

**OS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA: A VINHAÇA
CONCENTRADA COMO POTENCIAL FERTILIZANTE**

Sílvio Aparecido Silva Togneti

**OS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA: A VINHAÇA
CONCENTRADA COMO POTENCIAL FERTILIZANTE**

Silvio Aparecido Silva Togneti

Dissertação apresentada a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Orientadora:

Profa. Dra. Edilene Mayumi Murashita
Takenaka

Co Orientadora:

Profa. Dra. Alba Regina Azevedo Arana

664.1
T645r

Togneti, Silvio Aparecido Silva

Os resíduos da indústria sucroenergética: A vinhaça concentrada como potencial fertilizante. / Silvio Aparecido Silva Togneti. – Presidente Prudente, SP, 2016.

103 f.:il.

Dissertação de Mestrado em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional – Universidade do Oeste Paulista - Unoeste, Presidente Prudente, SP, 2016.

Bibliografia.

Orientadora: Edilene Mayumi Murashita Takenaka.

1.Utilização de Resíduo. 2. Setor Sucroenergético. 3. Vinhaça. I. Título.

SILVIO APARECIDO SILVA TOGNETI

**OS RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SUCROENERGÉTICA: A VINHAÇA
CONCENTRADA COMO POTENCIAL FERTILIZANTE**

Dissertação apresenta a Pró-Reitoria de Pesquisa e Pós-Graduação, Universidade do Oeste Paulista, como parte dos requisitos para obtenção do título de Mestre em Meio Ambiente e Desenvolvimento Regional.

Presidente Prudente, 29 de agosto de 2016.

BANCA EXAMINADORA

Orientadora: Prof. Dra. Edilene M. Murashita Takenaka

Banca: Prof. Dra. Alba Regina Azevedo Arana

Banca: Prof. Dr. Wilson Roberto Lussari

Dedicatória

Dedico este trabalho à minha esposa Adriana Vidal Togneti Silva por me apoiar e me incentivar na realização do Mestrado.

Aos meus filhos Felipe Gabriel, Thamires Nayara e Letícia que muitas vezes deixaram de se divertir comigo, mas que igualmente apoiaram, entenderam e me motivaram a lutar pela realização dos nossos sonhos.

Agradecimentos

À Deus por ter me guiado por mais esta etapa da vida iluminando meu caminho.

À Professora Edilene Mayumi Murashita Takenaka pela dedicação e carinho com que me orientou e condução perfeita na realização dos trabalhos.

À Professora Alba Regina Azevedo Arana que sempre me contagiou com sua energia positiva e incentivo.

Aos Gestores da empresa pesquisada por autorizarem e abrirem as portas da empresa apoiando na realização deste trabalho.

A todos os Professores da Unoeste que contribuíram para minha formação.

Aos funcionários e alunos do MMADRE que sempre mantiveram entusiasmo, dedicação e alegria durante o andamento do Mestrado.

A todos vocês meu MUITO OBRIGADO de coração.

“A base de toda a sustentabilidade é o desenvolvimento humano que deve contemplar um melhor relacionamento do homem com os semelhantes e a Natureza.”

Nagib Anderáos Neto

RESUMO

Os Resíduos da Indústria Sucroenergética: a Vinhaça Concentrada como Potencial Fertilizante

O Setor sucroenergético é uma das mais antigas atividades industriais brasileiras. Teve início com a colonização do Brasil e era focado na produção de açúcar. Após 1975 com o início do Proálcool - Programa Nacional do Álcool, passou a se desenvolver tecnologicamente culminando com a ampliação da produção e tendo como objetivo principal a produção de etanol que seria utilizado como combustível alternativo e substituto de combustíveis derivados de petróleo. Tivemos uma evolução marcante na área agrícola em termos de desenvolvimento de novos equipamentos, novas tecnologias e principalmente no desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar. Observa-se que o desenvolvimento do setor resultou também no desenvolvimento socioeconômico de regiões e em seu entorno ao gerar empregos diretos e indiretos. O aumento da produção de etanol, açúcar e energia elétrica, resultou em maiores impactos ambientais, devido aos volumes de resíduos que passaram a ser gerados. É nesse contexto que se desenvolveu este trabalho, e teve por objetivo identificar os critérios para a utilização dos resíduos da indústria sucroenergética salientando a vinhaça como potencial fertilizante a partir de um programa desenvolvido por um grupo de empresas do setor e localizado no Estado de Mato Grosso do Sul - Brasil. Foram realizadas pesquisas bibliográfica e de campo, que embasaram o desenvolvimento dessa dissertação e possibilitaram: a identificação dos resíduos gerados e suas formas de destinação e a identificação de programa alternativo de utilização da vinhaça como fertilizante nas lavouras de cana-de-açúcar como uma prática ecologicamente sustentável.

Palavras-chave: Utilização de Resíduo. Setor Sucroenergético. Vinhaça

ABSTRACT

Waste from the Sugarcane Industry: Vinasse Concentrated as Potential Fertilizer

The sugar-energy sector is one of the oldest Brazilian industrial activities. It was began with the colonization of Brazil and was focused on the production of sugar. After 1975 , with the beginning of Proálcool - National Alcohol Program , it began to be developed technologically receiving the extension of production and when production takes aim ethanol that would be used as an alternative fuel and replacement of oil derived fuels. We had an evolution in the agricultural sector in terms of development of new equipment , new technologies and , particularly , the development of new varieties of sugar cane. It is noticed that the development of the sector turned also in the development socioeconomic from regions and in his tip over while producing straight and indirect jobs. The growing production of ethanol, sugar and electric energy, has became out to be in bigger environmental impacts, due to the residues volumes that they started to produce. It is in this context that this work was developed, and since them the identified target the criterion for the use of the residues of the industry sugarcane pointing out the great quantity of vinasse as fertilizing potential from a program developed by a group of company of the sector and situated in the State of South Mato Grosso – Brazil. there were carried out bibliographic and field , that supported the growing of these dissertation and that made it possible: the identification of the produced residues and his forms of destination and the identification of alternative program of use of the great quantity of vinasse as fertilizer in the sugarcane crops as an ecologically sustainable practice.

key words: Use of Residue. Sugar-Energy Sector. Vinasse

Lista de ilustrações

Figura 1	- Fontes de geração de energia utilizadas no Brasil	23
Figura 2	- Divulgação da produção de açúcar e etanol safra 2016/2017	24
Figura 3	- Divisão dos setores de uma unidade sucroenergética	29
Figura 4	- Balanço energético de uma tonelada de cana-de-açúcar	58
Figura 5	- Resultados de análise de vinhaça convencional - Macronutrientes	63
Figura 6	- Resultados de análise de vinhaça concentrada - Macronutrientes	63
Figura 7	- Resultados de análise de vinhaça convencional - Micronutrientes	64
Figura 8	- Resultados de análise de vinhaça concentrada - Micronutrientes	65
Figura 9	- Níveis de matéria orgânica na vinhaça convencional	66
Figura 10	- Níveis de matéria orgânica na vinhaça concentrada	66
Figura 11	- Evolução da média anual de produtividade	70
Figura 12	- Caminhão de transporte de vinhaça concentrada	73
Figura 13	- Abastecimento de caminhões aplicadores	74
Figura 14	- Caminhão aplicador de vinhaça concentrada	75
Figura 15	- Controlador de vazão do caminhão aplicador	76

Lista de siglas

COOPERSUCAR	- Cooperativa de Produtores de Cana-de-Açúcar, Açúcar e Etanol do Estado de São Paulo
CTC	- Centro Tecnológico Coopercucar
ONU	- Organização das Nações Unidas
SEMA	- Secretaria Especial do Meio Ambiente
ANFAVEA	- Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores
MTE	- Ministério do Trabalho e Emprego
NR	- Norma Regulamentadora
PCTS	- Pagamento de cana por teor de sacarose
PH	- Potencial de hidrogênio
CO2	- Gás carbônico
MAPA	- Ministério da agricultura, pecuária e abastecimento
PAV	- Plano de Aplicação de Vinhaça
OS	- Ordem de Serviço
TCH	- Tonelada de cana por hectare
T	- Toneladas
Kg	- Quilograma
G	- Grama
L	- Litro

Lista de símbolos

B	- Boro
C	- Carbono
Ca	- Cálcio
Fe	- Ferro
K	- Potássio
Mg	- Magnésio
Mn	- Manganês
P	- Fósforo
Zn	- Zinco
Cl	- Cloro
Mo	- Molibdênio

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	14
1.1	Delimitação do Tema.....	15
1.2	Justificativa.....	16
1.3	Objetivos	17
1.4	Hipótese	18
1.5	Método de pesquisa	18
2	PANORAMA SOBRE O SETOR SUCROENERGÉTICO NO BRASIL	21
2.1	Evolução na forma de colher a cana.....	24
2.1.1	Colheita manual de cana-de-açúcar.....	25
2.1.2	Colheita mecanizada de cana-de-açúcar	25
3	PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR	27
3.1	Setores da indústria sucroenergética	28
3.2	A recepção de cana.....	30
3.2.1	Cana colhida manualmente ou cana inteira	30
3.2.2	Cana colhida mecanicamente ou cana picada	32
3.3	Preparo da cana-de-açúcar para a moagem.....	33
3.3.1	Picador e Desfibrador.....	33
3.4	Extração de Caldo	33
3.4.1	Moenda	34
3.4.2	Difusor	34
3.4.3	Bagaço de Cana.....	34
3.5	Geração de vapor.....	35
3.5.1	Resíduos do Setor de Geração de Vapor	35
3.5.2	Cinzas das Caldeiras.....	36
3.5.3	Águas Residuárias	36
3.6	Tratamento de caldo.....	37
3.6.1	Torta de Filtro	37
3.7	Fabricação de Etanol.....	38
3.8	Fabricação de Açúcar.....	39
4	A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA À VINHAÇA	41
4.1	Norma Técnica no Estado de São Paulo – P4.231 da Cetesb	41
4.2	Análises das versões de 2006 e 2015 da Norma Técnica P4.231 da Cetesb	42
4.3	Resolução nº19/15 SEMADE – Mato Grosso do Sul.....	44
4.4	Considerações finais relacionadas ao uso da vinhaça “in natura”.....	45
4.5	Legislação sobre vinhaça concentrada	46

5	VINHAÇA -DA EVOLUÇÃO DO DESCARTE COMO RESÍDUO À UTILIZAÇÃO COMO FERTILIZANTE	47
5.1	Composição da vinhaça	47
5.1.2	Macronutrientes.....	47
5.1.3	Micronutrientes.....	49
5.1.4	Matéria Orgânica.....	50
5.2	Vinhaça “in natura”	50
5.3	Vinhaça concentrada.....	51
5.4	Possibilidades de utilização da vinhaça	52
5.5	Fertirrigação	53
5.5.1	Fertirrigação por inundação.....	54
5.5.2	Fertirrigação por aspersão.	54
5.5.3	Sistema de aplicação de vinhaça por carretel	55
5.6	Uso da vinhaça na construção civil	55
5.7	Utilização da vinhaça na combustão direta em caldeiras.....	56
5.8	Produção de biogás a partir da vinhaça “in natura”	57
5.9	A Biodigestão de vinhaça concentrada.	58
6	A VINHAÇA NA EMPRESA PESQUISADA	61
6.1	Caracterização da empresa pesquisada	61
6.2	Análise dos níveis de concentração de macronutrientes contidos na vinhaça na empresa pesquisada.....	62
6.3	Matéria orgânica presente na vinhaça.....	65
6.3.1	Matéria orgânica na vinhaça convencional.....	65
7	FORMAS DE APLICAÇÃO DE VINHAÇA ADOTADAS PELA EMPRESA PESQUISADA	68
7.1	Fertirrigação por aspersão	68
7.3	Aferição da forma de aplicação da vinhaça “in natura” utilizada pela empresa pesquisada	70
7.4	Aferição da forma de aplicação da vinhaça concentrada utilizada pela empresa pesquisada	71
7.4.1	Logística de transporte e aplicação de vinhaça concentrada.....	72
7.4.2	Desenvolvimento do equipamento de aplicação.	74
7.5	Monitoramento e controles das dosagens aplicadas pela empresa pesquisada..	77
7.5.1	Aplicação inicial de fertilizantes.....	77
7.5.2	Procedimentos adotados para coleta de amostras e aplicação da primeira adubação.....	77
7.6	Monitoramento e controles adotados para aplicação de vinhaça.....	78
7.7	Controle de aplicação de campo.....	78

7.8	Mapa da área que receberá a vinhaça.....	79
7.9	Consolidação das informações sobre a aplicação	79
8	CONSIDERAÇÕES FINAIS	80
	REFERÊNCIAS.....	83
	ANEXOS.....	89

1 INTRODUÇÃO

O setor sucroenergético também conhecido como setor sucroalcooleiro brasileiro compreende as atividades agrícolas e industriais relacionadas à produção de açúcar, etanol e eletricidade. No Brasil, a principal matéria prima utilizada para a produção dos mesmos, é a cana-de-açúcar.

Existem também pequenas unidades produtoras de etanol neutro que utilizam cereais como matéria prima; este tipo de etanol destina-se principalmente a abastecer o mercado de cosméticos.

A afirmação de que o setor sucroenergético representa uma parcela importante do setor produtivo brasileiro está alicerçada em um setor com bases agrícolas e industriais concretas.

Na área agrícola tivemos o desenvolvimento de equipamentos que partiram de práticas rudimentares de cultivo de cana-de-açúcar para o que hoje conhecemos como agricultura de precisão.

Novos produtos químicos foram desenvolvidos especificamente para o setor, insumos foram aprimorados para atender demandas específicas da cana-de-açúcar.

Os maiores avanços observados ocorreram em relação ao desenvolvimento de novas variedades de cana-de-açúcar, algumas características foram aprimoradas conferindo maior resistência a pragas, adaptabilidade a vários tipos de solo e maior resistência às secas. Também foram desenvolvidas variedades que podem ser colhidas no início, no meio ou no fim do ano possibilitando maiores períodos de safra.

Em termos industriais, o desenvolvimento de novas tecnologias foi marcante para o setor e, reconhecida a sua importância, apresenta-se como referência para outros países.

Tais tecnologias podem ser apontadas como:

- Os processos de moagem aprimorados para ampliar a extração de sacarose;

- Caldeiras de alto rendimento para a geração de vapor utilizado para gerar energia elétrica;
- Os processos de fabricação de açúcar e etanol otimizados e automatizados para reduzir custos e aumentara eficiência industrial; entre outros.

Entretanto, ao analisarmos as questões que envolvem os processos de geração e destinação de resíduos das atividades produtivas do setor sucroenergético, verificamos que o desenvolvimento não ocorreu na mesma proporção.

A imagem do setor sucroalcooleiro relacionada ao meio ambiente conflita com o desenvolvimento alcançado, sendo esta imagem, resultante das práticas industriais e formas de destinação de resíduos adotadas no passado do setor; onde ocorreram poluição e contaminações ambientais, traduzindo-se em práticas não sustentáveis.

Esta dissertação aborda as questões ambientais com foco na geração e destinação de resíduos comparando dados do setor e com dados extraídos de pesquisa em unidades sucroenergéticas instaladas no Estado do Mato Grosso do Sul - Brasil.

Buscamos respostas às dúvidas que existem sobre a destinação correta dos subprodutos que, de certa forma, colocam em cheque a sustentabilidade das práticas utilizadas pelo setor.

Para tanto, dentre estes subprodutos, enfatizamos o resíduo identificado por “vinhaça” como potencial fertilizante economicamente viável e ecologicamente sustentável a partir de um programa desenvolvido por um grupo de empresas¹ do setor sucroenergético.

1.1 Delimitação do Tema

Em uma unidade sucroenergética o processo produtivo é distribuído em vários setores e em cada setor são gerados determinados subprodutos, sendo estes, resultantes de reações químicas e ou resultantes de operações de transformação ou de

¹ Devido a recomendação do Comitê de Ética em Pesquisa (CEP), o verdadeiro nome do conglomerado de empresas a ser estudado será mantido em sigilo sendo, a partir de agora, tratado como Empresa pesquisada.

extração do caldo de cana-de-açúcar. Estes subprodutos gerados em cada setor, podem ser insumos utilizados em outros setores do processo.

O foco desse trabalho é o subproduto resultante do setor que realiza a destilação do vinho², resultando na produção do etanol e na geração da vinhaça.

A vinhaça é o subproduto gerado em maior quantidade e com maior poder de contaminação devido ao imenso volume líquido e características químicas.

A destinação desse subproduto exige o atendimento a vários critérios para que ocorra de forma correta. Mas as dificuldades e achatamento dos lucros causados pela atual crise econômica iniciada em 2014, dificulta a obtenção de investimentos e conseqüentemente interfere na sua destinação final. Conforme Santos, Borém e Caldas (2012), os aspectos econômicos interferem diretamente na tomada de decisão em se irrigar ou não a cana-de-açúcar. Da mesma forma a viabilidade da destinação da vinhaça através da fertirrigação é influenciada pelos mesmos aspectos.

1.2 Justificativa

A partir do ano de 2005 o setor sucroenergético teve um crescimento exponencial; organizações como o Banco Mundial e Agência Internacional de Energia, divulgaram conclusões sobre energias renováveis, reconhecendo que o etanol produzido a partir da cana-de-açúcar, apresenta vantagens competitivas sobre os preços do petróleo (Macedo et al., 2005).

Conforme afirma Macedo et al. (2005), devido à evolução do setor nos últimos vinte anos e a projeção de crescimento para os próximos anos, mudanças na interação das atividades produtivas com o Meio Ambiente são necessárias para poder comercializar com mercados mundiais quebrando dessa forma a postura tradicional. Afirma ainda que o desenvolvimento do setor ocorreu e hoje é um setor fornecedor de energia, com condições favoráveis de substituir parcialmente a energia fóssil.

Conforme Macedo et al. (2005), os impactos ambientais podem ocorrer em toda a cadeia produtiva do setor sucroenergético, podendo ser positivos ou negativos.

² Vinho: fermentado de caldo de cana-de-açúcar após a separação do fermento

Entretanto, a empresa pesquisada (empresa de capital aberto) possui várias unidades sucroenergéticas instaladas no Brasil, desenvolve um programa com foco na produção sustentável utilizando a vinhaça como fertilizante, buscando extrair ao máximo o potencial energético desse subproduto.

A presente dissertação foi desenvolvida nas unidades do Mato Grosso do Sul-Brasil em uma região onde ainda encontramos grandes fazendas de gado, reservas e rios volumosos. As fazendas arrendadas pela empresa pesquisada são de grande porte, e as distâncias entre as mesmas e a planta industrial chegam a ultrapassar 100km em alguns casos.

Na busca do equilíbrio entre exploração de recursos naturais e produção sustentável é que se justificou este trabalho, uma vez que na empresa pesquisada temos práticas experimentadas no setor e também práticas modernas muito restritas ainda e aplicadas em algumas unidades, as quais identificamos como sustentável e aplicáveis a unidades sucroenergéticas.

1.3 Objetivos

Objetivo Geral

A pesquisa teve por objetivo verificar os critérios para a utilização dos subprodutos da indústria sucroenergética com ênfase na vinhaça concentrada de cana-de-açúcar, salientando a mesma como potencial fertilizante a partir de um programa desenvolvido por um grupo de empresas do setor.

Objetivos específicos

Abaixo temos os objetivos específicos que nortearam as pesquisas bibliográficas e de campo:

- Identificar os principais subprodutos gerados em uma unidade sucroenergética;
- Apresentar as formas de destinação dos resíduos mais comuns gerados em uma unidade sucroenergética;

- Analisar a vinhaça e apontar suas propriedades físico-químicas a partir dos relatórios obtidos junto ao programa desenvolvido e disponibilizado pela empresa pesquisada;
- Verificar normas vigentes que regulamentam o uso da vinhaça;
- Aferir as formas de aplicação da vinhaça como fertilizante a partir de relatórios da empresa pesquisada;
- Apurar os monitoramentos realizados pela empresa pesquisada;
- Apresentar programa alternativo para a utilização da vinhaça concentrada como fertilizante para a agricultura.

1.4 Hipótese

Mas seria realmente a melhor alternativa utilizar a vinhaça como fertilizante?

Frente aos potenciais impactos ambientais que a aplicação de vinhaça pode causar, podemos afirmar que a fertirrigação com vinhaça é uma opção ambientalmente sustentável?

A ampliação das áreas plantadas de cana-de-açúcar, a implantação de unidades sucroenergéticas de grande porte e a ampliação da produção de açúcar, etanol e energia elétrica, trouxe como consequências o aumento da produção dos volumes de vinhaça.

A hipótese do presente estudo concentra-se no aspecto positivo da utilização da vinhaça como alternativa para a fertilização do solo e prática ecologicamente sustentável.

1.5 Método de pesquisa

Os métodos de pesquisa estão divididos em duas partes, primeiramente foi utilizada a metodologia de pesquisa bibliográfica e posteriormente a metodologia de pesquisa com ampla vivência em campo e interação direta com as atividades pesquisadas.

Segundo Lakatos e Marconi (2003), a pesquisa bibliográfica tem por finalidade posicionar o pesquisador com o que já foi anteriormente escrito sobre determinado tema, com o objetivo de permitir o esforço paralelo na análise de suas pesquisas ou manipulação de suas informações.

A metodologia que foi utilizada consistiu, primeiramente, na realização de um levantamento e aprofundamento bibliográfico sobre a temática abordada em artigos, livros, sites especializados e periódicos sobre os temas que envolvem a geração e descarte de resíduos da atividade sucroenergética e os impactos ambientais que este tipo de resíduo causa ao meio ambiente.

