



UNIVERSIDADE FEDERAL DE CAMPINA GRANDE CENTRO DE
CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR PROGRAMA DE PÓS-
GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

Rayff Anderson de Andrade Tito

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA AGROINDÚSTRIA
SUCROENERGÉTICA NA ZONA DA MATA PARAIBANA**

POMBAL-PB
2019

Rayff Anderson de Andrade Tito

**GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA AGROINDÚSTRIA
SUCROENERGÉTICA NA ZONA DA MATA PARAIBANA**

Dissertação apresentada ao Programa de Pós-Graduação *Stricto Sensu* em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, da Universidade Federal de Campina Grande, no curso de Mestrado, modalidade Profissional, como requisito para obtenção do título de Mestre.

Orientadores: Prof. Dr. José Cleidimário Araújo
Leite
Profa. Dra. Roberlúcia Araújo Candeia

POMBAL-PB
2019

T621g Tito, Rayff Anderson de Andrade.
Gerenciamento de resíduos sólidos na agroindústria sucroenergética na Zona da Mata paraibana / Rayff Anderson de Andrade Tito. – Pombal, 2020.
111 f. : il. color.

Dissertação (Mestrado em Sistemas Agroindustriais) – Universidade Federal de Campina Grande, Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar, 2019.
“Orientação: Prof. Dr. José Cleidimário Araújo Leite”.
“Coorientação: Roberlúcia Araújo Candeia”.
Referências.

1. Impacto ambiental. 2. Avaliação ambiental. 3. Sistema agroindustrial. 4. Usina sucroalcooleira. I. Leite, José Cleidimário Araújo. II. Candeia, Roberlúcia Araújo. III. Título.

CDU 504.61(043)



Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar



CAMPUS DE POMBAL

“GERENCIAMENTOS DE RESÍDUOS SÓLIDOS NA INDÚSTRIA: O caso de uma agroindústria suco energética na Zona da Mata Paraibana”

Dissertação apresentado ao Curso de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais do Centro de Ciências e Tecnologia Agroalimentar da Universidade Federal de Campina Grande, Campus Pombal-PB, em cumprimento às exigências para obtenção do Título de Mestre (M. Sc.) em Sistemas Agroindustriais.

Aprovada em 06/06/2019

COMISSÃO EXAMINADORA

José Cleidimário Araújo Leite
Orientador

Walker Gomes de Albuquerque
Examinador Interno

Maria Leide Silva de Alencar
Examinadora Externa

POMBAL-PB
2019

CENTRO DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA AGROALIMENTAR

PROGRAMA DE PÓS-GRADUAÇÃO EM SISTEMAS AGROINDUSTRIAIS

RUA: JAIRO VIEIRA FEITOSA, 1770 - CEP.: 58840-000 - POMBAL - PB

SECRETARIA DO PPGSA: 3431-4016 COORDENAÇÃO DO PPGSA: 3431-4069



Scanned with
CamScanner

Aos meus pais, Antonio Tito e Risonete Mendonça, pelo amor, carinho, dedicação e apoio em toda minha vida e formação.

AGRADECIMENTOS

Ao Deus Pai de amor e bondade, arquiteto e criador de tudo, fonte geradora de toda sabedoria.

À minha esposa, Claudete Mendes, pela compreensão e apoio durante a jornada da pós-graduação, especialmente às vezes que a deixava sozinha, para viajar, enquanto ela guardava nosso amado filho Raoni Tito em seu ventre, que nasceu durante a realização dessa pesquisa.

Aos familiares que me apoiaram em boa parte de minha formação, em especial, Tia Neide, João Gutemberg, Helena e ao saudoso Tio Carlos (*in memorian*), que faleceu exatamente no primeiro dia de aula do mestrado, mas que, com certeza, me acompanha em minhas investidas.

Ao professor orientador, José Cleidimário, pela partilha do conhecimento, pela disponibilidade habitual e, acima de tudo, pela amizade construída.

Ao companheiro de trabalho do IFPB *campus* Sousa-PB, o professor Eliezer Siqueira, pelo suporte e disponibilidade, sendo essencial para a realização dessa pós-graduação.

Aos professores do Programa de Pós-Graduação em Sistemas Agroindustriais da Universidade Federal de Campina Grande, pelo conhecimento partilhado.

Aos companheiros de trabalho da DGFOE/IFPB, nas pessoas do Diretor Vinícius Cabral e o parceiro de jornada Ariosvaldo Ferreira, que compartilharam dessa caminhada.

À Usina Monte Alegre, pelo espaço disponibilizado e pela receptividade e informações concedidas, em especial ao seu proprietário, o Sr. Eduardo Amorim; à Sra. Marlene de Fátima Oliveira, gerente industrial; ao Sr. João, gerente de produção agrícola; ao Engenheiro Ambiental Anderson Liberato; à assistente administrativa e educadora ambiental, Isolda Rodrigues; e ao supervisor de produção, Jailson Alexandre.

*“A menos que modifiquemos a nossa
maneira de pensar, não seremos
capazes de resolver os problemas
causados pela forma como nos
acostumamos a ver o mundo.”*

Albert Einstein

RESUMO

O crescimento industrial intensifica a geração de resíduos sólidos, inclusive na agroindústria, trazendo consequências adversas ao meio ambiente. Essa problemática constitui um desafio para o poder público, empresas e sociedade. Neste trabalho, teve-se por objetivo avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos e os decorrentes impactos ambientais adversos em uma agroindústria sucroenergética na Zona da Mata Paraibana, bem como propor um gerenciamento ambientalmente adequado. Foram realizadas a descrição do processo de produção de açúcar, álcool e energia, e identificaram-se os tipos de resíduos gerados. Realizaram-se ainda pesquisas qualitativas e quantitativas, por meio de visitas *in loco*, observação direta e consultas informais com os responsáveis pelo processo produtivo e gestores ambientais, além de registros encontrados na literatura técnica e científica. Os dados encontrados foram organizados e analisados, e provavelmente serão utilizados para elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos da agroindústria estudada. O diagnóstico possibilitou conhecer a quantificação do montante e destinação dos resíduos, bem como o potencial econômico e ambiental da agroindústria. Foram identificados os aspectos e os impactos ambientais dos resíduos sólidos gerados no processo industrial do empreendimento. De acordo com os resultados, verificou-se que a empresa desenvolve práticas que buscam neutralizar ou minimizar os impactos ambientais, planejando, executando e monitorando a destinação dos resíduos, porém carece de ações que contemplem todos os resíduos gerados. A complexidade dos processos e atividades desenvolvidas pela empresa também dificulta a implementação de medidas sustentáveis para combater as dificuldades no gerenciamento dos resíduos sólidos, o que se espera ser otimizado com a implantação das medidas indicadas neste estudo. Por fim, espera-se que este estudo sirva de base fundamental para a elaboração do Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos da agroindústria.

Palavras-chave: Política Nacional de Resíduos Sólidos. Cana-de-açúcar. Meio ambiente.

ABSTRACT

Industrial growth intensifies the generation of solid waste, also in agro-industry, with adverse consequences to the environment. This issue constitutes a challenge for the public power, companies and society. In this research aimed to assess the solid waste management and the resulting adverse environmental impacts in a sugarcane agro-industry in the *Zona da Mata* in the state of *Paraíba*, as well as to propose measures of environmental suitability. A description of the sugar, alcohol and energy production process was given, and the types of waste generated were identified. Qualitative and quantitative research procedures were adopted by visiting the site, performing direct observation and carrying out informal interviews with environmental managers and those responsible for the production process. Records found in the technical and scientific literature were also used. The data found were organized and analyzed, and will probably be used to elaborate the solid waste management plan of the studied agroindustry. The diagnosis helped to know the amount and destination of wastes, as well as the economic and environmental potential of the agroindustry. The environmental aspects and impacts of the solid waste generated in the agroindustrial process were identified. According to the results, it was verified that the company develops practices that intend to neutralize or minimize the environmental impacts by planning, executing and monitoring the destination of the wastes, but it lacks actions that contemplate all the wastes generated. The complexity of the processes and activities developed by the industry also makes difficult the implementation of sustainable measures to combat difficulties in solid waste management, then it is expected that been optimized with the implementation of the measures indicated in this study. Therefore, it has hoped which this study contribute to elaboration of solid wastes management plan of the agroindustry.

Keywords: National Solid Waste Policy. Sugarcane. Environment.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Representação esquemática dos estádios fenológicos da cana-de-açúcar	23
Figura 2: Localização dos municípios canavieiros no estado da Paraíba.....	25
Figura 3: Processo de fabricação do açúcar e etanol.....	30
Figura 4: Etapas do processo de fabricação do etanol	30
Figura 5: Coleta de RSU em Mamanguape-PB	35
Figura 6: Localização territorial do município de Mamanguape - PB	44
Figura 7: Fluxograma das etapas metodológicas.....	45
Figura 8: Balança rodoviária para pesagem da cana-de-açúcar.....	48
Figura 9: Retirada de amostra para sondagem.....	49
Figura 10: Tombamento de carga de cana-de-açúcar.....	49
Figura 11: Carretas com a matéria-prima	50
Figura 12: Lavagem da cana-de-açúcar.....	51
Figura 13: Moendas em operação	51
Figura 14: Torta de filtro	52
Figura 15: Caldeiras.....	53

Figura 16: Geradores de energia	53
Figura 17: Secagem do açúcar	54
Figura 18: Colunas para produção de álcool hidratado e anidro.....	56
Figura 19: Resíduo da lavagem (areia).....	58
Figura 20: Resíduo da lavagem (palha).....	59
Figura 21: Bagaço encaminhado via esteira para caldeira.....	60
Figura 22: Torta de filtro em compostagem aplicada como adubo orgânico	60
Figura 23: Reutilização de paletes de madeira.....	61
Figura 24: Embalagens plásticas	62
Figura 25: Canais com vinhaça utilizada para fertirrigação.....	63
Figura 26: Resíduo de sucata de tubo metálico.....	65
Figura 27: Sucata da antiga caldeira.	66
Figura 28: Reutilização de tambores de metal como divisórias nas casas da agrovila.	66
Figura 29: Resíduo orgânico proveniente do refeitório.....	67
Figura 30: Cultivo de mudas	67
Figura 31: Vista da rua principal da Agrovila.....	68
Figura 32: Recipientes do setor de manutenção automotiva para coleta seletiva	68

Figura 33: Ponto de coleta de resíduos para reciclagem	69
Figura 34: Recipiente para resíduos sólidos hospitalares	70
Figura 35: Lixão da cidade de Mamanguape-PB	72

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Área de mudas, plantio e colheita – Safra 2017/2018 – 2018/2019.....	27
Tabela 2: Comparativo de área, produtividade e produção	28
Tabela 3: Resíduos quantificados gerados pela indústria	71

LISTA DE QUADROS

Quadro 1: Classificação botânica da cultura da cana-de-açúcar.....	22
Quadro 2: Taxa de geração <i>per capita</i> e estimativa de quantidade de resíduos gerados	36
Quadro 3: Cronograma de Coleta de RSU em Mamanguape-PB.....	36
Quadro 4: Medidas de controle ambiental e suas características.....	42
Quadro 5: Caracterização dos resíduos da usina - etapa produção de açúcar	57
Quadro 6: Caracterização dos resíduos da usina - etapa destilaria.....	62
Quadro 7: Caracterização dos resíduos dos setores administrativos e de apoio.....	64
Quadro 8: Descrição das etapas de produção de açúcar, álcool e energia e impactos.....	72
Quadro 9: Identificação dos aspectos/impactos ambientais e seus respectivos graus de significância da indústria sucroenergético.....	73

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Evolução da área colhida no Brasil.....	26
--	----

LISTA DE SIGLAS E ABREVIATURAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AIA	Avaliação de Impacto Ambiental
ANA	Agência Nacional de Águas
ANP	Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis
ANVISA	Agência Nacional de Vigilância Sanitária
BNDES	Banco Nacional de Desenvolvimento Econômico e Social
CNS	Conselho Nacional de Saúde
CONAB	Companhia Nacional de Abastecimento
COOPACOLIN	Cooperativa dos Agentes de Limpeza do Litoral Norte
CONAMA	Conselho Nacional do Meio Ambiente
DLU	Diretoria de Limpeza Urbana
EMBRAPA	Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária
EIA	Estudo de Impacto Ambiental
EPI	Equipamento de Proteção Individual
ETENE	Escritório Técnico de Estudos Econômicos do Nordeste
FUNETEC	Fundação de Educação Tecnológica e Cultural da Paraíba
IAA	Instituto do Açúcar e do Alcool
IBAMA	Instituto Brasileiro de Meio Ambiente e dos Recursos Naturais Renováveis
INPM	Instituto Nacional de Pesos e Medidas
IPEA	Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada
MP	Matéria-Prima
MDO	Mão de obra
NBR	Norma Brasileira Registrada
NEPA	<i>National Environment Policy Act</i>
OMS	Organização Mundial da Saúde
ppm	Partes por milhão
PNMA	Política Nacional do Meio Ambiente
PNRS	Política Nacional de Resíduos Sólidos
PMGIRS	Plano Municipal de Gestão Integrada de Resíduos Sólidos
PMSBM	Plano Municipal de Saneamento Básico de Mamanguape - PB

PPRA	Programa de Prevenção de Riscos Ambientais
PROÁLCOOL	Programa Nacional do Alcool
RCD	Resíduo da Construção e Demolição
RIMA	Relatório de Impacto Ambiental
RSU	Resíduo Sólido Urbano
SIT	Sistema de Informações Territoriais
SMMA	Secretaria Municipal de Meio Ambiente
VHP	<i>Very High Polarization</i>

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	18
2	OBJETIVOS	21
2.1	Geral	21
2.2	Específicos	21
3	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	22
3.1	Cana-de-açúcar	22
3.2	Cultura da cana-de-açúcar no Brasil, Nordeste e Paraíba	23
3.3	Indústria sucroenergética	25
<i>3.3.1</i>	<i>Processo de industrialização da cana-de-açúcar</i>	<i>29</i>
3.4	Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos	31
<i>3.4.1</i>	<i>Definições e classificação</i>	<i>31</i>
<i>3.4.2</i>	<i>Caracterização e destinação de resíduos sólidos</i>	<i>32</i>
<i>3.4.3</i>	<i>Resíduos sólidos na indústria sucroenergética</i>	<i>33</i>
3.5	Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Mamanguape-PB	34
<i>3.5.1</i>	<i>Coleta regular</i>	<i>34</i>
<i>3.5.2</i>	<i>Coleta seletiva</i>	<i>37</i>
<i>3.5.3</i>	<i>Plano de Gerenciamento Específico e/ou Logística Reversa</i>	<i>37</i>
3.6	Impacto ambiental	38
<i>3.6.1</i>	<i>Conceitos e classificação</i>	<i>39</i>
<i>3.6.2</i>	<i>Impactos ambientais provenientes da produção da cana-de-açúcar</i>	<i>40</i>
3.7	Medidas de controle ambiental	41
4	MATERIAL E MÉTODOS	43
4.1	Caracterização do estudo	43
4.2	Localização da área de estudo	43
4.3	Caracterização geral da agroindústria	44
4.4	Descrição da metodologia	45
5	RESULTADOS E DISCUSSÃO	48
5.1	Descrição do processo produtivo na agroindústria	48
5.2	Identificação e gerenciamento dos resíduos gerados na indústria sucroenergética	56
5.3	Principais aspectos e impactos ambientais adversos	71
5.4	Medidas de controle ambiental	74
6	CONCLUSÕES	77

7	RECOMENDAÇÕES	78
	REFERÊNCIAS	79

1 INTRODUÇÃO

A cultura da cana-de-açúcar é uma atividade presente desde o Brasil colônia e foi responsável pela formação territorial e econômica do País (SILVA; SILVA; MELO, 2013). Nos dias atuais, permanece ativa em várias regiões, inclusive na Zona da Mata Nordestina que contempla os estados do Rio Grande do Norte, Paraíba, Pernambuco, Alagoas e Bahia, e constitui a principal área produtora de cana-de-açúcar no Nordeste, uma vez que essa região comparada ao Semiárido possui melhores condições de precipitação pluviométrica, caracterizada pelo maior volume de chuvas, maior regularidade e melhor distribuição ao longo do período chuvoso (ETENE, 2018). Na Paraíba, a cultura da cana-de-açúcar tornou-se fundamental para o rearranjo social, econômico e cultural na região da Zona da Mata, área de maior avanço da cultura no Estado, e privilegiada pelas condições edafoclimáticas favoráveis (SILVA, 2010).

Mesmo sendo uma atividade agrícola secular no Brasil, o avanço na produção de cana-de-açúcar intensificou-se com a criação do Programa Nacional do Álcool (PROÁLCOOL), que surgiu inserido em um contexto da crise do petróleo e a descoberta de que esse recurso, de origem fóssil, era esgotável, sendo assim, com o intuito de intensificar a produção de etanol combustível, o governo brasileiro criou, por meio desse programa, incentivos fiscais e linhas de crédito para intensificação da produção nas usinas (IPEA, 2016).

Esse progresso, porém, baseou-se no uso de apenas um terço do potencial energético da cana-de-açúcar: o caldo, para produção do etanol e açúcar. Todavia, com o avanço da tecnologia, o País encontra-se no limiar do uso em larga escala dos outros dois terços da planta – o bagaço e a palha – para gerar eletricidade, conhecida como bioeletricidade, sinalizando, assim, avanço quanto à otimização dos resíduos gerados no processo produtivo (JANK; RODRIGUES, 2007).

Os produtos derivados da cana-de-açúcar são matérias-primas importantes para a indústria sucroenergética gerando inúmeros produtos, tais como: açúcar, etanol anidro e hidratado, bioeletricidade, melado, aguardente, bagaço, levedura, torta de filtro, vinhaça, gás carbônico, ácido cítrico, lisina, briquetes, aglomerados MDF e outros (BNDES/CGEE, 2008).

Compreendendo as etapas agrícola e industrial, os processos produtivos das usinas sucroenergéticas possuem um alto potencial de impacto ambiental devido à relevante quantidade de componentes químicos e captação de recursos naturais durante toda a fase de transformação e *output* industrial. Com isso, a indústria sucroenergética vem adotando

inovações tecnológicas no tratamento de seus resíduos industriais, muito pela imposição da legislação ambiental, mas também pelas mudanças de padrões de consumo do mercado, e ainda pela conscientização dos responsáveis pelo setor referente às questões ambientais (REBELATO; MADALENO; RODRIGUES, 2014).

Mesmo com toda tradição e importância na economia nacional, a agroindústria da cana-de-açúcar recorrentemente tem sido alvo de inquietações e julgamentos críticos relacionados aos impactos ambientais negativos que seus processos industriais produzem no meio ambiente (SILVA, 2010; REBELATO et. al., 2013).

A produção nas usinas é caracterizada pela extração desenfreada dos recursos naturais, e potencializada quando do relevante aumento da escala de produção industrial, que por consequência, estimulou a exploração do meio ambiente e elevou a quantidade de resíduos gerados. Somando-se ao cenário supracitado, ainda existe a crença de que estes recursos são renováveis e inacabáveis (GUARNIERE, 2011). A indústria sucroenergética apresenta uma cadeia produtiva em que várias de suas etapas, se não gerenciadas adequadamente, podem provocar impactos ambientais indesejados, principalmente associados ao solo e à água (ANA, 2009).

