais gerando pouco impacto ao meio ambiente. Portanto, é fundamental que as indústrias respeitem a legislação brasileira sobre a produção de maneira sustentável, e apliquem de forma correta as rotinas administrativas (DIAS, 2006).

A monocultura da cana-de-açúcar é prejudicial, causando impacto na biota do solo, favorece a proliferação de insetos, degrada o solo e sua camada orgânica considerada fértil, reduz a fauna nativa, ocasiona a redução da biodiversidade e acarreta um desequilíbrio no ecossistema, utilização de inseticidas e fungicidas, podendo também afetar e poluir os lençóis freáticos (CORTEZ et al., 1992).

O método de queima da cana-de-açúcar utilizado durante a pré-colheita tem como objetivo fazer a eliminação de seu resíduo “palha”, facilitando assim uma melhor colheita manual. Esse processo origina e acumula grande quantidade de substâncias que quando dispostos no solo pode interferem na fotossíntese de outras plantas prejudicando a biodiversidade. No entanto, essa pratica ocasiona grandes danos ao meio ambiente (RIBEIRO, 2008).

Esse método de queima da cana-de-açúcar que consiste em submeter os canaviais a despalhada com a utilização do fogo libera na atmosfera grande quantidade de material particulado como hidrocarbonetos, monóxido de carbono (CO), dióxido de carbono (CO₂), óxidos de nitrogênio (NO_x) e óxido de enxofre (SO_x) (ANDRADE; DINIZ, 2007). De acordo com Santos et. al. (1992), a queimada deixa o solo desprotegido, sem cobertura, podendo ocorrer perdas por processo de erosão, redução em substâncias necessárias para a nutrição das plantas, acarretando, portanto uma diminuição na fertilidade do solo e na produção.

A queima da cana possui ação biocida em relação à fauna, flora e microrganismos, com aumento da temperatura ocorre à diminuição da umidade natural do solo, ocasionando perda de porosidade e compactação. As queimadas geram maior utilização de agrotóxicos e herbicidas para controlar a presença de pragas e plantas invasoras e emite ao meio ambiente grande quantidade de compostos nitrogenados que possuem atividade química e biológica. A utilização desse método afeta os microrganismos do solo e juntamente com esses compostos nitrogenados principalmente os compostos de nitrogênio ativo (NO e NO₂), ocasionam

problemas ambientais graves, como a chuva ácida, contaminação das águas, lençol freático e manancial podendo afetar principalmente a biodiversidade de florestas (CARDOSO et al., 2008).

A indústria sucroalcooleira pode causar diversos problemas ambientais, como assoreamento de rios ocasionados pela erosão e ocupação de determinadas áreas que possuem formação geográfica inadequada, compactação do solo, aumento das emissões de CO₂, eliminação de micronutrientes e da mesofauna ocasionados pelas queimadas e contaminação de cursos d'água. (ANDRADE; DINIZ, 2007).

A produção mais limpa na indústria sucroalcooleira surge como um método estratégico, com o intuito de prevenir e minimizar os impactos causados no meio ambiente. Ela é considerada uma ferramenta de grande importância que faz o acompanhamento das necessidades do meio ambiente e de seu desenvolvimento de forma sustentável. Contudo é possível monitorar as etapas do processo de produção, evitando o desperdício de matérias-primas e insumos, ocorrendo uma diminuição na geração de resíduos e efluentes (THEODORO, 2005). Portanto, o objetivo principal aperfeiçoar o uso de insumos no seu processo produtivo e minimizar a geração de resíduos e efluentes além de fazer a prevenção, reduzir, reciclar e recuperar seus materiais residuais para uma melhor disposição final (TEODÓSIO; SOUZA, 2001). A implantação deste método na indústria deve ser desenvolvida de forma estratégica e aplicada durante os processos produtivos reduzindo assim os riscos ao meio ambiente. Ela auxilia para que durante os processos de produção da indústria ocorra uma menor geração de diversos resíduos (CETESB, 2002).

De acordo com a Cetesb (2002) a adoção da produção mais limpa de uma forma estratégica traz benefícios durante o processo de produção e geração de resíduos, dentre eles melhor desenvolvimento durante a produção, promovendo assim redução com relação aos desperdícios, melhor conservação dos recursos naturais e também a redução e eliminação de substâncias tóxicas e resíduos originados durante a produção que podem ser prejudiciais ao meio ambiente.