De acordo com Gil (2003): “o método científico é o conjunto de processos ou operações mentais que se deve empregar na investigação da pesquisa. É a linha de raciocínio seguida durante o seu processo”.

Sobre a Pesquisa de Campo, Lakatos e Marconi (2003) diz:

(...)utilizada com o objetivo de conseguir informações e/ou conhecimento acerca de um problema, para o qual se procura uma resposta, ou de uma hipótese que se queira comprovar, ou, ainda, descobrir novos fenômenos ou as relações entre eles.

A metodologia de pesquisação com abordagem qualitativa, levou em consideração fatos e fenômenos relacionados ao tema com o levantamento dos procedimentos adotados pela empresa pesquisada embasados pela pesquisa bibliográfica, o que possibilitou o entendimento dos relatórios do programa de sustentabilidade da empresa pesquisada.

Desta forma, foi possível identificar os subprodutos gerados no processo produtivo sucroenergético em geral, bem como estabelecer comparativos entre as práticas de destinação utilizadas pela empresa pesquisada e o que se realiza no setor.

Através da metodologia de pesquisação, tivemos acesso às informações sobre as propriedades físico-químicas da vinhaça, sendo possível a aferição das formas de aplicação de vinhaça bem como os monitoramentos e controles adotados.

As informações sobre o tema pesquisado formam obtidas junto ao setor de fertirrigação da empresa pesquisada através de contato direto com o gerente da

área que nos forneceu relatórios operacionais, acesso a banco de dados e possibilitou também o contato direto com a execução prática dos procedimentos adotados pela empresa.

Através de pesquisa bibliográfica foi possível constatar quais normas regulamentam a utilização da vinhaça no Estado do Mato Grosso do Sul – Brasil

Com base nas pesquisas bibliográficas, vivência nas operações de campo e principalmente com base nos documentos fornecidos pela empresa pesquisada, foi possível identificar um programa alternativo para utilização da vinhaça.

A presente Dissertação está dividida em oito capítulos em que são abordados os assuntos relacionados com as pesquisas bibliográficas, e através da metodologia de pesquisa, foram obtidos junto ao setor de fertirrigação da empresa pesquisada, os relatórios anuais, análises químicas e demais informações, que possibilitaram a análise quantitativa e o desenvolvimento deste trabalho com experimentações já realizadas pelo setor da empresa pesquisada.

No segundo capítulo, será realizada uma abordagem histórica do setor no nosso país e também uma abordagem contextual atual.

No capítulo 3, demonstraremos a divisão industrial de uma unidade sucroenergética bem como os subprodutos gerados em cada setor.

Posteriormente no capítulo 4, serão evidenciadas as normas que regulamentam o tema no Estado do Mato Grosso do Sul.

O capítulo 5 descreve a composição físico química da vinhaça e relata as propriedades que os elementos presentes na mesma representam para as plantas. Serão abordados também algumas formas de utilização da vinhaça já pesquisados.

No capítulo 6 identificamos a propriedades físico química da vinhaça concentrada e vinhaça convencional produzida pela empresa pesquisada.

No capítulo 7 são analisados a logística e as formas de aplicação da vinhaça na empresa pesquisada para podermos concluir se a vinhaça concentrada é realmente um potencial fertilizante.

Finalmente no capítulo oito, temos as considerações finais e a conclusão do trabalho.

2 PANORAMA SOBRE O SETOR SUCROENERGÉTICO NO BRASIL

Neste capítulo faremos uma abordagem histórica sobre o início do setor no país e sua evolução, o objetivo deste capítulo é dar uma visão geral sobre a evolução do setor e situar o leitor no contexto atual do setor sucroenergético.

Marques, Marques e Tasso Júnior (2001), afirma que a cana-de-açúcar foi introduzida no Brasil pelos portugueses em 1532. O colonizador português Martin Afonso de Souza, construiu o primeiro engenho brasileiro em São Vicente no litoral do Estado de São Paulo.

O desenvolvimento da região aumentou e novos vilarejos surgiram como São Paulo e Santos. Temos então essa época como o marco do início do ciclo da cana-de-açúcar e o início da primeira atividade industrial organizada no nosso país.

Segundo Marques, Marques e Tasso Júnior (2001), inicialmente o setor era focado na produção de açúcar. Andrade, Carvalho e Souza (2010), apontam que os brasileiro conheciam a possibilidade de utilizar o etanol como combustível desde 1925, mas frente aos baixos valores dos combustíveis fósseis não havia interesse na produção.

E 1973 a produção de etanol teve oportunidade de se destacar devido a primeira crise do petróleo; os países exportadores de petróleo (OPEP) supervalorizaram os preços do petróleo em protesto ao apoio dado pelos Estados Unidos à Israel durante a Guerra do YomKippur³, desta forma, o barril de petróleo passou de U\$\$3,00 para U\$\$12,00 em menos de cinco meses. (SCANDIFFIO, 2005)

Com essa crise os gastos de importação de petróleo quadruplicaram de 1973 para 1974 o que provavelmente favoreceu o governo brasileiro a criar o Proálcool⁴, programa foi criado por meio do Decreto nº 76.593/75.

De acordo com Griffin e Scandiffio (2009, p. 2), descreve que:

³Guerra YomKippur- foi um conflito militar ocorrido de 6 de outubro a 26 de outubro de 1973, entre uma coalizão de estados árabes liderados por Egito e Síria contra Israel. O episódio começou com um ataque inesperado do Egito e Síria. Coincidindo com o dia do feriado judaico YomKippur.

⁴Proálcool- Programa Nacional do Álcool, foi um programa de substituição em larga escala dos combustíveis veiculares derivados de petróleo por álcool, financiado pelo governo do Brasil a partir de 1975 devido a crise do petróleo em 1973 e mais agravante depois da crise de 1979.

From 1975 to 1979, in the first phase of the Proálcool program, Brazil used annexed distilleries that produced only ethanol from molasses, to start ethanol production with minimal investment. The product, anhydrous ethanol, was blended with gasoline in Various proportions up to E25 (ethanol: 25%; gasoline: 75%). Production of anhydrous ethanol increased from 220 million liters in 1975 to 2.8 billion liters in 1979

Em tradução livre, a citação anterior afirma que: de 1975 a 1979 , na primeira fase do programa Proálcool , o Brasil utilizou destilarias anexas que produziu apenas etanol a partir do melaço, para iniciar a produção de etanol com um investimento mínimo . O produto, etanol anidro, foi misturado com gasolina em diversas proporções até (etanol : 25 % ; gasolina : 75 %). Produção de etanol anidro aumentou de 220 milhões de litros em 1975 para 2,8 bilhões de litros em 1979.

Esta foi a primeira fase de implantação do Proálcool, onde era utilizado somente melaço⁵ para a produção de etanol anidro o qual era adicionado na gasolina.

Segundo Scandiffio (2005), somente em 1979, o Governo Federal incentivou a produção do etanol hidratado com a assinatura do protocolo entre a Anfavea – Associação Nacional dos Fabricantes de Veículos Automotores; dizia que os fabricantes deveriam desenvolver tecnologia suficiente para que os motores dos veículos passassem a usar este combustível e seriam então produzidos em série.

Conforme Macedo et al. (2005), o Brasil tem boas condições climáticas e tipos de solos adequados para a produção de cana-de-açúcar; ressaltamos também que desenvolveu tecnologia para produção industrial de etanol e especificamente desenvolveu tecnologia agrícola possibilitando ganhos de produção e redução de custos operacionais.

Portanto, o aquecimento global e a necessidade de substituir combustíveis fósseis, coloca o Brasil em uma posição favorável para a produção de etanol, tanto para consumo interno, quanto para exportação, conforme descreve Macedo et al.(2005, p.94):

No caso do Brasil, a experiência tem demonstrado que há condições competitivas favoráveis especialmente no uso da biomassa como fonte de

⁵Mel exausto do qual não se extrai mais açúcar

energia. Em particular a substituição da gasolina pelo etanol no setor de transportes...

Segundo informações disponibilizadas pela UNICA – União da Indústria de Cana-de-açúcar, em boletim informativo de agosto de 2016, a produção de energia elétrica a partir de biomassa representa quase 9% da energia elétrica outorgada pela Agência Nacional de Energia Elétrica, é o que podemos observar na Figura 1.

Figura 1 – Fontes de geração de energia utilizadas no Brasil

Fontes utilizadas no Brasil - Unidades em Operação		
Origem	Potência Outorgada (kW)	% Potência Outorgada
Hídrica	106.361.346	66,48
Fóssil	27.995.921	17,50
Biomassa	14.306.218	8,94
Nuclear	1.990.000	1,24
Eólica	9.315.408	5,82
Solar	26.962	0,02
Total	159.995.855	100

Fonte: ÚNICA (2016b)

Observando a Figura 1 se expurgarmos os dados de geração de energia elétrica provenientes de combustíveis fósseis, a geração de energia através de biomassa assumiria a segunda posição no Brasil, ÚNICA (2016b).

Conforme Figura 2, extraída do Relatório Avaliação Quinzenal da Safra 2016/2017 divulgado pela UNICA, aponta para o aumento da produção em relação à safra passada, UNICA (2016c).

Figura 2 – Divulgação da produção de açúcar e etanol safra 2016/2017

AVALIAÇÃO QUINZENAL DA SAFRA 2016/2017 DA REGIÃO CENTRO-SUL

Posição em 16/07/2016

Valores ACUMULADOS até 16/07/2016

Produtos	Safras		Var (%)	
	2015/2016	2016/2017		
Cana-de-açúcar ¹	225.197	261.397	↑ 16%	
Açúcar ¹	10.606	13.806	↑ 30%	
Etanol anidro ²	3.360	4.275	↑ 27%	
Etanol hidratado ²	6.418	6.484	↑ 1%	
Etanol total ²	9.777	10.759	↑ 10%	
ATR ¹	27.714	32.778	↑ 18%	
ATR/ tonelada de cana ³	123,07	125,40	↑ 2%	
Mix (%)	açúcar	40,17%	44,21%	↑
	etanol	59,83%	55,79%	↓
Litros etanol/ tonelada de cana	43,42	41,16	↓ -5%	
Kg açúcar/ tonelada de cana	47,10	52,82	↑ 12%	

Fonte: UNICA. Nota: ¹ - mil toneladas; ² - milhões de litros; ³ - kg de ATR/ tonelada de cana. Para efeito do cálculo do "ATR produto", excluiu-se a produção acumulada realizada de etanol a partir do milho.

Podemos observar ainda na Figura 2 que ocorreu uma variação no mix de produção açúcar/etanol, estas variações ocorrem devido à variações de preços de mercado praticados.

2.1 Evolução na forma de colher a cana

Segundo Marques (2008), a colheita de cana-de-açúcar, pode ser feita de forma manual com uso de podão e emprego de fogo para facilitar o corte manual. Desta forma a cana-de-açúcar é trazida inteira para a indústria, já a colheita mecanizada, dispensa a uso de fogo e a cana-de-açúcar colhida é picada durante o processo da colheita.

Com a entrada em vigor da NR n°31 do MTE, através da Portaria MTE n.º 86, de 03 de março de 2005, melhores condições de trabalho e de segurança foram proporcionadas aos trabalhadores, tais como: vestimentas de segurança, calçados de proteção, luvas, proteções contra animais peçonhentos e cortes de facão, proteções contra a exposição ao sol, banheiros, áreas de vivência com mesas e cadeiras para refeições e descanso, entre outras; deste modo a maior preocupação a partir de então,

estava relacionada com a forma de remuneração pelo corte de cana (BRASIL. Ministério do Trabalho, 2005).

Muitas vezes era impossível apurar ou precisar previamente quanto se ganharia para cortar a cana devido a forma de remuneração por metro linear e tonelada de cana colhida, a saída encontrada para este problema, foi o estabelecimento de valor diário de ganho para os trabalhos de corte manual de cana-de-açúcar.

2.1.1 Colheita manual de cana-de-açúcar

O processo de corte manual inicia-se após a queima dos talhões e os trabalhadores cortam a cana-de-açúcar e a jogam no chão em montes ou leiras para serem carregados com uso de carregadeiras e caminhões. Em algumas empresas os caminhões não adentram ao canavial e a retirada da cana-de-açúcar é feita com o uso de tratores com carretas.

2.1.2 Colheita mecanizada de cana-de-açúcar

O maior desafio para a colheita mecanizada de cana-de-açúcar é conseguir plantar, cultivar e finalmente colher a cana com uso de máquinas em terrenos com topografia que apresentam elevada declividade.

Mesmo após os avanços tecnológicos várias áreas agricultáveis só podem ser colhidas de forma manual.

Segundo Mendes e Padilha Júnior (2007), o desenvolvimento tecnológico na agricultura evoluiu da economia tradicional com setores isolados de produção de insumos, processamento de produtos e comercialização para uma produção integrada desde a concepção de equipamentos, insumos, tecnologia de produção, desta forma os processos foram intimamente interligados.

Desta forma a revolução tecnológica no setor sucroenergético evoluiu, tanto em termos de aprimoramento dos equipamentos utilizados nas lavouras, quanto nos processos industriais.

Conforme Macedo et al. (2005), o Brasil desenvolveu variedades de cana-de-açúcar adaptáveis a vários tipos de solo, o que possibilitou o aumento de produção por área cultivada. Variedades resistentes a pragas e doenças também foram desenvolvidas, diminuindo os custos de produção e aumentando a produtividade.

As usinas estão aumentando o percentual de cana-de-açúcar colhida mecanicamente a cada ano, atendendo à legislação de redução e eliminação de queima, EMBRAPA (2016).

Germek (2005) descreve o crescimento da colheita mecanizada de cana-de-açúcar de forma que, no Estado de São Paulo no ano safra 1999/2000 foram utilizadas 390 unidades colhedoras de cana-de-açúcar. No ano safra 2001/2002 esse número aumentou para 508 unidades representando em torno de 30% da colheita mecanizada de cana-de-açúcar das lavouras de cana-de-açúcar do Estado.

Este capítulo teve como objetivo ilustrar a evolução na área agrícola em termos de colheita de cana, sendo este o setor que mais emprega trabalhadores em uma unidade sucroenergética.

Teve como objetivo também dar a dimensão da importância do setor sucroenergético brasileiro para o País.

Segundo Andrade, Carvalho e Souza (2010), mesmo após 500 anos de cultivo, a cana-de-açúcar continua tendo relevância para a economia brasileira. No início representou a primeira atividade industrial organizada no país, além de proporcionar a colonização do País proporcionando a fixação de pessoas em várias regiões do país, e teve na fabricação de açúcar seu auge inicial.

Conforme Andrade, Carvalho e Souza (2010), o setor teve relevada importância no país com a produção de etanol a partir de 1975 e finalmente podemos observar através dos relatórios de 2016 disponibilizados pela ÚNICA, que o setor mantém elevada relevância por representar a principal matriz energética renovável, produzindo açúcar, etanol e energia elétrica com potencial de aumento de produção como sinalizam as informações contidas nas Figuras 1 e 2.

No próximo capítulo estaremos descrevendo o processo de industrialização de cana-de-açúcar e os resíduos gerados em cada setor.

3 PRINCIPAIS RESÍDUOS GERADOS NO PROCESSO DE INDUSTRIALIZAÇÃO DE CANA-DE-AÇÚCAR

Este capítulo descreve as divisões dos setores de uma indústria sucroenergética, elencando os processos que ocorrem em cada setor de maneira sucinta, bem como os subprodutos gerados em cada etapa do processo e suas respectivas destinações. O objetivo deste capítulo é demonstrar ao leitor que vários subprodutos são gerados no processo industrial sucroenergético, dando uma visão melhor sobre o potencial de contaminação e dano ambiental que uma planta sucroenergética pode causar.

Como todas as atividades das indústrias de transformação, as atividades produtivas do setor sucroenergético geram resíduos.

Por falta de políticas públicas para controlar a geração dos mesmos, bem como sua correta destinação, muitos resíduos foram destinados de forma incorreta em áreas de descarte ou áreas de sacrifício em excessos no Meio Ambiente. Conforme descreve Freire e Cortez (2000, p.21):

Em 21 de maio de 1961, o então Presidente do Brasil, Jânio Quadros, baixava o Decreto Federal, nº 50.877, permitindo o lançamento de resíduos sólidos às águas desde que essa operação não implicasse na poluição das mesmas.

Segundo Jacobi (1999), as necessidades criadas com a geração de resíduos, favoreceram a formulação de políticas públicas com o objetivo de mitigar ou prevenir os danos causados por esse resíduo.

No setor sucroenergético esta relação ocorreu de forma gradativa, e hoje temos soluções que agregam valor aos resíduos, algumas políticas públicas foram implementadas para mitigar e prevenir as contaminações que poderiam ocorrer envolvendo resíduos sólidos ou líquidos.

Segundo Oliveira (1999), a política pública que aumenta o preço de um recurso natural, resulta na absorção desse custo (Ambiental) como custo de produção, isso fica muito claro quando analisamos os processos produtivos do setor sucroenergético, com a destinação correta dos subprodutos os custos de produção

aumentaram com a implantação das técnicas necessárias para utilização desses resíduos.

Esses custos foram internalizados contrabalanceando com as oportunidades de ganhos encontrados com a correta destinação, como exemplo podemos citar a utilização da vinhaça, torta de filtro e cinzas das caldeiras como fertilizantes, reduzindo o consumo de insumos industrializados.

Segundo Eigenheer (2009), aos poucos a administração das cidades foram percebendo que um sistema adequado de limpeza urbana precisa dispor de um bom sistema de coleta de resíduos. No setor sucroenergético a relação também é verdadeira.

Com a necessidade e preocupação em gerenciar os resíduos gerados, novas tecnologias foram desenvolvidas para possibilitar a segregação dos resíduos de forma perfeita, possibilitando a utilização de todo o conteúdo gerado, garantindo dessa forma que o Meio Ambiente não seja atingido.

Como forma de regulamentar a destinação dos resíduos, aplicam-se às atividades industriais exigências ambientais impostas pelos órgãos ambientais que visam monitorar e controlar as fontes de geração de resíduos. Como exemplo temos a implantação de poços de monitoramento do lençol freático (CETESB – COMPANHIA DE TECNOLOGIA E SANEAMENTO AMBIENTAL, 2015).

3.1 Setores da indústria sucroenergética

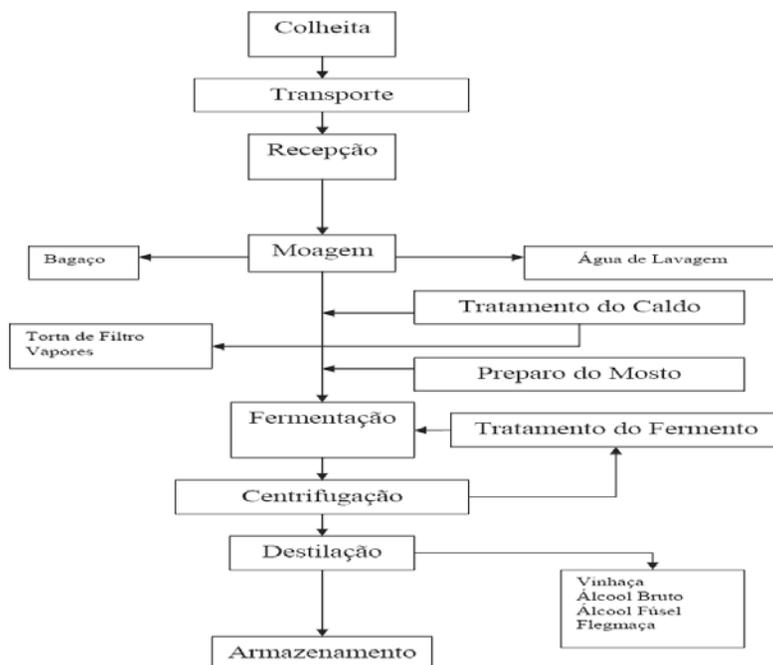
Na figura 3 (pag.31) temos a divisão básica dos setores que compõem uma unidade sucroenergética.

Conforme podemos observar na Figura 3, o processo de industrialização de cana-de-açúcar inicia na recepção, após a colheita e transporte.

Antes de entrar no processo através da recepção de cana, são realizadas a pesagem e coleta de amostra para a quantificação do teor de sacarose, é possível saber previamente quantos quilos de sacarose existem em uma tonelada de cana-de-açúcar e conseqüentemente, quanto será produzido de açúcar e etanol, considerando-se as perdas de processo.

Essa quantificação é feita através de coleta de amostra com uso de equipamento que perfura a carga retirando uma pequena amostra da cana-de-açúcar de cada carga que chega à indústria.

Figura 3- Divisão dos setores de uma unidade sucroenergética



Fonte: Andrade, Carvalho e Souza (2001)

Após a retirada da amostra, esta é enviada para o laboratório, onde através da extração do caldo, pesagens, e análises laboratoriais são mensurados os níveis de sacarose contidos na cana, quantidade de bagaço que resultará após a moagem e são estimados a quantidade de impurezas vegetais e minerais contidos em cada carga.

3.2 A recepção de cana

Após a pesagem e a quantificação do teor de sacarose, a carga é enviada para o setor de descarregamento, onde as cargas de cana são tombadas nas mesas alimentadoras.

É a partir das mesas alimentadoras que se inicia o setor de extração do caldo, o qual divide-se em:

- Recepção e Preparo de cana que compreende o picador e desfibrador, e
- Extração de caldo, que pode ser feito por moendas ou difusor.

A cana-de-açúcar que chega à unidade industrial pode ser oriunda de duas formas diferentes de colheita: a colheita manual ou a colheita mecanizada. As formas utilizadas para a colheita da cana-de-açúcar influenciam no tipo e na quantidade de resíduos a serem gerados durante seu processamento.