Os principais resíduos gerados pela indústria são bagaço, palha, torta de filtro, cinza, vinhaça e águas residuais provenientes da lavagem da cana-de-açúcar e efluentes da lavagem de pisos e equipamentos entre outros; Sendo, portanto, todos os resíduos reaproveitáveis tanto como ração animal de gado confinado, como na fertilização do solo e da cogeração de energia (ALCARDE, 2018).

O fator ambiental passa a ser determinante no desenvolvimento de novas tecnologias e na melhoria das existentes, influenciando na competitividade industrial de empresas e de países, em sua luta pela sobrevivência e superação de concorrentes. Tentar minimizar os impactos negativos gerados pelos resíduos decorrentes de processos industriais se torna uma obrigação social e ambiental (ABREU, 2014).

Para encontrar uma maneira mais adequada e viável economicamente de se destinar os resíduos sólidos de uma indústria sucroenergética, no âmbito industrial, faz-se necessárias mudanças de atitude e de hábitos, com o propósito de minimizar a geração de resíduos tais como, incentivo à reutilização de materiais e combate ao desperdício (SÁNCHEZ, 2013).

Além dos impactos causados pela extração dos recursos naturais nas etapas agrícola e industrial, também há impactos provenientes da elevada geração de resíduos em ambas as etapas, revestindo-se da necessidade de gerenciamento adequado, com tratamento e destinação atendendo o que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos Lei

12.305/2010, em consonância com as boas práticas de gestão, de maneira a evitar ou minimizar os possíveis impactos ambientais (CRUZ, 2016).

Nesse sentido, a adoção dessas práticas e implantação do gerenciamento de resíduos exige conhecimento sobre o sistema produtivo, com o propósito de identificar a sua fonte geradora, as formas de segregação e a destinação adequada visando atender às legislações vigentes e garantir a preservação dos ecossistemas (LORENA, 2017). A gestão e eliminação de resíduos agroindustriais têm recebido recentemente atenção devido à descarga inadequada e indiscriminada de efluentes no ambiente e, por consequência, causar impactos ambientais adversos.

Para tanto, esse estudo propôs realizar uma análise do gerenciamento dos resíduos sólidos de uma agroindústria sucroalcooleira, produtora de açúcar, álcool e energia, localizada na Zona Mata do estado da Paraíba, e ainda avaliar os impactos ambientais adversos, além de propor medidas mitigadoras de controle ambiental, que promova melhoria da qualidade de vida da população local, e o crescimento da agroindústria em questão.

2 OBJETIVOS

2.1 Geral

Avaliar o gerenciamento de resíduos sólidos e os decorrentes impactos ambientais adversos em uma agroindústria sucroenergética na Zona da Mata Paraibana, e propor medidas de adequação ambiental.

2.2 Específicos

- Descrever o processo produtivo da agroindústria estudada;
- Fazer um diagnóstico do gerenciamento dos resíduos sólidos gerados no empreendimento;
- Identificar os principais aspectos e impactos ambientais adversos decorrentes do processo produtivo;
- Sugerir medidas de controle ambiental para o Plano de Gestão Ambiental da agroindústria.

3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

3.1 Cana-de-açúcar

A cana-de-açúcar é uma gramínea semiperene, originária da Ásia, e introduzida no Brasil pelos colonizadores portugueses. Adaptada ao calor e à umidade durante seu ciclo vegetativo, destaca-se entre as gramíneas de clima tropical como sendo a planta de maior potencial de produção de matéria seca e energia por unidade de área (EMBRAPA, 2010; KLEIN, 2010; GIANOTTO, 2011). No Quadro 1, descreve-se a classificação botânica da cultura da cana-de-açúcar.

Quadro 1 - Classificação botânica da cultura da cana-de-açúcar

Família: Poáceas	Subdivisão: Agiospermae
Gênero: Saccharum	Ordem: Glumiflorae
Classe: Monocotiledoneae	Tribo: Andropogoneae
Divisão: Embryophita siphonogama	Subtribo: Saccharae

Fonte: FERNANDES (1984); CESNIK E MIOCQUE (2004); EMBRAPA (2010).

As espécies de cana-de-açúcar, embora sejam perenes em sua forma natural, são consideradas semiperenes em sua forma cultivada. Devem ser replantadas aproximadamente a cada três a seis colheitas quando cultivadas sob as condições de sequeiro do Brasil. O replantio é fundamental devido ao declínio da produção, principalmente em virtude do desgaste físico-químico e biológico do solo, além da presença de agentes patogênicos que possam vir a prejudicar o crescimento da planta (GIANOTTO, 2011; AUGUSTINHO, 2015).

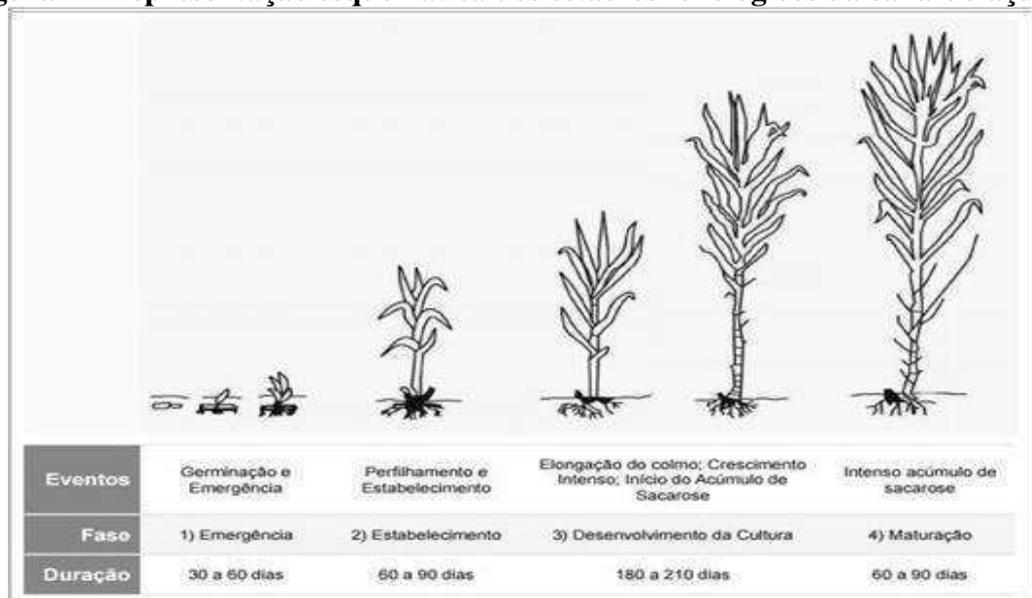
Na concepção de Silva e Silva (2012), a cultura de cana-de-açúcar apresenta quatro estádios de desenvolvimento (Figura 1):

- Brotação: ou emergência dos brotos (colmos primários), etapa de desenvolvimento inicial da cultura, que ocorre após um período de 20 a 30 dias do plantio;
- Perfilhamento e estabelecimento da cultura: marcado pela emergência dos colmos secundários, terciários e fixação de suas raízes, observado entre 90 e 120 dias após o plantio;

- Período de grande crescimento ou desenvolvimento da cultura: marcado pelo intenso acúmulo de sacarose e máxima produção dos perfilhos;
- Maturação: nessa etapa há o alcance do ponto máximo de desenvolvimento da planta e intenso acúmulo de sacarose produzida pela ação fotossintética.

Quanto às exigências climáticas, a cultura de cana-de-açúcar na fase de brotação, perfilhamento e crescimento vegetativo (1º período do ciclo da cultura) exige umidade e temperaturas favoráveis. Na fase de maturação (2º período do ciclo), a cultura exige período seco e/ou baixas temperaturas, para que avance da fase vegetativa para a fase reprodutiva, entrando em repouso fisiológico, priorizando o acúmulo de sacarose nos colmos (ANDRADE; CARDOSO, 2004).

Figura 1 - Representação esquemática dos estádios fenológicos da cana-de-açúcar



Fonte: Adaptado de Gascho e Shih (1983).

3.2 Cultura da cana-de-açúcar no Brasil, Nordeste e Paraíba

A cultura da cana-de-açúcar chegou ao Brasil logo após o descobrimento, ganhando importância econômica a partir da segunda metade do século XVI, quando os engenhos do Nordeste passaram a operar nos estados de Pernambuco, Bahia, Alagoas, Sergipe e Paraíba (CANABRAVA, 2005).

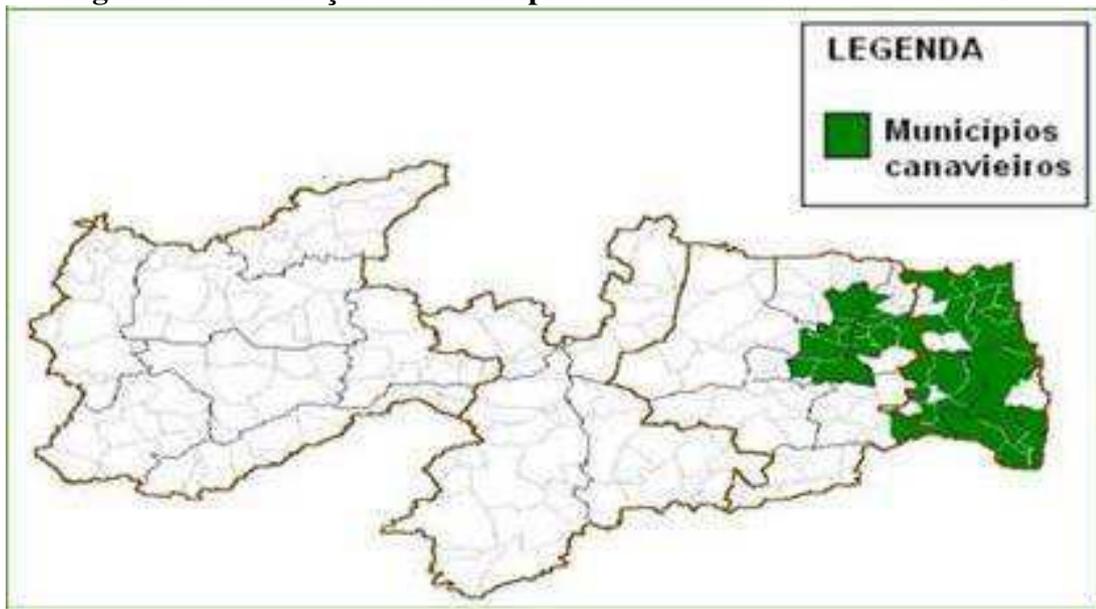
No século XIX, a expansão mundial dos polos produtores de açúcar reduziu a importância do Brasil no mercado mundial, comprometendo assim a viabilidade econômica da atividade no País. Então, com a finalidade de organizar a produção interna, em 1933, foi criado o Instituto de Açúcar e Alcool (IAA), regularizando os preços, incentivando o mercado e o desenvolvimento de pesquisas sobre a cultura (MARIN et al., 2009).

MARIN et al., (2009) ainda descrevem que, em 1973, o considerável aumento do preço do petróleo em nível mundial gerou significativos impactos na economia brasileira. Diante desse cenário, o governo brasileiro, a fim de minimizar os efeitos desses impactos, criou diversos projetos e programas de incentivo, dentre os quais destaca-se o Programa Nacional do Alcool (PROALCOOL), criado em 14 de novembro de 1975 por meio do Decreto n. 76.596, com o objetivo de inserir o etanol na matriz energética brasileira.

No Nordeste brasileiro, o PROALCOOL criou possibilidades de expansão da cana-de-açúcar em áreas naturalmente não propícias ao desenvolvimento desta cultura, em função dos investimentos e dos lucros previstos (MOREIRA, 1988). Na Paraíba, a concretização do PROALCOOL trouxe, a partir do final dos anos 70, significativo incentivo à produção sucroenergética acompanhada da modernização de algumas usinas, por meio da instalação nestas de destilarias anexas e do surgimento de destilarias autônomas. Contudo, esse crescimento foi notado até o início da década de 90, coincidindo com o fim do PROALCOOL e a extinção do IAA, os quais eram a base de sustentação dos produtores de cana-de-açúcar do Nordeste (FIGUEIREDO, 2010).

A cultura canavieira da Paraíba ocupa a parte leste do Estado (Figura 2). Segundo Alves (2002), a região da Zona da Mata Paraibana, formada essencialmente pelos tabuleiros costeiros, concentra 95% de toda a produção de cana-de-açúcar, e as demais áreas localizam-se na região do Brejo, onde predominam os pequenos produtores. No estado, o mecanismo de colheita manual ainda é o predominante, abarcando aproximadamente 74% da produção (CONAB, 2018).

Figura 2 - Localização dos municípios canavieiros no estado da Paraíba



Fonte: IBGE (2018).

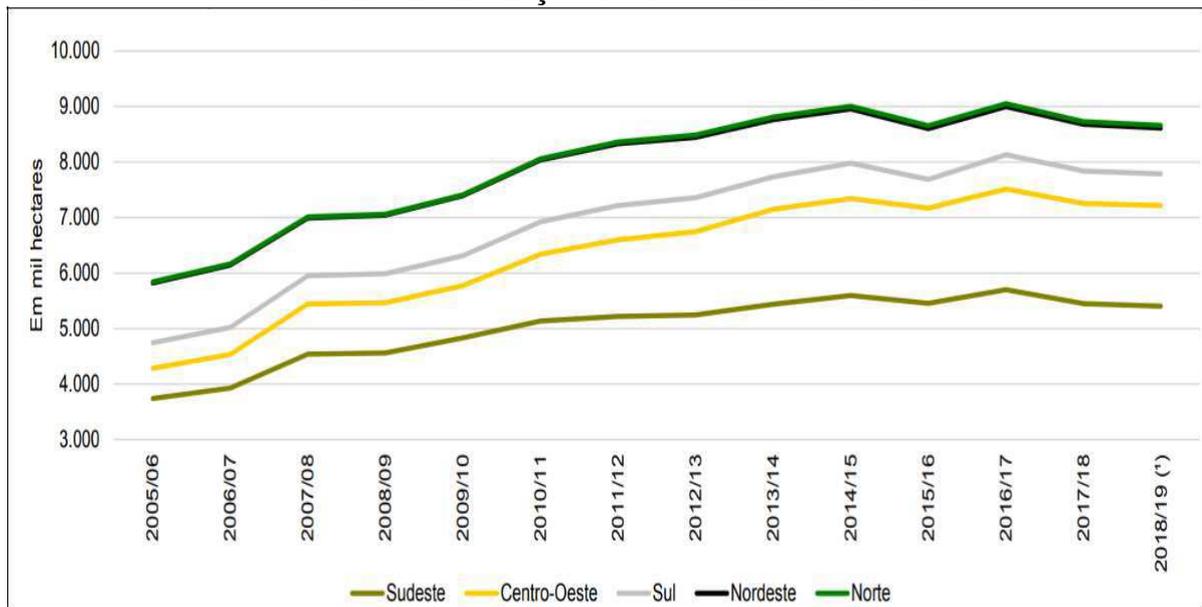
3.3 Indústria sucroenergética

Atualmente, a cana-de-açúcar é considerada uma das grandes alternativas para o setor de biocombustíveis, devido ao grande potencial na produção de etanol e dos respectivos subprodutos. Além da produção de etanol e açúcar, as unidades de produção têm buscado operar com maior eficiência, com geração de energia elétrica, auxiliando na redução dos custos e contribuindo para a sustentabilidade da atividade (CONAB, 2018).

O Brasil é o maior produtor mundial de cana-de-açúcar, que representa grande importância para o agronegócio brasileiro. O aumento da demanda mundial por etanol, oriundo de fontes renováveis, aliado às grandes áreas cultiváveis e condições edafoclimáticas favoráveis à cana-de-açúcar, têm tornado o Brasil um país promissor para a exportação dessa *commodity* (BARBOSA, 2014).

A produção de cana-de-açúcar estimada no mês de agosto de 2018 para a safra 2018/2019 é de 635,51 milhões de toneladas, um aumento de 0,4% em relação a safra anterior. Para esta mesma safra, estima-se que a área de cultivo da cana-de-açúcar no Brasil será de 8.661,4 mil hectares, distribuídos entre as regiões Sudeste (62,34 %), Centro Oeste (20,98 %), Nordeste (9,51 %), Sul (6,60%) e Norte (0,57 %), registrando uma queda total de 0,8% se comparada com a safra 2017/2018, conforme se apresenta no Gráfico 1.

Gráfico 1 - Evolução da área colhida no Brasil



Fonte: CONAB (2018).

No Nordeste brasileiro, o estado da Paraíba destaca-se com 11,5 mil ha de área cultivada, sendo o terceiro maior produtor, o que representa 13,32% da região, com estimativa de crescimento da área cultivada em 4,5%, de acordo com a Tabela 1. A região deverá ter área cultivada menor que na safra anterior. Espera-se uma recuperação na produtividade, também impactada pelo *déficit* hídrico na safra 2017/2018, com produção de 44,7 milhões de toneladas de cana-de-açúcar (CONAB, 2018).

