



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO RIO
GRANDE DO NORTE**

**LUCAS PEREIRA DE ANDRADE
MARIA EDUARDA MANOEL DA SILVA
VICTOR GUSTAVO GALVÃO DA SILVA**

**ESTUDO SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO USO DO REDUTO
DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL CONHECIDO COMO VINHAÇA**

Canguaretama, RN – 2019

**LUCAS PEREIRA DE ANDRADE
MARIA EDUARDA MANOEL DA SILVA
VICTOR GUSTAVO GALVÃO DA SILVA**

**ESTUDO SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO USO DO REDUTO
DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL CONHECIDO COMO VINHAÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Técnico em Eletromecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, em cumprimento às exigências legais como requisito parcial à obtenção do título de Técnico em Eletromecânica.

Orientador: Me. Valbério Gonzaga de Araújo

Canguaretama/RN

2019

**LUCAS PEREIRA DE ANDRADE
MARIA EDUARDA MANOEL DA SILVA
VICTOR GUSTAVO GALVÃO DA SILVA**

**ESTUDO SOBRE IMPACTOS AMBIENTAIS CAUSADOS PELO USO DO REDUTO
DE PRODUÇÃO DE AÇÚCAR E ÁLCOOL CONHECIDO COMO VINHAÇA**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso Técnico em
Eletromecânica do Instituto Federal de
Educação, Ciência e Tecnologia do Rio
Grande do Norte, em cumprimento às
exigências legais como requisito parcial à
obtenção do título de Técnico em
Eletromecânica.

Aprovado em: ___/___/___

Banca Examinadora

Me. Valbério Gonzaga de Araújo - Orientador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Esp. Evantuy de Oliveira - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

Dr. Aldayr Dantas de Araújo Junior - Examinador
Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte

RESUMO

O vinhoto, também conhecido como vinhaça, tiborna ou restilo é o resíduo malcheiroso que sobra após a destilação fracionada do caldo de cana-de açúcar (garapa) fermentado para a obtenção do etanol (álcool etílico). É um resíduo altamente poluente e muito mais agressivo ao meio ambiente que o esgoto sanitário doméstico. Quando jogado nos rios constitui uma séria fonte de poluição. Este trabalho teve como objetivo realizar um estudo sobre utilização da vinhaça como fertilizante nas plantações de cana de açúcar da Usina Vale Verde, na região da cidade de Baía Formosa-RN. O seu desenvolvimento se deu através de pesquisas bibliográficas, pesquisa de campo em uma visita à Usina, aplicação de um questionário para obtenção de dados sobre a produção e utilização da vinhaça, análise da pesquisa e proposta final como sugestão, o desenvolvimento de um analisador portátil de baixo custo utilizando a prototipagem Arduíno para que seja utilizado nas áreas próximas aos canaviais para identificação de alterações no pH do solo e da água, com a finalidade de se ter controle sobre os impactos negativos oriundos da irrigação ou adubação da lavoura da cana de açúcar com a vinhaça, caso existam.

Palavras chaves: Impacto. Meio ambiente. Vinhaça.

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	8
2. REFERENCIAL TEÓRICO	9
2.1 INÍCIO DA INDÚSTRIA NO BRASIL	9
2.1.1 IMPORTÂNCIA DOS PRODUTOS	9
2.2 A CANA-DE-AÇÚCAR COMO MATÉRIA-PRIMA	10
2.2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL	11
2.3 VINHAÇA	14
2.3.1 UTILIZAÇÃO E IMPACTOS	15
2.4 MÉTODOS PARA A APLICAÇÃO DA VINHAÇA	16
2.4.1 ASPERSÃO CONVENCIONAL	16
2.4.2 ASPERSÃO MECANIZADA	16
3 METODOLOGIA	19
3.1. VISITA A USINA DE VALE VERDE	19
3.1.1 CHEGADA DA CANA DE AÇÚCAR NA USINA	20
3.2 QUESTIONÁRIO APLICADO À USINA VALE VERDE	28
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	29
5. CONSIDERAÇÕES FINAIS	30
REFERÊNCIAS	31
APÊNDICE	34

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1- Esquema de funcionamento do ciclo integrado	12
Figura 2- Fase industrial de 1º geração.....	13
Figura 3- Irrigação por aspersão convencional	16
Figura 4- Sistema de montagem direta para fertirrigação da vinhaça	17
Figura 5- Sistema de carretel enrolador com autopropelido	17
Figura 6- Sistema de carretel com barra irrigadora acoplada	18
Figura 7- Equipamento pivô rebocável.....	19
Figura 8- Chegada da cana de açúcar na usina.....	20
Figura 9- Triturador para desfibrar a cana de açúcar	21
Figura 10- Super imã para retirada das impurezas de ferro	21
Figura 11- Entradas das moendas para prensagem da cana de açúcar	2Erro!
Indicador não definido.	
Figura 12- Retirada do caldo feita em três estágios de moagem	22
Figura 13- Filtragem para retirada de impurezas	22
Figura 14- Bagaço seco que segue para as caldeiras	23
Figura 15- Interior do tanque de fermentação	24
Figura 16- Produto já fermentado e pronto para destilação	24
Figura 17- Torres de destilação do álcool	25
Figura 18- Análises de amostras do produto.....	25
Figura 19- Tela do supervisor do processo	26
Figura 20- Canal do escoamento da vinhaça	26
Figura 21- Canal do escoamento da vinhaça.....	27
Figura 22- Equipe de visitação com o orientador do projeto	27
Figura 23- Equipe de visitação com funcionários da usina	28
Figura 24- Equipe de visitação com o Téc. De Seguranç�a	28

TABELA

Tabela 1 – Principais dados oriundos do questionário aplicado à empresa 29

1. INTRODUÇÃO

A cana-de-açúcar é uma das principais culturas mundialmente difundida e a alta produtividade resulta na geração de inúmeros resíduos. A vinhaça, resíduo da produção do etanol tem chamado a atenção devido suas características e propriedades, quando empregada na fertirrigação das culturas de cana-de-açúcar (SOUSA, 2018).