3.2.1 Cana colhida manualmente ou cana inteira

A cana inteira é a cana-de-açúcar que foi colhida manualmente normalmente com uso da queimada, como descrito anteriormente.

Após a queima ocorre a “transpiração” da sacarose da cana-de-açúcar, que facilita a fixação das cinzas da queimada e também a fixação de terra que ocorre quando a cana é cortada e jogada ao solo em leiras ou montes para ser carregada com uso de carregadeiras; as carregadeiras arrastam os feixes de cana no solo favorecendo a impregnação de impurezas minerais.

Portanto, a cana-de-açúcar chega à unidade industrial impregnada de cinzas, fuligem e terra, sendo necessária a remoção desses resíduos para diminuir a contaminação do processo e para prolongar a vida útil dos equipamentos, uma vez que, a areia causa a corrosão dos mesmos e serve como meio de transporte de microrganismos que chegam até o setor de fermentação competindo com o fermento selecionado no processo de fermentação, podendo causar também infecção no fermento, resultando em enormes prejuízos.

A retirada das cinzas, fuligem e areia é possível lavando-se a cana; trata-se de um circuito fechado de lavagem onde a água utilizada fica no processo por aproximadamente cinco dias.

O sistema de lavagem de cana retira as cinzas e terra que vem da lavoura, mas retira também a sacarose da cana queimada, conforme descreve Fernandes (2011 p. 149):

Em áreas onde foi utilizada a queima como auxiliar da despalha, a qual provoca exsudação de açúcares, as perdas na lavagem de colmos inteiros podem variar de 1% a 3% do total de açúcares da cana, ou seja, para cana com pol de 14% as perdas estarão entre 1,4 e 4,2 kg açúcares/t cana.

Portanto, após lavar a cana de açúcar na mesa alimentadora a água vai para as caixas de decantação levando os resíduos.

As caixas de decantação são construídas em concreto armado com fundo inclinado; os resíduos ficam retidos nas caixas e a água é bombeada de volta para a mesa de alimentação de forma contínua e para o sistema de lavagens de gases das caldeiras, o qual será abordado posteriormente.

Diariamente as caixas de decantação são limpas com uso de pá carregadeira e caminhões.

A areia e as cinzas são transportadas para a lavoura onde é feita a compostagem das cinzas e a terra é utilizada nos carregadores da lavoura ou espalhadas em áreas de reforma para posterior incorporação ao solo.

O volume gerado de impurezas minerais (areia) é em torno de 06kg/T de cana-de-açúcar processada em épocas de seca; e é em torno de 09kg/T de cana-de-açúcar processada em períodos chuvosos. (FERNANDES 2011, p.149).

Após a lavagem da cana inteira, a mesma é porcionada no esteirão em proporções adequadas com a cana picada proveniente da colheita mecanizada e segue pelo setor até o picador e desfibrador.

3.2.2 Cana colhida mecanicamente ou cana picada

A cana-de-açúcar colhida mecanicamente ou cana picada também carrega impurezas minerais, as quais devem ser separadas da cana com os mesmos objetivos que temos na cana inteira.

Mas ao contrário da cana inteira, a cana picada não pode ser lavada, uma vez que por estar picada, tem grande área interna dos colmos exposta impossibilitando a lavagem sob risco de perdas de sacarose também de proliferação de bactérias e fungos na cana a ser processada.

Portanto, são empregados sistemas de lavagem a seco através do insuflamento de ar.

Esse sistema retira grande parte da areia e palha que vem com a cana, porém não é tão eficiente como o sistema de lavagem com água, devido à fixação da areia nas partes expostas dos colmos.

Se considerarmos a mesma concentração de impurezas minerais que temos na colheita manual, considerando ainda que 90% da colheita é realizada de forma mecanizada, temos ao final de uma safra mais 40.500T de resíduos.

De acordo com Marques (2008), os resíduos gerados no setor de preparo de cana através da lavagem a seco, se a cana foi colhida mecanicamente ou lavagem com água se foi colhida manualmente, são:

Areia – Retirada no sistema de lavagem de cana inteira.

Água do sistema de lavagem – O consumo de água para lavagem de cana diminuiu no decorrer dos anos, conforme amostragens realizadas, Macedo (2005, p.31) descreve:

Os níveis de captação e lançamento de água para uso industrial tem sido reduzidos substancialmente nos últimos anos, de cerca 5m³/t cana captados (em 1990, e em 1997) atingiu-se 1,83m³/t cana em 2004 (amostragens em São Paulo).

Para possibilitar a redução do consumo de água, o sistema de lavagem de cana de açúcar é fechado, e a água passa por um tratamento para adequação de pH. Posteriormente é enviada para o canavial através de tubulações onde é aspergida

juntamente com a vinhaça “in natura” ou somente pura, conforme (FREIRE; CORTEZ, 2000).

Palha – a palha resultante do sistema de lavagem a seco, tem um elevado poder calorífico e sua destinação tem o objetivo de gerar energia elétrica para consumo próprio e para a venda. Isso é feito da seguinte forma: a palha passa por um moinho e é levada às caldeiras através de esteiras transportadora.

3.3 Preparo da cana-de-açúcar para a moagem

O setor de preparo de cana para a moagem é composto por dois equipamentos, sendo:

3.3.1 Picador e desfibrador

Após passar pela mesa alimentadora, a cana-de-açúcar chega através de esteiras transportadoras ao picador onde é picada e após ser picada é necessário fazer a abertura das fibras da cana-de-açúcar para se extrair a sacarose; esse processo de abertura das fibras é realizado pelo desfibrador.

Durante o processo de picar e desfibrar a cana, não são gerados resíduos.

Após a cana passar pelo picador e desfibrador temos como resultado um colchão uniforme de cana que passa pelo eletroímã, para a retirada de possíveis pedaços de metal oriundos da lavoura.

Essas partículas metálicas que podem ser retirados pelo eletroímã são classificados como sucata metálica não contaminada.

3.4 Extração de caldo

Existem dois sistemas de extração que podem ser utilizados para se extrair o caldo/sacarose da cana-de-açúcar, os quais descrevemos na sequência:

3.4.1 Moenda

A moenda é composta por conjuntos de ternos de moenda que podem variar de quatro a seis conjuntos sequenciais. No primeiro terno de moenda, é extraído o caldo primário, que é enviado para a fábrica de açúcar por ser mais rico em sacarose, e nos demais ternos é extraído o caldo secundário que é enviado para a fabricação de etanol.

Antes de ir para os setores de fabricação de açúcar ou etanol, o caldo de cana passa pelo setor de tratamento de caldo.

3.4.2 Difusor

O difusor é composto por um terno de entrada que fica após o eletroímã, onde é extraído o caldo primário como ocorre no sistema anteriormente descrito, na sequência temos o esteirão do difusor, onde o bagaço recebe vapor e água quente para retirada da sacarose e no final do difusor temos um terno de extração que tem o objetivo de extrair a parte líquida e a sacarose.

3.4.3 Bagaço de cana

Segundo Marques (2008), a cana-de-açúcar, após passar pelo sistema de preparo, é enviada para o sistema de extração, onde é retirada a sacarose, restando como resíduo o bagaço de cana com aproximadamente 50% de umidade.

O bagaço de cana é composto por fibras vegetais da cana-de-açúcar, tem concentrações variadas de sílica proveniente do solo agrícola e pode conter pequena parte de fibras vegetais diversas oriundas da infestação por ervas daninhas presente nos canaviais.

Este resíduo é utilizado diretamente nas caldeiras como combustível na geração de vapor para produção de energia elétrica.

3.5 Geração de vapor

O bagaço de cana oriundo do sistema de extração é transportado por esteiras de borracha até os alimentadores dos queimadores das caldeiras, sendo que o excesso de bagaço é transportado para o monte de bagaço para ser consumido quando o setor de extração estiver paralisado. A paralisação acontece normalmente por quebra, por chuvas ou por paradas programadas.

O bagaço que é dosado pelos alimentadores das caldeiras, é inserido na parte superior das mesmas e ao entrarem na fornalha recebem um jato contínuo de ar superaquecido, sua combustão ocorre em suspensão, chegando ao fundo da caldeira (grelha) somente as cinzas e a areia que não pode ser extraída pelo sistema de lavagem de cana-de-açúcar.

Abaixo do grelhado da caldeira, temos as canaletas por onde as águas de lavagem das cinzas correm de forma contínua e levam esses resíduos para as caixas de decantação onde se juntam com a água que chegam do sistema de lavagem de cana inteira quando há o sistema de lavagem de cana inteira ou são direcionadas para filtros prensa quando há somente o sistema de lavagem a seco.

Após a queima do bagaço parte das cinzas e areia são arrastadas pelo sistema de exaustão juntamente com os gases resultantes da combustão e são forçados a passar pelo lavador de gases.

O lavador de gases é um sistema que tem o objetivo de sequestrar os materiais particulados e gases contaminantes ambientais, resultando em vapor de água que é lançado para a atmosfera.

3.5.1 Resíduos do setor de geração de vapor

No setor de geração de vapor são originados os resíduos: areia, cinzas e água utilizada no lavador de gases da caldeira.

A água retorna para o processo em circuito fechado de lavagem de gases após tratamento com solução de água de cal para balanceamento do PH.

As cinzas da caldeira são enviadas para o campo onde são misturadas com a torta de filtro, calcário e gesso onde é feita a compostagem e aplicação na lavoura como fertilizante orgânico.

3.5.2 Cinzas das caldeiras

Orlando Filho (1983) acrescenta que, o processo de queima que ocorre no setor de geração de vapor gera dois tipos de resíduos que são:

- **Cinzas da caldeira** – a queima incompleta do bagaço gera cinzas que são retiradas pela grelha inferior da caldeira através de correntes de água, que são levados para a estação de tratamento de água da caldeira. Após a separação da água e da cinza, a água retorna para o processo da caldeira em circuito fechado e as cinzas são enviadas para a lavoura.
- **Areia** – após a queima do bagaço restará também a areia oriunda das atividades de colheita, ela é separada juntamente com as cinzas. Esses dois resíduos retornam para a lavoura após a compostagem com outros resíduos industriais.

Segundo Pereira Neto (2007), grandes parcelas de resíduos produzidos nas atividades industriais são de origem orgânica tendo em sua constituição básica, carbono, oxigênio e hidrogênio. Em seu manual de compostagem, ressalta que a compostagem é necessária para viabilizar o potencial de fertilização da matéria orgânica evitando assim que ocorra degradação descontrolada no meio ambiente.

3.5.3 Águas residuárias

- Os gases da combustão precisam passar por um tratamento antes de serem lançados para a atmosfera, portanto, passam por um processo de lavagem de gases para a retirada de cinzas e material particulado. A água de lavagem de gases é mantida em sistema fechado de lavagens de gases por um período e posteriormente é descartada como águas

residuais no sistema de fertirrigação juntamente com a vinhaça “in natura”.

3.6 Tratamento de caldo

O objetivo principal no setor de tratamento de caldo é retirar água do caldo, clareá-lo e esterilizá-lo para que microrganismos indesejáveis não cheguem até a fermentação.

O caldo de cana-de-açúcar chega ao setor de tratamento de caldo através de bombeamento do sistema de extração; inicialmente recebe solução de cal para correção do pH⁶, com o objetivo de facilitar a decantação nas fases seguintes e também proteger os equipamentos para que não sofram corrosão.

O caldo é enviado para os decantadores onde as partículas com maior densidade decantam; na próxima etapa do processo o caldo passa pelo flotor, onde são adicionados polímeros que promovem a aglutinação das partículas com menor densidade e estas vão para a superfície.

Essas partículas originam o que se chama de lodo que é enviado para filtros rotativos e filtros prensa que separam a parte sólida da líquida dando origem a um resíduo orgânico chamado de Torta de Filtro.

3.6.1 Torta de filtro

Segundo Orlando Filho (1983), para cada tonelada de cana-de-açúcar processada, são gerados cerca de 30kg de “torta de filtro”, um material rico em matéria orgânica, cálcio, fósforo e nitrogênio, sendo portanto, um excelente fertilizante orgânico, utilizado na lavoura de cana-de-açúcar após a compostagem com as cinzas e areia da caldeira.

Segundo Pereira Neto (2007), a compostagem de baixo custo, envolve processos simplificados e é realizada em pátios de compostagem; o composto final é

⁶ pH - potencial hidrogênio, que indica a acidez ou basicidade de uma solução aquosa

enviado posteriormente às lavouras, onde é cuidadosamente dosado no canavial, sendo um excelente adubo orgânico.

Após esse processo o caldo é enviado para os pré evaporadores.

Nos pré evaporadores, parte do volume de água evapora aumentando a densidade e concentração do caldo.

Seguindo no processo o caldo é enviado para outros evaporadores onde é ainda mais concentrado resultando em um composto chamado xarope.

O xarope é enviado para os setores de fabricação de açúcar e para o setor de fermentação que compõe a fábrica de etanol.

3.7 Fabricação de etanol

O xarope é enviado para o setor de fermentação onde é diluído com água para ficar em uma concentração de Brix⁷ ideal para a fermentação ocorrer com eficiência.

No setor de fermentação, o xarope diluído é misturado com o fermento para que ocorra a fermentação alcoólica e conseqüentemente a produção de Etanol, nesta etapa essa mistura recebe o nome de mosto.

A maioria das empresas sucroenergéticas trabalham com concentrações alcoólica em torno de 7%.

Após a fermentação alcoólica o mosto é enviado para a centrifugação que tem por objetivo separar o fermento do mosto.

Nessa etapa, após a retirada do fermento por processo de centrifugação, o mosto passa a se chamar vinho, que seguindo o processo, é enviado para as colunas de destilação.

Segundo Orlando Filho (1983), o processo de destilação de álcool a partir de cana-de-açúcar consiste em separar o álcool da “água” e de compostos originados

⁷Brix é uma escala numérica de índice de refração (o quanto a luz desvia em relação ao desvio provocado por água destilada) de uma solução. A escala Brix é utilizada na indústria sucroenergética para se apurar a quantidade de açúcar contido em uma solução.

no processo de fermentação, sendo esta parte líquida e os compostos o resíduo denominado vinhaça.

Conforme Coopersucar (1983), denomina a vinhaça também como vinhoto. É um resíduo resultante do processo de destilação alcoólica após o processo de fermentação do caldo de cana-de-açúcar. Para cada litro de etanol produzido, são gerados aproximadamente 13 litros de vinhaça.

Granato e Silva (2002, p.2) discorre que:

Através dos resultados obtidos e publicados pela Coopersucar (1979), obtém-se que dos resíduos da fabricação do álcool, a vinhaça é sem dúvida, o mais importante, não só em termos de volume gerado, mas também em potencial poluidor.

Logo, podemos observar que a vinhaça é gerada em abundância na produção de etanol e apresenta um grande poder de contaminação devido ao volume gerado e à carga orgânica que possui, caso não seja devidamente tratada ou não sejam obedecidas as normas que regulamentam sua disposição.

A vinhaça tem como utilização final o uso agrônomo como fertilizante.

Devido às formas que existem de utilização e também devido a vinhaça ser o foco deste trabalho, terá um capítulo dedicado as formas de utilização.

3.8 Fabricação de açúcar

O processo de fabricação de açúcar consiste basicamente em concentrar a sacarose, eliminando a água da mistura.

Nesse processo a sacarose passa por um processo de cozimento e concentração onde se formam cristais de açúcar pela aglutinação de sacarose.

O subproduto desse processo são os açúcares contidos no processo que não cristalizam, são enviados para a fábrica de etanol para diluição e é utilizado como matéria prima para fabricação de etanol.

Os setores da indústria sucroenergética, geram subprodutos que sofrem variações de quantidade gerada de acordo com a época do ano e em função de chuvas

que favorecem a geração de impurezas minerais (terra) e também impurezas vegetais (ervas daninhas).

O teor de fibra do bagaço de cana-de-açúcar também sofre variações devido às estações do ano, onde temos mais fibras nas épocas secas do ano, gerando uma quantidade maior do resíduo bagaço de cana.

No decorrer desse capítulo foram elencados os subprodutos gerados nos processos produtivos de uma unidade sucroenergética, estes sofrem variações de uma unidade para outra em função do clima, tipo de solo, relevo, etc.

Este capítulo nos possibilitou ter uma visão geral do processo industrial sucroenergético e também quais os subprodutos gerados em cada etapa do processo.

No próximo capítulo, serão abordados os assuntos relacionados com a legislação ambiental sobre a estocagem, transporte e aplicação da vinhaça.

4 A LEGISLAÇÃO AMBIENTAL APLICADA À VINHAÇA

Neste capítulo são abordadas as legislações ambientais relacionadas à destinação da vinhaça. O objetivo é passar para o Leitor os pontos de principal atenção relacionados às exigências bem como demonstrar a evolução histórica da legislação.

Segundo Freire e Cortez (2000), data de 1908 uma das primeiras iniciativas com o intuito de diminuir o abuso de usinas da época lançadoras de vinhaça em corpos d'água, o governador de Pernambuco, Herculano Bandeira, que reportou o assunto à Assembleia Legislativa estadual. Somente em 1946 foi expedido o primeiro Decreto-Lei nº 1.421 que criou a Comissão Permanente de Proteção aos Cursos D'água.

A partir daí, vários Decretos foram se interpondo buscando controlar a emissão desse resíduo, e Segundo Freire e Cortez (2000), em 1967 o Governo Federal baixou o decreto-lei nº 303 proibindo o lançamento de vinhaça “in natura” nos rios e lagoas com o objetivo de evitar a poluição do meio ambiente. Em 1988 a Constituição Federal determinou que cabe à União Federal, aos Estados, ao Distrito Federal e aos Municípios a proteção do meio ambiente combatendo quaisquer formas de poluição.

4.1 Norma Técnica no Estado de São Paulo – P4.231 da Cetesb

Muitas normas técnicas desenvolvidas no Estado de São Paulo são utilizadas em outros estados, alguns estados adotam a norma na íntegra com poucas alterações, isso acontece com normas ambientais, normas do corpo de bombeiros e outras.

Por este motivo analisaremos esta norma e suas evoluções e posteriormente será analisada a norma que regulamenta o tema no Estado do Mato Grosso do Sul.

Conforme CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 2015, os critérios e procedimentos para armazenamento, transporte e aplicação de vinhaça em solo agrícola no Estado de São Paulo, foram regulamentados

pela Norma Técnica P4.231/2005, homologada pela Decisão de Diretoria Nº 035/2005/E, anteriormente a esta norma não havia regulamentação sobre o tema.

A Norma Técnica P4.231/2015 descreve ainda que no ano seguinte a versão P4.231/2005 passou por uma revisão, homologada pela Decisão da Diretoria nº 262/2006/C/e sua última revisão ocorreu no ano de 2015, homologada pela Decisão da Diretoria nº 045/2015/C.

Nesta última revisão foi atualizada para atender as inovações tecnológicas que foram implementadas desde a última edição.

Comparando a versão de 2006 com a versão de 2015, podemos observar que a atualização da norma passou a ser menos restritiva que a versão anterior.

De certa forma isso acaba oferecendo possibilidades de aplicação desse resíduo onde antes não era permitido e diminui também as exigências quanto a proteções e bloqueios às possíveis contaminações.

Para evidenciar essas mudanças, analisaremos as duas versões da Norma Técnica P4.231, destacando os pontos críticos que podem gerar facilidades e podem resultar em contaminação ambiental ou podem interferir em biomas que antes estavam preservados.

4.2 Análises das versões de 2006 e 2015 da Norma Técnica P4.231 da Cetesb

Serão elencados na Tabela 1 somente os itens que sofreram alterações, evidenciando as alterações sob o ponto de vista de proteção ambiental.