Tabela 1 - Área de mudas, plantio e colheita – Safra 2017/2018 – 2018/2019

REGIÃO/UF	Área de mudas (em mil ha)			Área de plantio (em mil ha)			Área colhida (em mil ha)			Área total (em mil ha)		
	Safra 2017/18	Safra 2018/19	VAR. %	Safra 2017/18	Safra 2018/19	VAR. %	Safra 2017/18	Safra 2018/19	VAR. %	Safra 2017/18	Safra 2018/19	VAR. %
NORTE	4,0	2,8	(29,9)	10,7	9,6	(9,9)	49,5	49,5	(0,1)	64,2	61,9	(3,6)
RO	0,1	0,1	(56,5)	0,5	0,9	80,2	1,8	2,0	12,1	2,4	3,0	21,9
AM	0,3	0,3	6,4	1,2	1,2	5,7	3,6	3,5	-	5,0	5,1	0,7
PA	1,2	1,2	-	3,0	3,0	-	13,5	13,5	-	17,7	17,7	-
TO	2,5	1,3	(49,1)	6,0	4,5	(25,0)	30,6	30,4	(0,7)	39,1	36,2	(7,5)
NORDESTE	21,7	19,0	(12,5)	92,4	86,3	(6,7)	842,2	823,8	(2,2)	956,4	929,1	(2,9)
MA	0,6	1,8	190,1	7,0	7,1	2,1	38,0	35,0	(8,0)	45,6	43,9	(3,8)
PI	0,7	0,7	-	3,6	2,9	(19,5)	15,7	17,3	10,0	20,0	20,9	4,3
RN	2,5	1,3	(47,3)	8,7	4,2	(52,5)	57,8	55,9	(3,3)	69,0	61,3	(11,1)
PB	2,1	2,1	-	11,0	11,5	4,5	119,6	119,7	0,1	132,7	133,4	0,5
PE	3,9	3,9	(0,7)	20,1	15,5	(22,6)	223,2	231,0	3,5	247,2	250,5	1,3
AL	9,3	6,4	(31,4)	28,1	30,4	8,5	303,8	286,2	(5,8)	341,2	323,0	(5,3)
SE	1,1	1,2	9,8	7,5	7,9	5,8	37,0	40,4	9,2	45,5	49,4	8,7
BA	1,6	1,7	8,3	6,5	6,7	3,0	47,1	38,4	(18,5)	55,1	46,8	(15,2)
CENTRO-OESTE	75,6	88,3	16,8	293,8	286,3	(2,5)	1.804,5	1.817,0	0,7	2.173,8	2.191,7	0,8
MT	7,7	8,6	11,2	36,6	35,5	(3,0)	226,9	235,3	3,7	271,2	279,3	3,0
MS	30,2	30,9	2,2	99,6	102,7	3,1	666,0	664,7	(0,2)	795,8	798,3	0,3
GO	37,6	48,8	29,8	157,6	148,2	(6,0)	911,6	917,1	0,6	1.106,8	1.114,1	0,7
SUDESTE	179,0	124,3	(30,6)	719,0	728,9	1,4	5.448,4	5.399,7	(0,9)	6.346,4	6.252,9	(1,5)
MG	38,6	24,5	(36,6)	108,1	105,6	(2,3)	824,9	851,3	3,2	971,6	981,4	1,0
ES	1,6	2,3	46,1	8,9	10,5	18,2	47,6	45,3	(4,9)	58,1	58,1	0,0
RJ	0,3	0,3	-	1,4	1,4	-	17,5	26,8	53,0	19,2	28,5	48,3
SP	138,4	97,2	(29,8)	600,7	611,4	1,8	4.558,4	4.476,3	(1,8)	5.297,5	5.184,9	(2,1)
SUL	28,4	28,8	1,3	87,6	114,3	30,5	584,9	571,3	(2,3)	700,9	714,4	1,9
PR	28,4	28,8	1,3	87,4	114,1	30,5	583,7	570,3	(2,3)	699,5	713,2	2,0
RS	0,1	0,1	-	0,2	0,2	9,4	1,2	1,1	(10,3)	1,4	1,3	(7,6)
NORTE/NORDESTE	25,7	21,8	(15,2)	103,1	95,9	(7,0)	891,7	873,3	(2,1)	1.020,5	991,0	(2,9)
CENTRO-SUL	283,0	241,5	(14,7)	1.100,4	1.129,5	2,7	7.837,8	7.788,0	(0,6)	9.221,2	9.159,0	(0,7)
BRASIL	308,8	263,3	(14,7)	1.203,4	1.225,4	1,8	8.729,5	8.661,4	(0,8)	10.241,7	10.150,0	(0,9)

Fonte: CONAB (2018).

Com um incremento de 0,4% em relação à safra anterior, a produção de mais de 635.510,4 mil de toneladas de cana-de-açúcar por ano, ver Tabela 2, com base na estimativa da safra 2018/2019, coloca o Brasil na liderança da produção dessa cultura no mundo.

Tabela 2 - Comparativo de área, produtividade e produção

REGIÃO/UF	Área (em mil ha)			Produtividade (em kg/ha)			Produção (em mil t)		
	Safra 2017/18	Safra 2018/19	VAR. %	Safra 2017/18	Safra 2018/19	VAR. %	Safra 2017/18	Safra 2018/19	VAR. %
NORTE	49,5	49,5	(0,1)	69.946	67.506	(3,5)	3.464,41	3.340,88	(3,6)
RO	1,8	2,0	12,1	42.857	39.616	(7,6)	78,0	80,8	3,6
AM	3,6	3,5	(1,3)	62.213	78.492	26,2	222,1	276,3	24,4
PA	13,5	13,5	-	72.188	67.118	(7,0)	976,7	908,1	(7,0)
TO	30,6	30,4	(0,7)	71.467	68.279	(4,5)	2.187,6	2.075,7	(5,1)
NORDESTE	842,2	823,8	(2,2)	48.849	54.262	11,1	41.140,5	44.702,3	8,7
MA	38,0	35,0	(8,0)	58.419	57.974	(0,8)	2.220,5	2.027,4	(8,7)
PI	15,7	17,3	10,0	54.106	57.888	7,0	850,0	1.000,3	17,7
RN	57,8	55,9	(3,3)	43.539	47.236	8,5	2.516,1	2.639,6	4,9
PB	119,6	119,7	0,1	48.742	52.542	7,8	5.829,5	6.290,3	7,9
PE	223,2	231,0	3,5	48.470	51.202	5,6	10.819,0	11.828,6	9,3
AL	303,8	286,2	(5,8)	44.916	54.673	21,7	13.646,9	15.647,9	14,7
SE	37,0	40,4	9,2	46.492	50.740	9,1	1.718,8	2.048,4	19,2
BA	47,1	38,4	(18,5)	75.185	83.918	11,6	3.539,7	3.219,9	(9,0)
CENTRO-OESTE	1.804,5	1.817,0	0,7	74.073	76.135	2,8	133.664,1	138.337,5	3,5
MT	226,9	235,3	3,7	70.974	76.796	8,2	16.101,9	18.067,1	12,2
MS	666,0	664,7	(0,2)	70.480	74.202	5,3	46.940,2	49.320,6	5,1
GO	911,6	917,1	0,6	77.470	77.366	(0,1)	70.622,0	70.949,8	0,5
SUDESTE	5.448,4	5.399,7	(0,9)	76.622	76.381	(0,3)	417.470,7	412.434,8	(1,2)
MG	824,9	851,3	3,2	78.816	78.283	(0,7)	65.017,4	66.645,1	2,5
ES	47,6	45,3	(4,9)	50.004	66.674	33,3	2.380,7	3.019,0	26,8
RJ	17,5	26,8	53,0	49.806	52.277	5,0	872,1	1.400,5	60,6
SP	4.558,4	4.476,3	(1,8)	76.607	76.262	(0,5)	349.200,5	341.370,3	(2,2)
SUL	584,9	571,3	(2,3)	64.155	64.228	0,1	37.522,2	36.694,9	(2,2)
PR	583,7	570,3	(2,3)	64.207	64.251	0,1	37.477,4	36.640,5	(2,2)
RS	1,2	1,1	(10,0)	38.291	51.833	35,4	44,8	54,4	21,5
NORTE/NORDESTE	891,7	873,3	(2,1)	50.021	55.013	10,0	44.604,9	48.043,2	7,7
CENTRO-SUL	7.837,8	7.788,0	(0,6)	75.105	75.432	0,4	588.657,0	587.467,2	(0,2)
BRASIL	8.729,5	8.661,4	(0,8)	72.543	73.373	1,1	633.261,9	635.510,4	0,4

Fonte: CONAB (2018).

Para essa mesma safra (2018/2019) no Brasil, a produção de açúcar deverá atingir 34.245,9 mil de toneladas, retração de 9,6% ao produzido na safra 2017/18, para tanto, 41,20% da cana-de-açúcar produzida destina-se à produção de açúcar. Enquanto 58,80% da cana-de-açúcar produzida destina-se à produção de álcool, chegando em 30,41 bilhões de litros, incremento de 11,6% em relação à safra passada, sendo que a produção de etanol anidro (utilizada na mistura com a gasolina) deverá ter aumento de 2,2%, alcançando 11,24 bilhões de litros. E por fim, o total produzido de etanol hidratado deverá ser de 19,17 bilhões de litros, aumento de 18% ou 2,9 bilhões de litros (CONAB, 2018).

Na Paraíba, há uma estimativa de produção de cana-de-açúcar para a safra 2018/2019 na ordem de 6.290,3 mil toneladas. Desse total, 22,1% devem ser destinados para a produção de açúcar e 77,9% para a produção de etanol, definido pelo cenário econômico favorável tanto no mercado interno quanto no mercado externo para o biocombustível, em comparação ao açúcar (CONAB, 2018).

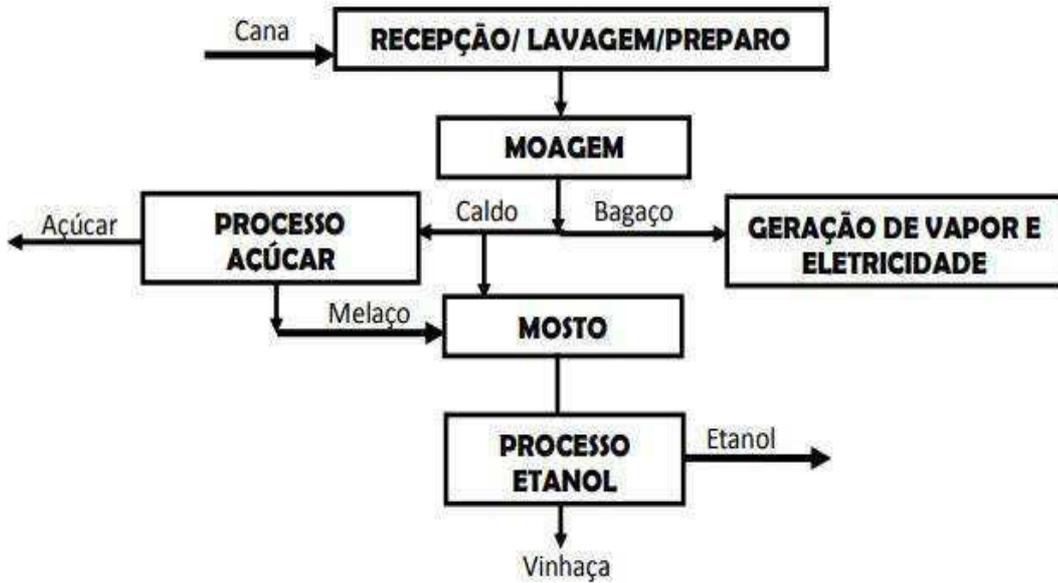
3.3.1 Processo de industrialização da cana-de-açúcar

Realizada a colheita da cana-de-açúcar, inicia-se a etapa industrial, recebe-se a matéria-prima, e em seguida realizam-se os procedimentos de pesagem e análise da qualidade em relação ao teor de sacarose (ASTUN, 2010). A cana-de-açúcar é limpa com água para reduzir as impurezas que possam prejudicar o rendimento das etapas subsequentes. Apenas a cana queimada é lavada. Quando colhida mecanicamente e sem queima, não é submetida à lavagem (ANDRADE e DINIZ, 2007).

Quando limpa, ocorre a preparação por meio da desintegração da cana pelos processos de corte e desfibramento para ajudar na extração da sacarose. Em seguida, é realizada a embebição com água para aumentar a eficiência de extração de sacarose nas moendas, obtendo-se o caldo misto e o bagaço da cana. De posse do caldo misto, realiza-se tratamento para este, de acordo com a destinação da produção, ou seja, se for produzir álcool ou açúcar (ASTUN, 2010).

Para produção de açúcar, o caldo misto é tratado a fim de retirar impurezas, clarificar o caldo e corrigir o pH. Quanto ao tratamento para produção de açúcar, cada indústria tem um método, mas o mais empregado é a pasteurização do caldo misto. Na produção de açúcar (Figura 3), ocorrem os processos de evaporação, cozimento, centrifugação e secagem. Esta etapa tem como principal insumo a água e, conseqüentemente, ocorre a geração de efluentes, onde o mel pobre, resultante deste processo, é enviado para a cadeia produtiva do álcool, mais precisamente na fermentação (ASTUN, 2010).

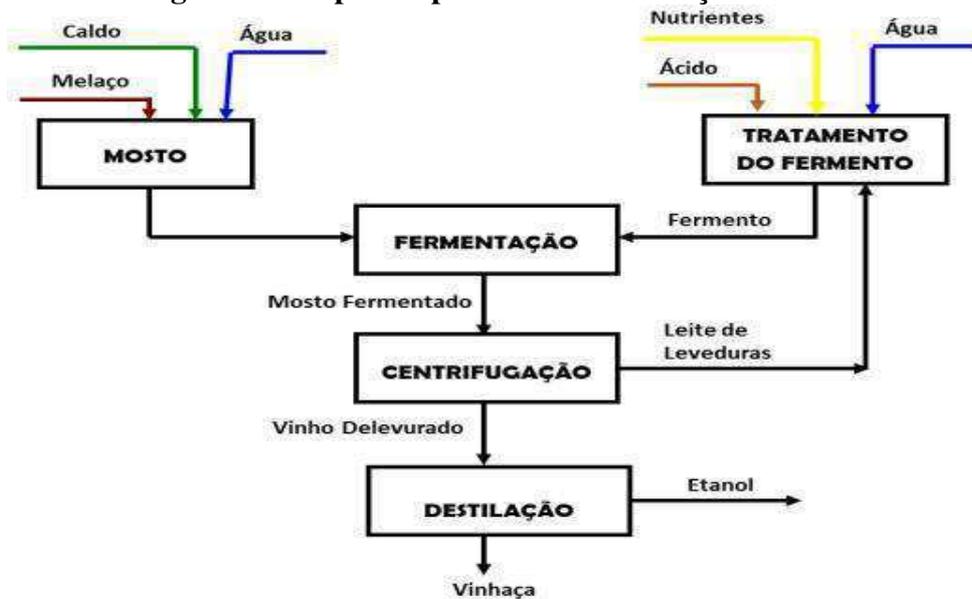
Figura 3 - Processo de fabricação do açúcar e etanol



Fonte: Novais (2018).

A produção de álcool recebe o caldo misto adicionam-se leveduras e obtêm-se o mosto que é levado para a etapa de fermentação e gera-se o vinho que é encaminhado para o processo de destilação no qual ocorre a separação dos constituintes do vinho, a fim de retirar o etanol desta mistura, conforme Figura 4. Na torre de destilação, obtêm-se o tipo do produto que se deseja, como o álcool anidro ou hidratado. (NOVAIS, 2018).

Figura 4 - Etapas do processo de fabricação do etanol



Fonte: Novais (2018).

3.4 Gestão e gerenciamento de resíduos sólidos

De acordo com Lima (2001), o termo gestão é utilizado para definir decisões, ações e procedimentos adotados em nível estratégico, enquanto o gerenciamento está mais relacionado ao nível operacional.

3.4.1 Definições e classificação

A Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), por meio da Norma Brasileira Registrada (NBR) 10.004/2004, define os resíduos sólidos como sendo:

Resíduos nos estados sólido e semissólido, aqueles que resultam de atividades de origem: industrial, domiciliar, hospitalar, comercial, agrícola, de serviços e varrição. Ficam incluídos nesta definição os lodos provenientes de sistemas de tratamento de água, aqueles gerados em equipamentos e instalações de controle de poluição, bem como determinados líquidos, cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou corpos de água ou exijam para isso soluções técnicas e economicamente inviáveis em face à melhor tecnologia disponível (ABNT, 2004).

Na Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010, que instituiu a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), define-se resíduos sólidos como:

Resíduos sólidos: material, substância, objeto ou bem resultante de atividade humana em sociedade, a cuja destinação final se procede, se propõe proceder ou se está obrigado a proceder, nos estados sólidos ou semissólido, bem como gases contidos em recipientes e líquidos cujas particularidades tornem inviável o seu lançamento na rede pública de esgotos ou em corpos de água, ou exijam para isso soluções técnica ou economicamente inviável em face da melhor tecnologia disponível (PNRS, 2010).

Outra resolução que regula a questão dos resíduos sólidos é a do Ministério do Meio Ambiente por meio do Conselho Nacional do Meio Ambiente (CONAMA). A resolução n. 313, de 29 de outubro de 2002, Art. 2º, estabelece: “todo resíduo sólido industrial é resultado das atividades industriais no seu estado sólido, semi-sólido, gasoso e líquido, sendo inviável o seu lançamento na rede pública de esgoto ou em corpos d’água, fazendo-se necessário um estudo técnico viável de tratamento para a reutilização ou lançamento nos cursos hídricos”.

No Brasil, os resíduos sólidos são classificados pela NBR 10.004/2004 da ABNT em:

- **Classe I** - Perigosos: apresentam inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade. São estes resíduos que requerem a maior atenção por parte do administrador, uma vez que os acidentes mais graves e de maior impacto ambiental são causados por esta classe de resíduos, quando manuseados ou destinados de forma inadequada. Estes resíduos podem ser acondicionados, armazenados temporariamente, incinerados, ou dispostos em aterros sanitários especialmente desenhados para receber resíduos perigosos.

- **Classe II** - Não perigosos:
 - **Classe II A** - Não inertes: podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água. Por exemplo, o papel e os restos de alimentos. São basicamente os resíduos com as características do “lixo doméstico”.
 - **Classe II B** - Inertes: ao serem submetido aos testes de solubilização (conforme NBR 10.007/2004 da ABNT), não apresentam quaisquer de seus constituintes solubilizados à concentração superior aos padrões de potabilidade em água. Isto significa que a água permanecerá potável quando em contato com estes resíduos. Muitos destes resíduos são recicláveis e não se degradam ou não são facilmente decompostos, quando dispostos no solo, ou seja, se degradam muito lentamente.

A Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), instituída pela Lei n. 12.305, de 02 de agosto de 2010, que dispõe sobre princípios, objetivos e instrumentos, bem como sobre as diretrizes relativas à gestão integrada e ao gerenciamento de resíduos sólidos, destinadas a uma série de problemas causados pelos resíduos gerados por uma indústria, abrindo uma perspectiva para redução, reutilização, reciclagem, tratamento e destinação adequada, com vistas a uma vida saudável, sustentável, voltada ao bem-estar social e econômico (SINNOTT, 2012).

3.4.2 Caracterização e destinação de resíduos sólidos

As características dos resíduos sólidos variam em função dos fatores climáticos, econômicos e culturais de cada região ou localidade.

Quanto às características físicas e químicas, os resíduos sólidos podem ser classificados em:

- **Seco e Inorgânico:** é o resíduo totalmente sólido que pode ou não ser reciclável. Exemplos: papéis, plásticos, metais, vidros, madeiras, lâmpadas, guardanapos e toalhas de papel e tecidos.
- **Molhado e Orgânico:** é o resíduo úmido que pode ser transformado em adubo. Exemplos: restos de comida, cascas e bagaços de frutas e verduras, aparas e podas de jardim, legumes e alimentos estragados.

Existem, no Brasil, três tipos de locais para destinação dos resíduos sólidos urbanos: lixões ou vazadouros; aterros controlados e aterros sanitários (VILLARES, 2009).

Os lixões são locais de deposição de resíduos sólidos, sem qualquer forma de controle ou proteção da área, isto é, são formas inadequadas de disposição dos resíduos sólidos urbanos, que provocam uma série de impactos ambientais negativos (MONTEIRO et al., 2001). Estes locais são caracterizados pela presença de “catadores” de lixo, animais nativos e exóticos, e favorecem a proliferação de vetores de doenças e geram odores desagradáveis.