Entretanto, se por um lado a atividade sucroalcooleira faz com que o Brasil ocupe uma posição de destaque mundial com relação à produção de açúcar e álcool, por outro, tal atividade produz grandes volumes de resíduos.

A partir desse estudo será possível detectar se existe algum impacto ambiental no solo dos canaviais quando se utiliza vinhaça como adubo. Pretende-se também propor a construção de um analisador com prototipagem Arduíno para medições em campo do ph e condutividade do solo e da água, com a finalidade de se verificar se houve alterações dos mesmos. Este trabalho é de caráter bibliográfico e utilizará fontes que estão presentes no meio acadêmico como: livros, apostilas e artigos.

Este trabalho justifica-se porque a vinhaça tem em sua composição elementos que causam impactos ambientais quando reduz consideravelmente o oxigênio da água e do solo e diminui drasticamente o ph, tornando-os ácidos. Através dos estudos realizados pode-se propor a construção de um analisador que permita-se acompanhar essas alterações no ambiente de plantio da cana de açúcar.

O objetivo deste trabalho é realizar um estudo sobre a produção e utilização da vinhaça na fertirrigação da cana de açúcar e se esse tipo de irrigação pode causar danos no solo ou na água, alterando o ph e a condutividade e propor a construção de um analisador utilizando a prototipagem Arduíno para utilização pelas comunidades que estão situadas próximas aos canaviais.

2. REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 INÍCIO DA INDÚSTRIA NO BRASIL

De acordo com Cesnik (2007) o início da indústria açucareira no Brasil vem antes dos anos de 1520 e 1526, quando houve registros de entrada de açúcar brasileiro na alfândega de Lisboa, mas alguns historiadores ainda divergem sobre a instalação do primeiro engenho de açúcar no Brasil.

No Brasil houve 6 fases da produção canavieira. A primeira se inicia em 1946–1947 a 1968–1969 e ficou conhecida como a expansão diferenciada e as contradições do "desenvolvimento equilibrado" cunhada por Ramos (1999); a segunda fase, Consolidação da produção integrada, crise do setor açucareiro e lançamento do Proálcool, mescla apontamentos de vários autores – Szmrecsányi (1979), Manoel (1985), Shikida (1997), Ramos (1999), etc. – e vai de 1969–1970 a 1974–1975; a terceira e quarta fases, cuja base é Shikida (1997), têm os títulos Expansão moderada e acelerada do Proálcool (que caracteriza o período de 1975–1976 a 1985–1986) e Desaceleração e crise do Proálcool e ruptura do paradigma subvencionista (que caracteriza o período de 1986–1987 a 1995–1996); a quinta fase, Recrudescimento da desregulamentação, explicitação da debilidade estrutural e o surgimento da diversidade de interesses na agroindústria canavieira, é baseada em Vian (2003) e vai de 1996–1997 a 2002–2003; a última fase, de 2003–2004 a 2012–2013, é Avanços e retrocessos: retomada do etanol com o mercado de automóveis flex-fuel e falta de planejamento.

2.1. 1 IMPORTÂNCIA DOS PRODUTOS

Segundo Neves (2010), a importância dada à economia e cultura canavieiras deve-se ao fato de a cana-de-açúcar dar origem não somente a um dos alimentos básicos, o açúcar, mas também a uma série de derivados de usos alternativos: melaço (pode ser utilizado como ração animal e serve como matéria-prima para produção de álcool); aguardente (indústria de bebidas); bagaço da cana (pode ser utilizado na cogeração de energia elétrica, como componente para ração animal, adubo e para a produção de celulose); e outros.

O álcool, também conhecido como etanol, é outro importante produto desta cultura, mormente quando utilizado para fins carburantes em substituição aos

derivados de petróleo (sobretudo gasolina automotiva). Assim, da cultura canavieira derivam-se duas importantes commodities para também duas questões fundamentais para a soberania nacional: primeira, a questão de segurança alimentar (via produção e consumo de açúcar); segunda, a questão de segurança energética (via produção e consumo de etanol). Vale lembrar, que a tudo isso adicionam-se as favoráveis condições edafoclimáticas no Brasil, cuja amplitude territorial permite duas safras de cana por ano (NEVES et al., 2010).

Assim, não é de se estranhar que a agroindústria canavieira no Brasil movimente riqueza estimada em aproximadamente 2% do seu Produto Interno Bruto (PIB) e gera cerca de 1 milhão de postos de trabalhos formais, com massa salarial em torno de US\$ 738 milhões, em que a produção de etanol e a cogeração de energia derivada do bagaço já representam 15,7% da energia do País (NEVES et al., 2010).

O Brasil destaca-se como o maior produtor mundial de cana e açúcar, e o segundo maior produtor mundial de etanol. Não obstante, o Brasil é o maior exportador sucroalcooleiro, tendo exportado 26,79 milhões de toneladas de açúcar e 3,48 bilhões de litros de etanol. O Estado de São Paulo é o maior produtor nacional de cana, com 56,06% da produção, seguido de Goiás (8,96%), Minas Gerais (8,80%), Paraná (6,75%) e Mato Grosso do Sul (6,34%) – dados da safra 2012–2013 (ASSOCIAÇÃO DE PRODUTORES DE BIONERGIA DO ESTADO DO PARANÁ, 2014; UNIÃO DA INDÚSTRIA DE CANA-DE-AÇÚCAR, 2014).