Tabela 1 – Comparativo da Norma Técnica P 4.231 da Cetesb – versões 2006 e 2015

Itens alterados	Versão 2006	Versão 2015
a) Zonas de amortecimento de unidades de conservação de proteção integral.	Em seu item 5.1.1 proibia a aplicação de vinhaça nas zonas de amortecimento de unidade de conservação de proteção integral.	Permite a aplicação com exceção onde houver proibição no plano de manejo da unidade
b) Área de proteção de poços	Em seu item 5.1.4, não permitia a aplicação de vinhaça nas áreas de proteção de poços,	Possibilita a aplicação do resíduo a uma distância mínima de 100 metros, caso a área de proteção de poços não esteja regularmente definida.
c) Terraços de segurança	Seu item 5.1.7 preconiza que a construção de terraços de segurança era obrigatória para áreas de	Flexibiliza o tipo de proteção referindo-se a mesma somente como "proteção por sistema de

	aplicação próximas de Áreas de Preservação Permanente	segurança”, ficando em aberto que tipo de sistema de proteção seria necessário.
d) Escarificação do solo para aumentar capacidade de absorção	Era exigido a escarificação do solo em terrenos com declive superior a 15%.	Exigência foi suprimida.
e) Águas residuárias	A incorporação de águas residuárias não era restringida na norma de 2006, na nova revisão, a incorporação só é permitida mediante a autorização prévia pela Cetesb, conforme preceitua o item 5.1.10 da revisão 2014.	A incorporação só é permitida mediante a autorização prévia pela Cetesb, conforme preceitua o item 5.1.10.
f) Periodicidade de amostragem de água dos poços de monitoramento	O período estabelecido para coleta de amostra de água dos poços de monitoramento era semestral conforme alínea A do item 5.3.1	A exigência agora é amostragem anual
g) Parâmetros para análises de água de poços de monitoramento	Estabelecia um conjunto de parâmetros para realização das análises de água de poços de monitoramento	Novos parâmetros passaram a ser exigidos como: sódio, magnésio e fósforo total, mas foram retirados os padrões de dureza, manganês, alumínio, ferro, sólidos dissolvidos totais e fenóis totais.
h) Definição de critério para aplicação de vinhaça.	Tínhamos critérios definidos como limite para aplicação de vinhaça	Estabelece que deve ser feito o estudo considerando o relevo, necessidade da cultura, profundidade e fertilidade do solo e a concentração de potássio na vinhaça; além desses preceitos, determina também que a forma de aplicação não deve provocar erosões, acúmulo de vinhaça na superfície, gerar odores e proliferar vetores.
i) Monitoramento da qualidade do solo e águas subterrâneas	Conforme item 5.10.2, faz considerações genéricas sobre o monitoramento da qualidade do solo agrícola e monitoramento de qualidade das águas subterrâneas, comparando os resultados com padrões de potabilidade estabelecidos pelo Ministério da Saúde.	Em seu item 5.9.2, são estabelecidos valores orientadores para solo e águas subterrâneas conforme
j) Mapeamento de poços de monitoramento	Não havia previsão sobre este assunto	Exige o mapeamento dos poços de monitoramento que deve ser apresentado juntamente com o plano de aplicação de vinhaça, conforme preceitua o item 6
K) Parâmetros para caracterização da vinhaça	Definia padrões de DBO e DQO conforme item 6.1.1	Excluiu os padrões de DBO e DQO conforme item 6.1.1 e outros padrões foram incrementados como: fósforo total e cloreto, conforme item 7
l) Caracterização da qualidade ambiental do solo	Item 5.10.2, faz considerações genéricas sobre o monitoramento da qualidade do solo agrícola	Em seu item 5.9.2, são estabelecidos valores orientadores para análises de solo e águas subterrâneas

Fonte: CETESB – Companhia de Tecnologia e Saneamento Ambiental, 2006; 2015.

Organizado pelo autor

Como podemos observar na Tabela 1, alguns itens da nova versão da norma foram mais restritivo e outros passaram a ser menos protetivos.

Conforme é mencionado na revisão da Norma P4.231/2015, a mesma foi revisada considerando-se as melhorias de processos e inovações tecnológicas adotadas pelo setor desde 2006.

Considerando que algumas empresas sucroenergéticas não estão encontrando formas de se atualizar tecnologicamente, em função das crises que o setor passou; deixar de exigir a proteção que existia causa o risco de agressão ao Meio Ambiente.

Por outro lado alguns itens passaram a ser mais restritivos adotando referências que devem ser seguidas.

4.3 Resolução nº19/15 SEMADE – Mato Grosso do Sul

A empresa pesquisada está localizada no Estado do Mato Grosso do Sul, passaremos então, a analisar a norma vigente neste Estado.

No Estado do Mato Grosso do Sul, predominava as culturas de soja e milho, e até pouco tempo não havia legislação sobre a aplicação de vinhaça ou norma sobre fertirrigação.

Nos últimos anos várias unidades sucroenergéticas de grande porte foram instaladas no Estado.

Devido à alta produtividade do solo e o porte das unidades, grandes volumes de vinhaça são gerados, forçando o Estado a adotar política pública sobre o assunto, sob pena de deixar o Meio Ambiente do Estado do Mato Grosso do Sul vulnerável à contaminação.

Para regulamentar o armazenamento, transporte e aplicação da vinhaça gerada pelas unidades sucroenergéticas no estado, o Governador do Estado do Mato Grosso do Sul sancionou a Lei nº 4.661/2015, publicada em 29/04/2015 no Diário Oficial do Estado (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

Conforme Art. 1º da Lei nº 4.661/2015, tem como objetivo estabelecer as diretrizes para o armazenamento, transporte e a aplicação da vinhaça gerada pelas unidades sucroenergéticas (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

Em seu Art. 3ºa Lei nº 4.661/2015 determina a obrigatoriedade por parte das unidades sucroenergéticas de elaborar, atualizar e encaminhar anualmente ao órgão ambiental competente o Plano de Aplicação da Vinhaça (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

A Lei nº 4.661/2015 não especifica em seu texto se está se referindo a vinhaça “in natura” (convencional), vinhaça concentrada e também não aborda sobre o uso e destinação de águas residuárias (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015). No mesmo ano, a SEMADE - Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, através de seu Secretário de Meio Ambiente e do Desenvolvimento Econômico, oficializou a Resolução SEMADE nº19/2015 publicada no Diário Oficial do Estado (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

Em seu Art. 1º a Resolução SEMADE nº19/2015 define critérios mais específicos que a Lei nº 4.661/2015, pois estabelece critérios e os procedimentos para armazenamento, distribuição e a aplicação de vinhaça “in natura” e também de águas residuárias geradas no processo das unidades sucroenergéticas.

Analisando a Resolução SEMADE nº19/2015, podemos observar que apresenta muitos pontos idênticos à Norma Técnica P 4.231/2015 da CETESB.

4.4 Considerações finais relacionadas ao uso da vinhaça “in natura”

A empresa pesquisada está inserida em um estado onde a norma que regulamenta o uso da vinhaça é recente, vemos que a Resolução SEMADE nº 19/2015 do Mato Grosso do Sul, chega a ser em alguns pontos a transcrição da Norma Técnica P 4.231/2015 da Cetesb.

Entendemos que não há problemas em utilizar normas que já foram implantadas e experimentadas em outros estados.

De certa forma, diferenças existem entre as normas do estado de São Paulo, a maior diferença entre elas é a obrigatoriedade de monitoramento de águas superficiais a montante e a jusante das áreas onde se usa a fertirrigação.

Portanto, é possível concluir que o Estado do Mato Grosso do Sul está demonstrando bons controles e exigências que visam proteger o Meio Ambiente.

4.5 Legislação sobre vinhaça concentrada

Analisando a política pública P4.231/2015 do Estado de São Paulo e a política pública Resolução SEMADE nº19/2015 do Estado do Mato Grosso do Sul, podemos observar que o armazenamento, distribuição e aplicação de vinhaça “in natura” pelas indústrias sucroenergéticas são fartas em exigências e parâmetros para garantir a controle e proteção do Meio Ambiente (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

Nas nossas análises encontramos apenas uma única vez a referência à vinhaça concentrada; no item que trata sobre determinação da aplicação de vinhaça em função do potássio. Verificamos que a empresa pesquisada apresenta o PAV – Plano de Aplicação de Vinhaça anualmente ao órgão ambiental e os PAV apresentados incluem as áreas onde se aplicam a vinhaça concentrada.

Portanto, mesmo que a norma apresente como objetivo regulamentar o uso da vinhaça “in natura”, a empresa pesquisada utiliza as mesmas diretrizes para o armazenamento, distribuição e aplicação de vinhaça concentrada.

5 VINHAÇA -DA EVOLUÇÃO DO DESCARTE COMO RESÍDUO À UTILIZAÇÃO COMO FERTILIZANTE

O presente capítulo descreve a composição química da vinhaça, identificando os compostos químicos existentes e necessários para as plantas. Descreve também algumas pesquisas que foram realizadas com o objetivo de identificar usos alternativos para a vinhaça.

O objetivo principal desse capítulo é demonstrar que a vinhaça não é um subproduto exclusivamente poluidor, uma vez que possui compostos químicos que são indispensáveis para as plantas. Outro objetivo é demonstrar que é possível utilizar a vinhaça para outros fins além da fertirrigação.

5.1 Composição da vinhaça

Conforme relata Orlando Filho (1983), é necessário conhecer a composição química da vinhaça que será utilizada para orientação das dosagens que devem ser aplicadas. Os nutrientes encontrados na vinhaça estão divididos em macronutrientes e micronutrientes.

5.1.2 Macronutrientes

Segundo Prado (2008), macronutrientes são nutrientes absorvidos ou exigidos pelas plantas em maiores quantidades; são eles: o Nitrogênio(N), Fósforo(P), Potássio(K), Cálcio(Ca), Magnésio(Mg) e o Enxofre(S).

Os macronutrientes são essenciais para as plantas, sendo o nitrogênio, o fósforo e o potássio os elementos de maior relevância conforme discorre Helfgott (1997, p.218), sobre a importância dos macronutrientes:

[...] El nitrógeno (N) es un constituyente fundamental de las proteínas y de los ácidos nucleicos. El fósforo (P) forma parte de la adenosina trifosfato (ATP), que es un compuesto esencial en el metabolismo, pues suministra la energía necesaria para que ocurran las reacciones. El potasio (K) y varios elementos

menores pueden actuar como cofactores, como reguladores y para mantener la integridad de las membranas celulares.

Em tradução livre, o autor afirma que o nitrogênio (N) é um componente fundamental das proteínas e dos ácidos nucleicos. O fósforo (P) faz parte da adenosina trifosfato (ATP), sendo este um composto essencial para o metabolismo das plantas, fornecendo energia necessária para que ocorram as reações. O Potássio (K) e outros elementos menores, podem atuar como reguladores e mantem a integridade das membranas celulares

Segundo Prado (2008), em análises feitas das partes aéreas da cana-de-açúcar concluiu-se que os níveis de macronutrientes exportados com a colheita de 100T/cana-de-açúcar/ha foram os seguintes:

- A) Potássio(K) – 155 kg a cada 100ton/ha,
- B) Nitrogênio(N) – 150 kg a cada 100ton/ha,
- C) Cálcio(Ca) – 100 kg a cada 100ton/ha,

A variação dos elementos contidos na vinhaça, também sofre influência do clima, época do ano que a colheita está ocorrendo, aplicações de nutrientes que são feitas no solo, tipo de açúcar que está sendo produzido (branco ou demerara), variedade cultivada, tipo de solo, etc. (FREIRE; CORTEZ, 2000).

Cada macronutriente desempenha um papel fundamental para as plantas, sendo que o grau de importância pode variar de uma espécie cultivada para outra.

Na Tabela 2, temos as principais funções dos macronutriente existente na vinhaça.

Tabela 2 – Função dos macronutrientes na formação da lavoura

Participação dos macronutrientes na formação e na qualidade da colheita	
Elemento	Funções
Nitrogênio	Estimula a formação e o desenvolvimento de gemas floríferas e frutíferas, maior vegetação e perfilhamento, aumenta o teor de proteína
Fósforo	Acelera a formação de raízes, aumenta a frutificação, apressa a maturação dos frutos, aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras, proteínas, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio
Potássio	Estimula a vegetação e o perfilhamento (gramíneas), aumenta o teor de carboidratos, óleos, gorduras e proteínas, estimula o enchimento de grãos,

	diminuindo o chochamento, promove armazenamento de açúcar e amido, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio, aumenta a utilização de água, aumenta a resistência a secas, geadas, pragas e moléstias.
Cálcio	Estimula o desenvolvimento das raízes, aumenta a resistência a pragas e moléstias, auxilia a fixação simbiótica de nitrogênio, maior pegamento das floradas
Magnésio	Colabora com o fósforo
Enxofre	Aumenta a vegetação e a frutificação, aumenta o teor de óleos, gorduras e proteínas, ajuda a fixação simbiótica de nitrogênio.

Fonte: Malavolta, Vitti e Oliveira (1997, p. 66).

5.1.3 Micronutrientes

Segundo Prado (2008), micronutrientes são nutrientes absorvidos ou exigidos pelas plantas em menores quantidades, que são o Ferro(Fe), Manganês(Mn), Zinco(Z), Cobre(Cu), Boro(B), Cloro(Cl) e o Molibdênio(Mo). Considera também que em alguns casos, determinados tipo de culturas apresentam uma concentração de micronutrientes maiores que a concentração de determinados macronutrientes.

Segundo Malavolta, Vitti e Oliveira (1997), assim como os macronutrientes, os micronutrientes tem suas funções definidas para as plantas e apresentam funções que completam as funções dos macronutrientes nas plantas ou auxiliam na absorção dos mesmos.

Conforme Tabela 3, temos as funções dos micronutrientes presentes na vinhaça

Tabela 3 – Função dos micronutrientes na formação da lavoura

Participação dos micronutrientes na formação e na qualidade da colheita	
Elemento	Funções
Cobre	Aumenta a resistência a doenças, menor esterilidade masculina (cereais)
Ferro	Fixação de nitrogênio
Manganês	Aumenta a resistência a algumas doenças
Zinco	Estimula crescimento e frutificação

Fonte: Malavolta, Vitti e Oliveira (1997, p. 66).

Segundo Freire e Cortez (2000), a vinhaça é rica em potássio, nitrogênio e cálcio, mas é pobre em micronutrientes; elementos minerais que persistem até a fase final dos processos industriais de fermentação e destilação, por isso quando se concentra a vinhaça, a proporção de concentração obtida com os micronutrientes não é a mesma que as obtidas com os macronutrientes.

Freire e Cortez (2000) constata também que a vinhaça resultante da destilação de mosto fermentado a partir de melaço de açúcar demerara é mais rica em nutrientes que a vinhaça resultante da destilação de mosto fermentado a partir de melaço de açúcar branco; isto se deve ao fato de que para produzir açúcar branco, é necessário sulfitar o caldo e para a fabricação de açúcar demerara é necessário apenas a adição de leite de cal para correção de PH.

5.1.4 Matéria orgânica

Segundo Freire e Cortez (2000), a concentração de matéria orgânica contida na vinhaça, varia em torno de $35,45\text{kg/m}^3$ (3,5g/L) a $30,63\text{kg/m}^3$ (3,0 g/L) de vinhaça.

Já Orlando Filho (1983, p.236) descreve:

[...] diversos fatores que interferem na composição química da vinhaça, ressaltando-se a natureza e a composição da matéria prima, assim como o tipo e a condução do aparelho de destilação.

Conforme Orlando Filho (1983), há variação da composição da vinhaça e a mesma apresenta valores de concentração de matéria orgânica que variam de 15kg/m^3 (1,5g/L) a 56kg/m^3 (5,6g/L).

5.2 Vinhaça “in natura”

Segundo Granato e Silva (2002), a vinhaça “in natura” tem alto potencial de contaminação devido ao volume de água e suas características químicas. A aplicação com carretel foi a alternativa encontrada para aplicá-la através da aspersão

atingindo níveis de precisão bastante elevado tanto em termos de distribuição quanto em termos de volume aplicado por hectare.

A construção de tanques de armazenamento e a transposição de cursos d'água pelas tubulações representam também riscos ambientais.

Portanto, concluímos que a utilização de vinhaça "in natura" não é viável economicamente e também não é uma prática sustentável.

De acordo com Freire e Cortez (2000), o transporte de vinhaça "in natura" por tubulações, canais ou caminhões são viáveis tecnicamente somente em distâncias até 20km devido ao seu volume.

5.3 Vinhaça concentrada

Freire e Cortez (2000), descreve a vinhaça concentrada como um xarope estável e concentrado que pode ser utilizado como fertilizante e analisa várias formas de aplicação de vinhaça concentrada com uso de caminhões. Comparou os processos de descarga por gravidade e o processo de descarga por bombas; concluiu que os dois tipos de descarga com sistema de distribuição feita através de barra perfurada, ou com prato defletor ou com barra com seis pratos defletores, sofreram influência da carga hidráulica do tanque não sendo possível uma conformidade de distribuição longitudinal.

Em outra análise, concluiu que a aplicação com caminhão dotado de moto bomba a diesel acoplada a uma barra perfurada com 31 orifícios de saída não sofreu interferência da carga hidráulica do tanque.

Independente do tipo de aplicação de vinhaça, existem limites estabelecidos para aplicação.

Conforme Prado (2008), para cada 100T/cana/ha, são extraídos 155Kg de potássio, já Orlando Filho (1983) descreve que a quantidade de potássio extraída pela cana após 12 meses é de 192kg.

A regulamentação do tema no Estado do Mato Grosso do Sul – Brasil, diz que a concentração de potássio no solo não pode exceder 5% da capacidade de Troca Catiônica do solo, com exceção dos casos de reposição de nutrientes em função da extração média da cultura em torno de 185 kg de potássio por hectare por ano,

conforme Legislação Estadual do Mato Grosso do Sul, Resolução SEMADE nº19/2015, item V do Art. 2º (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

5.4 Possibilidades de utilização da vinhaça

Ao longo dos anos a utilização da vinhaça vem passando por fases, as quais podemos entender como fases de evolução, Orlando Filho (1983, p. 235) descreve:

As opções de aproveitamento de vinhaça são:

- a) Produção de proteínas unicelulares, através da fermentação aeróbica;
- b) Produção de gás metano, através de fermentação anaeróbica;
- c) Concentração, ao redor de 60° Brix, com as seguintes possibilidades de uso do concentrado:
 - c1) componente de rações;
 - c2) utilização na lavoura como adubo;
 - c3) queima para produção de fertilizantes;
- d) Utilização agrícola do resíduo “in natura” na lavoura,...

Segundo Freire e Cortez (2000) inicialmente, houve grave erro ao recomendarem a destinação da vinhaça na forma de aplicação em grandes quantidades no solo, e em 1975 passou-se a defender que a destinação deveria obedecer a critérios como o conhecimento de sua composição química, análise do solo bem como o conhecimento da topografia do local de destinação.

Freire e Cortez (2000), discorre ainda que a DBO da vinhaça varia de 12.000 a 20.000 ppm, e essa agressividade ocorre devido sua alta carga de matéria orgânica, necessitando de todo ou quase todo oxigênio dissolvido na água para poder oxidar essa matéria orgânica.

A forma de destinação e aproveitamento da vinhaça mais utilizada é a aplicação “in natura” nos canaviais, segundo Freire e Cortez (2000); até 1986/87, o percentual de aplicação chegou a 75,8%, sendo o restante desse volume, destinado a áreas de sacrifício, tanques, aplicação em estradas e uma pequena parte destinada a biodigestão para ser utilizada como ração animal.

Orlando filho (1983, p.237) descreve:

Os tanques de decantação e as áreas de infiltração constituem os principais tipo de áreas de segurança, também conhecidos como “áreas de sacrifício” ou “áreas pulmões”. Nas primeiras, o objetivo básico é a decantação [...]

Como podemos observar, essas áreas denominadas de áreas de segurança, traduzem-se na realidade em áreas de contaminação. Não sendo portanto, adequadas ao depósito de vinhaça.

5.5 Fertirrigação

Segundo Segato et al. (2006), fertirrigação é a aplicação de fertilizantes solúveis através da água de irrigação e é uma prática essencial no cultivo de culturas irrigadas desde que se utilize um sistema de irrigação que apresente uma elevada uniformidade de aplicação.

No sistema de cultivo de cana-de-açúcar convencional, ou seja, sem a utilização de irrigação, a aplicação de fertilizantes de forma fracionada é inviável em função do porte do canal que impede o acesso de equipamentos de fertirrigação.

Os fertilizantes indicados para serem aplicados na fertirrigação, são os solúveis em água.

Segundo Segato et al. (2006), a cana-de-açúcar tem necessidade de alto teor de água durante todo período de crescimento; considera que a disponibilidade de água para o canal é o principal fator que causa variações de produção.

Freire e Cortez (2000), define fertirrigação como um processo conjunto de irrigação e adubação, onde se utiliza a água de irrigação para transportar e distribuir o fertilizante químico; considera que no contexto de fertirrigação com vinhaça, o sistema consiste apenas em um processo de aplicação de adubo e molhamento do solo, ficando fora do contexto de irrigação propriamente dito. Neste caso interessa mais a quantidade de potássio carregada pela vinhaça que chega ao solo durante a aplicação.

As principais formas de execução de fertirrigação são:

5.5.1 Fertirrigação por inundação

Segundo Freire e Cortez (2000), a fertirrigação pode ser feita pelo sistema de inundação; sendo este um processo empírico sem controle adequado de quantidade aplicada.

Para a implantação desse método é necessária a preparação do terreno construindo-se canais principais de distribuição e sulcos de infiltração.

Segundo Segato et al. (2006), a vinhaça é um resíduo rico em matéria orgânica e elementos minerais, influenciando na elevação do pH do solo e quando aplicada em doses elevadas pode tornar o solo alcalino. Ocorrendo a alcalinização do solo de forma prolongada, o mesmo torna-se indisponível, para as plantas, os elementos minerais fundamentais para nutrição das mesmas.

Desta forma a utilização de fertirrigação por inundação não é uma prática segura de aplicação de fertilizantes quer seja do ponto de vista ambiental ou agronômico.

5.5.2 Fertirrigação por aspersão

Atualmente o sistema de aspersão é o método mais utilizado pelas unidades sucroenergéticas. A fertirrigação por aspersão pode ser feita por pivô, ou sistemas semifixos.

De acordo com Freire e Cortez (2000), os sistemas semifixos consistem em tomadas de vinhaça em canais que margeiam os talhões onde conjuntos moto bomba aplicam os subprodutos por aspersão a lança.

Tal sistema também não apresenta uniformidade de aplicação, recaindo também no mesmo problema de ter excesso ou falta de macronutrientes no canavial.

Com o passar dos anos vários testes foram realizados buscando um melhor controle de aplicação da vinhaça. Atualmente o sistema de aplicação que melhor atende às necessidades do método de aplicação por aspersão foi o sistema de carretel.

Encontramos na maioria das unidades sucroenergéticas a utilização do sistema de fertirrigação por carretel; o sistema é composto por tubulação de abastecimento, sistema moto bomba, carretel com tubulação e canhão sobre chassi com rodas.

5.5.3 Sistema de aplicação de vinhaça por carretel

Juntamente com a vinhaça “in natura” são aplicadas as águas residuárias as quais tem origem no processo produtivo, como exemplo: água de lavagem de piso, água do lavador de gases da caldeira, água de higienização e assepsia de equipamentos, etc.