3.4.3 Resíduos sólidos na indústria sucroenergética

Com o aumento das atividades agroindustriais no Brasil, a geração de subprodutos também teve expressiva evolução, conseqüentemente surge um problema: o destino dos resíduos sólidos gerados com essas atividades, como, por exemplo, a sucroenergética. Tanto a produção de cana-de-açúcar, cada vez mais de alto padrão, sem impurezas e cristais uniformes, quanto à fabricação do etanol são processos altamente geradores de resíduos sólidos. Para cada tonelada de cana esmagada ou moída, obtêm-se 120 kg de açúcar e 14 litros de álcool, porém a quantidade de resíduos também é significativa: 100 a 400 kg de torta de filtro, 800 a 1000 litros de vinhaça e 260 kg de bagaço de cana. Sendo assim, o resíduo industrial, caso não seja gerenciado de maneira adequada, pode gerar problemas para o meio ambiente. Esse fato criou um cenário de necessidade de tratamento desses e de outros tipos de resíduos sólidos, bem como a demanda de uma legislação para normatizar as formas de tratamento desses resíduos (FERREIRA, 2009).

De acordo com Rebelato (2016), destacam-se entre os principais resíduos da cana-de-açúcar, a água da lavagem da cana e efluentes da lavagem de pisos e equipamentos, o bagaço, as cinzas das caldeiras, a torta de filtro, a palha e a vinhaça. Esses resíduos aumentam

intensivamente devido à expansão da cultura, havendo necessidade de reutilização, pois o seu descarte inadequado gera um desequilíbrio ambiental, como destaca Schneider et al. (2012).

3.5 Gerenciamento de Resíduos Sólidos em Mamanguape-PB

Na Lei complementar n. 04/2017, de 05 de maio de 2017, dispõe-se o Código Municipal de Limpeza Urbana do Município de Mamanguape.

Em consonância com a Lei complementar supracitada, e com o propósito de atender a Lei n. 11.445/2007, que instituiu a Política Nacional do Saneamento Básico e a Lei n. 12.305/2010, que instituiu a Política Nacional dos Resíduos Sólidos, a Secretaria Municipal de Meio Ambiente em parceria com a Fundação de Educação Tecnológica e Cultural da Paraíba – FUNETEC, elaborou o Plano Municipal de Saneamento Básico de Mamanguape (PMSBM)

O PMSBM constitui-se de seis volumes, os quais apresentam respectivamente: Plano de Mobilização Social; Diagnóstico Técnico Participativo; Prognóstico e Planejamento Estratégico; Programas, Metas e Ações; Plano de Execução; e Sistema de Indicadores de Desempenho.

3.5.1 Coleta regular

Os serviços de coleta, remoção e transporte dos Resíduos Sólidos Urbanos (RSU) e os serviços de limpeza urbana, na zona urbana e rural do Município de Mamanguape são de responsabilidade da Secretaria Municipal de Meio Ambiente (SMMA) por meio da Diretoria de Limpeza Urbana (DLU), compartilhada com a empresa terceirizada ECOBOM, a partir do contrato n. 112/2017, os serviços são realizados por funcionários da empresa terceirizada conjuntamente com funcionários efetivos da prefeitura.

Segundo dados da SMMA, a coleta de RSU atende 100% da população da Zona Urbana e 40 % da população da zona rural. As coletas são realizadas nos horários de 07:00 às 11:00, 13:00 às 15:20 e em algumas localidades no horário noturno de 19:00 às 22:00 e de 00:00 às 02:51. É de responsabilidade da empresa terceirizada a disponibilização dos Equipamentos de Proteção Individual (EPI) aos seus funcionários, tais como, luvas, botas, óculos escuros, protetor solar e auricular.

De acordo com a Lei complementar n. 04/2017, são classificados como serviços públicos de limpeza urbana e manejo de resíduos sólidos, dentre outros serviços concernentes à limpeza do Município de Mamanguape:

- I - o conjunto de atividades, infraestrutura e instalações operacionais de coleta, transporte e destinação final dos resíduos sólidos urbanos;
- II - a conservação da limpeza de vias, balneários, sanitários públicos, viadutos, elevadas, áreas verdes, parques e outros logradouros e bens de uso comum da população do Município de Mamanguape;
- III - a remoção de bens móveis abandonados nos logradouros públicos, exceto veículos automotivos; e
- IV - a fiscalização no âmbito do cumprimento desta Lei.

Os veículos são utilizados para outros tipos de serviços como coleta de poda, Resíduo da Construção e Demolição (RCD) e tapa-buracos. Na Figura 5, ilustra-se veículo coletando RSU na cidade de Mamanguape.

Figura 5 - Coleta de RSU em Mamanguape-PB



Fonte: FUNETEC (2018).

Para o município de Mamanguape, segundo estimativas do Plano Estadual de Gerenciamento e Resíduos Sólidos, a taxa de geração de resíduos *per capita* e a estimativa da quantidade de resíduos gerados encontram-se no Quadro 2.

Quadro 2 - Taxa de geração per capita e estimativa de quantidade de resíduos gerados

Município	Resíduos Sólidos Domiciliares (kg/hab.dia)	Resíduos de Limpeza Pública (kg/hab.dia)	Resíduos Sólidos Domiciliares (kg/dia)	Resíduos de Limpeza Pública (kg/dia)
Mamanguape	0,58	0,087	25.406	3.811

Fonte: Paraíba (2013)

A Secretaria Municipal de Meio Ambiente é responsável pela coleta, transporte e destinação de resíduos sólidos urbanos, essa a coleta é realizada diariamente no centro da cidade, e entre 2 a 3 vezes nos demais bairros, conforme cronograma (Quadro 3).

Quadro 3 - Cronograma de Coleta de RSU em Mamanguape-PB

Dias	Manhã	Tarde
Segunda-feira	Sítio Várzea, Bairro Alto do Bela Vista, Distrito Lagoa do Cruz	Centro, Bairro Macapá, bairro da Saudade, Bairro da Baixa, Conjunto Aloysio Pereira, Hospital Regional, Bairro São Francisco, Jardim Carlota, Bairro Zé Evaristo, Ibiapina
Terça-feira	Sítio Lagoa de São João, Sítio Cedro, Sítio Macambira	Centro, Santa Marta, Irene Sérgio, Bairro do Cruzeiro, Bairro São Silvestre, Bairro Maia
Quarta-feira	Distrito Lagoa do Cruz	Centro, Bairro Macapá, bairro da Saudade, Bairro da Baixa, Conjunto Aloysio Pereira, Hospital Regional, Bairro São Francisco, Jardim Carlota, Bairro Zé Evaristo, Ibiapina.
Quinta-feira		Centro Santa Marta, Irene Sérgio, Bairro do Cruzeiro, Bairro São Silvestre, Bairro Maia
Sexta-feira	Sítio Várzea, Bairro Alto do Bela Vista, Sítio Lagoa de São João, Sítio Cedro, Sítio Macambira, Distrito Lagoa do Cruz	Centro Bairro Macapá, bairro da Saudade, Bairro da Baixa, Conjunto Aloysio Pereira, Hospital Regional, Bairro São Francisco, Jardim Carlota, Bairro Zé Evaristo, Ibiapina.
Sábado		Centro Santa Marta, Irene Sérgio, Bairro do Cruzeiro, Bairro São Silvestre, Bairro Maia

Fonte: Secretaria de Meio Ambiente de Mamanguape (2013)

3.5.2 *Coleta seletiva*

No município de Mamanguape, não há coleta seletiva, porém, existe uma associação de catadores de materiais recicláveis, e existem galpões de reciclagem de iniciativa privada. A associação de catadores foi fundada no ano de 2010 e é denominada de Cooperativa dos Agentes de Limpeza do Litoral Norte-COOPACOLIN e atualmente conta com 30 catadores associados.

Os associados não utilizam nenhum tipo de EPI, e não possuem local e estrutura adequada para a realização das atividades de separação dos materiais, atuam diretamente no lixão e alguns realizam coleta porta a porta.

Conforme cadastro da Secretaria de Meio Ambiente do município, existem 61 catadores de materiais recicláveis trabalhando informalmente, e que atuam sem utilizar nenhum tipo de EPI.

O município de Mamanguape destina seus resíduos a um lixão e atualmente não integra qualquer consórcio.

3.5.3 *Plano de Gerenciamento Específico e/ou Logística Reversa*

Na Lei n. 12.305/2010, define-se logística reversa como um instrumento de desenvolvimento econômico e social caracterizado por um conjunto de ações, procedimentos e meios destinados a viabilizar a coleta e a restituição dos resíduos sólidos ao setor empresarial, para reaproveitamento em seu ciclo ou em outros ciclos produtivos, ou outra destinação final ambientalmente adequada.

De acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), a responsabilidade de implementar a logística reversa é compartilhada entre fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes, consumidores e os titulares dos serviços públicos de limpeza urbana e de manejo de resíduos sólidos.

Ainda de e acordo com o Art. 33 da política, são obrigados a estruturar e implementar sistemas de logística reversa, mediante retorno dos produtos após o uso pelo consumidor, de forma independente do serviço público de limpeza urbana e de manejo dos resíduos sólidos, os fabricantes, importadores, distribuidores e comerciantes de:

I - agrotóxicos, seus resíduos e embalagens, assim como outros produtos cuja embalagem, após o uso, constitua resíduo perigoso, observadas as regras de gerenciamento de resíduos perigosos previstas em lei ou regulamento, em normas estabelecidas pelos órgãos do Sisnama, do SNVS e do Suasa, ou em normas técnicas;

II - pilhas e baterias;

III - pneus;

IV - óleos lubrificantes, seus resíduos e embalagens;

V - lâmpadas fluorescentes, de vapor de sódio e mercúrio e de luz mista;

VI - produtos eletroeletrônicos e seus componentes.

Quanto ao plano de gerenciamento de resíduos sólidos, a PNRS prevê que estão sujeitos à elaboração de plano de gerenciamento de resíduos sólidos os geradores de: resíduos industriais, resíduos de serviços de saúde, resíduos de mineração, as empresas de construção civil, as empresas de transporte; e os responsáveis por atividades agrossilvopastoris, se exigido pelo órgão competente do Sisnama, além dos estabelecimentos comerciais e de prestação de serviços que:

a) gerem resíduos perigosos;

b) gerem resíduos que, mesmo caracterizados como não perigosos, por sua natureza, composição ou volume, não sejam equiparados aos resíduos domiciliares pelo poder público municipal.

Cabe ao poder público fiscalizar os estabelecimentos passíveis de plano de gerenciamento de resíduos sólidos.

3.6 Impacto ambiental

Segundo Fogliatti et al. (2004), o conceito de impactos e riscos ambientais surge no final da década de 1960, principalmente por causa de despejos industriais e derramamento de petróleo. Os Estados Unidos da América foram os pioneiros na institucionalização da fiscalização dos impactos ambientais causados no meio ambiente por projetos, por meio da *National Environment Policy Act* (NEPA), em 1970.

A Avaliação de Impacto Ambiental (AIA) surgiu no Brasil principalmente devido à exigência de órgãos financiadores internacionais, sendo posteriormente incorporada como instrumento da Política Nacional do Meio Ambiente (PNMA) no início da década de 1980 (FOGLIATTI et al. 2004).

Nesse contexto, ampliou-se a legislação federal, criando, inclusive, a resolução do Conselho Nacional de Meio Ambiente (CONAMA):

- Lei n. 6.803, de 02 de julho de 1980, que dispôs sobre o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição;
- Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981, que instituiu a Política Nacional do Meio Ambiente;
- Resolução CONAMA n. 001, de 23 de janeiro de 1986, na qual foram definidos as diretrizes e os procedimentos para a elaboração de Estudo de Impacto Ambiental (EIA) e do Relatório de Impacto Ambiental (RIMA).

Para Mirra (2002), a Avaliação de Impacto Ambiental é um dos principais instrumentos da Política Nacional de Meio Ambiente. Nesse sentido, para Sánchez (2013), a AIA torna-se fundamental na gestão do meio ambiente, uma vez que analisa as consequências ambientais de uma ação atual ou proposta, de maneira que seja “assegurada” a viabilidade ambiental do empreendimento previamente à sua implantação.

No entanto, a AIA é apenas um instrumento de política pública ambiental, e não deve ser vista como solução para todas as divergências de planejamento ou lacunas legais que permitem, consentem e facilitam a degradação ambiental (SÁNCHEZ, 2013).

3.6.1 Conceitos e classificação

No Brasil, a definição de impacto ambiental foi introduzida pela Resolução CONAMA n. 001/1986, Art. 1º, que define impacto ambiental como sendo:

Qualquer alteração das propriedades físicas, químicas ou biológicas do meio ambiente, causada por qualquer forma de matéria ou energia resultante das atividades humanas, que direta ou indiretamente afetem:

I - a saúde, a segurança e o bem-estar da população;

II - as atividades sociais e econômicas;

III - a biota;

IV - as condições estéticas e sanitárias do meio ambiente; e

V - a qualidade dos recursos ambientais (CONAMA, 1986).

Segundo Sánchez (2013), impacto ambiental é a alteração da qualidade ambiental que resulta da modificação de processos naturais ou sociais, provocada por ações humanas.

Para Fogliatti et. al. (2004), o impacto ambiental é qualquer alteração no sistema ambiental físico, químico, biológico, cultural e socioeconômico que possa ser atribuída às atividades humanas, relativas às alternativas em estudo para satisfazer as necessidades de um projeto.

Segundo Fogliatti et. al. (2004), no estudo das ações sobre o ambiente, apresenta-se a seguinte classificação para os impactos ambientais:

Quanto ao valor: o impacto pode ser positivo ou negativo, conforme o efeito ambiental benéfico ou adverso, respectivamente.

Quanto ao espaço: o impacto pode ser local, regional ou estratégico. O impacto é local, quando afeta a área de influência direta do projeto; regional, quando é sentido fora do entorno do projeto; e estratégico, quando se expande para fora da área de influência do projeto.

Quanto ao tempo de ocorrência: o impacto pode ser imediato, de médio ou longo prazo, permanente ou cíclico. Definido imediato, quando o efeito surge simultaneamente com a ocorrência da ação/atividade; quando o efeito se manifesta com certa “defasagem” de tempo em relação à ação causadora, o impacto é considerado de médio ou longo prazo; quando seu efeito continua após a interrupção da atividade, é considerado permanente; e, quando o efeito ocorre em intervalos de tempo determinados ou variados, é considerado cíclico.

Quanto a sua reversibilidade: o impacto pode ser reversível ou irreversível. Definido reversível, quando seu efeito pode ser cessado por alguma ação; e, quando seu efeito permanece ao longo do tempo após as fases de implantação e operação do empreendimento, é considerado irreversível.

Quanto à chance de ocorrência: o impacto pode ser probabilístico ou determinístico. Define-se probabilístico, quando é incerta sua ocorrência; e determinístico, quando existe a certeza de sua ocorrência.

Quanto à incidência: o impacto pode ser direto ou indireto. Define-se direto, quando o efeito limita-se à zona de influência direta e indireta do empreendimento, e indireto, quando é estendido, a partir de agentes externos, para fora da zona de influência do empreendimento.

Significativo: impacto que apresenta grande importância, em geral, é irreversível e permanente.

Sistêmico: impacto causado pelo conjunto das atividades de um empreendimento.

Cumulativo ou acumulativo: impactos que se acumulam no tempo ou no espaço, resultantes da combinação de efeitos de uma ou mais ações adversas.

3.6.2 *Impactos ambientais provenientes da produção da cana-de-açúcar*

Na percepção de Figueiredo (2010), a maioria das usinas e destilarias utilizam em seu ciclo produtivo práticas degradantes ao meio ambiente e à saúde da população, tais como:

aplicação de insumos químicos (fertilizantes e agrotóxicos) na agricultura; tecnologias degradantes que poluem o ar, como a queima intensiva da cana emitindo fuligem; uso de motobomba para fins de irrigação dos canaviais; desmatamento de áreas protegidas legalmente; dentre outras consequências.

Embora o cultivo da cultura de cana-de-açúcar seja acompanhado de diversos impactos ambientais negativos, a cultura é de fundamental importância quando se trata de sua múltipla utilização, podendo ser utilizada (*in natura*), como o caldo de cana, sob a forma de forragem para alimentação animal, como matéria-prima para a fabricação de diversos produtos, como: açúcar, álcool, rapadura, melado, aguardente, além da grande capacidade de geração de energia elétrica (SILVA, 2004; SILVA, 2010; RODRIGUES, SAAB, GANDOLFO, 2011).

No estado da Paraíba, com o passar dos tempos, a expansão da monocultura da cana-de-açúcar vem acompanhada de modificações significativas, em virtude da expressiva devastação do Bioma Mata Atlântica, que se estende, principalmente, no litoral do estado. Estas modificações, vêm acarretando desgastes socioambientais, degradação das áreas de cabeceiras dos cursos de água, como no caso do rio Paraíba, e contaminação do solo e dos recursos hídricos por agrotóxicos, contribuindo assim para um desequilíbrio da biodiversidade (SILVA, 2010; FÉLIX, SANTOS, RODRIGUES, 2014).

Aderindo cada vez mais a práticas sustentáveis, as indústrias vislumbram certificações, de acordo com normas que prezam pelo desenvolvimento sem transgredir as leis ambientais vigentes, cumprindo com a responsabilidade ambiental para operar internacionalmente. As indústrias sucroenergéticas já empregam essas normas como estratégia, por ter um elevado potencial poluidor com aplicação de uma gestão ambiental que contemple medidas cautelosas com grande controle dos impactos ambientais, uma vez que o mercado está cada vez mais exigente, melhorando, assim, a sua imagem e dando melhores condições de competitividade (RODRIGUES, 2014).

3.7 Medidas de controle ambiental

Verificados os potenciais impactos ambientais a serem causados pela atividade industrial, determinam-se as medidas de controle ambiental, que por sua vez, podem ser classificadas como: preventivas, mitigadoras, compensatórias e potencializadoras ou maximizadoras, conforme apresentado no Quadro 4 (SÁNCHEZ, 2013).

Quadro 4 - Medidas de controle ambiental e suas características

Medidas	Características
Preventivas	Medidas que têm por objetivo evitar a ocorrência da alteração ambiental.
Mitigadoras	Reduzir o efeito dos impactos a curto, médio ou longo prazo.
Compensatórias	Ações a serem propostas com a finalidade de repor danos ambientais não mitigáveis.
Potencializadoras ou maximizadoras	Ações previstas para otimizar ou maximizar o efeito de um impacto positivo ocasionado, direta ou indiretamente, pela implementação do empreendimento.

Fonte: FOGLIATTI, FILIPPO e GOUDARD (2004); PETROBRAS (2004).

Algumas medidas são apresentadas como mitigadoras, apropriadas para “suavizar” os impactos ambientais negativos, ocasionados por qualquer empreendimento, a exemplo dos que estão relacionados a resíduos sólidos, à impermeabilização das células, sistema de drenagem, bem como à recuperação das áreas degradadas, entre outros (FOGLIATTI, et al., 2004).

Após a adoção de medidas de gerenciamento de resíduos, é necessário manter o monitoramento e realizar aplicações contínuas da avaliação de risco para avaliar a eficiência das medidas implantadas (GUIMARÃES, 2011).

4 MATERIAL E MÉTODOS

4.1 Caracterização do estudo

Realizou-se estudo de caso em uma agroindústria do setor sucroenergético da Zona da Mata Paraibana, Mamanguape-PB, destinada à fabricação de açúcar, álcool e energia, que gera vários tipos de resíduos sólidos.