2.2 A CANA-DE-AÇÚCAR COMO MATÉRIA-PRIMA

A produção de cana-de-açúcar está inserida em área agrícola e industrial, portanto, estando sujeita às condições ambientais, que influenciam de forma dramática a qualidade da matéria-prima, provocando ampla variação de seus parâmetros técnicos e de fornecimento. (MACHADO, 2012)

Fatores como diversificação das variedades, tipos de variedade (precoce, média, tardia), maturação, tratos culturais, condições climáticas, longevidade do canavial, tipo de solo, qualidade e quantidade de fertilizantes aplicados, quantidade e qualidade da vinhaça aplicada, horário da queima, tipo de colheita, condições de transporte e armazenamento, determinam a qualidade da matéria-prima que será processada. (MACHADO, 2012)

Além disso, há grande variação na matéria-prima recebida na fábrica. As variedades recebidas nunca são as mesmas, geralmente apresentam diferentes tempos de queima, corte e transporte para chegada à fábrica. Há uma série de fatores e condições que podem dificultar as operações agrícolas e nem sempre é possível realizar um trabalho que traga para a indústria a melhor cana do canavial. (MACHADO, 2012)

Com a colheita mecanizada, muitos problemas poderão ser reduzidos, mas ocorrem outros que também interferem no processo. A qualidade dos processos de cozimento dependem muito da qualidade da cana-de-açúcar entregue na fábrica. As matérias-primas que podem sofrer de alguma forma perdas por inversão de sacarose, com certeza, vão dificultar e reduzir o desempenho dos cozedores e afetar o cozimento, devido à presença de outros açúcares não-cristalizáveis. (MACHADO, 2012)

2.2.1 PROCESSO DE PRODUÇÃO DO AÇÚCAR E DO ÁLCOOL

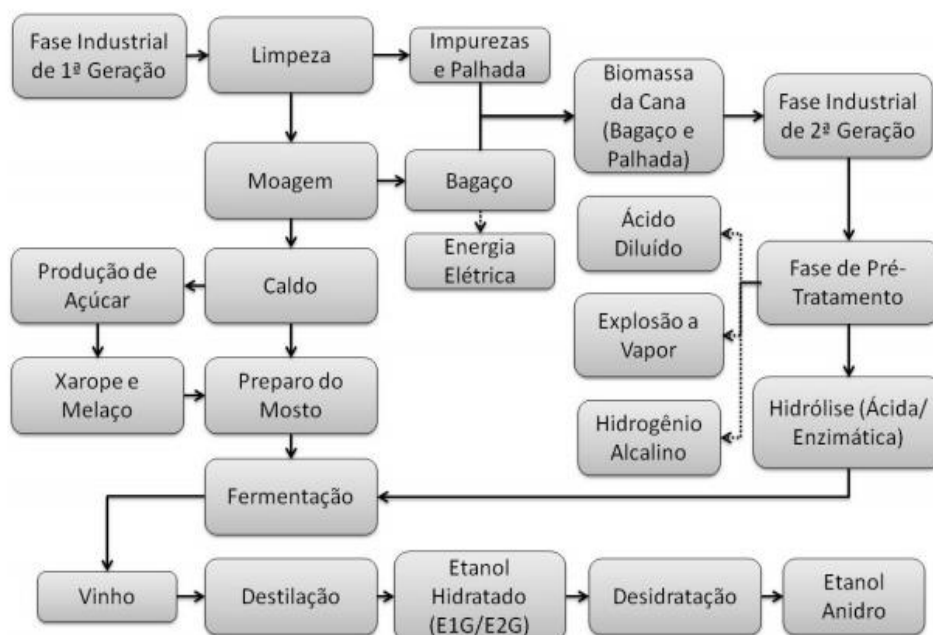
Etapas do processo de fabricação de açúcar:

- Preparação do caldo
- Recepção da matéria-prima;
- Extração da sacarose ou moagem
- Tratamento do caldo
- Evaporação
- Cristalização
- Supersaturação
- Centrifugação
- Secagem
- Armazenamento
- Armazenamento em sacas
- Armazenamento do açúcar a granel

Ciclo Produtivo: O Etanol de Primeira Geração:

- O início ocorre na Fase Agrícola, que engloba o plantio, o cultivo e a colheita da cana de açúcar.
- Existem atualmente duas formas de colheita da cana de açúcar, mecânica ou manual.
- A cana de açúcar pode ser classificada em sua chegada à usina conforme a porcentagem de impurezas presentes no material vegetal, sendo a “cana limpa” (concentração de impurezas < 0.6%) considerada a mais adequada para a produção de etanol por conta da baixa presença de impurezas. (ALBARELLI, 2013)
- A cana colhida durante essa fase agrícola pode ser encaminhada três principais tipos de plantas produtoras: as usinas produtoras de açúcar; destilarias autônomas com produção exclusiva de etanol; e usinas integradas para produção conjunta de açúcar e etanol (ALBARELLI, 2013). Um esquema de funcionamento do ciclo integrado pode ser visto na Figura 1.

Figura 1. Esquema de funcionamento do ciclo integrado.