3 CONSIDERAÇÕES FINAIS

A indústria sucroalcooleira é passível de ser uma boa fonte de nutrientes para a cultura da cana de açúcar, reaproveitando praticamente todos os resíduos gerados pela indústria na forma de insumos que atendem em parcialidade ou totalidade as necessidades nutricionais dessa cultura.

As tecnologias renováveis, mecanização e a melhor reutilização dos resíduos tem feito com que a indústria sucroalcooleira se destaque em nosso país, em função do emprego de resíduos como fertilizantes orgânicos em solos agrícolas, pois os mesmos têm trazido benefícios tais como a preservação do ambiente e redução na utilização de insumos industrializados.

A boa gestão ambiental é uma ferramenta indispensável para que haja maior produção de cana-de-açúcar e álcool de modo menos impactante ao ambiente e destinação mais adequada dos resíduos sucroalcooleiros.

REFERÊNCIAS

- ALFONSI, R. R.; PEDRO JÚNIOR, M. J.; BRUNINI, O.; BARBIERI, V.; Condições climáticas para a cana-de-açúcar: cana-de-açúcar: cultivo e utilização. In: PARANHOS, S. B. (Coord). **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas: Fundação Cargill, 1987, v.1, p.42-55.
- ALMEIDA JUNIOR, A. B.; **Adubação orgânica em cana-de-açúcar: efeitos no solo e na planta**. 2010. 58p. Dissertação (Mestrado em Ciência do Solo), Universidade Federal Rural de Pernambuco, Recife- PE, 2010.
- ALMEIDA JUNIOR, A. B.; NASCIMENTO, C. W. A.; SOBRAL, M. F.; SILVA, F. B. V.; GOMES, W. A.; Fertilidade do solo e absorção de nutrientes em cana-de-açúcar fertilizada com torta de filtro. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, PB, v.15, n.10, p. 1004-1013. 2011.
- ANDRADE, J. M. F.; DINIZ, K. M.; **Impactos ambientais da agroindústria da cana-de-açúcar: Subsídios para a gestão**. 2007. 131p. Monografia (Especialização em gerenciamento ambiental), Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, USP, Piracicaba-SP, 2007.
- BARROS, R. P.; VIEGAS, P.R.A.; SILVA, T.L.; SOUZA, R.M.; BARBOZA, L.; VIEGAS, R.A.; BARRETTO, M.C.V.; MELO, A.S. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça . **Pesquisa Agropecuária Tropical**, v.40, p.341-346, 2010.
- BITTENCOURT, V. C.; STRINI, A. C.; CESARIM, L. G.; SOUZA, S. R. Torta de Filtro enriquecida. **Revista Idea News**, v. 6, p. 2-6, 2006.
- BRASIL – Agência Nacional de Águas. Manual de Conservação e Reuso de Água na Agroindústria Sucroenergética / Agência Nacional de Águas; Federação das Indústrias do Estado de São Paulo; **União da Indústria da Cana-de-açúcar**; Centro de Tecnologia Canavieira – Brasília, 2009. 288 p.
- BRASIL – Companhia Nacional de Abastecimento. Acompanhamento de safra brasileira: cana-de-açúcar, segundo levantamento, agosto/2012 - **Companhia Nacional de Abastecimento**. – Brasília: Conab 2012. Disponível em: <http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/12_08_09_15_07_05_boletim_cana_p_ortugues_-_agosto_2012_2o_lev.pdf>. Acesso em 03 jul. 2013.
- BRUNELLI, A. M. M. P.; PISANI JUNIOR, R. Proposta de disposição de resíduo gerado a partir da queima de bagaço de cana em caldeiras como fonte de nutriente e corretivo de solo. In: CONGRESO ITERAMERICANO DE INGENIERIA SANITARIA Y AMBIENTAL, 30, Punta Del Este, 2006. **Anais...** 2006, p. 1-9.
- CAIONE, G.; TEIXEIRA, M. T. R.; LANGE, A.; SILVA, A. F.; FERNANDES, F. M.; Modos de aplicação e doses de fósforo em cana-de-açúcar forrageira cultivada em latossolo vermelho-amarelo. **Revista de Ciências Agro-Ambientais**, Alta Floresta, MT, v.9, n.1, p. 1-11. 2011.