Analisando o cenário sucroenergético vemos que uma pequena parcela da destinação sempre será feita através da aplicação por aspersão, principalmente pela existência de águas residuárias que precisam ser destinadas ao canavial.

5.6 Uso da vinhaça na construção civil

Conforme Freire e Cortez (2000, p.144) descreve:

[...] pesquisas desenvolvidas na Faculdade de Engenharia Agrícola da Universidade Estadual de Campinas – UNICAMP (SP), mostraram sua viabilidade para fins de obtenção de um material duro e resistente, ao qual se convencionou chamar de solo-vinhaça, sendo possível sua utilização para fins de fabricação de tijolos de construção.

Freire e Cortez (2000), relata também que outros testes foram realizados com várias dosagens de vinhaça em solo arenoso e argiloso obtendo-se melhores resultados.

O solo e a vinhaça foram misturados, peneirados, secos a sombra e finalmente foi adicionado água para poderem ser compactados.

Os tijolos foram feitos em máquinas de fabricação de tijolos manual e secos a sombra naturalmente e após os ensaios apresentaram bom desempenho quando submetidos a testes de compressão ficando bem próximo do desempenho da mistura solo cimento.

A maior desvantagem desse tipo de tijolo é que não pode ser utilizado em local que tenha contato com umidade devendo ser utilizado somente em local protegido.

Tivemos pesquisas em que foi feita a emulsificação da vinhaça concentrada com óleo buscando maior resistência a umidade para eliminar o problema anterior.

Se considerarmos a utilização dos tijolos de vinhaça somente em paredes internas e protegidas da umidade ou ainda tijolos fabricados com emulsificação da vinhaça concentrada, não seria uma alternativa viável.

Do ponto de vista econômico, a emulsificação da vinhaça concentrada para possibilitar o uso dos tijolos em locais com umidade também é inviável ao passo que há a necessidade de se adicionar novos produtos durante a o processo de fabricação.

O volume de vinhaça gerado pelas empresas sucroenergéticas é enorme comparado ao volume de vinhaça que seria consumido para a fabricação de tijolos, representando uma alternativa que não resolve o problema da destinação de forma completa.

5.7 Utilização da vinhaça na combustão direta em caldeiras

Outra alternativa encontrada para a utilização da vinhaça é sua combustão direta em caldeiras, mas o poder calorífico da vinhaça é baixo por ter muita água em sua composição. A única forma encontrada para resolver este problema, foi realizar a concentração da vinhaça e adicionar óleo combustível para possibilitar a queima da mesma em proporções de até 50% do volume.

Um ponto positivo encontrado na combustão direta da vinhaça, é a possibilidade de recuperação do potássio através das cinzas da combustão e segundo Freire e Cortez (2000), isso possibilita o retorno do investimento no sistema de combustão de vinhaça em apenas dois anos e meio.

O ponto crítico e relevante nesse tipo de utilização é a necessidade de adicionar óleo combustível para realizar a queima da vinhaça gerando altas emissões ambientais.

Segundo Freire e Cortez (2000), as dificuldades de implantação do sistema de combustão direta, são:

- A necessidade de mistura com óleo combustível para possibilitar a queima,
- A incrustação nas paredes da caldeira e
- A emissão de poluentes resultantes da combustão da vinhaça.

5.8 Produção de biogás a partir da vinhaça “in natura”

A biodigestão de subprodutos do setor sucroenergético antes de ser eleita como uma possibilidade de se extrair energia do resíduo, deve ser visto como um sistema de tratamento dos subprodutos, conforme descreve (CASSINI; VOZOLLER; PINTO, 2003, p.97):

Na engenharia ambiental, os fundamentos da digestão anaeróbia vem sendo aplicados na concepção de sistemas de tratamento de águas residuárias (efluentes industriais líquidos e esgotos domésticos), aterros de resíduos sólidos e digestores (lodo de esgoto sanitário, biomassa vegetal) com ou sem aproveitamento energético do biogás.

Atualmente foram desenvolvidas no Estado de Minas Gerais várias pesquisas sobre a produção de biogás utilizando subprodutos da agroindústria; o biogás produzido a partir da vinhaça “in natura” é composto por metano em concentrações que variam de 55 a 80%, desta forma o biogás caracteriza-se como um gás energético (MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2015).

Descreve também que a carga orgânica contida na vinhaça “in natura” é reduzida e que o material orgânico resultante da metanização pode ser utilizado na lavoura como biofertilizante.

5.9 A Biodigestão de vinhaça concentrada

A biodigestão da vinhaça concentrada é uma prática em desenvolvimento com resultados que já justificam sua adoção, conforme relata (Ferraz Junior, 2016, p.251):

[...] the methane production values obtained in this research revealed that considerable energy gains for biorefineries (that are generally lost in the direct soil application by fertirrigation) may be achieved if the methane generated from the anaerobic digestion of vinasse is used for (i) electricity generation or (ii) diesel replacement.

Em tradução livre, o autor diz que os valores de produção de metano obtidos nesta pesquisa revelaram ganhos de energia significativa para biorrefinarias (que geralmente são perdidos na aplicação no solo direta via fertirrigação) pode ser conseguido se o metano gerado a partir da digestão anaeróbia da vinhaça for utilizado para (I) a geração de eletricidade ou (II) substituto do diesel.

Desta forma, o uso do sistema de concentração de vinhaça e posterior envio da vinhaça concentrada para o sistema de biodigestão é um sistema que completa o tratamento da vinhaça, uma vez que ainda há energia a ser extraída da vinhaça concentrada. Com a biodigestão o material orgânico é convertido em biogás exaurindo as reservas de energias contidas na vinhaça.

Na Figura 4, observamos que Granato e Silva (2002), quantifica a quantidade de energia disponível na vinhaça.

Figura 4 – Balanço energético de uma tonelada de cana-de-açúcar

Obtenção/Tonelada de cana	Valor energético (kcal)	%
250 kg de bagaço	450 x 10 ³	49,5
70 litros de álcool	392 x 10 ³	43,0
11,83 m³ de Biogás	67 X10 ³	7,5
Energia Total	909 x 10 ³	100,00

Fonte: Granato e Silva (2002)

Conforme Figura 4, não fazer a biodigestão da vinhaça representa uma perda de 7,5% da energia disponibilizada pela cana-de-açúcar.

Ferraz Junior (2016, p.251), descreve que:

From an environmental perspective, the biodigested vinasse from the two-stage system (APBR-UASB II) might be used as biofertilizer in the sugarcane crop due to its lower pollutant load that is four times less than its initial organic matter concentration.

Em tradução livre, o autor citado escreve que de uma perspectiva ambiental, a vinhaça biodigerida do sistema de duas fases (APBR - UASB II) utilizada como biofertilizante no cultivo da cana apresenta uma carga orgânica poluente quatro vezes inferior à sua concentração de matéria orgânica inicial.

A biodigestão diminui a demanda bioquímica de oxigênio da vinhaça concentrada, representando uma garantia ainda maior para o Meio Ambiente nos processos de distribuição e aplicação do resíduo (MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente, 2015).

Da mesma forma descreve (GRANATO; SILVA, 2002, p.4):

Deve-se inicialmente considerar que a elevada demanda bioquímica de oxigênio (DBO) da vinhaça, que supera frequentemente 20000 mg/l, torna-a altamente polidora. Seu lançamento indiscriminado aos rios e corpos d'água pode poluir as reservas hídricas e, portanto causar sérios danos à biodiversidade e ecossistemas destes meios.

Portanto, a implantação de sistema de biodigestão da vinhaça é uma prática que traz benefícios financeiros para a indústria sucroenergética e traz principalmente benefícios ambientais, uma vez que, a DBO da vinhaça é reduzida com a biodigestão.

Considerando uma unidade que produza 1.000.000L de etanol por dia, ao final de vinte quatro horas teremos 13.000.000L de vinhaça ou 13.000m³ de vinhaça; calculando, temos: 11,83m³ de biogás/m³ x 13.000m³ de vinhaça = 153.790m³ de biogás.

Não podemos ignorar que ainda restará a vinhaça com os mesmos compostos químicos disponíveis para adubação do canavial.

No próximo capítulo estaremos discorrendo sobre as informações levantadas na pesquisa de campo, e como a empresa pesquisada trabalha com a vinhaça.

6 A VINHAÇA NA EMPRESA PESQUISADA

O objetivo deste capítulo é demonstrar as características químicas da vinhaça concentrada e convencional produzida pela empresa pesquisada, dando uma visão precisa da composição a vinhaça e suas concentrações.

6.1 Caracterização da empresa pesquisada

Para o desenvolvimento do presente capítulo, utilizamos informações obtidas junto à empresa do setor sucroenergético com unidades no Estado do Mato Grosso do Sul. O grupo é novo no segmento, é uma empresa de capital aberto que preza pela legalidade de suas operações e tem visões inovadoras no setor, investindo em pesquisa e desenvolvimento buscando melhorar a viabilidade econômica e sustentável de suas operações.

Além de seus laboratórios atua também em parceria com laboratórios terceirizados.

Um ponto que podemos destacar foi a obtenção de registro de produtora de fertilizante líquido a partir da vinhaça (Anexo 1) o qual demonstra o atendimento aos requisitos e exigências desse órgão, o que possibilitou o registro do produto como Fertilizante Líquido.

Na empresa pesquisada utiliza-se a destinação da vinhaça de duas formas, a vinhaça concentrada e a vinhaça “in natura” recebendo a denominação internamente na empresa como vinhaça convencional.

Esta denominação tem relação com a forma de destinação utilizada que é a aspersão no canavial que irriga e atinge a área de cana como um todo.

A denominação concentrada é adotada pela empresa como a vinhaça que passou pela concentradora de vinhaça e é aplicada de forma localizada, isso é feito diretamente na linha de cana.

Os relatórios obtidos nos registros da empresa pesquisada estão divididos em macronutrientes e micronutrientes contidos nas duas formas de destinação de

vinhaça, destinação convencional e destinação concentrada, as quais abordaremos posteriormente.

Através dos gráficos fornecidos pela empresa pesquisada, podemos observar que o processo de concentração de vinhaça, possibilita a eliminação da água, concentrando os macronutrientes e micronutrientes de 8 a 20 vezes a concentração original, variando de um nutriente para o outro.

Conforme informações obtidas nos relatórios da empresa pesquisada, constatamos que o foco é a reposição de potássio através da vinhaça, sendo necessária a compra de parte do nitrogênio, sendo este aplicado após a aplicação da vinhaça, como complementação.

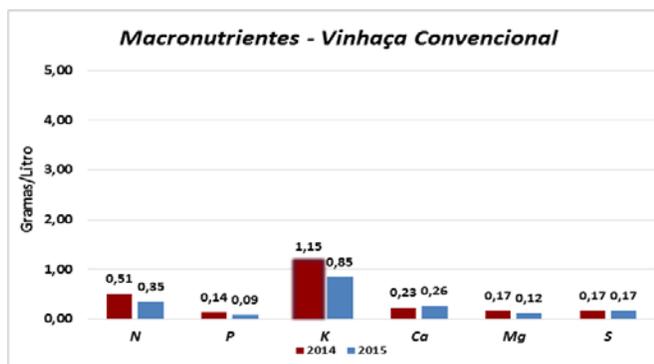
6.2 Análise dos níveis de concentração de macronutrientes contidos na vinhaça na empresa pesquisada

Analisando os gráficos de produção da empresa pesquisada, observamos uma variação de concentração de um ano para o outro.

A Figura 5 nos mostra as concentrações de macronutrientes na vinhaça convencional e foi extraída de relatório operacional do setor de fertirrigação da empresa pesquisada; trata-se de análises de vinhaça convencional que foram realizadas ao longo dos anos de 2014 e 2015.

É possível comprovar que o potássio apresenta maior concentração em relação aos outros nutrientes 1,15g/L em 2014 e 0,8g/L em 2015, a segunda maior concentração é de nitrogênio, 0,51g/L em 2014 e 0,35g/L em 2015.

Figura 5 – Resultados de análises de vinhaça convencional - macronutrientes



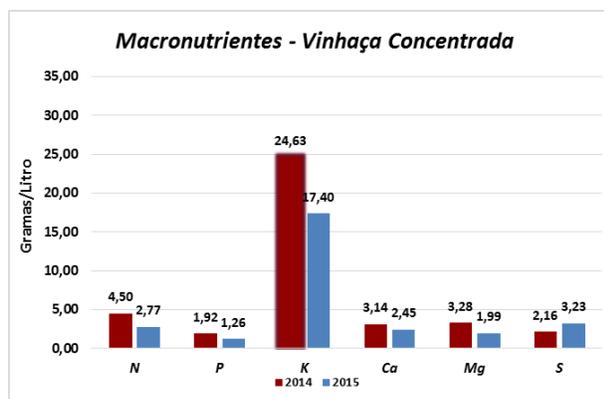
Fonte: Relatório operacional – Setor de Fertirrigação – Comparativo de conc. de macronutrientes da vinhaça entre 2014 e 2015
Empresa pesquisada – 16/07/2016

A Figura 6 também foi extraída de relatório operacional do setor de fertirrigação da empresa pesquisada; trata-se da concentração de macronutrientes na vinhaça concentrada que foram realizadas ao longo dos anos de 2014 e 2015.

Neste caso é possível comprovar a eficiência do sistema de concentração de vinhaça. Podemos observar que as concentrações dos elementos ficaram entre 8 a 20 vezes o volume.

A variação de concentração deve-se as características dos elementos quando submetidos a altas temperaturas e pressão, utilizados para a desidratação/concentração da vinhaça.

Figura 6 – Resultados de análise de vinhaça concentrada - macronutrientes

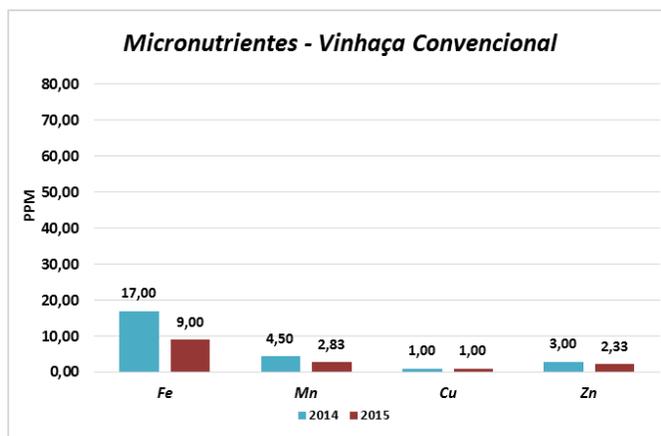


Fonte: Relatório operacional – Setor de Fertirrigação – Comparativo de conc. de macronutrientes da vinhaça entre 2014 e 2015
Empresa pesquisada – 16/07/2016

A Figura 7 foi extraída do relatório operacional do setor de fertirrigação da empresa pesquisada; trata-se de análises de vinhaça convencional que foram feitas ao longo dos anos de 2014 e 2015.

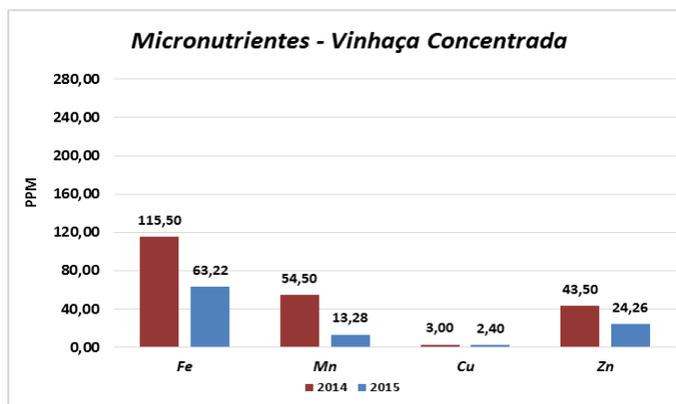
Conforme Figura 7, é possível observarmos que há uma variação considerável na concentração desses micronutrientes de um ano para o outro; isto ocorre principalmente devido ao fato de a empresa pesquisada não repor micronutrientes para o canavial. Isto é realizado somente no plantio da cana-de-açúcar. Durante os cortes que se seguem não é realizada a reposição adicional à concentração de elementos presentes na vinhaça.

Figura 7 – Resultados de análise de vinhaça convencional



Fonte: Relatório operacional – Setor de Fertirrigação – Comparativo de conc. de micronutrientes da vinhaça entre 2014 e 2015
Empresa pesquisada – 16/07/2016

Conforme Figura 8, são analisados os micronutrientes após a concentração de vinhaça, como a empresa não executa a reposição adicional de micronutrientes após os cortes de cana que são realizados a cada ano, estes nutrientes presentes na vinhaça concentrada são a única forma de reposição.

Figura 8 – Resultados de análise de vinhaça concentrada - micronutrientes

Fonte: Relatório operacional – Setor de Fertirrigação – Comparativo de conc. de micronutrientes da vinhaça entre 2014 e 2015
 Empresa pesquisada – 16/07/2016

6.3 Matéria orgânica presente na vinhaça

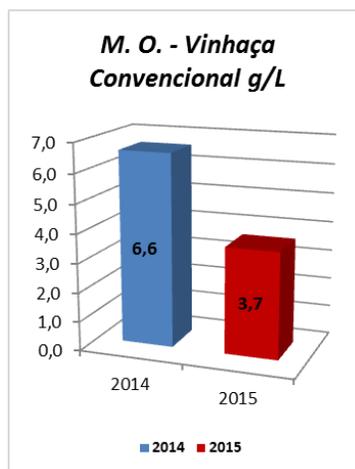
Assim como ocorre com níveis de concentração dos nutrientes, existe variação dos níveis de concentração de matéria orgânica na vinhaça de um ano para o outro, e o que influencia diretamente nesses níveis é o mix de produção de açúcar e etanol, ou seja, a proporção entre a fabricação de etanol e açúcar.

Quanto maior for a quantidade de caldo destinado para a produção de etanol, maior será o volume de produção de matéria orgânica.

6.3.1 Matéria orgânica na vinhaça convencional

Conforme Figura 9, os níveis de matéria orgânica encontrados na vinhaça convencional é da ordem de 37kg/m³(3,7g/L) no ano de 2015 e de 66kg/m³ (6,6g/L) de vinhaça no ano de 2014.

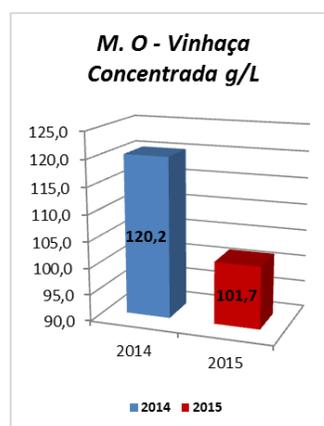
Figura 9 – Níveis de matéria orgânica na vinhaça convencionada



Fonte: Relatório operacional – Setor de Fertirrigação – Comparativo de concentração de matéria orgânica na vinhaça entre 2014 e 2015.
Empresa pesquisada – 16/07/2016

Como podemos ver na Figura 10, a matéria orgânica presente na vinhaça concentrada, apresentou proporções semelhantes de concentração dos macronutrientes.

Figura 10 – Níveis de matéria orgânica na vinhaça concentrada



Fonte: Relatório operacional – Setor de Fertirrigação – Comparativo de concentração de matéria orgânica na vinhaça entre 2014 e 2015.
Empresa pesquisada – 16/07/2016

Comparando-se com as proporções de concentração de potássio, isso mostra que a matéria orgânica não sofre influência de exposição a altas temperaturas e

pressões no processo de concentração, ou seja, as reações químicas, a destilação e o processo de concentração não alteram suas concentrações.

Neste capítulo tivemos acesso às informações da pesquisa de campo que nos embasou de forma prática e facilitou o entendimento do capítulo seguinte que trata sobre a logística adotada pela empresa pesquisada em termos de controle das atividade de aplicação da vinhaça.

7 FORMAS DE APLICAÇÃO DE VINHAÇA ADOTADAS PELA EMPRESA PESQUISADA

Abordaremos agora quais as formas de aplicação que a empresa pesquisada utiliza, para isso descreveremos todo o processo desde a logística de transporte até a aplicação propriamente dita.

O objetivo desse capítulo é analisar as formas de aplicação e identificar ao final se consiste ou não em práticas adequadas de aplicação com vistas à luz da legislação ambiental.

A empresa pesquisada adota duas formas de aplicação de vinhaça, a fertirrigação com vinhaça “in natura” com a adição de águas residuárias e a aplicação em linha da vinhaça concentrada.

Analisaremos cada uma dessas formas de aplicação na sequência.

7.1 Fertirrigação por aspersão

Na empresa pesquisada 6% da vinhaça produzida é aplicada “in natura” no canalial pelo método de aspersão usando o sistema de carretel.

O sistema utilizado nas unidades da empresa pesquisada no Mato Grosso do Sul - Brasil, é o sistema de aplicação por carretel. A execução da fertirrigação com esse sistema é rápida e simples e a montagem do sistema não requer sistematização de solo como nos sistemas de inundação.

Na empresa pesquisada, a vinhaça chega até as fazendas onde é realizada a aplicação através de tubulações de fibra de vidro, próprias para o transporte de vinhaça; em determinados locais da tubulação existem pontos de adução para alimentação das moto bombas.