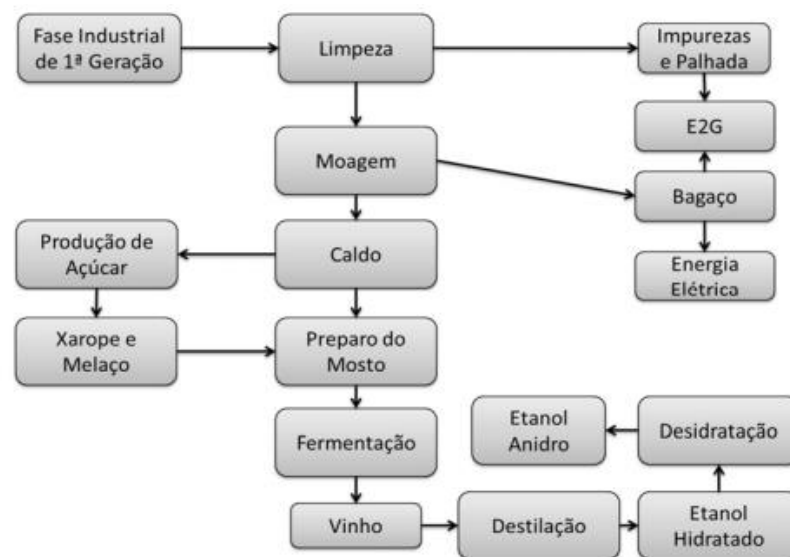


Fonte: (SENNÁ, 2017)

- Com a chegada da cana na usina, tem-se início os processos da Fase Industrial de 1ª Geração:
- Primeiras etapas compostas: de limpeza - que pode ser a seco ou com utilização de água-, extração e tratamento físico da cana de açúcar.
- Após a limpeza a cana-de-açúcar é picada e encaminhada para a fase de moagem, onde há a extração do caldo que será utilizado na produção de açúcar e etanol.

De modo a facilitar a visualização da Fase Industrial de 1ª geração esboçou-se o diagrama apresentado na Figura 2.

Figura 2. Fase industrial de 1ª geração.



Fonte: (SENNA, 2017)

- Essa produção integrada incorre em processos distintos para o tratamento do caldo proveniente da extração, sendo a característica distintiva a realização da sulfitação do caldo para fabricação do açúcar.
- Após a clarificação, o caldo reservado para produção de açúcar é concentrado através de evaporação, resultando em xarope de alta concentração de glicose.
- Parte deste xarope é misturada ao caldo clarificado e ao melaço, obtendo-se o mosto, que pode passar novamente por um processo de concentração através de evaporador de simples efeito dependendo de sua concentração inicial, de forma a atingir a concentração necessária para a fermentação.

- O vinho proveniente da fermentação é então encaminhado para a etapa final de destilação, onde obtém-se etanol hidratado. Para a produção de etanol anidro, basta que o etanol hidratado passe por um processo de desidratação.

2.3 VINHAÇA

A vinhaça é um líquido derivado da destilação do vinho que é resultante da fermentação do caldo da cana de açúcar ou melaço (CETESB, 2006), também conhecido, regionalmente, por restilo e vinhoto (Gemtos *et al.*, 1999).

De acordo Freire & Cortez (2000), a vinhaça é um subproduto com alto poder de fertilização e com alto poder de poluição. Sendo que este é mais poluente até mesmo do que o esgoto doméstico devido à grande quantidade de matéria orgânica, baixo ph, elevada corrosividade e ao alto índice de oxigênio. É altamente perigosa para a fauna e flora, microfauna e microflora de água doces.

A vinhaça é de coloração parda e à medida que vai oxidando se torna marrom escuro, sai da bica de destilação à temperatura de aproximadamente 107°C, com cheiro que vai do adstringente ao nauseabundo, característica ligada ao seu teor residual de açúcar, o qual provoca um processo de putrefação tão logo a vinhaça é descarregada. É de natureza ácida, corrosiva devido à presença de ácido sulfúrico livre e produzida na ordem de 13 litros para cada litro de álcool destilado e sua composição é muito variável (HOROWITZ *et al.*, 1985; FREIRE & CORTEZ, 2000).

A vinhaça quando lançada em alguma coleção hídrica causa sérios problemas ambientais, pois sua carga orgânica eleva a Demanda Bioquímica por Oxigênio (DBO), causada principalmente pela proliferação de microorganismos, que esgotam o oxigênio dissolvido na água, destruindo a flora e a fauna aquáticas e dificultando o aproveitamento dos mananciais contaminados como fonte de abastecimento de água potável. Os despejos da vinhaça nos cursos d'água contribuem também, para o agravamento de endemias e proliferação de insetos (LUDOVICE *et al.*, 2000; FREIRE & CORTEZ, 2000 e CETESB, 2006).

Em 1976, o governo estadual passou a regulamentar a disposição de matérias poluentes nos recursos hídricos, e em 1978 o governo federal publicou a Portaria nº 323 que proibiu o despejo da vinhaça em qualquer coleção hídrica (CETESB, 2006). O aumento na produção de vinhaça e as restrições impostas no final da década de

1970, mobilizaram os centros de pesquisas a gerar informações para o uso racional deste resíduo, principalmente na agricultura, como fertilizante complementar à adubação mineral (BARBOSA, 2010).

Segundo NETTO (2016), substancialmente o destino final da vinhaça é a fertilização dos canaviais, as tecnologias empregadas visam substancialmente incrementar esta função.

2.3.1 UTILIZAÇÃO E IMPACTOS

Segundo ROLIM (2012), antes de ser utilizada na fertirrigação da cana-de-açúcar, a vinhaça é armazenada em configurações denominadas de lagoas de distribuição, que tem como objetivo principal promover a troca de calor entre o resíduo e o meio ambiente, de modo que a alta temperatura da vinhaça, logo após o processo industrial, não provoque efeitos deletérios aos equipamentos de transporte e irrigação, ao solo e à cultura. No entanto, esta prática pode provocar a contaminação das águas subterrâneas por conta da inexistência de impermeabilização das lagoas de distribuição e dos canais de condução de vinhaça.