CARDOSO, A. A.; MACHADO, C. M.; PEREIRA, E. A.; Biocombustível, o mito do combustível limpo. **Química na Escola**. São Paulo, v.28, p.9-14, Maio, 2008.

CETESB- Companhia de Tecnologia de Saneamento Ambiental. A Produção mais Limpa (P+L) no setor sucroalcooleiro. Informações Gerais. **CETESB**, São Paulo, 2002. Disponível em: <http://www.cetesb.sp.gov.br/Tecnologia/camaras/texto_ca/documentos/procao_mais_limpa_sucroalcooleiro.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.

COOPERSUCAR. **Relatório de sustentabilidade: 2009/2010**. São Paulo, 2010. 95 p. Disponível em: <http://www.copersucar.com.br/img/copersucar_relatorio_sustentabilidade_2010.pdf>. Acesso em: 10 out. 2012.

CORTEZ, L. AL.; MAGALHÃES, P. S. G.; HAPP, J.; Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. **Revista Brasileira de Energia**, v.2, n.2, p.111-146. 1992.

DIAS, R. **Gestão Ambiental: Responsabilidade Social e Sustentabilidade**. 1. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

DINIZ, K. M.; **Subsídios para a Gestão dos Planos de Aplicação de Vinhaça (PAV): um estudo de caso da região de Piracicaba**. 2010. 102 p. Dissertação (Mestrado em Agroenergia), Escola de Economia de São Paulo da Fundação Getulio Vargas, São Paulo, 2010.

FEITOSA, D. G.; MALTONI K. L.; SILVA, I. P. F. Avaliação da cinza, oriunda da queima do bagaço da cana de açúcar, na substituição da adubação química convencional para produção de alimentos e preservação do meio ambiente. **Revista Brasileira de Agroecologia**, v.4, n.2, p. 2412-2415. Nov. 2009.

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

FREITAS, E. S. **Caracterização da cinza do bagaço da cana-de-açúcar do município de campos dos goytacazes para uso na construção civil**. 2005. 81p. Dissertação (Mestrado em Engenharia Civil) – Universidade Estadual do Norte Fluminense Darcy Ribeiro, Campo Dos Goytacazes - RJ, 2005.

GUIMARÃES, P. F.; **Indústria sucroalcooleira-Análise de riscos ambientais**. 2011. 40p. Monografia (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental), Centro de Ciências e Tecnologia, Universidade Estadual da Paraíba, Campina Grande- PB, 2011.

ISHIMURA, I. Adubação orgânica em hortaliças. In: Dia de Campo sobre adubação verde para agricultura orgânica. 2000, Piracicaba. **Curso regional de agricultura orgânica: Piracicaba**, 2000. p. 85-93.

HASSUDA, S.; REBAUÇAS, A. da C.; CUNHA, R. C. de A. Aspectos qualitativos da infiltração de vinhaça de cana no Aquífero Bauru. **Revista do IG**, São Paulo, v. 11, n. 2, p. 5-20. Jul./Dez./1990. Disponível em:

<http://www.igeologico.sp.gov.br/downloads/revista_ig/v11n2a01.pdf>. Acesso em: 10 jun. 2013.

KOFFLER, N. F.; DONZELLI, P. L. Avaliação dos solos brasileiros para a cultura da cana-de-açúcar. In: **Cana-de-açúcar: cultivo e utilização**. Campinas, Fundação Cargill, v.1, p. 19.1987.

KORNDÖRFER, G. A.; DATNOFF, L. E. Adubação com silício: uma alternativa no controle de doenças de cana-de-açúcar e do arroz. **Informações Agronômicas**, Piracicaba, n. 70, p. 1-5, jun. 1995.

LAIME E. M. C.; FERNANDES, P. D.; OLIVEIRA D. C. S.; FREIRE, E. A.; Possibilidades tecnológicas para a destinação da vinha: uma revisão. **Revista Trópicos-Ciências Agrárias e Biológicas**. v.5, n.3, p. 16-29. 2011. Campina Grande, PB, UFCG.

LEME, E. J. A.; ROSENFELD, V.; BAPTISTELLA, J. R.; **Aplicação de vinhaça em cana-de-açúcar por aspersão**. Boletim Técnico Planalsucar, série B, v.1., n.4., p. 3-42, 1979.