A escolha da agroindústria foi motivada pela sua importância econômica, social e ecológica para a região onde se localiza, surgindo, em paralelo, a inquietação de pesquisar como é conduzido o gerenciamento de resíduos sólidos em uma empresa pioneira no País na produção de açúcar sem enxofre e que gera anualmente 2000 empregos durante o período de safra.

Para atingir os objetivos propostos, esta pesquisa contemplou as seguintes atividades: abordagem bibliográfica, visitas técnicas, pesquisa documental, observação direta, estudo de campo, fotodocumentação, aplicação de métodos de AIA, e entrevista informal com os gerentes e pessoas envolvidas no processo produtivo e gerenciamento dos resíduos sólidos.

Trata-se de uma pesquisa básica, caracterizada quanto aos seus objetivos como descritiva e exploratória, com uma abordagem qualitativa e quantitativa.

O estudo de campo permite observar um determinado local ou situação, analisando uma realidade, e visa à compreensão de diversos aspectos da sociedade e, se necessário, procura saídas para um problema específico (LAKATOS e MARCONI, 2003).

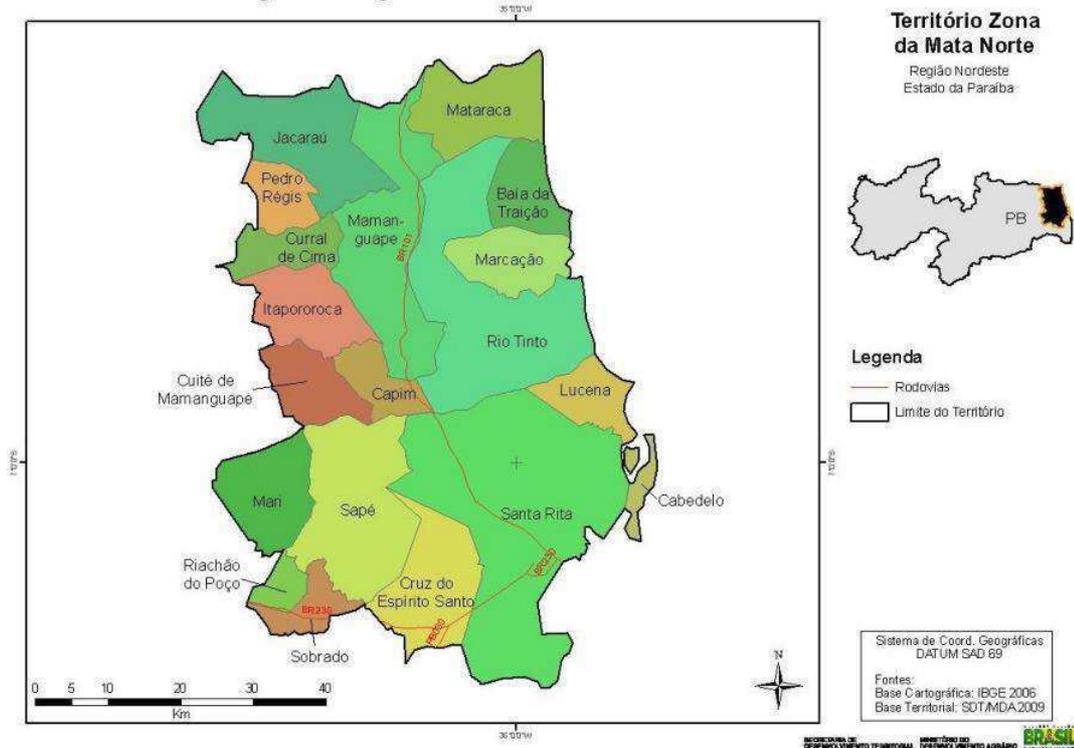
Foram respeitados os aspectos éticos, conforme o que preconiza a Resolução n 466/2012 do Conselho Nacional de Saúde (CNS) e Resolução n 510/2016

4.2 Localização da área de estudo

A Agroindústria sucroenergética Usina Monte Alegre está localizada no município de Mamanguape (Figura 6), estado da Paraíba, na região metropolitana do Vale do Mamanguape, microrregião do Litoral Norte na mesorregião da Zona da Mata Norte Paraibana. O Município estende-se por uma área de 340,48 km², a 51 m de altitude e possui as coordenadas geográficas: Latitude: 6° 50' 19" Sul e Longitude: 35° 07' 34" Oeste. Faz fronteira com os municípios de Capim, Jacaraú, Curral de Cima, Itapororoca, Rio Tinto e Mataraca, situado

aproximadamente a 60 Km da capital do estado, João Pessoa. A principal via de acesso à cidade é a BR-101 (IBGE, 2010).

Figura 6 - Localização territorial do município de Mamanguape-PB



Fonte: SIT (2018).

O município de Mamanguape, PB, apresenta clima tropical, com maior ocorrência de chuvas muito mais no verão que no inverno. De acordo com a Köppen e Geiger, o clima é classificado como Aw, com uma temperatura média de 25°C e 1306 mm de pluviosidade média anual (CLIMATE DATA, 2018).

4.3 Caracterização geral da agroindústria

A principal indústria no município de Mamanguape - PB, é a agroindústria sucroenergética Usina Monte Alegre que produz açúcar, etanol e energia, para atender tanto o mercado interno, quanto o externo (exportações). O município também conta com metalúrgicas, cerâmicas, indústria de massas e biscoitos e indústria de sorvetes (FUNETEC, 2018).

A agroindústria estudada foi fundada em 1940 e passou da condição de engenho para a fabricação do açúcar, passando no ano de 1990 por um processo de ampliação e modernização

de suas instalações e áreas de cultivo. Sua área agrícola é responsável pelo plantio, cultivo e colheita do principal insumo (cana-de-açúcar) para produção, gerando no período de safra, anualmente, cerca de dois mil empregos diretos. O empreendimento atua no segmento de varejo e seus principais produtos são: açúcar cristal e triturado (sem a utilização de enxofre), demerara (em embalagens de 1 kg / 2 kg) e VHP (tipo exportação a granel), além da produção de etanol e energia.

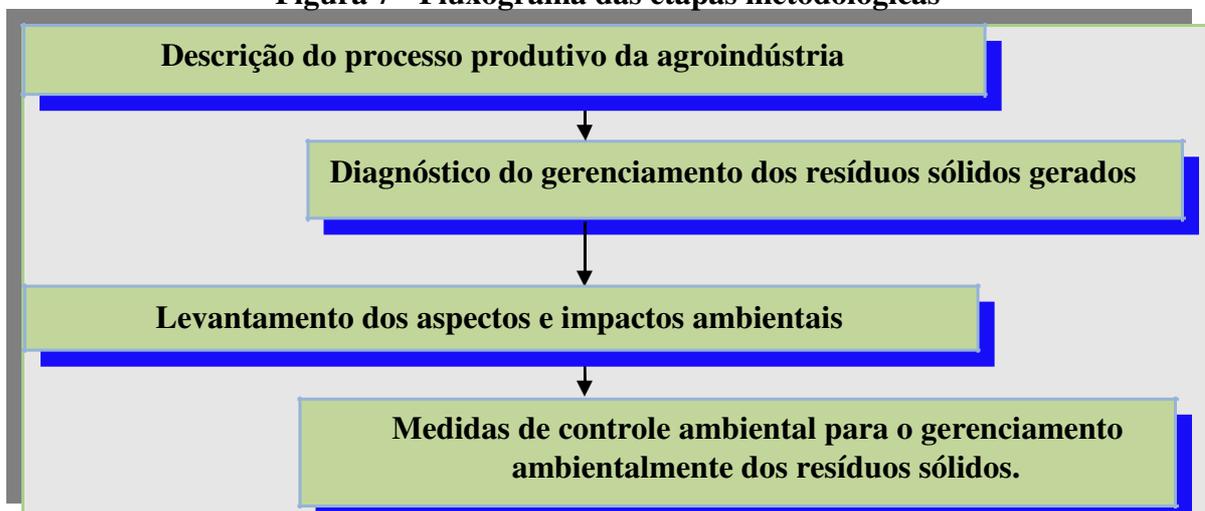
A empresa é pioneira no Brasil na fabricação do açúcar sem a utilização do enxofre, devido o mesmo causar danos à saúde. Esse processo consiste em produzir oxigênio na unidade industrial, onde o gás passa em ozonizadores e é misturado ao caldo de cana que será processado para industrialização do açúcar branco.

O pioneirismo supracitado reveste-se de relevante importância, haja vista a imposição de limites de utilização do enxofre pela Organização Mundial da Saúde (OMS), em que na indústria americana e europeia o nível permitido é zero, porém, no Brasil só existe limitação para exportação, que é de 7 ppm.

4.4 Descrição da metodologia

O trabalho foi realizado *in loco*, analisando cada etapa do processo produtivo da indústria sucroenergética, em específico o processo de produção de açúcar, álcool e energia, desde a recepção da matéria-prima até a confecção dos produtos agroindustriais. O fluxograma (Figura 7) expõem as etapas metodológicas seguidas para o estudo.

Figura 7 - Fluxograma das etapas metodológicas



Fonte: Elaborado pelo autor (2018).

As seguintes informações consideradas necessárias, para a elucidação dos objetivos foram:

a) Quanto ao processo produtivo

- Fluxo dos processos no âmbito da produção industrial, por meio de observação direta, consulta informal e documentação;
- As perdas no processo envolvendo o processamento da cana-de-açúcar, por meio de consulta informal;
- Quantidade de máquinas envolvidas, por meio de observação direta e consulta informal;
- Tempo de processamento, em horas, necessário para produzir o açúcar, o álcool e a energia, por meio de documentação;
- Produtividade, por meio de documentação;
- A mão de obra envolvida, por meio de consulta informal.

b) Quanto aos resíduos sólidos gerados

- Identificação, classificação de acordo com NBR 10.004/2004 e quantidade de resíduos sólidos, por meio de documentação da empresa, observação *in loco* e consulta informal. A identificação dos resíduos ocorreu em três segmentos, denominados na pesquisa como: processo de produção do açúcar, processo de produção do álcool, e setores adjacentes ou de apoio;
- Tratamento empregado e destinação adotada, por meio de documentação da empresa, observação *in loco* e consulta informal, considerando apenas o coração do sistema de produção, ou seja, apenas a fabricação do açúcar, álcool e energia, excetuando assim a etapa agrícola, na qual ocorre a produção primária;
- Confrontar a técnica aplicada, a técnica de destinação adequada conforme preconiza a Lei n. 12.305, e por fim, a avaliação da disposição dos resíduos, atribuindo o conceito de ambientalmente adequada ou “necessita melhoria”.

c) Quanto aos impactos ambientais

- Consumo de energia, por meio de consulta informal;
- Ruídos, calor, poeiras e exposição aos produtos químicos com as devidas aferições, por meio de documentação, especificamente o Programa de Prevenção aos Riscos Ambientais.

- O modelo adotado para identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais foi proposto por Seiffert (2006), na qual se faz a caracterização desse impacto por meio dos critérios: situação e classe (tipo).

d) Em relação à averiguação do gerenciamento dos resíduos sólidos

- Confrontar os dados obtidos do gerenciamento atual dos resíduos sólidos da empresa com as determinações da legislação vigente no Brasil;
- Apresentar medidas de controle ambiental para o Plano de gestão dos resíduos sólidos.

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

5.1 Descrição do processo produtivo na agroindústria

O processamento da cana-de-açúcar inicia-se com a recepção da matéria-prima, que é o principal insumo, e que parte é cultivada na área de plantio da própria usina ou comprada junto aos fornecedores. Em seguida, realiza-se a pesagem em balança rodoviária (Figura 8), que também é utilizada para quantificação dos produtos finais.

Figura 8 - Balança rodoviária para pesagem da cana-de-açúcar



Fonte: Autor (2018).

Após a etapa inicial, realiza-se o procedimento de análise da qualidade em relação ao teor de sacarose e demais parâmetros de qualidade da cana-de-açúcar, tais como: quantidade de sólidos dissolvidos no caldo da cana; impurezas vegetais e minerais; fibra e a pureza; quantidade de açúcar presente na amostra, sólidos totais dissolvidos; sacarose aparente; percentual de cana corrigida; açúcares redutores; açúcares redutores totais; e dextrana. Toda matéria-prima processada é analisada, para tanto coleta-se amostra, por meio de sonda (Figura 9) e envia-se para apreciação em laboratório.

Figura 9 - Retirada de amostra para sondagem

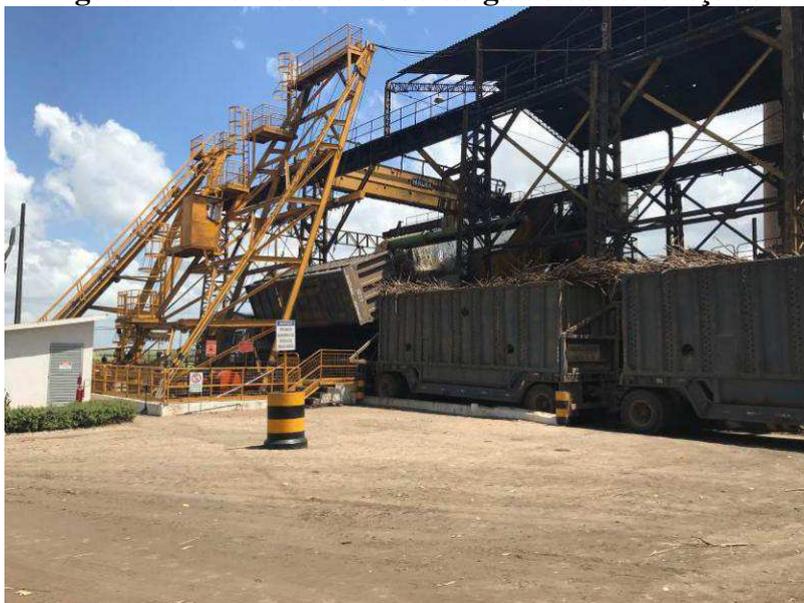


Fonte: Autor (2018).

A matéria-prima processada é proveniente da área de cultivo da usina, bem como de fornecedores, que são responsáveis por 51,39% da cana-de-açúcar processada, enquanto que o setor agrícola da usina disponibiliza 48,61%, ou seja, maior parte do principal insumo para usina tem como origem, fornecedores externos.

Devidamente despachada, a cana-de-açúcar, segue para o tombamento por meio de guincho tombador (Figura 10), dimensionado para operar de maneira rápida e eficientemente com veículos de dimensões e capacidades variadas.

Figura 10 - Tombamento de carga de cana-de-açúcar



Fonte: Autor (2018).

Não há local destinado para estocagem de matéria-prima, de modo que se utiliza o método “bate e volta”, ou seja, a cana fica estocada nas próprias carretas (Figura 11), em um curto espaço de tempo, para evitar decomposição bacteriológica e custos com estoque.

Figura 11 - Carretas com a matéria-prima



Fonte: Autor (2018).

A descarga da cana para lavagem é realizada na mesa de 45° com água, com fins de reduzir as impurezas que possam prejudicar o rendimento das etapas subsequentes, conforme Figura 12. Toda cana-de-açúcar processada na usina utiliza o corte manual, em virtude do método de queimar a cana-de-açúcar, apresentar elevado nível de sujeira, fazendo uso demasiado de água. Essa etapa gera, alguns resíduos: palha, areia e água de lavagem.

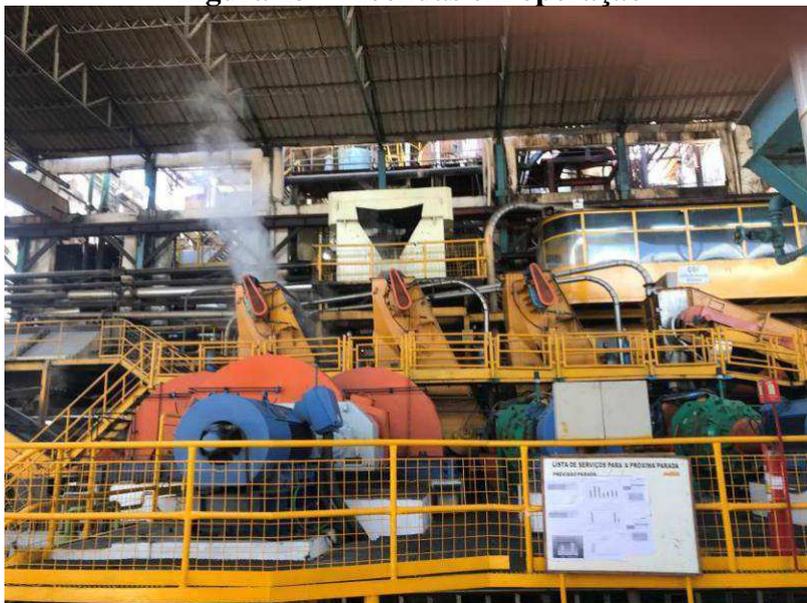
Em seguida, a cana-de-açúcar passa pelo arrumador, e posteriormente é cortada em pedaços menores, por meio de facas oscilantes, também chamadas de navalhas. E, logo após é encaminhada pelo rolo alimentador até um equipamento chamado desfibrador, no qual se faz a ruptura por impactos consecutivos. Este equipamento contém um jogo de martelos e uma placa desfibradora, que tem por objetivo romper as células (córtex) da cana que contém o caldo, contudo, não se extrai o caldo.

Posteriormente, direciona-se a cana via esteira de borracha, para embebição com água para aumentar a eficiência de extração de sacarose nas moendas (Figura 13). O caldo é extraído e condicionado para uma peneira, na qual se retiram as impurezas mais grosseiras, obtendo o caldo que é dividido para fabricação de álcool etílico e para fabricação de açúcar, gerando, inclusive, o bagaço da cana.

Figura 12 - Lavagem da cana-de-açúcar

Fonte: Autor (2018).

O caldo de cana mesmo após ter passado por peneiras, contém impurezas menores, por isso aplica-se o ozônio com o auxílio do hidrojeter. Contudo, ainda o caldo passa por processos químicos, que favorecerá a coagulação, floculação e a precipitação destas impurezas, que são eliminadas por sedimentação.