Recentemente a vinhaça passou a ser utilizada como fertilizante para adubação do solo de maneira cada vez mais intensa. Sua utilização in natura, através da fertirrigação em quantidades racionais, apresenta efeitos altamente positivos sobre a produtividade agrícola (elevação da produtividade por hectare e prolongamento do ciclo da cana) além de reduzir a poluição dos rios e mananciais. Assim, esse destino dado a vinhaça contribui positivamente na atividade produtiva e evita-se o despejo do resíduo em cursos d'água (CABELLO et al., 2009).

Conforme NETO (2016), a fertirrigação também causa muitos impactos negativos, entre eles estão: o risco de contaminação das águas subterrâneas ocasionado pelo seu armazenamento; Proliferação de insetos; Saturação do solo por meio do desperdício de potássio; Acidentes com barragens e transporte podem causar poluição das águas superficiais; Odores objetáveis.

2.4 MÉTODOS PARA A APLICAÇÃO DA VINHAÇA

2.4.1 ASPERSÃO CONVENCIONAL

A vinhaça, por suas características composicionais, rica em sais minerais (potássio, cálcio e magnésio, nitrogênio) e matéria orgânica vem sendo utilizado como fertilizante, sendo em sua maior parte disposta por aspersão em culturas de cana, principalmente.

Na aspersão convencional há maior controle da quantidade de vinhaça de modo que ocorra melhor uniformidade durante a aplicação. No entanto, a vinhaça é prejudicial aos aspersores e as tubulações que geralmente são feitas de zinco ou de alumínio devido a seu alto poder de corrosão. (SILVEIRA, 2016). A figura 3 apresenta o tipo de irrigação por aspersão convencional.

Figura 3. Irrigação por aspersão convencional.



Fonte: (www.irrigação.net, 2019)

2.4.2 ASPERSÃO MECANIZADA

Para este método há quatro tipos mais recomendados: montagem direta, de carretel enrolador autopropelido, de carretel enrolador com barra irrigadora e do tipo pivô rebocável (SILVEIRA, 2016).

a) Montagem direta

O sistema de montagem direta é composto por um moto-bomba ligado a um aspersor do tipo canhão hidráulico sobreposto em um chassi de quatro rodas. A sua principal vantagem, comparada aos caminhões tanque, é o menor custo por área fertirrigada. Entretanto, há uma limitação nos canais de alimentação durante esse processo que irá ocasionar a sistematização do terreno e conseqüentemente o recorte de parte da lavoura de cana de açúcar.

Figura 4. Sistema de montagem direta para fertirrigação da vinhaça.



Fonte: (<http://agronomais.blogspot.com>, 2019)

b) Sistema de carretel enrolador com autopropelido

A aplicação da vinhaça através do sistema de irrigação por aspersão, por meio de instrumentos autopropelidos unidos a um tubo de polietileno designado de carretel enrolador, ocasionou a evolução dos sistemas de montagem direta. Esse sistema, por ser semimecanizado, demanda menos mão de obra que a montagem direta, e essa é sua principal vantagem. No entanto, o autopropelido requer maior potência da moto-bomba e, por conseqüência, gasta uma maior quantidade de combustível. A figura 5 apresenta um modelo de carretel autopropelido.

Figura 5. Sistema de carretel enrolador com autopropelido.



Fonte: (<http://lavrasirrigacao.com.br/>, 2019)

c) Sistema de carretel com barra irrigadora

A barra irrigadora mostrou-se tal como uma alternativa de instrumento que minimiza a pressão de serviço, ou seja, reduz o gasto de energia. Ela é ajustada na ponta da mangueira do carretel irrigador (figura 6). Além de diminuir a mão de obra, ela, da mesma forma, expande a uniformidade e a eficiência da utilização da vinhaça e da água.

Figura 6. Sistema de carretel com barra irrigadora acoplada.



Fonte: (<https://tecnologianocampo.com.br/>, 2019)

d) Pivô rebocável

Esse sistema é somente utilizado quando há somente a necessidade de fertirrigação do terreno devido a inviabilidade de um sistema fixo para a ação das pequenas lâminas que correspondem a fertirrigação. Esse sistema é menos flexível que os carretéis, porém limita a mão de obra e já frequentemente usado para a aplicação de efluentes. A figura 7 apresenta um modelo de pivô rebocável.

Figura 7. Equipamento pivô rebocável.



Fonte: (<https://viga.ind.br/>, 2019)

3 METODOLOGIA

Neste capítulo são apresentados os procedimentos necessários para a execução do projeto. O processo de desenvolvimento do questionário para ser aplicado à empresa com a finalidade de se obter respostas para análises desse estudo e uma visita à Usina para conhecimento de como se produz o álcool e a vinhaça.

3.1. VISITA A USINA DE VALE VERDE

Uma visita à usina Vale Verde foi agendada com o intuito de se conhecer mais sobre todo o processo de fabricação do álcool e consequentemente do subproduto do álcool, a vinhaça.

3.1.1 CHEGADA DA CANA DE AÇÚCAR NA USINA

Primeiramente, os caminhões chegam com a cana-de-açúcar na usina e o primeiro processo é passar pela balança, onde ocorre o peso de todo o produto que está no caminhão, em seguida uma amostra do produto é recolhida para análise para identificar a quantidade de sacarose. Depois, cada caminhão é identificado com um código de barra que funciona como um rastreamento e contém todas as informações sobre a origem da cana, como o local de onde ela foi retirada, e quem foi o transportador, entre outras. Depois desse processo, o material é levado o tombador para ser colocado em uma esteira de lavagem para tirar as impurezas da cana, como areia e pedras, utilizando água sustentável, renovada em aproximadamente 3 ou 4 meses, após fazer uma análise sobre sua utilidade. Vale ressaltar que o resultado desse processo não é de 100%. A figura 8 apresenta a chegada do produto na usina.