LORENZETTI, J. M.; FREITAS, P. G. R. **Aplicação da vinhaça por aspersão**. Saccharum STAB, São Paulo, v. 1, n. 2, p. 16-22, 1978.

LUIZ, P. H. C. Novas tecnologias no uso de vinhaça e alguns aspectos da legislação. In: **Simpósio de tecnologia de produção de cana-de-açúcar**. Agrarias/FZE/USP. Piracicaba - SP, 2005. Disponível em: <<http://www.ppi-far.org>>. Acesso em: 03 jul. 2013.

MALAVOLTA, E. **Sobre a utilização agrícola do resíduo de cinza de caldeira**, CNA - Centro de Energia Nuclear na Agricultura, USP, In: Parecer para Cargill Citrus Ltda, Piracicaba, 2001, 17 p.

MARQUES, M. O.; Aspectos técnicos e legais da produção, transporte e aplicação de vinhaça. In: SEGATO, S. V.; PINTO, A. S.; JENDIROBA, E.; NÓBREGA, J. C. M. (Org.) **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP 2, n.6, p.369-375, 2006.

MARTINS, P. S. **Alinhamento da gestão ambiental com a estratégia empresarial em pequenas empresas: estudo de caso no setor metal-mecânico da região central do estado de São Paulo**. 139p. 2011. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo, 2011.

MATOS, A. T.; VIGIGAL, S. M; SEDIYAMA, M. A. N.; GARCIA, N. C. P.; RIBEIRO, M. F. Compostagem de alguns resíduos orgânicos, utilizando-se águas residuárias da suinocultura como fonte de nutrientes. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, Campina Grande, v.2, n.2, p.199-203, 1998.

MATIOLI, C.S.; GUAZZELLI, M.A.N.; LAZO, M.E.P.; GAVA, D.A. Uniformidade de distribuição de vinhaça com caminhão-tanque. In: SEMINARIO DE TECNOLOGIA AGRONÔMICA, 4., Piracicaba, 1988. **Anais...** Piracicaba: Copersucar, 1988; p.249-269.

PERLATTI, B.; **Desenvolvimento de métodos para estudo de dioxinas presentes na cinza do bagaço da cana-de-açúcar: avaliação do potencial biorremediador de cepas**

microbianas em compostagem aeróbica. 2012. 134p. Dissertação (Mestrado em Química), Universidade de São Carlos, São Carlos-SP, 2012.

PREVITALI, N. R.; **Uso da vinhaça para fertirrigação.** 2011. 60 p. Graduação (tecnologia em B combustíveis), Centro Estadual de Educação Tecnológica Paula Souza, Faculdade de Tecnologia Professor Fernando Amaral de Almeida, Araçatuba, 2011.

PINTO, V. R. **Uso sustentável da vinhaça na agroindústria Cooperb II em Mirassol D'Oeste – MT.** 2007. 54P. Monografia (Graduação em Geografia) Universidade do Estado de Mato Grosso, UNEMAT, Cáceres – MT, 2007.

RESENDE, A. S.; SANTOS, A.; XAVIER R. P.; COELHO C. H.; GONDIM, A.; OLIVEIRA O. C.; ALVES B. J. R.; BODDEY R. M.; URQUIAGA S.; Efeito da queima da palhada da cana-de-açúcar e de aplicações de vinhaça e adubo nitrogenado em características tecnológicas da cultura. **Revista Brasileira de Ciência do Solo.** Viçosa, V.30, n.6, p. 937-941. 2006.

RIBEIRO, H.; Queimadas de cana-de-açúcar no Brasil: Efeito à saúde respiratória. **Revista Saúde Pública,** São Paulo, v.42, n.2, p.370-376, 2008.

RIBEIRO, S.; **Gestão ambiental em usinas do setor sucroalcooleiro: Fatores de influência e práticas adotadas.** 2010. 134p. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Produção), Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho, Bauru-SP, 2010.

ROSSETO, R.; MUTTON, M. A. **Workshop Tecnológico sobre vinhaça.** 2007. Disponível em: < http://www.apta.sp.gov.br/cana/anexos/Termo_de_Referencia_Vinhaca.pdf>. Acesso em: 02 Out. 2012.

ROSSETTO, R.; DIAS, F. L. F. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar: indagações e reflexões.** Encarte do Informações Agronômicas, n.110, junho de 2005. Disponível em: < http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Nutricao_adubacao_rossetto_000fh4o2mf_x02wyiv80rn0etnkmn2vah.pdf>. Acesso: 03 Out. 2012.