A montagem do sistema é feita da seguinte forma:

a) Canhão sobre rodas

Um trator de pequeno porte puxa o canhão sobre chassi com rodas para o interior do talhão seguindo balizamentos feitos anteriormente pela equipe de

fertirrigação. Ao puxar o canhão sobre chassi com rodas, a tubulação vai se desenrolando do carretel que são alimentados pelo moto bomba.

b) Carretel

O carretel é um equipamento de grande porte onde a tubulação é acondicionada (enrolada). Neste equipamento que é feito o controle de aplicação da vinhaça, após a tubulação estar estendida, a equipe de fertirrigação alimenta uma central de controle de aplicação que fica no carretel, são imputados parâmetros de aplicação que devem ser seguidos conforme a concentração da vinhaça e necessidade da área a ser aplicada.

Após estes dados estarem na central, a mesma passa a controlar a velocidade de recolhimento da tubulação de acordo com a vazão que está passando pela tubulação.

Todo o processo é automatizado para garantir uma aplicação com maior precisão possível.

c) Sistema de bombeamento

O sistema de bombeamento é composto por uma bomba centrífuga e acionamento por um motor a diesel de grande porte.

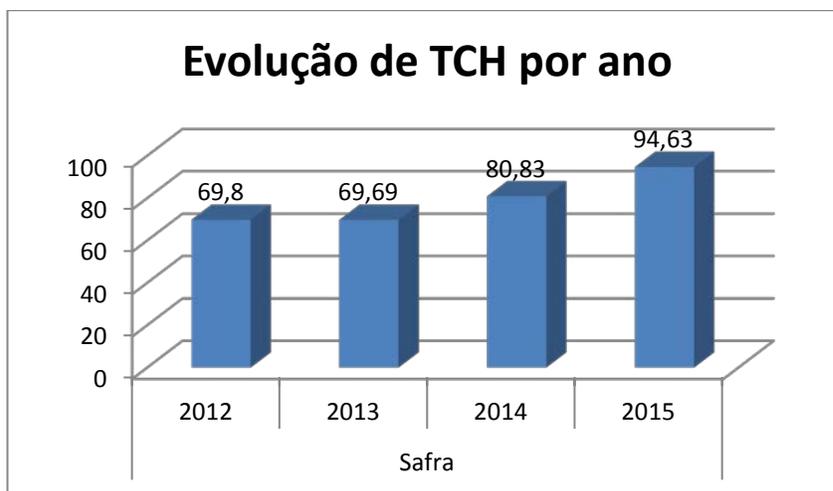
Para operar o sistema é necessário um funcionário, em algumas situações utiliza-se um conjunto moto bomba para alimentar mais que um carretel, e neste caso em função da distância de um carretel para o outro, são necessários mais funcionários.

Atualmente o sistema de carretel está apresentando bastante precisão de controles de aplicação, e os controles são feitos através de volume de vinhaça por área aplicada (m^3/ha).

7.3 Aferição da forma de aplicação da vinhaça “in natura” utilizada pela empresa pesquisada

Conforme informações obtidas junto aos relatórios operacionais da empresa pesquisada, verificamos que a mesma busca uma média de produção de 100T/cana-de-açúcar/ha, conforme Figura 11, podemos observar que a cada ano a produtividade está melhorando aproximando-se desta meta. Constatamos junto aos relatórios operacionais que a empresa está operando com os sistemas de aplicação de vinhaça com dosagem de reposição de nutrientes retirados pela produção de cana-de-açúcar, que está em torno de 150 kg/potássio/ha.

Figura 11 - Evolução da média anual de produtividade



Fonte: Relatório operacional – Setor de Fertirrigação – Evolução da média anual de produtividade 2012 a 2015.

Empresa pesquisada – 03/2016

Para cálculo da aplicação de vinhaça, é levado em conta somente a concentração do macronutriente potássio, uma vez que é o elemento com maior concentração na vinhaça.

Portanto verificamos que a empresa pesquisada realiza análises do solo para conhecer sua capacidade de Trocas Catiônicas e com base nos resultados obtidos nas análises e na produção anterior da fazenda a ser aplicada é possível determinar a dosagem permitida conforme preceitua o Art. 10 da Resolução SEMADE

nº 19/2015 (MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico, 2015).

7.4 Aferição da forma de aplicação da vinhaça concentrada utilizada pela empresa pesquisada

Algumas áreas fornecedoras de cana-de-açúcar para a empresa pesquisada, estão a aproximadamente 90km de distância do parque industrial; levar vinhaça “in natura” até essas fazendas torna-se inviável se for transportada de caminhão.

Há de considerar também que se for transportada através de tubulação, seria necessária a construção de longos trechos de tubulações que cruzariam com rios, reservas legais, áreas de preservação permanente e estradas representando um risco maior de contaminação por possíveis vazamentos.

Devido à alta capacidade de produção instalada e os volumes de cana-de-açúcar processados, é impensável fazer o transporte de vinhaça “in natura” para essas distância.

Diante desse cenário a empresa optou por instalar concentradoras de vinhaça em suas plantas, aperfeiçoou e modernizou as formas de aplicação em campo. Desta forma o transporte através de caminhões passa a ser viável também para as fazendas mais distantes.

Outro ponto importante com relação à geração da vinhaça, é que são processadas grandes quantidades de cana-de-açúcar de fornecedores, e o volume de vinhaça gerado excedente ao gerado com cana própria, possibilita a fertilização de todo o canavial próprio, representando em um ganho financeiro.

A empresa pesquisada não realiza parada anual para manutenção dos equipamentos industriais, conhecida como entressafra, as manutenções são feitas no decorrer da safra aproveitando-se as paradas devido à chuvas; esta nova maneira de dar manutenção nos equipamentos foi possível adquirindo-se peças sobressalentes

para substituição nas paradas por chuvas, evitando assim ficar com a indústria paralisada enquanto as peças são recondicionadas.

Desta forma, existe a disponibilidade de vinhaça concentrada durante todo o ano.

Constatamos também que a empresa pesquisada obteve o registro da vinhaça concentrada no MAPA – Ministério da Agricultura Pecuária e Abastecimento, obtendo o registro de Fertilizante Orgânico Simples Classe B, o que possibilitou a comercialização da vinhaça concentrada, porém não é realizada comercialização desse produto.

Diante dessa certificação, a vinhaça deixa de ser considerada um resíduo para a empresa pesquisada e passa a ter status de subproduto.

7.4.1 Logística de transporte e aplicação de vinhaça concentrada

Verificamos que a empresa pesquisada realiza o transporte e aplicação de vinhaça concentrada somente com o uso de caminhões com sistema de aplicação semelhante à citação anterior, sendo que a diferença está no tipo de acionamento.

O transporte da vinhaça concentrada da indústria para o campo é realizado através de caminhões transportadores acoplados a dois semirreboques com tanque de fibra próprios para o transporte de vinhaça com capacidade de 30m³ cada um, levando, portanto em cada viagem 60m³, ilustrado na Figura 12.

Figura 12 – Caminhão de transporte de vinhaça concentrada



Fonte: Plano de aplicação de vinhaça (2016) – Setor de Fertirrigação
Empresa pesquisada – 07/2016

Estes caminhões são abastecidos na indústria através de mangotes, os quais são acoplados ao sistema de bombeamento da indústria. O tempo de carga de um caminhão é de aproximadamente 12 minutos. Posteriormente ao carregamento os caminhões de grande porte transitam somente em rodovias e nos carreadores mestres da lavoura e entregam o produto no local da aplicação.

Conforme Figura 13, ao chegar à área a ser fertirrigada, estaciona em local amplo e abastece quatro caminhões aplicadores ao mesmo tempo, com duração total aproximada de 10 minutos, retornando para a planta industrial para novo carregamento.

Figura 13 – Abastecimento de caminhões aplicadores



Fonte: Plano de aplicação de vinhaça (2016) – Setor de Fertirrigação
Empresa pesquisada – 07/2016

Esta forma de transporte viabiliza a aplicação de fertilizantes em áreas distantes da indústria.

7.4.2 Desenvolvimento do equipamento de aplicação

A aplicação no campo é feita por caminhões aplicadores com tanque de aço revestidos internamente com capacidade de 15m³. Estes caminhões estão equipados com pneus de alta flutuação para evitar a compactação do solo.

A empresa pesquisada iniciou a aplicação da vinhaça concentrada através de caminhões sanitários (limpa fossa), o prato defletor que ficava na traseira do caminhão foi retirado e instalaram barras laterais com mangueiras que descem até o chão com espaçamentos específicos de forma que cada mangueira aplica a vinhaça concentrada diretamente na linha de cana; chamado de aplicação em linha, conforme Figura 14.

Figura 14 – Caminhão aplicador de vinhaça concentrada



Fonte: Plano de aplicação de vinhaça (2016) – Setor de Fertirrigação
Empresa pesquisada – 07/2016

Para a aplicação em linha era utilizada uma bomba de vácuo que originalmente é instalada nesse tipo de caminhão, porém sua vazão fixa limitava a velocidade de aplicação, sendo necessário manter velocidade constante do caminhão durante a aplicação para conseguir uma aplicação satisfatória, porém não uniforme.

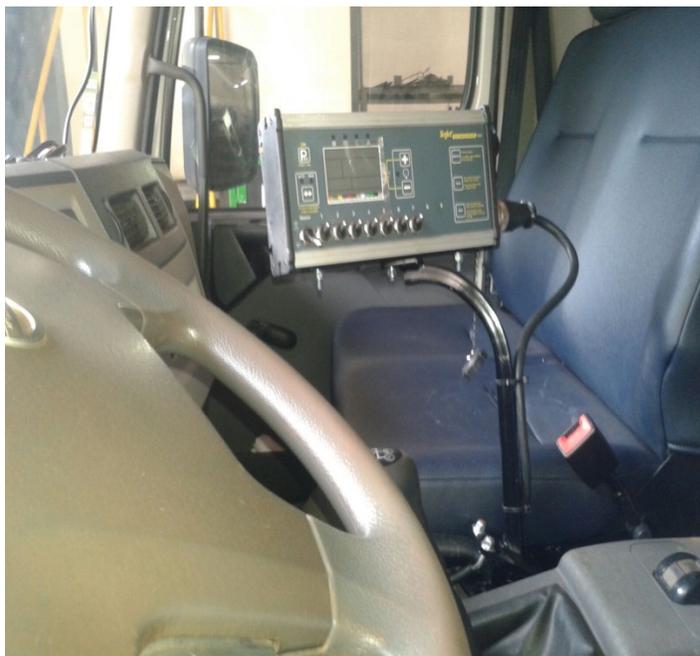
Buscando soluções para uniformizar a aplicação independente da variação da velocidade do caminhão, a empresa pesquisada substituiu a bomba de vácuo por uma bomba centrífuga acionada pelo cardã do caminhão, esta bomba tem vazão estável de 2.100L/minuto.

Conforme Figura 15 foi instalado um controlador de vazão eletrônico que faz a leitura de velocidade do caminhão através de sensores instalados em uma de suas rodas e através de um fluxômetro controla a vazão de vinhaça fechando ou abrindo válvulas eletropneumáticas; dessa forma é possível ter uma aplicação uniforme mesmo com a variação de velocidade do caminhão dentro de uma faixa específica de velocidade.

A aplicação em linha tem vantagens sobre os sistemas de pratos ou sistema de aspersão, segundo verificamos nas pesquisas durante a aplicação, não há

deriva do produto, sendo o mesmo aplicado somente onde há a linha de cana-de-açúcar.

Figura 15 – Controlador de vazão do caminhão aplicador



Fonte: Plano de aplicação de vinhaça (2016) – Setor de Fertirrigação
Empresa pesquisada – 07/2016

A vinhaça concentrada tem menor volume de água, desta forma se a aplicação da vinhaça for realizada a lanço ou área total, aplicaria o potássio concentrado em locais onde há poucas raízes da cana-de-açúcar desta forma perde-se muitos macronutrientes. A aplicação em linha não apresenta este problema.

Para garantir que o caminhão aplicador aplique somente na linha de cana, foi instalado GPS que o mantém alinhado com as linhas de cana, conforme mapa de plantio georeferenciado.

Com a tecnologia embarcada nos caminhões aplicadores e os novos instrumentos de controle de vazão, foi possível reduzir de sessenta minutos para quarenta minutos o tempo de aplicação de cada carga, desde o seu carregamento até o final da aplicação.

Esta tecnologia possibilita também a programação prévia de várias taxas de aplicação deixando-as pré-definidas e também possibilita a alteração da mudança

de taxa de aplicação durante a operação. Portanto o objetivo do sistema é realmente manter a taxa de aplicação definida dentro de uma faixa de velocidade.

Com a tecnologia utilizada e análises constantes da concentração de potássio na vinhaça concentrada é possível aplicar dosagens exatas de acordo com a necessidade do canal. Para isso o critério e controle das aplicação devem ser monitorados para garantir a correta aplicação. Na sequência abordaremos esses controles.

7.5 Monitoramento e controles das dosagens aplicadas pela empresa pesquisada

A empresa pesquisada usa como procedimentos de monitoramento e controle a execução de análises de solo, controle de aplicação com abertura de Ordem de Serviço, controle de aplicação de campo, identificação e delimitação da área em mapa; lançamento de informações de aplicação em software e emissão de relatório de aplicação.

7.5.1 Aplicação inicial de fertilizantes

Após o arrendamento da área a ser cultivada com cana-de-açúcar são realizadas análises de solo com quadriciclo amostrador. Trata-se de um quadriciclo com sistema mecânico de coleta de amostras e com sistema de georreferenciamento.

7.5.2 Procedimentos adotados para coleta de amostras e aplicação da primeira adubação

O quadriciclo percorre a área a ser cultivada com cana-de-açúcar com roteiro e pontos de coleta de amostras definido no sistema e georreferenciamento e faz a sondagem coletando amostras de solo em cada ponto.

Após a realização das análises as informações são lançadas em mapa georreferenciado onde são lançadas também a necessidade de macronutrientes e micronutrientes de cada ponto.

A partir daí é realizada a aplicação de fertilizantes necessários para a cultura de cana-de-açúcar e é executado o plantio.

Portanto, nesta etapa não é aplicada vinhaça na área a ser cultivada, todos os nutrientes são adquiridos pela empresa para adequar o solo às necessidades da cultura.

7.6 Monitoramento e controles adotados para aplicação de vinhaça

Após o término da colheita são abertas as O.S. para aplicação da vinhaça, onde está identificado em qual fazenda será aplicada a vinhaça, qual é a distância entre a fazenda e a unidade sucroenergética, que tipo de vinhaça deve ser aplicada conforme a distância da unidade e qual é a dosagem recomendada tomando-se por base uma concentração padrão de 20kg/m³ de potássio na vinhaça concentrada.

Conforme Anexo2, além das informações relacionadas à aplicação de vinhaça, estão contempladas outras atividades necessárias para suportar a execução da atividade de aplicação, tais como: transporte de pessoal para operar os equipamentos, transporte de diesel para abastecer a operação, transporte de água para os trabalhadores, etc.

7.7 Controle de aplicação de campo

Para a aplicação da vinhaça conforme discriminado na Ordem de Serviço, são realizadas análises para conhecer a concentração de potássio e são executados cálculos para ajuste da dosagem de aplicação.

Conforme Anexo 3, é realizado o lançamento manual, em formulário controlado, da dose ajustada e aplicada demonstrando o volume aplicado para posterior lançamento no software de gerenciamento.

A empresa pesquisada usa como referência para dosagem somente o potássio, uma vez que durante a concentração da vinhaça, parte do nitrogênio se perde no processo, sendo necessário fazer adubação de complementação após a aplicação da vinhaça concentrada.

7.8 Mapa da área que receberá a vinhaça

A equipe de aplicação de vinhaça segue mapas de localização das áreas a serem trabalhadas com suas delimitações, contornos e acessos, exemplificado no Anexo 4.

Este mapa é utilizado para fazer a aplicação da vinhaça e ao final da aplicação o enviam para registro e arquivo, juntamente com o formulário de controle de aplicação. Isso é utilizado como sistema redundante para garantir que a vinhaça seja aplicada corretamente conforme talhões e fazendas descritas na Ordem de serviço.

7.9 Consolidação das informações sobre a aplicação

Os controles de campo, exemplificados no anexo 5 são enviados à área administrativa agrícola, onde todas as informações sobre a aplicação são lançadas em software de gerenciamento para centralizar as informações em um único banco de dados, possibilitando a extração de relatórios e históricos relacionados à área cultivada.

As formas de aplicação e de controle utilizados pela empresa pesquisada são de suma importância, pois, conforme pudemos observar nos itens deste capítulo, a empresa pesquisada utiliza a vinhaça de forma controlada e tem rastreamento das aplicações que foram feitas no decorrer das safras.

Esses controles são primordiais para que não ocorra contaminação ambiental e para que sejam aplicados somente nutrientes para reposição do que foi retirado pela cultura da cana-de-açúcar.

Desta forma evita-se o desperdício de mão de obra, equipamentos, combustíveis e principalmente de vinhaça; e evita-se também a falta de nutrientes por aplicações deficientes.

8 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao final deste trabalho é possível concluir que os objetivos geral e específicos foram atingidos.

A aplicação da vinhaça concentrada de forma direcionada se traduz nas respostas às questões levantadas possibilitando a confirmação da hipótese de que a utilização da vinhaça como alternativa para a fertilização do solo é prática ecologicamente sustentável.

A metodologia de pesquisa bibliográfica foi adequada à realização deste trabalho, pois nos forneceu fundamentação teórica, o que embasou tecnicamente a metodologia pesquisação.

A Metodologia pesquisação nos proporcionou a participação direta nos processos, vivenciando na prática a aplicação de técnicas aprimoradas pela empresa pesquisada, possibilitando ao final deste trabalho as seguintes conclusões:

a) Por ter menor volume de água, não ocorre a formação de poças de vinhaça no canavial e a parte líquida não escorre durante a aplicação. Nos dias de chuva não ocorre a aplicação, uma vez que é impossível transitar com caminhões nestas condições, representando menor risco de transporte pela enxurrada, desse subproduto até os cursos d'água,

b) A concentração de potássio aliada a aplicação em linha proporciona a disponibilização do macronutriente no local onde estão as raízes, evitando a aplicação do subproduto em locais onde não será consumido pela cana-de-açúcar a curto prazo, levando muito tempo para as raízes captarem os nutrientes, evitando dessa forma aplicar macronutrientes onde pode ocorrer ervas daninhas,

c) Este tipo de aplicação possibilita a customização da dosagem de aplicação, sendo possível a variação da dosagem conforme necessidades levantadas por talhões em conjunto com o georreferenciamento da área e o sistema de aplicação instalado nos caminhões distribuidores, evitando dosagens de adição que podem representar riscos ambientais,

d) Para realizar a concentração de vinhaça são necessários investimentos iniciais para executar a instalação das concentradoras de vinhaça nas unidades, com

estes equipamentos em funcionamento, ocorre a recuperação de água que é utilizada no processo, diminuindo consideravelmente a captação de águas subterrâneas, possibilitando a diminuição de demanda de outorgas,

e) Menor risco de contaminação ambiental por não ser necessário que tubulações façam a transposição de cursos d'água, áreas de preservação permanente e reservas, sendo necessária a construção de apenas um reservatório que centralize a distribuição da vinhaça concentrada,

f) Menor emissão de poluentes devido à redução de motores a diesel utilizados nas moto bombas dos carretéis e redução de quantidade de caminhões para transporte de vinhaça "in natura", resultando em menor consumo de combustíveis fósseis não renováveis,

g) A aplicação direcionada possibilita a aplicação de dosagem específica de reposição de nutrientes retirados pela cana-de-açúcar na safra anterior, evitando dosagens de adição, de excessos ou de falta de nutrientes.

h) O baixo volume líquido aplicado com a implantação da aplicação direcionada de vinhaça concentrada, não permite a proliferação de vetores como a mosca do estábulo, sendo este um dos principais problemas enfrentados pelos produtores rurais vizinhos dos canaviais das unidades sucroenergéticas no Mato Grosso do Sul

i) A aplicação direcionada de vinhaça concentrada elimina a necessidade de várias aplicações de vinhaça até atingir dosagem adequada, por ter condições de dosar maiores volumes de macronutrientes em uma única aplicação conforme necessidades apontadas nos monitoramentos e análises de solo.

j) Constatamos que o solo absorve a vinhaça concentrada em poucas horas após a aplicação, isso elimina o risco de contaminação de rios e lagos mesmo em casos de ocorrência de chuvas.

k) A aplicação de dose de reposição de consumo de nutrientes extraídos com o colheita de cana-de-açúcar, elimina o risco de contaminação do lençol freático devido ao baixo volume hídrico aplicado o que elimina o risco de transporte de nutrientes para o lençol freático e outros corpos d'água,

l) Todo o processo de aplicação é extremamente controlado o que resulta em maior segurança ecológica das operações e também a formação de banco de dados que possibilita o atendimento de requisitos de certificações internacionais.

Devemos considerar também que houve uma evolução em termos de práticas sobre novas formas de utilização da vinhaça, novos equipamentos e tecnologias, as quais, facilitaram o monitoramento e o controle da aplicação da vinhaça de forma que resultou na otimização da aplicação e diminuição dos riscos de contaminações ambientais.

Os problemas ambientais causados com a destinação da vinhaça convencional como:

- A necessidade de aplicar várias lâminas de vinhaça, por não ser possível aplicar a dosagem necessária de nutrientes em uma única vez, devido ao grande volume de água aplicado que ultrapassa a capacidade de absorção do solo.

- A contaminação de corpos d'água devido a formação de poças e posterior transporte com ocorrência de chuvas,

- E a proliferação de vetores como Mosca do Estábulo nas propriedades limítrofes às áreas aplicadas.

Foram minimizados com a adoção da prática de aplicação de vinhaça concentrada de forma direcionada.