Figura 13 - Moendas em operação

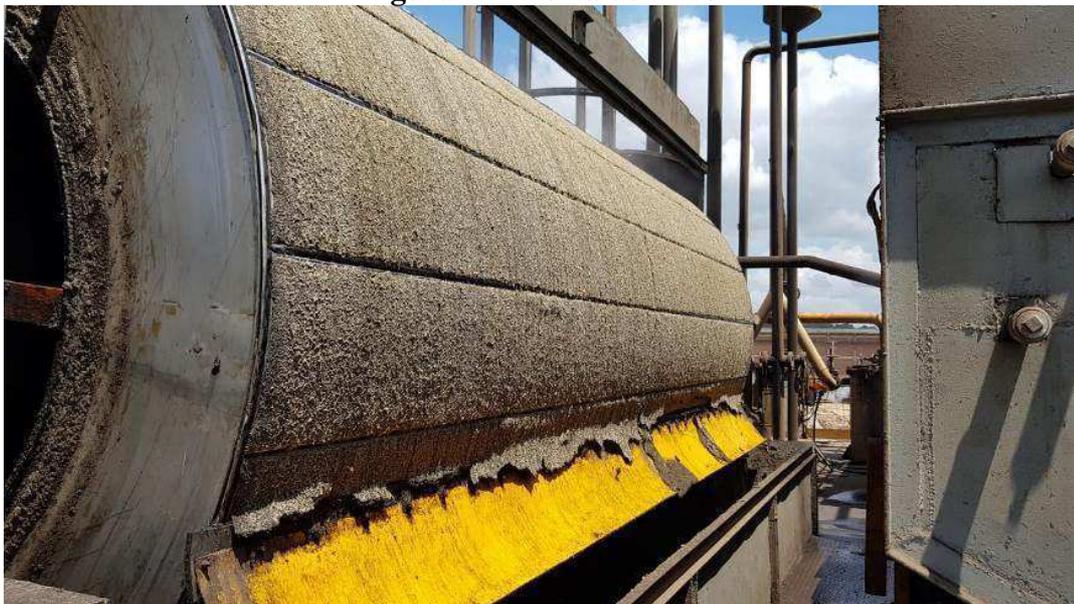
Fonte: Autor (2018).

De posse do caldo misto, o processo continua com o seu tratamento, de acordo com a destinação da produção, ou seja, se for produzir álcool ou açúcar. Na safra 2018/2019, a usina

moeu 845.860,48 mil toneladas de cana-de-açúcar, sendo que 64,08% destinaram-se para produção de açúcar, enquanto que 35,92% para produção de álcool, o que corresponde a 303.812,41 mil toneladas de cana-de-açúcar. Ressalta-se que na produção de álcool, além do mel proveniente da moagem da cana, também se utiliza o estoque de melaço como insumo para destilaria.

Após passar pelo processo de decantação, gera-se o lodo, que passa pelo misturador e filtro rotativo gerando a torta de filtro (Figura 14), este é utilizado como fertilizante orgânico para a produção agrícola. O bagaço é destinado como combustível para alimentar as caldeiras e gerar energia térmica e elétrica para suprir tanto a demanda interna, a exemplo do consumo das máquinas e equipamentos da própria usina, como obtenção de superávit energético. A usina comercializa a energia, exportando-a, comercializando junto à concessionária de energia, gerando crédito a ser utilizado no período entre safra, ou ainda, crédito carbono, atendendo aos requisitos estabelecidos pelo protocolo de Kyoto.

Figura 14 - Torta de filtro



Fonte: Autor (2018).

As caldeiras ilustradas na Figura 15 funcionam em tempo integral e são responsáveis pela incineração do bagaço da cana-de-açúcar, transformando energia térmica, parte em vapor que faz operar as moendas e outros equipamentos da usina, e parte para gerar energia elétrica.

Observa-se na Figura 16 o conjunto de geradores, responsáveis, na safra 2018/2019, pela geração 46.644 MW/h, sendo que desse total, são comercializados 8.985 MW/h, ou seja, toda a energia consumida pela usina é de geração própria, tanto para o processo industrial, quanto para demandas das atividades agrícolas, consumindo, portanto, 80,73% da energia

gerada na própria usina, enquanto que 19,26% da produção gera superávit, e por sua vez, é comercializada junto à concessionária de energia local.

Figura 15 – Caldeiras



Fonte: Autor (2018).

Figura 16 - Geradores de energia



Fonte: Autor (2018).

Ainda na produção de açúcar, o caldo misto passa por tratamento de modo que sejam subtraídas as impurezas, clarificando o caldo e corrigindo o pH. Este processo de produção tem como principal insumo a água e, conseqüentemente, ocorre à geração de efluentes, e o mel pobre resultante deste processo é enviado para a cadeia produtiva do álcool, mais

precisamente na fermentação. Mas, no tratamento do caldo, submete-se a um processo de concentração eliminando a água contida no mesmo.

A concentração do caldo é realizada em duas etapas: a primeira, em evaporadores de múltiplos efeitos aquecidos a vapor, produzindo xarope, que em seguida é enviado a mais uma etapa de concentração, na qual ocorrerá a formação dos cristais de açúcar, em função da precipitação da sacarose dissolvida na água. Esta etapa é dividida entre o cozimento e a cristalização por resfriamento, na qual se obtém uma mistura de cristais envolvidos em mel (solução açucarada) conhecido por massa cozida. Após o resfriamento da massa cozida esta é centrifugada para a separação dos açúcares e do mel.

Em suma, na produção de açúcar ocorrem os processos de evaporação, cozimento, cristalização, centrifugação, secagem (Figura 17), empacotamento e armazenamento.

Figura 17 - Secagem do açúcar



Fonte: Autor (2018).

Para a produção de álcool, recebe-se o caldo misto ou o mel pobre, adicionam-se leveduras, obtêm-se o mosto, que em seguida é condicionado para a etapa de fermentação. A preparação do mosto é realizada num tanque com agitador, chamado diluidor, numa proporção predeterminada, usando como componentes: mel e água (mosto de melaço); mel e caldo (mosto misto); mel, caldo e água (mosto misto) e somente caldo (mosto de caldo).

A fermentação dos mostos realiza-se em três fases distintas: pré-fermentação, fermentação principal e pós-fermentação. A pré-fermentação se inicia quando o fermento (leveduras) é adicionado ao mosto e ocorre com pouca formação de espuma. A fermentação

principal, reconhecida pela elevação rápida da temperatura, e diminuição na densidade do mosto por causa do desaparecimento dos açúcares e da formação equivalente do etanol. A acidez eleva-se, diminuindo o pH, de modo que essa fase termina quando desaparece a espuma. E, por fim, a pós-fermentação é caracterizada pela redução lenta e gradativa da temperatura do mosto, de menor concentração de desprendimento de gás carbônico e a não formação de espumas.

A separação das leveduras do vinho é realizada por meio das separadoras denominadas centrífugas contínuas, pela diferença de densidade. Gera-se o vinho sem leveduras, que é encaminhado para dorna volante e o creme, leite de leveduras (suspensão concentrada de leveduras), redirecionado para os pré-fermentadores que, após tratamento adequado (adição de água e correção do pH com ácido sulfúrico), retorna para um novo ciclo fermentativo.

O vinho sem a levedura segue para a dorna volante em que é destilado. O líquido é colocado em colunas de destilação, denominadas colunas A, B e C (Figura 18), e este é aquecido até a evaporação, onde ocorre, respectivamente, a destilação e a retificação, com produção do etanol hidratado (coluna B), com teor de etanol variando de 92,5 a 93,8°INPM (quantidade em gramas de álcool absoluto contida em 100 gramas de mistura hidroalcoólica), estipulado pela ANP (Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis). Na destilação, é obtido o resíduo principal do processo produtivo de etanol, a vinhaça.

Para se obter etanol anidro ou desidratado, com teor de etanol variando de 99,3 a 99,8 ° INPM, faz-se a retirada da água da mistura, de modo a alterar a sua composição. Para isso, atualmente adiciona-se o ciclohexano ao etanol hidratado, formando uma mistura azeotrópica etanol-água-ciclohexano que, ao evaporar-se, permite a obtenção do etanol anidro. Esse processo ocorre Coluna C, denominada coluna de desidratação.

Na Figura 18 observa-se as torres de destilação, nas quais se obtém dois tipos de álcoois: o hidratado (coluna B) e anidro (coluna C), cujas produções são de 19.231.500 L e 13.858.500 L, respectivamente. Perfazendo uma produção total de 33.089.500 L de álcool. Essa produção, no entanto, gera os seguintes resíduos: 496.342.500 L de vinhaça e 11.850 Kg levedura.

Figura 18 - Colunas para produção de álcool hidratado e anidro



Fonte: Autor (2018).

5.2 Identificação e gerenciamento dos resíduos gerados na indústria sucroenergética

Baseado nas informações fornecidas e observações *in loco* elaborou-se o mapeamento dos processos de produção, identificou-se suas respectivas etapas, os resíduos gerados, os tratamentos empregados e a destinação adotada. Assim tornou-se possível avaliar o gerenciamento dos resíduos de acordo com o que preconiza a NBR 10.004/2004, e monitorar as boas práticas para a gestão ambiental.

Como primeiro resultado relacionado à identificação dos resíduos e os tratamentos empregados na agroindústria, tem-se as etapas principais: campo, produção do açúcar, energia e destilaria. Contudo, abordou-se apenas o coração do sistema de produção, ou seja, apenas a fabricação do açúcar, álcool e energia, excetuando assim a etapa agrícola, na qual ocorre a produção primária.

Conhecer o processo de produção, identificar a origem da geração do resíduo, realizar a segregação são etapas importantes para um gerenciamento adequado. A segregação é uma das etapas mais importantes para um gerenciamento, e consiste em separar e selecionar os resíduos segundo à classificação adotada na fonte.

Os resíduos gerados diretamente pela produção industrial representam os maiores volumes, sendo estes reprocessados ou comercializados pela empresa os que não são encaminhados para uma destinação, conforme descritos nos Quadros 5, 6 e 7.

Identificou-se, no processo de fabricação do açúcar, álcool e energia, bem como nos setores de apoio e administrativo, 26 (vinte e seis) tipos de resíduos. Destes, 07 (sete) foram observados no processo de produção do açúcar, quais sejam: palha e areia de lavagem, água de lavagem, bagaço, cinzas da caldeira, embalagens plásticas e torta de filtro (Quadro 5), enquanto, que na produção do álcool detectaram-se 02 (dois): a vinhaça e a levedura (Quadro 6).

Nos setores adjacentes ou de apoio, tais como: setor automotivo, manutenção fabril, insumos, refeitório, agrovila, setor administrativo e ambulatório, identificou-se a geração de 17 resíduos (Quadro 7), com atenção especial para os resíduos hospitalares produzidos no ambulatório.

Nos Quadros 5, 6 e 7 além de indicar os resíduos gerados, apresentam-se a etapa do processo de produção geradora, a classe do resíduo de acordo com a NBR 10.004/2004, a destinação atual adotada pela empresa, a técnica aplicada, a técnica de destinação adequada conforme preconiza a NBR 10.004/2004, e por fim, a avaliação da disposição dos resíduos, atribuindo o conceito de ambientalmente adequada ou “necessita melhoria”.

Quadro 5 - Caracterização, tratamento e destinação dos resíduos da usina: etapa produção de açúcar

Processo	Resíduo	Classe	Técnica aplicada	Melhor técnica	Destinação aplicada	Avaliação da destinação	
Produção de açúcar	Estação de limpeza	Palha Areia de lavagem	Classe IIA	Compostagem	Compostagem	Campo de cultivo da cana	Ambientalmente adequada
	Estação de limpeza	Água residuária de lavagem	Resíduo Líquido	Reprocessamento	Reprocessamento	Vinhaça	Ambientalmente adequada
	Moenda	Bagaço	Classe IIA	Geração de energia	Geração de energia	Geração de energia	Ambientalmente adequada
	Caldeira	Cinzas	Classe IIA	Compostagem	Compostagem	Campo de cultivo da cana	Ambientalmente adequada
	Refinaria	Torta de filtro (Borra)	Classe IIA	Compostagem	Compostagem	Campo de cultivo da cana	Ambientalmente adequada
	Empacotamento	Plásticos	Classe IIB	Reciclagem	Reciclagem	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
		Paletes	Classe IIA	Reciclagem	Reciclagem	Reaproveitamento	Ambientalmente adequada

Fonte: Autor (2019).

Para fins de análise, adotou-se o termo de empresa receptora aquela que tem como escopo do serviço a destinação de resíduos industriais e que a usina necessite pagar por eles para destinar adequadamente os resíduos ou que possam ser por ela comercializados.

Na produção de açúcar, verifica-se a geração de 07 (sete) tipos de resíduos. A etapa de lavagem da cana gera a palha da cana (Figura 19) e areia de lavagem (Figura 20), gerando cerca de 10,6 Kg por tonelada de cana-de-açúcar processada, ou seja, 8.966.121,09 Kg de palha e areia. Contudo, toda areia e palha gerada destinam-se ao campo, para compostagem, e são reaproveitadas como camada de proteção solar e para adubação do solo.

A água utilizada na etapa de lavagem da cana-de açúcar e a água de lavagem de piso são conduzidas por manilhas e canais que contornam a usina, chegando a uma estação de bombeamento denominada “intermediária”, onde é bombeada para irrigação no campo.

Para o abastecimento de água da usina (lavagem de piso, refrigeração dos mancais da moenda) e setores adjacentes (banheiros, laboratório, escritórios e demais áreas) há duas bombas no sistema de recalque para esse fim, com capacidade de 200 m³/h cada, operando apenas uma delas.

Figura 19 - Resíduos da lavagem (areia)



Fonte: Autor (2018).

Figura 20 - Resíduos da lavagem (palha)



Fonte: Autor (2018).

O processo de extração do caldo gera o bagaço como resíduo, pois como a fibra da cana-de-açúcar gira em torno de 15% e a umidade do bagaço 50%, considera-se em média 30% de bagaço em relação ao total de cana-de-açúcar moída, podendo variar este percentual de fibra de acordo com a variedade da cana-de-açúcar e a época da colheita. Sendo assim, tem-se aproximadamente 300 Kg bagaço/tonelada de cana. Desses, aproximadamente 5,0% é direcionado para o estoque, devido à necessidade de bagaço para as partidas e paradas da usina quando retomada o período de produção, após o período de entre safra, como também, manter a alimentação das caldeiras em momentos de descontinuidade no processo de moagem.

A maior fração do bagaço gerado destina-se a produção de energia elétrica, por meio de esteira (Figura 21), para as caldeiras, gerando vapor. O vapor é enviado às turbinas, que acionam as moendas e bombas, e aos turbo-geradores para geração de energia elétrica, também nos setores administrativos, de apoio, e ainda abastece a agrovila, com aproximadamente 30 unidades familiar, uma escola e uma creche, onde residem alguns funcionários. O superávit de energia é comercializado junto à concessionária de energia elétrica local (ENERGISA).

A usina tem capacidade instalada para gerar 20.000 KW sendo que, atualmente a produção fica em torno de 15.000 KW, deste, aproximadamente 9.500 KW para atender a indústria (63,33%), 2.500 KW para demandas de atividades agrícolas (16,67%) e 3.000 KW para exportação ou comercialização (20,0%).

Figura 21 - Bagaço encaminhado via esteira para caldeira



Fonte: Autor (2018).

O lodo é reprocessado por meio da filtração, assim o caldo filtrado é reaproveitado, junto com ao caldo clarificado para a mexedeira. A sobra desse processo é denominada torta de filtro que, junto com as cinzas provenientes das caldeiras, é destinada para fertilização do solo no campo de cultivo da cana-de-açúcar (Figura 22). A safra 2018/2019 gerou 40.233,00 toneladas de torta de filtro, totalmente encaminhada para o campo agrícola.

Figura 22 - Torta de filtro em compostagem aplicada como adubo orgânico



Fonte: Autor (2018).

De acordo com o Quadro 5, percebe-se que são empregadas técnicas de compostagem para os resíduos: palha, cinza e tortas de filtro. Os paletes de madeira (Figura 23), utilizados para condicionamento do açúcar via empilhadeiras, são reutilizados, enquanto que os resíduos plásticos (Figura 24) gerados na etapa de empacotamento são coletados por empresa receptora e destinado à reciclagem.

Observa-se que as técnicas empregadas para a destinação dos resíduos gerados na etapa de produção de açúcar são consideradas ambientalmente adequadas e com emprego de tecnologia.

É importante destacar que os resíduos citados no processo de produção de açúcar da usina, descritos no Quadro 5, acabam sendo, em sua maioria, aproveitados no próprio processo produtivo ou no processo de plantio e cultivo da cana-de-açúcar. Esses resíduos apresentam um alto potencial poluidor, porém, quando previamente tratados e reaproveitados ocorre à atenuação do potencial poluidor e, por consequência, minimizam os riscos ao meio ambiente, sendo utilizados como fertilizantes ou condicionadores de solos em geral, no plantio e cultivo da própria cana-de-açúcar, gerando, assim, impactos ambientais positivos.

Figura 23 - Reutilização de paletes de madeira



Fonte: Autor (2018).

Figura 24 - Embalagens plásticas

Fonte: Autor (2018).

O processo de produção de álcool gera dois resíduos (Quadro 6): vinhaça e levedura. O primeiro utiliza-se na fertirrigação, enquanto que o segundo é comercializado junto aos pecuaristas, utilizado como complemento alimentar para rebanho bovino e de outros animais.

O mel final proveniente do processo de cozimento mistura-se com o mel turbinado, produz o melaço, utilizado na destilaria para produção do álcool hidratado e anidro, gerando o resíduo líquido denominado vinhaça, empregado como fertirrigante no campo. Na agroindústria faz-se a ligação das águas residuais com a vinhaça com a finalidade de reduzir a temperatura. As águas residuais são provenientes da lavagem da cana-de-açúcar, lavagem de piso e equipamentos.

Quadro 6 - Caracterização dos resíduos da usina: etapa destilaria

Processo	Resíduo	Classe	Técnica aplicada	Melhor técnica	Destinação aplicada	Avaliação da destinação
Destilaria	Vinhaça	Resíduo líquido	Reprocessamento	Reprocessamento	Fertirrigação	Ambientalmente adequada
Destilaria	Levedura	Classe IIA	Comercialização	Comercialização	Comercialização	Ambientalmente adequada

Fonte: Autor (2019).

A safra 2018/2019 produziu 13.858.000,00 L de álcool hidratado e 19.231.500,00 L de álcool anidro, perfazendo uma produção total de 33.089.500,00 L de álcool, contudo, essa produção gerou 496.342.500,00 L de vinhaça, encaminhada por canais (Figura 25) e dutos para fertirrigação da cana-de-açúcar cultivada pela usina estudada. Além da vinhaça, a produção de álcool gerou 11.850,00 Kg de levedura, que são comercializadas junto aos pecuaristas para alimentação animal.

Figura 25 - Canais com vinhaça utilizada para fertirrigação



Fonte: Autor (2018).

Os resíduos sanitários, de alimentação, mecanização e outros são identificados ao longo de todo o processo, assim foram agrupados de acordo com sua classificação, formas de tratamento por resíduos de mesma característica ao longo do processo, conforme Quadro 7.

Todos os resíduos da produção devem ser destinados adequadamente e, na indústria sucroenergética, praticamente todos podem ser reaproveitados de maneira a aumentar os lucros da própria indústria e diminuir os custos de produção e consequentemente os impactos ambientais.