SALOMON, K.R. **Avaliação Técnico-Econômica e Ambiental da Utilização do Biogás Proveniente da Biodigestão da Vinhaça em Tecnologias para Geração de Eletricidade,** Itajubá. 2007. 219 p. Tese (Doutorado em Conversão de Energia) - Instituto de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Itajubá. 2007.

SANTOS D. H.; TIRITAN C. S.; FOLONI J. S. S.; Efeito residual da adubação fosfatada e torta de filtro na brotação de soqueiras de cana-de-açúcar. **Revista Agrarian,** Dourados, v.5, n.15, p. 1-6, 2012.

SANTOS, D. H.; **Adubação fosfatada no plantio de cana-de-açúcar a partir de torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel.** 2009. 35 p. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade do Oeste Paulista-UNOESTE, Presidente Prudente-SP, 2009.

SANTOS, D. H.; TIRITAN, C. S.; FOLONI, J. S. S.; FABRIS, L. B. **Produtividade de cana-de-açúcar sob adubação com torta de filtro enriquecida com fosfato solúvel.** Pesquisa Agropecuária Tropical, Goiânia, v.40, p.454-461, out./dez. 2010.

SANTOS, D.; BAHIA, V. G.; TEIXEIRA, W. G. Queimadas e erosão do solo. **Informe Agropecuário**, Belo Horizonte, v.16, n.176, p.62-68, 1992.

SEVERINO, L. S.; COSTA, F. X.; BELTRÃO, N. E. de; LUCENA, M. A. de; GUIMARÃES, M. M. B. Mineralização da torta de mamona, esterco bovino e bagaço de cana estimada pela respiração microbiana. **Revista de Biologia e Ciências da Terra**, v. 5, n. 1, 2004.

SILVA, A. J. N.; CABEDA, M. S. V.; CARVALHO, F. G.; Matéria orgânica e propriedades físicas de um Argissolo Amarelo Coeso sob sistemas de manejo com cana-de-açúcar. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**. v.10, n.3, p.579-585, 2006. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG, 2010.

SILVA, J. W. P.; BORGES, D. O.; SILVA, N. A.; FERREIRA, R. A. DOS R.; DINIZ, R. C. P.; LOBATO, F. M.; RENOVATO, K. A.; SANTOS C. F.; Estudo sobre reaproveitamento de subprodutos das indústrias sucroalcooleiras. In: JORNADA CIENTÍFICA DA FAZU, 8., 2009, Uberaba, MG. **Anais...** Uberaba, MG: FAZU, 2009. p. 25-37.

SILVA, L. N.; **Processo de compostagem com diferentes porcentagens de resíduos sólidos agroindústrias**. 59p. 2007. Dissertação (Mestrado em Engenharia Agrícola), Universidade Estadual do Oeste do Paraná, Cascavel-PR, 2007.

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, p.108-114, 2007. Campina Grande, PB, DEAg/UFCG. 2007

SILVA, V. L.; **Estudo econômico das diferentes formas de transporte de vinhaça em fertirrigação na cana-de-açúcar**. 2009. 46 p. Tese (Mestrado em Agronomia), Faculdade de Ciências Agrárias e Veterinárias, Unesp, Jaboticabal, 2009.

TEODÓSIO, A. S. S.; SOUZA, A. A. **Gestão ambiental: um novo modismo nas ciências gerenciais**. Belo Horizonte, 2001.

THEODORO, J. M. P. **Considerações sobre os custos ambientais decorrentes do gerenciamento dos resíduos sólidos e dos efluentes industriais gerados no setor sucroalcooleiro: um estudo de caso**. 147p. 2005. Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Regional e Meio Ambiente), Centro universitário de Araraquara, SP, 2005.

VITTI, G. C.; MAZZA, J. A.; Planejamento, estratégias de manejo e nutrição da cultura de cana-de-açúcar. **Informações Agronômicas**. Piracicaba: Potafós, 2002. 16p.

ZOLIN, C. A.; PAULINO, J.; BERTONHA, A.; FREITAS, P.S.L.; FOLEGATTI, M. V. Estudo exploratório do uso da vinhaça ao longo do tempo. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v.15, n.1, p.22-28, 2011 Campina Grande, PB, UFCG. 2011.