Elencados os itens anteriores, constatamos que a implantação do sistema de concentração, distribuição e aplicação em linha de vinhaça concentrada, representa uma forma alternativa de aplicação desse subproduto e apresenta principalmente elementos necessários e satisfatórios para concluirmos sua viabilidade técnica para a utilização da vinhaça concentrada como fertilizante representando prática adequada e ambientalmente sustentável.

REFERÊNCIAS

ANDRADE, E. T.; CARVALHO, S. R. G.; SOUZA, L. F. Programa do Proálcool e o etanol no Brasil. **Engevista**, v. 11, n. 2, 2010.

BRASIL. Decreto nº 76.593, de 14 de novembro de 1975. PROÁLCOOL – Programa Nacional do Álcool. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, Seção 1, Página 15257.14 nov.1975.

MATO GROSSO DO SUL. Secretaria de Estado de Meio Ambiente e Desenvolvimento Econômico. Lei nº 4.661/2015 – Armazenamento, distribuição e aplicação de vinhaça. **Diário Oficial do Estado**, Campo Grande. 29 abr. 2015.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 86. NR 31. Segurança e saúde no trabalho na agricultura, pecuária, silvicultura, exploração florestal e aquicultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 04 mar. 2005.

CASSINI, S. T.; VOZOLLER, R. F.; PINTO, M. T. **Digestão de resíduos sólidos orgânicos e aproveitamento do biogás**. Rio de Janeiro: ABES/Rima, 2003.

CETESB - COMPANHIA, DE TECNOLOGIA E. SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma Técnica P4. 231**: vinhaça - critérios e procedimentos para aplicação em solo agrícola. São Paulo, 2006.

CETESB - COMPANHIA, DE TECNOLOGIA E. SANEAMENTO AMBIENTAL. **Norma Técnica P4. 231**: vinhaça - critérios e procedimentos para aplicação em solo agrícola. São Paulo, 2015.

EMBRAPA. **Árvore do conhecimento cana-de-açúcar**: queima. Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_92_22122006154841.html. Acesso em: 10 set. 2016

FERNANDES, A. C. **Cálculos na agroindústria da cana-de-açúcar**. 3.ed. Piracicaba: Sociedade dos Técnicos Açucareiros e Alcooleiros do Brasil, 2011.

FERRAZ JÚNIOR, A. D.N. et al. Thermophilic anaerobic digestion of raw sugarcane vinasse. **Renewable Energy**, v. 89, p. 245-252, 2016.

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

GERMEK, H. A. **Análise de decisão sobre o aproveitamento do palhiço da cana-de-açúcar, posto na unidade industrial, para fins de cogeração**. 2005. 107 f. Tese (Doutorado em Agronomia/Energia na Agricultura) - Faculdade de Ciências Agrônômicas, Universidade Estadual Paulista, Botucatu.

GIL, A. C. **Métodos e técnicas de pesquisa social**. 5.ed. São Paulo: Atlas, 2003

GRANATO, E. F.; SILVA, C. L. **Geração de energia elétrica a partir do reuso vinhaça**. In: Encontro de Energia no Meio Rural, 4. 2002. Proceeding ... [S.l.]: [s.n.], 2002.

GRIFFIN, W. M.; SCANDIFFIO, M.I. G. Can Brazil replace 5% of the 2025 gasoline world demand with ethanol? **Energy**, v. 34, p. 655-661, 2009.

HELFGOTT, S. et al. **El cultivo de la caña de azucar en la costa peruana**. LIMA: UNALM, 1997.

JACOBI, P. R. **Cidade e meio ambiente: percepções e práticas em São Paulo**. São Paulo: Annablume, 1999.

MACEDO, I. C. et al. **A energia da cana-de-açúcar: doze estudos sobre a agroindústria da cana-de-açúcar no Brasil e a sua sustentabilidade**. São Paulo: Berlendis & Vertecchia, 2005.

MALAVOLTA, E.; VITTI, G. C.; OLIVEIRA, S. A. E. **Avaliação do estado nutricional das plantas: princípios e aplicações**. 2.ed. Piracicaba: Potafos, 1997.

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

MARQUES, M.O. et al. **Tecnologias na agroindústria canavieira**. Jaboticabal: FCAV, 2008.

MENDES, J. T. G.; PADILHA JÚNIOR, J. B. **Agronegócio**: uma abordagem econômica. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2007.

MINAS GERAIS. Fundação Estadual do Meio Ambiente. **Guia técnico ambiental de biogás na agroindústria**. Belo Horizonte: Federação das Indústrias do Estado de Minas Gerais; Cooperação Alemã para o Desenvolvimento Sustentável (GIZ), 2015.

OLIVEIRA, D. P.R. **Planejamento estratégico**: conceitos, metodologias e Práticas. 14.ed. São Paulo: Atlas, 1999.

ORLANDO FILHO, J. **Nutrição e adubação da cana-de-açúcar no Brasil**. Piracicaba: IAA/PLANALSUCAR, 1983.

PEREIRA NETO, J.T. **Manual de compostagem**: processo de baixo custo. Viçosa: Ed. UFV, 2007.

PRADO, R.M. **Nutrição de plantas**. São Paulo: Ed. Unesp, 2008.

SANTOS, F.; BORÉM, A.; CALDAS, C. **Sugarcane, bioenergy, sugar and ethanol: technology and prospects**. Brasília: Ministério da Agricultura, Pecuária e Abastecimento; viçosa: UFV, 2012.

SEGATO, S.V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar**. Piracicaba: CP2, 2006.

UNICA. **Produção e Uso do etanol combustível no Brasil**. Disponível em: [http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/etanol /producao _etanol_unica.pdf](http://www.ambiente.sp.gov.br/wp-content/uploads/publicacoes/etanol/producao_etanol_unica.pdf). Acesso em: 10 ago. 2016^a

UNICA, **Bioeletricidade em números 2016**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/documentos/documentos/> Acesso em: 14 ago. 2016b.

UNICA, **Avaliação quinzenal da safra 2016/2017**. Disponível em: <http://www.unica.com.br/documentos/documentos/> Acesso em: 14 ago. 2016c.

BIBLIOGRAFIA CONSULTADA

ABREU JUNIOR, C. H. et al. Uso agrícola de resíduos orgânicos potencialmente poluentes: propriedades químicas do solo e produção vegetal. **Tópicos em Ciência do Solo**, v. 4, p. 391-470, 2005.

ALEMANHA. Ministério da Nutrição, Agricultura e Defesa do Consumidor. **Guia prático do biogás**: geração e utilização. [S.l.]: Fachagentur Nachwachsende Rohstoffe. 2010.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRAS DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 10004: **Resíduos sólidos**: classificação. Rio de Janeiro, 1987.

BARROS, R. P. et al. Alterações em atributos químicos de solo cultivado com cana-de-açúcar e adição de vinhaça. **Pesquisa Agropecuária Tropical (Agricultural Research in the Tropics)**, v. 40, n. 3, p. 10-5216/pat. v40i3. 6422, 2010.

BNDES apoia desenvolvimento de tecnologia nacional para tratamento de resíduos sólidos. Disponível em:
http://www.bndes.gov.br/SiteBNDES/bndes/bndes_pt/Institucional/Sala_de_Imprensa/Noticias/2013/saneamento/20131121_fundep.html. Acesso em: 17/07/16

BRASIL. Brasília. Lei nº 12.305. Política nacional de resíduos sólidos. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 ago. 2010.

BRASIL. Lei nº 9.795. Política Nacional de Educação Ambiental. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 28 abr.1.999.

BRASIL. Ministério do Trabalho. Portaria nº 86 - NR 31 - Segurança e Saúde no Trabalho, na Agricultura, Pecuária, Silvicultura, Exploração Florestal e Aquicultura. **Diário Oficial da União**, Brasília, DF, 03 mar.2005.

BRITO, F. L.; ROLIM, M. M.; PEDROSA, E. M. R. Efeito da aplicação de vinhaça nas características químicas de três solos da zona da mata canavieira de Pernambuco. **Revista Brasileira de Ciências Agrárias**, v. 4, n. 4, p. 456-462, 2009. DOI: 10.5039/agraria. v4i4a14.

CARDIN, C. A. **Atributos químicos e físicos de solo cultivado com cana-de-açúcar, com e sem aplicação de vinhaça, colhida de forma manual e mecanizada, no Oeste Paulista**. 2014. 70 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente - SP.

CARDOSO, R. B. **Multiplicação de Bacillus subtilis em vinhaça e a viabilidade no controle de meloidinose em cana-de-açúcar.** 2009. 31 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente - SP.

CÓ Júnior, C.; Marques, M. O.; Tasso Júnior, L. C. Efeito residual de quatro aplicações anuais de lodo de esgoto e vinhaça na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Eng. Agríc.**, Jaboticabal, v. 28, n. 1, p. 196-203, Mar. 2008. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0100-69162008000100020&lng=en&nrm=iso> Acesso em: 10/07/2014.

CREMONEZI, A.C.T.L. **Atividade microbiana e fósforo disponível no solo com cana soca após adubação fosfatada e torta de filtro de cana.** 2014. 50 f. Dissertação (Mestrado em Agronomia) - Universidade do Oeste Paulista, Presidente Prudente - SP.

JACOBI, P. **Meio ambiente e sustentabilidade:** o município no século XXI: cenários e perspectivas. [S.l.]: Cepam—Centro de Estudos e Pesquisas de Administração Municipal, 1999.

LAMONICA, H. M. Potencial de geração de excedentes de energia elétrica com o biogás produzido a partir da biodigestão da vinhaça na indústria sucro-alcooleira brasileira. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022006000200027&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 13 ago. 2016.

MIRANDA, T.L. et al. Alterações físicas e biológicas em solo cultivado com cana-de-açúcar após colheita e aplicação de vinhaça. **Brazilian Journal of Agricultural Sciences**, v. 7, n. 1, 2012.

NICOCELLI, L. M. et al. Sorção de potássio em amostras de solo submetidas à aplicação de vinhaça. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 16, n. 7, p. 754-760, 2012.

OLIVEIRA, A. M. E. M.; ORTEGA, J. M. Q.; MOLOGNI, M. **Normas e padrões para apresentação de trabalhos acadêmicos e científicos da UNOESTE.** Presidente Prudente: Unoeste, 2015.

PINTO, C. P. **Tecnologia da digestão anaeróbia da vinhaça e desenvolvimento sustentável.** São Paulo: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 1999.

POMPERMAYER, R. S.; PAULA JUNIOR, D.R. Estimativa do potencial brasileiro de produção de biogás através da biodigestão da vinhaça e comparação com outros energéticos.. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. Disponível em: <http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC000000022000000200055&lng=en&nrm=abn>. Acesso em: 13 ago. 2016.

REZENDE, G. C.; GOLDIN, I. **A agricultura brasileira na década de 80: crescimento numa economia em crise.** Rio de Janeiro: IPEA, 1993.

ROSSETO, R. A. **Cana-de-açúcar e a questão ambiental.** Campinas: Instituto Agrônomo, 2008.

SALOMON, K. R. **Avaliação técnico-econômica e ambiental da utilização do biogás proveniente da biodigestão da vinhaça em tecnologias para geração de eletricidade.** 2007. Tese (Doutorado) - Universidade Federal de Itajubá.

SALOMON, K. R.; LORA, E. E. S. Estimativa do potencial de geração de energia elétrica para diferentes fontes de biogás no Brasil. **Biomassa & Energia**, v. 2, n. 1, p. 57-67, 2005.

SANTIAGO, A. D.; ROSSETTO, R. **Árvore do conhecimento.** <Disponível em: http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/cana-de-acucar/arvore/CONTAG01_141_22122006154842.html> Acesso em: 10 ago. 2015.

SCIUBBA, E. Modeling the energetic and energetic self-sustainability of societies with different structures. **Journal of Energy Resources Technology**, v. 117, n. 2, p. 75-86, 1995.

SEGATO S.V. et al. **Atualização em produção de cana-de-açúcar .** Piracicaba: CP2, 2006.

SEMINÁRIO DE TECNOLOGIA INDUSTRIAL, 1., 1983. Centro de Tecnologia Copersucar. **Anais...** [S.I.]: COOPERSUCAR, 1983.

SILVA PAREDES, D.. **Gases de efeito estufa da vinhaça derivada da produção de álcool de cana-de-açúcar: emissões por armazenamento, distribuição e fertirrigação.** 2015. Tese (Doutorado) - Universidade Federal do Rio de Janeiro.

SILVA, G. M.; ORLANDO FILHO, J. **Caracterização da composição química dos diferentes tipos de vinhaça no Brasil.** [S.I.]: PLANALSUCAR, 1981.

UENO, C. R. J. et al. Influência da adição fracionada de vinhaça na produção de biogás. **Revista Brasileira de Biociências**, v. 11, n. 1, 2013.

ANEXOS

ANEXO 1

REGISTRO DA VINHAÇA NO MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

MINISTÉRIO DA AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO
SECRETARIA DE DEFESA AGROPECUARIA
SUPERINTENDÊNCIA FEDERAL DE AGRICULTURA, PECUÁRIA E ABASTECIMENTO

REGISTRO DE PRODUTO

Certifico que esta devidamente registrado neste Ministério
sob o N°: **MS- 10000-5**

O Produto: FERTILIZANTE ORGANICO SIMPLES CLASSE - B

Concedido: 05/12/2005 Proc.N°: 0024 /2005 - 2

Apresentado pelo Estabelecimento:

AGROENERGIA LTDA

C.N.P.J N°: 07.903.000 -0

Insc. Estadual N°: 28.000.000

Localizado a:

Bairro:

Município: UF: MS

Atendidos que foram os dispositivos regulamentares em vigor.

MATERIAS PRIMAS/COMPONENTES

VINHACA

DISCRIMINAÇÃO	GARANTIA	UNIDADE DE MEDIDA
K2O SOLUVEL EM AGUA	2,0000	% PESO/PESO
PH - POTENCIAL DE HIDROGENIO	4,5000	UNIDADE
CTC - CAPACIDADE DE TROCA CATIONICA (MMOL C/KG)	16,0000	M.MOLC/KG
CARBONO ORGANICO TOTAL	3,0000	% PESO/PESO
RELACAO CTC/C (MINIMO)	5,0000	% PESO/PESO

NATUREZA FISICA FLUIDO 1

MODO DE APLICAÇÃO VIA SOLO

Origem do Produto: NACIONAL

Campo Grande, de Dezembro de



Assis
Fiscal Federal Agropecuário
Carteira Fiscal N°

ANEXO 2

ORDENS DE SERVIÇO

Listagens das Ordens de Serviços

ANG S/A

Safrá: 2016/2017

Data: 15/07/16

Hora: 18:56:34

Data de Abertura: de 01/01/16 00:00 até 15/07/16 23:59

Ordem de serviço - 7252

Abertura: 14/07/2016 Início Prev.: 14/07/2016 Final Prev.: 14/08/2016 Encerramento:

Requisit.: DIAS MO

Empresa: 20- ANG S/A

Área Total: 47,79 Status: Aberta

Frente: 2071 FRENTE 71 - VINHAÇA

Tipo OS: 1-PRÓPRIA

Processo: 11 CONCENTRADA / IVI

SubProcesso: 22

Setor	Fazenda	Proprietário	Gleba	Talhão	Estag. Corte	Perc (%)	Área (ha)
4	REGIAO D 354 SANTA	VALE	5 GLEBA 05	45	4C	100	13,57
4	REGIAO D 354 SANTA	VALE	5 GLEBA 05	51	4C	100	13,17
4	REGIAO D 354 SANTA	VALE	5 GLEBA 05	52	4C	100	21,05

Total							47,79
--------------	--	--	--	--	--	--	-------

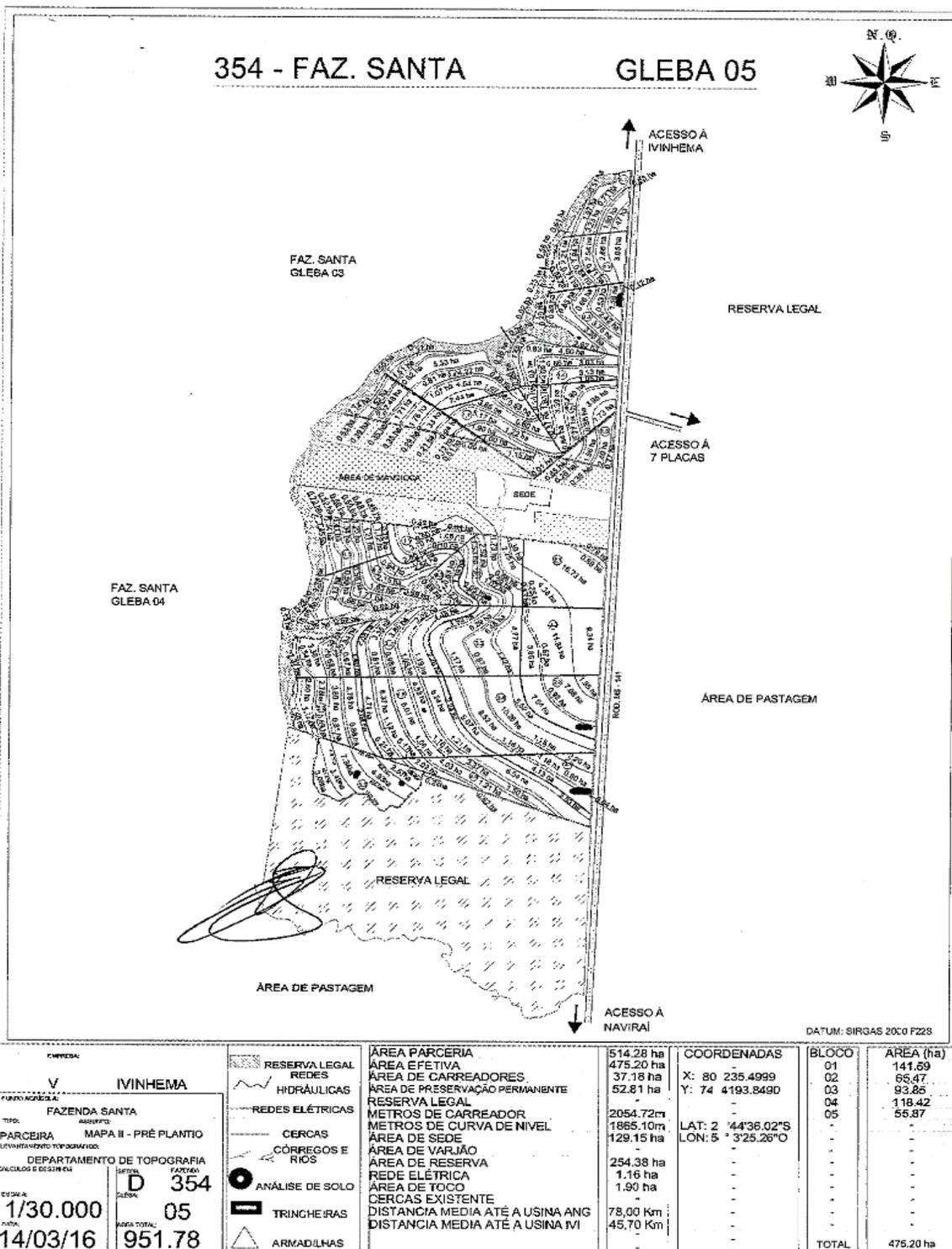
Distância Média Até Fazenda (Km): 95,5

Grupo	Atividade Agrícola	Início Prev.	Final Prev.	Início Real	Final Real	Situação
97 - VINHAÇA CONCENT	1542-APLIC VINHAÇA CONCENTRADA - KM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1352-COMBOIO ABAST LUBRIF - KM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1717-DESLOCAMENTOS CAMINHOS APOIO	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1213-MANUTENÇÃO VOLANTE - KM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1723-REBOQUE - EQUIPAMENTO	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1431-REBOQUE APOIO FERT - HM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1207-TRANSLADO - HM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1308-TRANSLADO - KM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1622-TRANSP AGUA POTAVEL - KM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1036-TRANSP PESSOAL - KM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1391-TRANSP PESSOAL 1 TURNO	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1392-TRANSP PESSOAL 2 TURNOS	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1393-TRANSP PESSOAL 3 TURNOS	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1541-TRANSP VINHAÇA CONCENTRADA - KM	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA
97 - VINHAÇA CONCENT	1632-TRANSP ÁGUA POTÁVEL - DIÁRIA	14/07/2016	14/08/2016	14/07/2016		ABERTA

Produto	Dose Rec.	Unidade	Quantidade	Categoria
644-VINHAÇA CONCENT	8,0000	219-un	382,320	6-RESIDUO LIQUIDO

ANEXO 4

MAPA DE APLICAÇÃO DE VINHAÇA CONCENTRADA



ANEXO 5

RELATÓRIO FINAL APÓS A APLICAÇÃO

Analítico de Insumos
Planejamento e Controle de Processos

Safra: 2016/2017
Data: 19/07/2016
Hora: 13:32:55

ANG S/A

Período de 11/07/2016 a 17/07/2016				Filtrado por Data											
Talhão	Variedade	Código Lancto	Data Final Aplicação	Produto	Operação	N. OS	Consumo	Unid.	Dose Recomend.	Dose Aplicada	Dif. (%)	Área Aplicada	Área Total	Área Apl. (%)	
Setor: 4		REGIAO D		Fazenda: 354			SANTA			Gleba:		5			
45	SP83 2847	266345	16/07/2016	VINHACA CONCEN	1542-APLIC VINHAÇA C	7252	93,989	un	7,0000	7,0722	1,03	13,29	13,57	97,9	
51	SP83 2847	266345	16/07/2016	VINHACA CONCEN	1542-APLIC VINHAÇA C	7252	93,141	un	7,0000	7,0722	1,03	13,17	13,17	100,0	
52	SP83 2847	266345	16/07/2016	VINHACA CONCEN	1542-APLIC VINHAÇA C	7252	148,870	un	7,0000	7,0722	1,03	21,05	21,05	100,0	
SubTotal das Áreas Aplicadas												47,51	47,79		
Total Geral das Áreas Aplicadas												47,51	47,79		

ANEXO 6

RESOLUÇÃO SEMADE Nº19/2015

Resolução SEMADE Nº 19 DE 02/09/2015

Publicado no DOE em 4 set 2015

Estabelece critérios e procedimentos para o armazenamento, a distribuição e a aplicação no solo agrícola, da vinhaça in natura e de águas residuárias geradas a partir do processamento da cana-de-açúcar no Estado de Mato Grosso do Sul e dá outras providências.