Quadro 7 - Caracterização dos resíduos dos setores administrativos e de apoio

Processo	Resíduo	Classe	Técnica aplicada	Melhor técnica	Destinação aplicada	Disposição
Automotivos	Sucata de bateria	Classe I	Logística reversa	Logística reversa	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
	Sucata de pneus usados	Classe I	Reciclagem	Logística reversa	Empresa receptora	Necessita melhoria
	Óleo queimado	Classe I	Reciclagem	Logística reversa	Empresa receptora	Necessita melhoria
Manutenção fabril	Sucata de bronze	Classe IIB	Logística reversa	Logística reversa	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
	Sucata de tubos metálicos	Classe IIB	Logística reversa	Logística reversa	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
Insumos	Embalagens	Classe IIB	Logística reversa	Logística reversa	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
	Bombonas plásticas	Classe IIB	Logística reversa	Logística reversa	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
	Tambor de metal	Classe IIB	Reciclagem	Reciclagem	Reaproveitamento	Ambientalmente adequada
Refeitório	Orgânico	Classe IIA	Compostagem	Compostagem	Reaproveitamento	Ambientalmente adequada
	Água residuais	Resíduo Líquido	Fossa séptica	Estação de tratamento própria	Fossa séptica	Necessita melhoria
Setor Administrativo/Ambulatório	Papel e papelão	Classe IIA	Lixão	Reciclagem	Coleta urbana	Necessita melhoria
	Vidro	Classe IIB	Lixão	Reciclagem	Coleta urbana	Necessita melhoria
	EPI	Classe IIB	Aterro industrial – Incineração	Aterro industrial – Incineração	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
	Lâmpadas	Classe I	Reciclagem	Reciclagem	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
	Águas residuais	Resíduo Líquido	Fossa séptica	Estação de tratamento própria	Fossa séptica	Necessita melhoria
	Ambulatoriais	Classe I	Aterro industrial – Incineração	Aterro industrial – Incineração	Empresa receptora	Ambientalmente adequada
	Equipamentos eletroeletrôn.	Classe IIB	Aterro sanitário	Logística reversa	Empresa receptora	Necessita melhoria

Fonte: Autor (2019).

No setor de manutenção automotivo, levantaram-se três tipos de resíduos: sucata de bateria, sucata de pneus usados e óleo queimado, gerando 05 (cinco) unidades semanais, 20 (vinte) unidades mensais, e 04 (quatro) toneladas semestrais, respectivamente. As baterias inutilizáveis são encaminhadas para o fornecedor de novas baterias, adotando-se, portanto, a logística reversa. Todavia, os pneus e óleos processados são encaminhados para uma empresa receptora que destina esses resíduos para usina de reciclagem.

O setor de manutenção fabril gera duas toneladas por semestre de sucata de bronze e 04 (quatro) toneladas por semestre de sucata de tubos metálicos (Figura 26), que são destinadas à empresa receptora para reciclagem.

Figura 26 – Resíduo de sucata de tubos metálicos



Fonte: Autor (2018).

As sucatas de equipamentos são armazenadas no pátio específico para esse resíduo e são comercializadas trazendo um retorno financeiro para a empresa, porém o pátio não possui cobertura, o que deixa os resíduos vulneráveis às intempéries, descaracterizando-os e degradando-os.

Atualmente, a usina, vislumbrando otimizar sua produtividade e gerar menos impactos ambientais iniciou a construção de uma nova caldeira, com potencial de queima e geração de vapor ampliados, e atenuando ainda mais nível de emissão de poluentes no ar atmosférico. Contudo, a sucata da antiga caldeira encontra-se depositada em local específico, também sujeita as intempéries, porém, de acordo com informações obtidas, apenas aguardando negociação para ser despachada (Figura 27).

Figura 27 - Sucata da antiga caldeira

Fonte: Autor (2018).

O setor de insumos também responde pela geração de alguns resíduos, dentre os quais, tambores de metal, embalagens e bombonas plásticas. Os tambores de metal são reutilizados na própria indústria para fins diversos, por exemplo, são utilizados como locais de armazenamento provisório para sucata de tubos de metal (Figura 26), mas que podem ser utilizados como painéis de divisórias entre os quintais das casas da agrovila (Figura 28), além de outras utilidades no âmbito das atividades desenvolvidas pela usina, seja, industrial ou agrícola.

Figura 28 - Reutilização de tambores de metal como divisórias nas casas da agrovila

Fonte: Autor (2018).

Figura 29 - Resíduo orgânico proveniente do refeitório



Fonte: Autor (2018).

O resíduo orgânico (Figura 29) que é direcionado para compostagem é utilizado como adubo orgânico para o setor de mudas (Figura 30), atendendo o projeto de reflorestamento e recuperação de matas ciliares realizado no Rio Mamanguape e Nascentes, em uma área de 128,84 (ha), utilizando mudas de várias espécies, a saber: Ingá (*Inga edulis*), Sombreiro (*Clitoria fairchildiana*), Pau Brasil (*Paubrasilia echinata*), Ipê Roxo (*Handroanthus impetiginosus*) e Amarelo (*Handroanthus albus*), Bambu (*Bambusoideae*), Oliveira (*Olea europaea*), Saboneteira (*Sapindus saponária*), Sabiá (*Mimosa caesalpiniaefolia*), Acácia Australiana (*Acacia melanoxylon*), Acácia Amarela (*Vachellia farnesiana*) e Genipapo (*Genipa americana*).

Figura 30 - Cultivo de mudas



Fonte: Autor (2018).

As águas residuais e esgotos domésticos da agrovila (Figura 31) são encaminhados para fossa séptica.

Figura 31 - Vista da rua principal da Agrovila



Fonte: Autor (2018).

Os resíduos (papelão, metais, plásticos e lixo) e peças inutilizáveis gerados no setor automotivo e de manutenção fabril são segregados por tipo (Figura 32). A prática de coleta seletiva é facilmente percebida na usina.

Figura 32 - Recipientes do setor de manutenção automotiva para coleta seletiva



Fonte: Autor (2018).

Na Figura 33, observa-se um ponto de coleta seletiva, próximo aos setores administrativos, separando os resíduos em: lâmpadas, plásticos e papel

Figura 33 - Ponto de coleta de resíduos para reciclagem



Fonte: Autor (2018).

As atividades administrativas desenvolvidas como apoio ao processo produtivo geram águas sanitárias, que por sua vez são encaminhadas para fossa séptica, no entanto, a destinação mais ambientalmente adequada seria a estação de tratamento de esgoto.

Também são gerados outros resíduos, tais como: papéis e vidros, que são encaminhados para um lixão, a partir de coleta realizada por veículo da usina e encaminhado para o lixão do município de Mamanguape-PB.

São descartadas 300 unidades de lâmpadas por semestre, que são coletadas por empresa receptora para descontaminação e reciclagem, como também, são gerados 150 Kg de resíduos de EPI (Equipamento de Proteção Individual) por semestre, que são encaminhados por empresa receptora para incineração.

No setor de ambulatório que atende os funcionários da usina são gerados resíduos hospitalares e comuns. Os resíduos hospitalares provenientes do ambulatório são armazenados em local adequado (Figura 34). A empresa responsável pela destinação realiza a coleta em caixa de 20 L, em uma frequência semanal, disponibilizando, inclusive, o controle por meio do registro de coleta, que descreve o profissional responsável pela coleta e apresenta informações que possibilitam o rastreamento da destinação do resíduo.

Os resíduos ambulatoriais contemplam luvas, algodão, cotonetes, paletas descartáveis, gases hospitalares, agulhas descartáveis, seringas descartáveis, lençóis descartáveis, esparadrapos e material dentário.

Figura 34 - Recipiente para resíduos sólidos hospitalares



Fonte: Autor (2018).

Com relação à destinação dos resíduos que não são reaproveitados, seguem para comercialização, para encaminhamento junto à empresa receptora, ou não sendo possível nenhuma dessas práticas de destinação, são encaminhados para o lixão da cidade de Mamanguape-PB (Figura 35).

Figura 35 - Lixão da cidade de Mamanguape-PB



Fonte: Autor (2018).

Os resíduos gerados e quantificados pela usina estão descritos na Tabela 3, em que os valores apresentados correspondem a safra 2018/2019.

Tabela 3 - Resíduos quantificados gerados pela indústria

Resíduo gerado	Quantidade
Palha e Areia de lavagem	8.966.121,09 Kg
Água residuária de lavagem	200 m ³ /h
Bagaçó	300 Kg/ton
Cinzas	Não há controle do material particulado
Torta de filtro (Borra)	40.233 ton
Plásticos	3 ton
Paletes	20 paletes
Vinhaça	496.342.500 L
Levedura	11.850,00 Kg
Sucata de bateria	5 unid/semana
Sucata de pneu usado	20 unid/mês
Óleo queimado	4 ton/semestre
Sucata de bronze	2000 kg/semestre
Sucata de tubos metálicos	4000 kg/semestre
EPI	150 Kg/semestre
Lâmpadas	300 unid/semestre
Ambulatoriais	20 L/semana

Fonte: Autor (2019).

5.3 Principais aspectos e impactos ambientais adversos

O aspecto ambiental é definido como elemento das atividades ou produtos ou serviços de uma organização que pode interagir com o meio ambiente. Já o impacto ambiental é definido como qualquer modificação do meio ambiente, adversa ou benéfica, que resulte, no todo ou em parte, das atividades, serviços e produtos de uma organização, conforme citado na ABNT NBR ISO 14001/2004.

O conhecimento dos aspectos e impactos ambientais de cada atividade reveste-se de extrema importância, uma vez que servirá de embasamento para a elaboração de eventuais medidas preventivas de danos ambientais, além de contribuir para o gerenciamento dos resíduos (SÁNCHEZ, 2013)

No processo de produção de açúcar, álcool e energia detectam-se algumas atividades e alguns impactos ambientais, tais como: ruído, calor, poeira e vapores. O Quadro 8, apresenta a etapa de produção e seus respectivos impactos.

Quadro 8 - Descrição das etapas de produção de açúcar, álcool e energia e aspectos

Descrição das etapas de produção	Aspecto ambientais
Recepção da matéria-prima	Geração e emissão de ruído e poeira
Preparo e moagem	Geração e emissão de ruído e poeira
Operação de caldeira	Geração e emissão de ruído, calor e poeira
Fabricação de açúcar	Geração e emissão de ruído, calor e poeira
Ensacamento do açúcar	Geração e emissão de ruído, calor e poeira
Empacotamento do açúcar	Geração e emissão de ruído, calor e poeira
Manutenção fabril	Geração e emissão de ruído
Conservação e reparos	Geração e emissão de ruído
Destilaria	Geração e emissão de ruído, calor e vapores

Fonte: Autor (2019).

O modelo utilizado na identificação e avaliação dos aspectos e impactos ambientais foi proposto por Seiffert (2006), na qual se faz a caracterização desse impacto por meio dos critérios: situação e classe (tipo). Os atributos adotados são:

Situação: Normal (N) / Anormal (A).

Tipo: Adversa (A) / Benéfico (B).

Duração: (D): Curta (1) dias/ Média (2) meses / Longo Prazo (3) anos.

Escala de 1, 3 ou 5.

Refere-se à duração do impacto e/ou da permanência do impacto no meio ambiente (CHAIB, 2005).

Frequência: define a frequência de ocorrência do aspecto/impacto. Definido a partir das propostas (CHAIB, 2005), (LERÍPIO, 2001), (SHERER, 1998).

Escala de 1 a 3.

Probabilidade de Carência / Frequência (F): Improvável (1) / Média Probabilidade (2) / Provável (3).

Severidade do Impacto (S): Pequena (1) / Média (2) / Alta (3)

Refere-se à severidade do impacto no meio ambiente (LERÍPIO, 2001), (SHERER, 1998), (CHAIB, 2005), (SEIFFERT 2006).

Resultado da significância (RS): a avaliação da significância de cada um dos aspectos é obtida por meio da expressão a seguir:

Significância do Impacto (D + F + S): $\leq 3 =$ Baixa / > 3 e $\leq 6 =$ Média / $\geq 6 =$ Alta

No Quadro 9, mostra-se a identificação dos aspectos e impactos ambientais e seus respectivos graus de significância na indústria estudada.

Quadro 9 - Identificação dos aspectos e impactos ambientais e seus respectivos graus de significância na agroindústria sucroenergético.

(continua)

Atividades	Aspectos ambientais		Situação	Tipo	Duração (D)	Probabilidade de ocorrência/Frequência (F)	Severidade dos impactos (S)	Significância do impacto (D+F+S)	
Recepção da matéria-prima e alimentação	Consumo de recurso natural – cana-de-açúcar	Redução do recurso natural	N	A	5	3	3	11 Alta significância	Recepção
	Geração de resíduo – (poeira)	Poluição do ar	N	A	1	1	1	3 Não significativo	Recepção
Preparo e moagem	Geração de resíduo – (poeira)	Geração de energia	N	A	1	1	1	3 Não significativo	Processo
Geração de vapor	Geração de calor	Aumento da temperatura	N	A	1	1	2	4 Média Significância	Processo
Geração de vapor	Geração de resíduos sólidos (Cinza)	Poluição do ar	N	A	5	3	3	11 Alta significância	Processo
Fabricação de açúcar	Geração de resíduos (embalagens)	Contaminação do solo	N	A	1	1	3	5 Média significância	Processo
Ensacamento do açúcar	Geração de resíduos sólidos (plástico)	Contaminação do solo	N	A	1	1	3	5 Média significância	Processo
Empacotamento do açúcar	Geração de resíduos sólidos (plástico)	Poluição do solo e água	N	A	1	1	3	5 Média significância	Processo
	Consumo de recursos naturais <i>pallet</i> de madeira	Redução de recurso natural	N	A	1	1	1	3 Não significativo	Processo
Manutenção Fabril	Geração de resíduos sólidos (metais e óleos)	Poluição do solo e água	N	A	5	2	3	10 Alta significância	Manutenção
Conservação e reparos	Geração de resíduos sólidos (metais e óleos)	Poluição do solo e água	N	A	5	2	2	9 Alta significância	Manutenção

Atividades	Aspectos ambientais		Impacto ambiental	Situação	Tipo	Duração(D) Probabilidade de ocorrência/frequência(F)			Severidade dos impactos(S)	Significância do impacto (D+F+S)	Setor responsável
Geral	Geração de varredura	Contaminação do solo	N	A	1	1	1	3	Não significativo	Geral	
	Geração de ruído	Poluição sonora	N	A	1	1	2	4	Média significância	Geral	
	Consumo de recurso natural - Energia	Redução de recurso natural	N	A	5	3	3	11	Alta significância	Geral	
	Consumo de recurso natural - Água	Redução de recurso natural	N	A	5	3	3	11	Alta significância	Geral	
	Geração de resíduos sólidos (plásticos, papelão, etc.)	Contaminação do solo	N	A	1	1	3	5	Média significância	Geral	
	Geração de resíduos perigosos	Contaminação do solo	N	A	5	1	1	7	Alta significância	Geral	

Fonte: Autor (2019).

5.4 Medidas de controle ambiental

Foram identificados 26 tipos de resíduos, e observou-se que 73,07% dos resíduos possuem destinação ambientalmente adequada, e os resíduos mais impactantes são totalmente reprocessados e reinseridos no processo de produção ou no campo, ou ainda, geram bioenergia, enquanto que os resíduos dos setores administrativos e dos setores de apoio, mesmo em quantidade maior de itens, não são tão impactantes comparando-se aos resíduos reprocessados. Entretanto, a indústria tem potencial para garantir a adequada destinação para todos os resíduos gerados, e por consequência minimizar os impactos negativos.

Os resíduos em sua maioria foram classificados, de acordo com a ABNT NBR 10.004, como resíduos Classe II B, considerados não inertes, seguidos de resíduos Classe I, perigosos, o que reforça a necessidade da destinação ambientalmente adequada, devido a seus impactos ao meio ambiente. Todavia, os resíduos Classe II A são os que predominam na geração de

açúcar, e todos são encaminhados para os processos de produção ou atividade agrícola. Os resíduos gerados na destilaria também apresentaram destinação adequada.

Para os resíduos perigosos, como as embalagens de agrotóxicos e sucata de bateria, a usina adota a prática da logística reversa. Com relação ao processo de armazenamento dos resíduos dos setores administrativos e de apoio, a indústria possui uma central de triagem que armazena a maioria desses resíduos para acumular um quantitativo a ser comercializado ou destinado. Foi possível observar pontos de coleta seletiva e coleta de material reciclado, com separação por baia dos resíduos, tais como: lâmpadas, papel e plástico, além de contar com uma coleta específica de lâmpadas e EPI, que são encaminhados para uma empresa receptora.

Contudo, observou-se que alguns tipos de resíduos necessitam de melhoria na destinação final, a saber:

- Monitoramento adequado do material particulado proveniente da caldeira;
- Sucata de pneus e óleos processados são destinados a uma empresa receptora que os encaminha para reciclagem. Para esse tipo de resíduo, segundo a Resolução CONAMA n. 416/2009, a melhor técnica é a adoção da logística reversa, necessitando, assim, a adoção dessa técnica, junto aos fornecedores;
- As águas residuais identificadas tanto no setor administrativo, como refeitório e agrovila, deveriam ser destinadas à estação de tratamento de esgoto própria, no entanto, são condicionadas para fossa séptica, carecendo, assim, da construção de uma estação de tratamento na usina;
- Os papéis e vidros gerados nos setores administrativos são coletados e encaminhados para o lixão da cidade, todavia, a melhor prática a ser adotada será direcionar para uma usina de beneficiamento e reciclagem;
- Para os equipamentos eletrônicos, não há uma política de logística reversa adotada, sendo doado por terceiro, ou encaminhados para o lixão da cidade, carecendo, portanto, de parceria com os fornecedores dos novos equipamentos;

Segundo os dados coletados, a empresa apresenta boas práticas ambientais, mesmo que a atividade da usina inevitavelmente gere impactos, no entanto, observou-se um potencial enorme em adotar as práticas que contemplem todos os resíduos identificados. Inclusive, a usina está em etapa de elaboração do plano de gerenciamento de resíduos sólidos, com previsão de término para a próxima safra.

Caberá ao empreendedor implantar o plano de gerenciamento de resíduos sólidos de acordo com a Lei n. 12305/2010, normatizando suas estruturas e práticas, de forma a conduzir dentro da empresa todos os procedimentos para o adequado gerenciamento dos resíduos sólidos, efetivando o processo de segregação e destinação adequada, passando por um processo de conscientização dos colaboradores, da comunidade e demais atores envolvidos, atendendo o que preconiza a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS, 2010).

Adotar medidas de ordem geral, porém de alta significância, como avaliar a execução do plano e das medidas para mitigação de impactos ambientais negativos, promover o incentivo a reciclagem, através de campanhas de educação ambiental, fortalecer parcerias com empresas de reciclagem e com aquelas que atuam com a disposição final de resíduos, intensificando a prática da logística reversa, instrumento previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n 12.305/2010).

O planejamento correto do gerenciamento de resíduos sólidos evita o desperdício de dinheiro e de mão de obra, e faz com que as empresas possam se preparar e no final tenham melhores resultados em suas ações. A avaliação do gerenciamento atual dos resíduos sólidos da empresa foi realizada com base no Plano Nacional de Resíduos Sólidos.

6 CONCLUSÕES

O processo de produção da usina gera grande quantidade de resíduos, porém, a maior parte destes, é inserida no processo de produção ou encaminhada para a etapa agrícola (campo), mitigando, assim, os potenciais impactos negativos que poderiam ser causados pela inadequada destinação.