Figura 8. Chegada da cana de açúcar na Usina.



Fonte: Autores (2019).

3.1.2 PROCESSO DE MOAGEM

Após a cana ter sido lavada para limpeza, em seguida, ela é levada para um triturador para ser desfibrada em pequenos pedaços e facilitar a moagem. Após a trituração a cana passa por um grande ímã para retirada de qualquer metal que estiver presente do material. Em seguida material vai para as moendas onde é realizada a compressão, que realiza a extração do caldo. Essa fase da produção passa por três estágios para retirada completa do caldo. As figuras 9, 10, 11 e 12 apresentam desde o triturador até as moendas no processo da usina.

Figura 9. Triturador para desfibrar a cana de açúcar.



Fonte: Autores (2019)

Figura 10. Super imã para retirada das impurezas de ferro.



Fonte: Autores (2019)

Figura 11. Entrada das moendas para prensagem da cana.



Fonte: Autores (2019).

Figura 12 – Retirada do caldo feita em três estágios de moagem.



Fonte: Autores (2019).

3.1.3 PROCESSO DE FILTRAGEM

Após a moagem para extração do caldo, dois processos seguintes acontecem: o primeiro é a filtragem do caldo. Essa etapa do processo acontece para que todas as impurezas ainda presentes no caldo sejam retiradas. O segundo se trata do aproveitamento do bagaço da cana, que a essa etapa do processo já se encontra totalmente seco e servirá para ser transformado em energia através da queima em uma caldeira e ser transformado em vapor. As figuras 13 e 14 apresentam essas duas etapas do processo.

Figura 13 – Filtragem para retirada de impurezas.



Fonte: Autores (2019).

Figura 14 – Bagaço seco que segue para as caldeiras.



Fonte: Autores (2019).

3.1.4 PROCESSO FERMENTAÇÃO E DESTILAÇÃO

O caldo, uma vez extraído e filtrado é levado aos tanques pré-fermentadores, onde ocorre o início da produção do álcool e conseqüentemente o da produção do subproduto, a vinhaça. Nessa etapa o caldo é colocado em tanques para fermentação. Em seguida através da produção de CO₂, que sai do processo químico do mel. Os tanques pré-fermentadores têm o caldo de alimentação de 12 à 14 (valor padrão). O produto segue para a destilação, com diversas torres de destilação e de temperatura entre 110° a 113°, para extrair todo o álcool possível. O produto fica circulando na torre de destilação para extração total do álcool, e quando não for mais possível o que

fica o subproduto conhecido como vinho ou vinhaça. As figuras 15, 16 e 17 abaixo apresentam desde a fermentação até a destilação.

Figura 15. Interior do Tanque de fermentação.



Fonte: Autores (2019).

Figura 16. Produto já fermentado e pronto para destilação.



Fonte: Autores (2019).

Figura 17. Torres de destilação do álcool.



Fonte: Autores (2019).

3.1.5 SUPERVISÃO DO PROCESSO DE DESTILAÇÃO

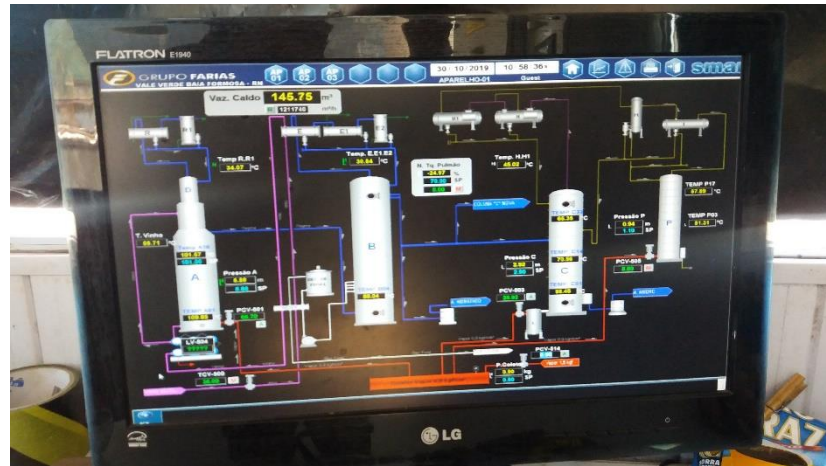
Em um local específico do processo, fica a sala de supervisão de todo processo, através de um software que mostra em um computador, todo o processo de destilação, assim como amostras são retiradas para análises. As figuras 18 e 19 abaixo mostram o acompanhamento pelo operador em um supervisório de automação.

Figura 18. Análises de amostras do produto.



Fonte: Autores (2019).

Figura 19. Tela do supervisor do processo.



Fonte: Autores (2019).

3.1.6 ESCOAMENTO DA VINHAÇA PARA ESTOCAGEM

Após a destilação do álcool, o subproduto gerado mais conhecido como vinhaça, é transportado por gravidade até os pátios de estocagem. Não foi possível a visita a esse local por ser distante e a empresa não disponibilizou um veículo. A vinhaça fica nesse local de armazenamento, tipo uma barragem, para resfriamento e depois a utilização como adubo durante o processo de fertirrigação. A figura 20 e 21 abaixo apresentam o escoamento da vinhaça em um canal aberto.

Figura 20. Canal de escoamento da vinhaça.



Fonte: Autores (2019).

Figura 21. Canal de escoamento da vinhaça.