O Secretário de Estado de Meio Ambiente e do Desenvolvimento Econômico, no uso das atribuições que lhe confere o art. 93, parágrafo único, inciso II da Constituição Estadual, e tendo em vista as disposições contidas na Lei nº 4.661 , de 29 de abril de 2015, e

Considerando o princípio basilar da Lei nº 6.938 , de 31 de agosto de 1981 - Lei da Política Nacional do Meio Ambiente - de compatibilização do desenvolvimento econômico e social com a preservação da qualidade do meio ambiente e do equilíbrio ecológico;

Considerando a competência Estadual em definir os critérios de exigibilidade do licenciamento, levando em conta as especificidades, os riscos ambientais, natureza, características e fase do empreendimento ou atividade;

Considerando a necessidade de estabelecimento de rotinas adequadas e equânimes na prestação das informações por todos os empreendimentos do setor sucroalcooleiro alcançados por obrigações contidas na Lei Estadual nº 4.661 , de 28 de abril de 2015 que dispõe sobre o armazenamento, distribuição e aplicação da vinhaça gerada pelas atividades sucroenergéticas,

Resolve:

Art. 1º Esta Resolução estabelece os critérios e os procedimentos para o armazenamento, a distribuição e a aplicação no solo agrícola, da vinhaça in natura e de águas residuárias geradas a partir do processamento da cana-de-açúcar e disciplina os mecanismos de apresentação ao Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul - IMASUL dos Planos de Aplicação de Vinhaça - PAV.

Art. 2º Para efeito desta Resolução foram adotadas as seguintes definições:

I - água residuária: efluente líquido, tratado ou não, proveniente de atividades industriais, agrícolas e outras;

II - água subterrânea: águas que ocorrem natural ou artificialmente no subsolo, de forma suscetível de extração e utilização pelo homem;

III - água superficial: água que ocorre em corpos cuja superfície livre encontra-se em contato direto com a atmosfera, isto é, acima de superfície topográfica;

IV - aquífero: toda formação geológica que armazena e transmite água subterrânea natural ou artificialmente captada;

V - área de sacrifício: Área de descarte da vinhaça no solo agrícola, visando a sua evaporação e infiltração no subsolo, sem preocupação com o uso da vinhaça como fertilizante, e sim, na época em que era autorizada na década de 70, para prevenir a poluição das águas superficiais.

VI - biofertilização: aplicação de fertilizantes orgânicos às plantas utilizando sistema de irrigação, no caso a aplicação da vinhaça, também conhecido como fertirrigação;

VII - canal mestre ou primário: canal principal de uso contínuo que conduz vinhaça ou sua mistura com águas residuárias até as áreas agrícolas no período de safra;

VIII - canal secundário: Canal utilizado de forma temporária para conduzir e distribuir a vinhaça localmente e os demais canais que não se enquadram na categoria de canal primário.

IX - dosagem de aplicação: volume a ser aplicado em metros cúbicos por hectare em função do teor de potássio da vinhaça ou sua mistura;

X - dreno testemunha: sistema drenante, instalado sob a manta geossintética de impermeabilização do fundo de um tanque de armazenamento, interligado a um ponto de inspeção;

XI - geomembrana: produto polimérico impermeabilizador, sintético ou natural, utilizado para revestimento de reservatórios e canais mestres;

XII - nível d'água: profundidade da superfície freática ou potenciométrica de um aquífero em determinado tempo e local;

XIII - solo agrícola: camada superficial da crosta terrestre adequada à exploração agrossilvipastoril;

XIV - solo: material que ocorre a partir da superfície do terreno, constituído por horizontes gerados pela alteração do material original (rocha, sedimento ou outro solo) por ação do intemperismo. São partes integrantes do solo as partículas minerais, o ar, a água intersticial das zonas não saturadas e saturadas, a fração orgânica e a biota.

XV - superfície potenciométrica livre do lençol freático: superfície superior da zona saturada, ao longo da qual a pressão é igual à pressão atmosférica;

XVI - vinhaça: líquido derivado da destilação do vinho que é resultante da fermentação do caldo da cana-de-açúcar ou melaço.

Art. 3º Ficam estabelecidos os seguintes critérios e procedimentos para o armazenamento, transporte e aplicação no solo:

I - os tanques de armazenamento de vinhaça deverão ser impermeabilizados com geomembrana impermeabilizante ou outra técnica de igual ou superior efeito exigindo-se, qualquer que seja a técnica de impermeabilização, que os tanques sejam dotados de dreno testemunha;

II - os canais mestres ou primários de uso permanente para distribuição de vinhaça durante o período da safra deverão ser impermeabilizados com geomembrana impermeabilizante ou outra técnica de igual ou superior efeito.

III - anualmente deverá ser realizado ou atualizado o Plano de Aplicação de Vinhaça, documento técnico firmado por profissional habilitado junto ao Conselho Regional de Engenharia e Agronomia - CREA, com a apresentação de Anotação de Responsabilidade Técnica - ART específica.

IV - a dosagem de aplicação de vinhaça deverá considerar as necessidades da cultura, a profundidade e a fertilidade do solo, bem como a sua manutenção e recuperação, a concentração de potássio na vinhaça e a extração média desse elemento pela cultura;

V - a concentração máxima de potássio no solo não poderá exceder 5% da Capacidade de Troca

Catiônica - CTC exceto, nos casos de reposição desse nutriente em função da extração média pela cultura que é de 185 kg de K₂O por hectare por corte.

VI - as áreas que receberão a aplicação da vinhaça deverão ser caracterizadas quanto à fertilidade e qualidade do solo de acordo com os procedimentos descritos nos artigos 8º e 9º desta Resolução e tomando como periodicidade a seguinte rotina:

- a) a caracterização da fertilidade do solo deverá ser realizada anualmente, antes do início da safra;
- b) a caracterização de qualidade do solo deverá ser realizada a cada 5 anos nas áreas que já recebem vinhaça, e nas áreas que ainda não recebem, uma vez antes da primeira aplicação e as próximas a cada 5 anos.

VII - a área a ser utilizada para a aplicação de vinhaça e águas residuárias no solo deve atender às seguintes condições:

- a) não estar contida no domínio das Áreas de Preservação Permanente - APP ou de Reserva Legal conforme indicações da Lei nº 12.651/2012 ;
- b) observar as determinações estabelecidas no plano de manejo caso a área esteja contida em zona de amortecimento de unidade de conservação de proteção integral, conforme a Lei nº 9.985, de 2000;
- c) no caso da área estar localizada em Área de Proteção Ambiental - APA, a aplicação de vinhaça não poderá estar em desacordo com os seus regulamentos;
- d) não estar contida em área de proteção de poços regularmente definida ou a menos de 100 metros de distância de poços de abastecimento d'água;
- e) não estar contida na área de domínio das ferrovias e rodovias federais ou estaduais;
- f) estar afastada, no mínimo, 1.000 (um mil) metros dos núcleos populacionais, podendo essa distância, a critério do órgão ambiental competente, ser ampliada quando as condições ambientais, incluindo as climáticas, o exigirem;
- g) estar afastada, no mínimo, 6 (seis) metros das Áreas de Preservação Permanente - APP, protegida por sistemas de segurança ou práticas de conservação equivalentes tais como curva de nível;
- h) a profundidade do nível d'água do aquífero livre, no momento de aplicação de vinhaça deve ser, no mínimo, de 1,50 (um e meio) metros;
- i) no caso de áreas com declividade superior a 15%, deverão ser adotadas medidas de segurança adequadas à prevenção de erosão.

§ 1º O prazo para adequação dos tanques de armazenamento de vinhaça já instalados, relativamente à obrigação de estanqueidade, será de até 06 (seis) anos a contar da publicação desta Resolução.

§ 2º O prazo para adequação dos canais mestres ou primários de uso permanente para distribuição de vinhaça já instalados, relativamente à obrigação de estanqueidade, será de até 10 (dez) anos a contar da publicação desta Resolução.

§ 3º A dosagem de aplicação da vinhaça deve ser calculada em conformidade com a fórmula indicada no parágrafo único do art. 10 desta Resolução de modo a impedir o acúmulo superficial persistente da vinhaça, a ocorrência de processos erosivos, a geração de odores e a proliferação de vetores.

§ 4º É defeso o lançamento, descarte ou disposição da vinhaça e de águas residuárias ou sua mistura,

em áreas de sacrifício ou em corpos hídricos naturais.

§ 5º A execução de limpeza de tanques de armazenamento e de canais mestres já impermeabilizados poderá ser executada ao término de cada safra, conforme couber, independentemente de autorização ou licença ambiental, admitindo-se a realização de limpeza a qualquer tempo, caso necessário em decorrência de caso fortuito ou força maior devidamente documentados.

Art. 4º Antes do início de cada safra, a unidade industrial sucroenergética deverá encaminhar ao Instituto de Meio Ambiente de Mato Grosso do Sul - IMASUL o Plano de Aplicação de Vinhaça (PAV) que será utilizado para fins de acompanhamento e fiscalização, devendo tal documento ser complementado e reapresentado nos casos em que haja necessidade de expansão na área de aplicação de vinhaça.

Parágrafo único. O Plano de Aplicação de Vinhaça(PAV) será constituído de relatório analítico de todo o levantamento realizado para caracterizar a necessidade de aplicação da vinhaça incluindo:

- I - caracterização e monitoramento da fertilidade e qualidade do solo;
- II - caracterização e monitoramento de águas superficiais e subterrâneas (quando aplicável);
- III - caracterização e monitoramento da Vinhaça e Águas residuárias;
- IV - planilha de calculo da dosagem;
- V - memorial descritivo da prática de aplicação pretendida; e
- VI - planta na escala de 1:20.000 ou superior, na projeção UTM - Universal Transversa de Mercator, Datum horizontal SIRGAS 2000, onde estejam assinalados, no mínimo, os seguintes elementos:
 - a) a identificação e delimitação dos módulos ou parcelas de aplicação da vinhaça;
 - b) as taxas indicativas de dosagem, em $m^3 ha^{-1}$, com intervalos de aplicação diferenciados em cores a cada $150m^3 ha^{-1}$;
 - c) a localização dos tanques de armazenamento e dos canais mestres ou primários de uso permanente de distribuição;
 - d) a localização dos pontos de amostragem de solo e dos poços de monitoramento;
 - e) a localização dos cursos d'água;
 - f) a localização dos poços regularmente definidos e os utilizados para abastecimento de água;
 - g) as áreas de interesse ambiental;
 - f) os dados de geologia e hidrogeologia local.

Art. 4º-A No Plano de Aplicação de Vinhaça referente ao ano/safra 2106/2017 fica dispensada a apresentação da caracterização quanto a qualidade do solo, passando tal componente a ser exigido a partir do ano safra 2017/2018. **(Artigo acrescentado pela Resolução SEMADE Nº 29 DE 30/03/2016).**

Art. 5º A unidade industrial sucroenergética deverá apresentar ao órgão ambiental competente, no período de cada safra, relatórios técnicos de monitoramento, um realizado ao final do período seco e o outro ao final do período chuvoso, contendo laudos de análise dos poços de monitoramento dos reservatórios de vinhaça, quando existentes abrangendo os seguintes parâmetros:

I - pH;

II - sulfato;

III - manganês;

IV - condutividade elétrica;

V - nitrogênio nitrato;

VI - nitrogênio amoniacal total;

VII - potássio;

VIII - sódio;

IX - cálcio;

X - magnésio;

XI - sólidos dissolvidos totais; e

XII - fenóis.

Art. 6. A vinhaça a ser utilizada nas aplicações no solo deverá ser caracterizada quanto aos seguintes parâmetros:

I - pH - potencial hidrogeniônico;

II - resíduo não filtrável total;

III - dureza;

IV - condutividade elétrica;

V - nitrogênio nitrato;

VI - nitrogênio nitrito;

VII - nitrogênio amoniacal;

VIII - nitrogênio Kjeldhal;

IX - sódio;

X - cálcio;

XI - potássio;

XII - magnésio;

XIII - sulfato;

XIV - fosfato total;

XV - DBO (Demanda Bioquímica de Oxigênio) e

XVI - DQO (Demanda Química de Oxigênio)

§ 1º Essa caracterização deverá ser resultado de, no mínimo, duas amostragens realizadas no local de aplicação da vinhaça durante a safra anterior à apresentação do plano de aplicação.

§ 2º A amostragem deverá ser realizada conforme os procedimentos do GUIA NACIONAL DE COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS para água, sedimento, comunidade aquática e efluentes líquidos.

Art. 7º O monitoramento de águas superficiais, a montante e à jusante da área de aplicação da vinhaça, abrangerá os seguintes parâmetros:

I - pH - potencial hidrogeniônico;

II - condutividade elétrica;

III - temperatura;

IV - DBO_{5,20};

V - DQO;

VI - oxigênio dissolvido;

VII - sólidos dissolvidos totais,

VIII - sólidos em suspensão;

IX - nitrogênio amoniacal total;

X - fósforo total;

XI - potássio total;

XII - Cálcio;

XIII - Magnésio;

XIV - detergentes; e

XV - óleos e graxas.

Parágrafo único. A caracterização das águas superficiais deverá ser resultado de, no mínimo, duas amostragens anuais, durante a safra anterior à apresentação do plano de aplicação e a coleta das amostragens deverá ser realizada conforme os procedimentos do GUIA NACIONAL DE COLETA E PRESERVAÇÃO DE AMOSTRAS para água, sedimento, comunidade aquática e efluentes líquidos.

Art. 8º Para a caracterização da qualidade do solo nas áreas de aplicação da vinhaça as amostras deverão ser analisadas quanto aos seguintes elementos:

I - Antimônio;

II - Arsênio;

- III - Bário;
- IV - Cádmio;
- V - Chumbo;
- VI - Cobalto;
- VII - Cobre;
- VIII - Cromo;
- IX - Mercúrio;
- X - Molibdênio;
- XI - Níquel;
- XII - Selênio;
- XIII - Zinco;
- XIV - Varredura de VOC; e
- XV - Varredura de SVOC.

Parágrafo único. O procedimento para realização da coleta de amostragem de solo deverá obedecer a seguinte rotina:

I - Subdividir a área total de fertirrigação em 10 (dez) parcelas homogêneas de até 100 (cem) hectares cada, considerando o tipo do solo, o histórico de aplicação de vinhaça e a posição no relevo.

II - Em cada parcela homogênea, selecionar, aleatoriamente, 03 (três) subparcelas, com aproximadamente 01 (um) hectare cada.

III - Em cada subparcela de 01 (um) hectare, coletar 10 subamostras, aleatoriamente, no sentido horizontal, na profundidade entre 0,0 (zero) e 0,20 m, que serão utilizadas para compor uma amostra.

IV - Desta forma, em cada parcela homogênea serão produzidas 03 (três) amostras de solo, totalizando 30 (trinta) amostras.

Art. 9º Para a caracterização da fertilidade química do solo nas áreas de aplicação da vinhaça as amostras compostas deverão ser analisadas quanto aos seguintes elementos:

- I - Alumínio trocável (mmolc dm⁻³);
- II - Cálcio (mmolc dm⁻³);
- III - Magnésio (mmolc dm⁻³);
- IV - Sódio (mmolc dm⁻³);
- V - Sulfato (mg dm⁻³);
- VI - Acidez potencial (mmolc dm⁻³);

VII - Potássio (mmolc dm^{-3});

VIII - Matéria orgânica (g dm^{-3});

IX - CTC - capacidade de troca catiônica (mmolc dm^{-3}); pH; e

X - V% - saturação de bases.

§ 1º O procedimento para realização da coleta de amostragem para a caracterização da fertilidade química do solo deverá obedecer a seguinte rotina:

I - Subdividir as áreas de aplicação de vinhaça em parcelas homogêneas quanto à classificação do solo e posição no relevo, de, no máximo 100 (cem) hectares cada.

II - Será utilizada uma amostra composta, constituída de quatro sub amostras, coletadas em parcela homogênea de, no máximo, 100 (cem) hectares.

III - As sub amostras deverão ser coletadas na profundidade de 0 (zero) a 0,80m (oitenta centímetros), uma no centro de um círculo com raio de 10 metros e as outras três ao longo do perímetro, distanciadas cerca de 120 graus uma da outra, com indicação das coordenadas georreferenciadas para cada amostragem;

IV - Após a coleta de todas as amostras simples da parcela, elas deverão ser misturadas para produzir 01 (uma) amostra composta, que deverá ser encaminhada para análise de fertilidade;

V - Os pontos centrais georreferenciados deverão ser representados em mapa.

§ 2º A identificação atribuída a cada parcela (P1, P2, etc.) deverá ser idêntica em todos os planos anuais de aplicação de vinhaça, para acompanhamento do histórico de aplicação.

Art. 10. As doses de aplicação da vinhaça ao solo deverão ser calculadas em função da necessidade nutricional da cultura e da recuperação da fertilidade do solo em relação às concentrações do nutriente potássio (K) determinadas nas análises de solo.

Parágrafo único. A vinhaça a ser aplicada na lavoura, pura, concentrada ou diluída em água residuárias, será analisada semanalmente com vistas a determinação do seu teor de óxido de potássio (K^2O) expresso em Kg/m^3 , índice que será servirá para apuração da dosagem de aplicação na cultura de cana-de-açúcar mediante utilização da equação $\text{m}^3 \text{ de vinhaça/ha} = [(0,05 \times \text{CTC} - \text{ks}) \times 3744 + 185]/\text{kvi}$, onde:

I - 0,05 = 5% da CTC

II - CTC = Capacidade de Troca Catiônica, expressa em cmolc/dm^3 , dada pela análise de fertilidade do solo realizada por laboratório de análise de solo e utilizando metodologia de análise do solo do Instituto Agrônômico - IAC, devidamente assinado por responsável técnico.

III - ks = concentração de potássio no solo, expresso em cmolc/dm^3 , à profundidade de 0 a 0,80 metros, dada pela análise de fertilidade do solo realizada por laboratório de análise de solo utilizando metodologia de análise de solo do Instituto Agrônômico - IAC, devidamente assinado por responsável técnico.

IV - 3744 = constante para transformar os resultados da análise de fertilidade, expressos em cmolc/dm^3 ou meq/100cm^3 , para kg de potássio em um volume de 01 (um) hectare por 0,80 metros de profundidade.

V - 185 = massa, em kg, de K₂O extraído pela cultura por hectare, por corte.

VI - kvi = concentração de potássio na vinhaça, expressa em kg de K₂O/m³, apresentada em boletim de resultado analítico, assinado por responsável técnico, resultante da média anual obtida nas análises semanais ou da média obtida nas análises semestrais.

Art. 11. As metodologias de análises para os parâmetros assinalados nesta Resolução são aquelas contidas em normas e/ou procedimentos consagrados para tal, nas suas versões vigentes, observando-se especialmente o que consta das seguintes normas técnicas:

I - ABNT. NBR 15847: Amostragem de água subterrânea em poços de monitoramento - métodos de purga. Rio de Janeiro, 2010.

II - ABNT. NBR 15495-1: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 1: projeto e construção. Rio de Janeiro, 2007.

III - ABNT. NBR 15495-2: Poços de monitoramento de águas subterrâneas em aquíferos granulares - Parte 2: desenvolvimento. Rio de Janeiro, 2008.

Parágrafo único. Serão considerados como limites máximos, os parâmetros de qualidade, de emissão e de lançamentos definidos na legislação ambiental, assim também consideradas Normas Brasileiras Regulamentadoras - NBR's, admitindo-se o estabelecimento de condições mais restritivas se a análise técnica, devidamente fundamentada, assim o recomendar.

Art. 12. O IMASUL poderá, em ação de fiscalização exercida a qualquer tempo, promover estudos para a avaliação da qualidade do solo, das águas superficiais e das águas subterrâneas confrontando-os com os parâmetros apontados no Plano de Aplicação de Vinhaça.

Parágrafo único. Ocorrendo discrepâncias na qualidade do solo, das águas superficiais ou subterrâneas, deverá ser suspensa a aplicação de vinhaça e de águas residuárias ou sua mistura, cabendo ao IMASUL, adotar as providências cabíveis.

Art. 13. As ações ou omissões que importem na inobservância dos preceitos estabelecidos nesta Resolução serão consideradas infrações administrativas ambientais cuja apuração se dará conforme o rito estabelecido nos artigos nº 70 a 76 da Lei nº 9.605, de 12 de fevereiro de 1998 impondo-se as penalidades cominadas no Decreto Estadual nº 4.625, de 07 de junho de 1988 ou do Decreto nº 6.514, de 22 de junho de 2008, prevalecendo o enquadramento mais específico.

Campo Grande, de 02 de setembro de 2015.

JAIME ELIAS VERRUCK

SECRETÁRIO DE ESTADO DO MEIO AMBIENTE E DESENVOLVIMENTO