Fonte: Autores (2019).

3.1.7 EQUIPE DE VISITAÇÃO À USINA VALE VERDE

As figuras 22, 23 e 24 apresentam a equipe de visitação para conhecimento do processo de fabricação do álcool e do subproduto do álcool, a vinhaça.

Figura 22. Equipe de visitação com o orientador do projeto.



Fonte: Autores (2019).

Figura 23. Equipe de visitação com funcionários da Usina.



Fonte: Autores (2019).

Figura 24. Equipe de visitação com o Tec. de segurança.



Fonte: Autores (2019).

3.2 QUESTIONÁRIO APLICADO À USINA VALE VERDE

Um questionário foi submetido ao setor de produção de álcool da Usina Vale Verde, com o intuito de se ter mais informações a respeito da produção e utilização do álcool e conseqüentemente do subproduto de estudo, a vinhaça. No anexo A, esse questionário é apresentado.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

Após visita à Usina Vale Verde, foi possível adquirir em lócus o conhecimento necessário sobre a produção do álcool e do subproduto do álcool, a vinhaça. Também tomou-se conhecimento do destino final dado à vinhaça.

Através de pesquisas em documentos bibliográficos, sabe-se que a vinhaça é rica em nutrientes para o solo, assim como contém também elementos nocivos à água e ao solo. A vinhaça é de natureza ácida, podendo provocar danos ao meio ambiente. Portanto o uso como material de adubação pode vir a causar algum dano tanto ao solo quanto a água no subsolo.

Através de um questionário aplicado à empresa, dados foram levantados quanto a utilização da vinhaça. Dados esses que são apresentados em resumo na tabela 1:

Tabela 1. Principais dados oriundos do questionário aplicado à empresa

PERGUNTAS	RESPOSTAS
Produção da Vinhaça	15 litros de vinhaça para cada 1 litro de etanol produzido
Local de Armazenamento	A vinhaça é armazenada em um parque de estocagem
Estudos de uso da vinhaça	A utilização acontece com a mistura com água, podendo ser utilizada forma normal
Formação de utilização	A vinhaça é utilizada de forma líquida na fertirrigação e de forma granulada na compostagem.
Estudos de impactos no meio ambiente	Os estudos existentes na literatura. Como se utiliza misturada água, o índice de contaminação é mínimo.

Fonte: Autores (2019).

O questionário completo com as respostas fornecidas pelo Técnico de segurança da empresa Sr. Marcos Vinícius e pelo Eng. Químico Sr. Heldemir Bezerra é apresentado no Apêndice.

Conforme análise das respostas do questionário, a Usina Vale Verde, faz o reaproveitamento do subproduto do álcool, a vinhaça, de forma responsável e sustentável. Como a vinhaça é misturada a uma certa quantidade de água, os níveis de contaminação diminuem consideravelmente. Mas não existe um procedimento periódico de análise do solo e água em regiões de plantação de cana de açúcar, logo não se tem dados exatos que não exista contaminação do solo.

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Esse estudo teve como propósito fazer uma pesquisa sobre a produção e o impacto que a vinhaça pode causar no meio ambiente. A visita à Usina Vale Verde foi importante para se ter dados de como se produz e o destino final da vinhaça. Ficou evidente que a empresa toma todos os cuidados necessários para se evitar contaminações com a utilização da vinhaça no processo de adubação da cana de açúcar.

O objetivo da pesquisa foi alcançado e como sugestão para continuidade desse projeto refere-se à implementação de um analisador portátil utilizando prototipagem Arduíno por ser de baixo custo, para que comunidades próximas as plantações de cana de açúcar possam fazer periodicamente análises do solo e da água de seus reservatórios, já que não existe por parte da empresa um procedimento periódico de análises para saber se ao longo dos anos não existe contaminação com uso, mesmo que em quantidades diluídas na água, da vinhaça como fertilizante.

REFERÊNCIAS

ALBARELLI, J. Q. **Produção de Açúcar e Etanol de Primeira e Segunda Geração: Simulação, Integração Energética e Análise Econômica**. 2013. F. Dissertação (Doutorado) – Faculdade de Engenharia Química, Universidade Estadual de Campinas, Campinas, SP, 2013. Disponível em: <https://www.researchgate.net/profile/Pedro_Senna4/publication/313492397_ETANOL_DE_PRIMEIRA_OU_DE_SEGUNDA_GERACAO_UMA_COMPARACAO_ENTRE_OS_CICLOS_PRODUTIVOS/links/5c3e00a7299bf12be3c9f08c/ETANOL-DE-PRIMEIRA-OU-DE-SEGUNDA-GERACAO-UMA-COMPARACAO-ENTRE-OS-CICLOS-PRODUTIVOS.pdf>. Acesso em: 27 set. 2019.

BARBOSA, E. A. A. **Fertirrigação e aplicação de vinhaça via gotejamento subsuperficial na produção de Cana-de-Açúcar**. 2010. P. 10. Dissertação (mestrado) - Instituto Agrônomo, Curso de pós-graduação em agricultura tropical e subtropical. Disponível em: <<http://www.iac.agricultura.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/Eduardo%20Augusto%20A%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2019.

CABELLO, P. E. SCOGNAMIGLIO, F. P. TERÁN, F. J. C. **Tratamento de vinhaça em reator anaeróbio de leito fluidizado**. 2009. Disponível em: <<http://ferramentas.unipinhal.edu.br/engenhariaambiental/include/getdoc.php?id=517&article=209&mode=pdf>>. Acesso em: 4 out. 2019.

CETESB. **Vinhaça – Critérios e procedimentos para aplicação no solo agrícola**. 2006. Disponível em: <<http://bases.bireme.br/cgi-bin/wxislind.exe/iah/online/?IscScript=iah/iah.xis&src=google&base=REPIDISCA&lang=p&nextAction=Ink&exprSearch=27122&indexSearch=ID>>. Acesso em: 16 set. 2019.

FREIRE, W. J.; CORTEZ, L. A. B. **Vinhaça de cana-de-açúcar**. Guaíba: Agropecuária, 2000. 203p. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n1/v11n1a14.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

GEMTOS, T. A.; CHOULIARAS, N.; MARAKIS, S. **Vinasse rate, time of application and compaction effect on soil properties and durum wheat crop**. Journal of Agriculture and Engineering Research, v.73, n.3, p.283-296, 1999. Disponível em: <<http://www.scielo.br/pdf/rbeaa/v11n1/v11n1a14.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

HOROWITZ *et al.* **Transformação do vinhoto em fertilizante completo I. tecnologia**. Brasil Açucareiro, Rio de Janeiro, v.103, n.1, p.7-15, 1985. Disponível em: <<http://www.iac.agricultura.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/Eduardo%20Augusto%20A%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 16 set. 2019.

LUDOVICE, M. T. F.; VIEIRA, D. B.; GUIMARAES, J. R. **Infiltração de vinhaça em canal de terra: alteração no teor de matéria orgânica e sais no solo e na água**. In: 23a. Reunião da Sociedade Brasileira de Química, 2000, Poços de Caldas. Disponível em: <<http://www.iac.agricultura.sp.gov.br/areadoinstituto/posgraduacao/dissertacoes/Eduardo%20Augusto%20A%20Barbosa.pdf>>. Acesso em: 27 set. 2019.

MACHADO, S. S. **Tecnologia da Fabricação do Açúcar. Caderno Técnico Ed. e-Tec Brasil**. 2012. Disponível em: <http://proedu.rnp.br/bitstream/handle/123456789/448/tecnolog_da_fabricacao_do_a_cucar.pdf?sequence=5>. Acesso em: 29 ago. 2019.

NETO, A. E. **Estado da arte da vinhaça**. 2016. Disponível em: <http://www.agropolocampinasbrasil.org/arquivos/2_workshop_bioeconomia/agropoloca_campinas_brasil_2_workshop_bioenergia_sessao_2_andre_elia.pdf>. Acesso em: 27 set. 2019.

NEVES *et al.* **Etanol e bioeletricidade: a cana-de-açúcar no futuro da matriz energética**. *Revista de Política Agrícola*. 2014. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/953/843>>. Acesso em: 17 ago. 2019.

ROLIM *et al.* **Influência de uma lagoa de distribuição de vinhaça na qualidade da água freática.** 2013. Disponível em: <http://www.scielo.br/scielo.php?pid=S1980-993X2013000100012&script=sci_arttext&tlng=es>. Acesso em: 4 out. 2019.

SENNA, P.P. **Uma análise comparativa sobre os processos produtivos do etanol de primeira geração e de segunda geração.** 2017. Disponível em: <<https://repositorio.unesp.br/bitstream/handle/11449/156420/000897579.pdf?sequen ce=1&isAllowed=y>>. Acesso em: 27 set. 2019.

SHIKIDA, P. F. A. **Evolução e fases da agroindústria canavieira no Brasil.** *Revista de Política Agrícola*, Brasília, 2014. Disponível em: <<https://seer.sede.embrapa.br/index.php/RPA/article/view/953>>. Acesso em: 16 ago. 2019.

SILVEIRA, R. N. C. M. **Manejo e Cuidados no Uso da Vinhaça na Fertirrigação.** 2016. Disponível em: <https://capacitacao.ead.unesp.br/dspace/bitstream/ana/244/1/Manejo_e_cuidados_da_vinha%C3%A7a-4h.pdf>. Acesso em: 4 out. 2019.

APÊNDICE

APÊNDICE

Questionário aplicado à Usina Vale Verde

1. Qual a quantidade de vinhaça que se gera com a produção do álcool na usina?

A geração de vinhaça é em média 15 L de vinhaça para cada litro de etanol. Isso depende de alguns fatores operacionais.

2. Onde é estocada a vinhaça antes da utilização como fertilizante?

Após a formação da Vinhaça, ela é direcionada para um parque de estocagem através de um canal aberto para que seja resfriada e posteriormente utilizada na fertirrigação.

3. De qual forma a vinhaça é utilizada na adubação (granulada ou líquida)?

Líquida. A granulada é usada apenas para compostagem.

4. Toda vinhaça produzida na fábrica é usada como irrigação ou existe outro destino?

Toda vinhaça produzida é utilizada apenas como fertirrigação.

5. Quantos hectares de plantação de cana de açúcar a usina utiliza?

Própria 17.000 hectares – 8.100 hectares de fornecedores.

6. A empresa possui algum estudo sobre os impactos que a vinhaça pode causar no ambiente (solo, água) através da irrigação?

Em relação aos impactos ambientais, não há realização de estudos neste momento, mas há literatura específica que trata desde problema. Em linhas gerais os parâmetros avaliados são níveis de potássio, DBO, DQO e outros minerais.

7. Já foi identificado algum tipo de dano ao meio ambiente causado pelo uso da vinhaça?

Em nossa realidade não foi identificado nenhum dano causado pela vinhaça pois em nosso processo a vinhaça é diluída em 3x1 com água e distribuída em 7.000 hectares.

8. Que método se utiliza para saber se há necessidade de uso da vinhaça na irrigação da cana de açúcar?

A vinhaça serve com fertilizante e é considerado como insumo agrícola pois complementa o programa de fertilização do solo.