A empresa apesar de já adotar práticas que buscam neutralizar ou minimizar os impactos ambientais, planejando, executando e monitorando a destinação dos resíduos, ainda carece de ações que contemplem todos os resíduos gerados. Porém, percebeu-se que os resíduos potenciais causadores dos impactos de alta significância são tratados e destinados de forma adequada.

O diagnóstico realizado da situação atual, agrega e colabora na elaboração de um plano de controle ambiental já em etapa de levantamento, criando prioridades a serem controladas e formulando diretrizes a serem seguidas.

A metodologia adotada propiciou a identificação e a avaliação dos aspectos e impactos ambientais adversos da empresa, contudo observou-se que os resíduos mais significativos são reaproveitados na própria usina.

O método aplicado no estudo permitiu identificar as atividades mais impactantes, permitindo aos gestores uma visão dos aspectos e impactos gerados. Esse instrumento torna-se indispensável para um setor de gestão ambiental, sendo utilizado para identificar onde devem ser implantadas propostas de mitigação ou até mesmo, se possível e viável, alterações de atividades no processo. Contudo, a adoção de outros métodos com maior grau de objetividade, não pode ser descartada, haja vista, a complexidade da avaliação e a magnitude das atividades desenvolvidas pela empresa.

Averiguou-se que os impactos negativos associados aos resíduos com destinação inadequada são relacionados aos resíduos produzidos nos setores administrativos e de manutenção automotiva, necessitando a adoção de boas práticas de gerenciamento dos resíduos, e conseqüentemente, a destinação ambientalmente adequada.

Observou-se, também, que o resíduo hospitalar produzido no ambulatório, possui destinação adequada, não causando impacto negativo significativo, enquanto que os resíduos provenientes dos setores administrativos demandam melhor destinação, uma vez que são encaminhados para lixão municipal sem qualquer pré-tratamento, podendo gerar alterações,

causando, inclusive, impactos na saúde pública e no meio ambiente, contaminando água, solo, ar, prejudicando também fauna e flora.

7 RECOMENDAÇÕES

Dentre as sugestões de redução aos referidos impactos ambientais, foram apresentadas como sugestões o monitoramento adequado do material particulado proveniente da caldeira; a construção de uma estação de tratamento de esgoto, para o esgoto gerado nos setores administrativos, refeitório e agrovila; ampliar e aprimorar a adoção da logística reversa para os resíduos que carecem dessa prática, em especial os equipamentos eletroeletrônicos; e por fim, o encaminhamento dos resíduos, como papel e vidro, para uma usina de beneficiamento e reciclagem, atendendo às exigências da Política Nacional dos Resíduos Sólidos.

Como medidas de controle ambiental, indicam-se as seguintes ações ou atividades para adequação da empresa ao que preconiza a legislação em vigência no Brasil:

Elaborar um plano de gerenciamento de resíduos sólidos de acordo com a Lei n. 12305/2010;

Avaliar a execução do plano de gerenciamento de resíduos e das medidas para mitigação de impactos ambientais negativos;

Promover o incentivo a reciclagem na indústria, por meio de campanhas de educação ambiental, como forma de minimização do volume dos resíduos encaminhados à disposição final;

Fortalecer parcerias com empresas de reciclagem e com aquelas que atuam com a disposição final de resíduos (aterros sanitários e incineradores); e

Intensificar a prática da logística reversa, instrumento previsto na Política Nacional de Resíduos Sólidos (Lei n 12.305/2010), para encaminhamento de alguns tipos de resíduos perigosos.

REFERÊNCIAS

ABNT. Associação Brasileira de Normas Técnicas. NBR 10.004- **Sistemas da gestão ambiental Requisitos com orientações para uso.** 2ª ed. 2004.

_____.NBR ISO 14001-**Resíduos Sólidos – Classificação.** Disponível em: <<http://www.abetre.org.br/biblioteca/publicacoes/publicacoes-abetre/classificacao-de-residuos>>. Acesso em: 06 mar. 2018.

ABREU, F. V. **avaliação do gerenciamento de resíduos sólidos na agroindústria do algodão branco: o caso de uma indústria têxtil de cajazeiras – PB.** Dissertação de Mestrado (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Federal de Campina Grande. Pombal, PB, 2014.

AGEITEC - AGÊNCIA EMBRAPA DE INFORMAÇÃO TECNOLÓGICA. ALCARDE, A. R. Outros produtos. Acesso em 12 de fevereiro de 2017.

ALCARDE, A. R. **Processamento da cana de açúcar.** Acesso em 21 de agosto de 2018.

ANA. **Manual de conservação e reuso da água na agroindústria sucroenergética.** Agência Nacional da Águas – FIESP – ÚNICA- CTC – Brasília, 2009.

ANDRADE, A. L. B.; CARDOSO, M. B. **Cultura da cana-de-açúcar.** Lavras: UFLA, FAEPE, 2004.

ANDRADE, J. M. F.; DINIZ, K. M. **Impactos Ambientais da Agroindústria da Cana de Açúcar: Subsídios para Gestão.** ESALQ. Piracicaba – SP. 2007. 131 p. Disponível em <<http://www.ambiente.sp.gov.br/wpcontent/uploads/publicacoes/etanol/impactosAmbientaisAgroindustria.pdf>> Acesso em: 08 mar. 2018.

ALVES, F. Herbicidas. **Elementos de apoio à utilização em modo de Produção Integrada da Vinha.** Boletim Informativo. Produção e Impressão ADVID – fev/2012.

AMBRÓSIO, J. B. **Avaliação dos Efeitos Citotóxicos, Genotóxicos e Mutagênicos de 2 Classes de Agrotóxicos Utilizados em Cultura de Cana-de-Açúcar no Estado de São Paulo-Brasil.** Tese (Doutorado em Ciências Biológicas). Universidade Estadual Paulista, Rio Claro-SP, 37 p, 2012.

ASTUN, T. M. C. **Planejamento e diretrizes para um sistema de gestão ambiental em uma indústria sucroalcooleira. Ribeirão Preto.** Disponível em: <<http://www.bvsde.paho.org/bvsAIDIS/PuertoRico29/astun.pdf>>. Acesso em: 08 mar. 2018.

AUGUSTINHO, D. Tolerância de cultivares de cana-de-açúcar ao glifosato por meio do acúmulo do ácido chiquímico determinado por análises colorimétricas. Dissertação (Mestrado em Genética e Melhoramento de Plantas). Universidade Federal de Lavras, Minas Gerais-MG. 56 p, 2015.

BNDES, CGEE. Banco Nacional do Desenvolvimento Econômico e Social; Centro de Gestão e Estudos Estratégicos (Coord.). **Bioetanol de cana-de-açúcar: energia para o desenvolvimento sustentável**. Rio de Janeiro: BNDES, 2008.

BRASIL. **Constituição da República Federativa do Brasil (1988)**. 32 ed. Brasília: Senado Federal, 2010.

_____. Lei n. 12.305, de 12 de agosto de 2010: **Que estabelece a Política Nacional de Resíduos Sólidos**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/lei/l12305.htm>. Acesso em: 02 mar. 2018.

_____. Lei n. 6.803, de 02 de julho de 1980. **Dispõe sobre o zoneamento industrial nas áreas críticas de poluição**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil/L6938.htm>. Acesso em: 02 mar. 2018.

_____. Lei n. 6.938, de 31 de agosto de 1981. **Dispõe sobre a Política Nacional do Meio Ambiente, seus fins e mecanismos de formulação e aplicação e dá outras providências**. Disponível em: <www.planalto.gov.br/ccivil/L6938.htm>. Acesso em: 02 mar. 2018.

_____. Decreto n. 7.404, de 23 de dezembro de 2010. **Regulamenta a Lei nº 12.305, de 2 de agosto de 2010, que institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, cria o Comitê Interministerial da Política Nacional de Resíduos Sólidos e o Comitê Orientador para a Implantação dos Sistemas de Logística Reversa**. Disponível em : <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_ato2007-2010/2010/decreto/d7404.htm>. Acesso em: 02 mar.2018.

_____. IBGE Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística: **Indicadores, população e resultados do censo 2010**. Disponível em: <<http://www.cidades.ibge.gov.br/xtras/perfil.php?lang=&codmun=251203&search=paraibalpoco-dantas>>. Acesso em: 28 de mar. 2018.

BANTACUT, T.; NOVITASARI, D.. **Energy and water self-sufficiency assessment of the white sugar production process in Indonesia using a complex mass balance model**. Journal of cleaner production, v. 126, pp. 478-492, jul/2016.

BARBOSA, R.; LAPA, N.; LOPES, H.; GÜNTHER, A.; DIAS, D.; MENDES, B. **Biomass fly ashes as low-cost chemical agents for Pb removal from synthetic and industrial wastewaters**. Journal of Colloid and Interface Science 2014, 424, 27.

BRASIL. Presidência da República/Congresso Nacional. **Política Nacional de Resíduos: Lei 12.305 de 2010**. Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/_Ato2007-2010/2010/Lei/L12305.htm>. Acesso em: 02 de mar. de 2018.

CANABRAVA, A. P. **História econômica: estudos e pesquisas**. São Paulo: Unesp, 320 p, 2005.

CESNIK, R., MIOCQUE, J. **Melhoramento da cana-de-açúcar**. Embrapa Informações Tecnológicas. Brasília, DF. 307 p, 2004.

CHAIB, E. B. D. **Proposta para implementação de Sistema de Gestão Integrada de Meio Ambiente, Saúde e Segurança do Trabalho em empresas de pequeno e médio porte: um**

estudo de caso da Indústria Metal-Mecânica. Dissertação de Mestrado – Ciências em Planejamento Energético. UFRJ. Rio de Janeiro, 2005.

CIRINO, T. M. A. **Planejamento e diretrizes para um sistema de gestão ambiental em uma indústria sucroalcooleira.** <http://74.125>, v. 47, p. 97-114, 2004. Acesso no dia 22.02.2018.

CONAB. (Companhia Nacional de Abastecimento). **Acompanhamento de safra brasileira: de cana-de-açúcar. Segundo levantamento, agosto 2018.** Brasília: CONAB, 2018. v. 5 - SAFRA 2018/19- N. 2.

CLIMATE DATA. 2018. Disponível em: <<https://pt.climate-data.org/america-do-sul/brasil/paraiba/mamanguape-42735/>>. Acesso em: 20 de outubro de 2018

CRUZ, I. S., ANDRADE, C. B. **Gestão ambiental ISO 14001 nas indústrias sucroalcooleiras em Sergipe.** Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas. Aracaju. v.2, nº.2 p. 71 - 82 Out. 2016

EMPRESA BRASILEIRA DE PESQUISA AGROPECUÁRIA (EMBRAPA). **Agroecologia da Cana-de-Açúcar.** (2010). Disponível em: <http://www.cana.cnpm.embrapa.br/agroeco>. Acesso em 14 mar. 2018.

ESCRITÓRIO TÉCNICO DE ESTUDOS ECONÔMICOS DO NORDESTE (ETENE). **Setor sucroenergético Nordeste.** Ano 3, nº 25, fevereiro, 2018.

FÉLIX, J. M. S.; SANTOS, C. M.; RODRIGUES, L. P. M. **Problemas Sociais e Ambientais Provocados pela Produção da Cana-de-Açúcar na Zona da Mata Paraibana.** In: VII CONGRESSO BRASILEIRO DE GEÓGRAFOS. Anais... Vitória-ES, 11 p, 2014.

FERNANDES, A. J. **Manual da cana-de-açúcar.** Piracicaba: Livro Ceres. 196p, 1984.

FERREIRA, L.F.R. **Biodegradação de vinhaça proveniente do processo industrial de cana-de-açúcar por fungos.** Piracicaba, Tese (Doutorado em Agronomia) – Escola Superior de Agricultura “Luiz de Queiroz”. Universidade de São Paulo, 2009. 135 p.

FIGUEIREDO, T. Q. **A produção sucroalcooleira e a sustentabilidade: um diagnóstico do início do século XXI na Paraíba.** Revista Olhares Plurais, vol. 1, n. 2, p. 17, 2010.

FOGLIATTI, M. C.; FILLIPO, S.; GOUDARD, B. **Avaliação de impactos ambientais: Aplicação aos Sistemas de Transporte.** 2. Ed. Rio de Janeiro: Interciência, 2004.

FUNETEC. **Plano Municipal de Saneamento Básico de Mamanguape – PB.** Fevereiro, 2018.

GASCHO, G. J.; SHIH, S. F. **Sugarcane.** In: TEARE, I. D.; PEET, M. M. Crop- water relations. New York: John Wiley. 547p. 1983.

GIANOTTO, A. C et al. **Sugarcane (Saccharum X officinarum): A Reference Study for the Regulation of Genetically Modified Cultivars in Brazil.** Tropical Plant Biol. v. 4, p. 62–89, 2011.

- GUARNIERI, P. **Logística Reversa**: Em busca do equilíbrio econômico e ambiental. Recife: Clube de Autores, 2011.
- GUIMARÃES, P. L. F. **Indústria Sucroalcooleira – Análise de Risco Ambiental**. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Sanitária e Ambiental) Universidade Federal da Paraíba-UFPB. João Pessoa, 36 p, 2011.
- IBGE – Instituto Brasileiro de Geografia e Estatística. **Censo demográfico. 2010**. Disponível em: < <https://sidra.ibge.gov.br/home/pms/brasil>>. Acesso em: 8 outubro 2018.
- INSTITUTO DE PESQUISA ECONÔMICA APLICADA – IPEA. **Quarenta anos de etanol em larga escala no Brasil : desafios, crises e perspectivas**. Organizador: Gesmar Rosa dos Santos. Brasília, 2016.
- ISMAEL, L. L. **Análise do ciclo da cultura de cana-de-açúcar e seus possíveis impactos quanto ao uso de agrotóxicos: estudo de caso em uma usina sucroalcooleira no município de Santa Rita – PB**. Dissertação (Mestrado) Universidade Federal da Paraíba-UFPB. João Pessoa, 33 p, 2016.
- JANK, M.S.; RODRIGUES, L. **Dinâmica e agenda do setor sucroalcooleiro na próxima década**. Revista de Política Agrícola (Brazil). (Oct-Nov-Dec 2007), v. 16(4) p. 86-96. ISSN 1413-4969 disponível em: <http://www.embrapa.br/publicacoes/tecnico/revistaAgricola/rpa-de-2007/RPA%204-2007ultima.pdf>. Acesso em: 01 de abr. 2018.
- KLEIN, V. **Características agronômicas, químicas e bromatológicas de variedades de cana-de-açúcar para uso forrageiro**. Dissertação (Mestrado em Agronomia), Universidade Federal do Goiás. Jataí-GO, 39 p, 2010.
- LAKATOS, E. M.; MARCONI, M.de A. **Fundamentos de metodologia científica**. 5. ed. São Paulo : Atlas, 2003.
- LERÍPIO, A. A. GAIA. **Um Método de Gerenciamento de Aspectos e Impactos Ambientais**. Tese de Doutorado – Engenharia de Produção. Florianópolis: UFSC, 2001.
- LIMA, J.D. **Gestão de resíduos sólidos urbanos no Brasil**. Rio de Janeiro. ABES, 2001. 267p.
- LIMA, E. J. **Levantamento do quadro natural do município de Mamanguape – PB**. Monografia (Graduação em Geografia). Universidade Federal da Paraíba. João Pessoa, 2013. 16p.
- LORENA, E. M. G. et al. **Gestão de resíduos industriais do setor sucroalcooleiro: estudo de caso de Pernambuco, Brasil**. R. Gest. Industr., Ponta Grossa, v. 13, n. 2, p. 182-197, jun./ago. 2017. Disponível em: <<https://periodicos.utfpr.edu.br/rgi>>. Acesso em: 14 de mar. 2018.
- MARIN, F. R.; PELLEGRINO, G. Q.; ASSAD, E. D.; PINTO, H. S.; ZULLO JUNIOR. J. Cana-de-Açúcar. In: MONTEIRO, J. E. B. A. (Ed). **Agrometeorologia dos Cultivos: o fator meteorológico na produção agrícola**. Brasília: INMET, p. 111-130, 2009.

MATIAS, J. **Nova Expansão Canavieira, Mudanças Espaciais e Produtivas: o Caso do Município de Santa Rita – PB.** Dissertação (Mestrado em Geografia). Universidade Federal da Paraíba-UFPB. João Pessoa, 117 p, 2010.

MIRRA, A. L. V. **Impacto Ambiental: aspectos da legislação brasileira.** 2ª Ed. revista e aumentada. São Paulo. Editora Juarez de Oliveira, 2002.

MONTEIRO, José Henrique Penido et al. **Manual de Gerenciamento Integrado de Resíduos Sólidos.** Rio de Janeiro: Instituto Brasileiro de Administração Municipal (IBAM) e Secretaria Especial de Desenvolvimento Urbano da Presidência da República (SEDU/PR), 2001. 200p.

MOREIRA, R. **O Discurso do Aveso.** Rio de Janeiro: Dois Pontos, 1988.

NOVAIS, R. C. **Produção de etanol e impactos ambientais de seus resíduos na indústria sucroenergética de Alagoas.** Dissertação (Mestrado em Energia da Biomassa) - Universidade Federal de Alagoas, Centro de Ciências Agrárias. Rio Largo, 2018.

PETROBRAS. **Estudo de impacto ambiental: atividade de produção e escoamento de óleo e gás do campo de jubarte, bacia de campos.** CEPEMAR - Serviços de Consultoria em Meio Ambiente Ltda. Vitória, ES, 2004, 984p.

PIACENTE, F. J. **Agroindústria canavieira e o sistema de gestão ambiental: o caso das usinas localizadas nas bacias hidrográficas dos rios Piracicaba, Capivari e Jundiá.** Dissertação (Mestrado em Desenvolvimento Econômico) – Universidade Estadual de Campinas, Campinas, 2005.

REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. (2014). **Avaliação do desempenho ambiental dos processos industriais de usinas sucroenergéticas: um estudo na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu.** Revista de Administração da UNIMEP, 12 (3) .ISSN: 1679-5350.

REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. **Análise do desempenho ambiental das usinas sucroenergéticas localizadas na bacia hidrográfica do rio Mogi Guaçu.** Engenharia Sanitária e Ambiental, v. 21, n. 3, 2016.

RESOLUÇÃO CONAMA n. 1, de 23 de janeiro de 1986. **Dispõe sobre critérios básicos e diretrizes gerais para a avaliação de impacto ambiental.** Publicada no DOU, de 17 de fevereiro de 1986, Disponível em :<
http://www.mma.gov.br/port/conama/legislacao/CONAMA_RES_CONS_1986_001.pdf>.
Acesso em: 02 mar.de 2018.

RESOLUÇÃO CONAMA n. 313, de 29 de outubro de 2002. **Dispõe sobre o Inventário Nacional de Resíduos Sólidos Industriais.**

RESOLUÇÃO CONAMA n. 416, de 30 de setembro de 2009. **Dispõe sobre a prevenção à degradação ambiental causada por pneus inservíveis e sua destinação ambientalmente adequada, e dá outras providências.**

RESOLUÇÃO Conselho Estadual de Recursos Hídricos n. 02, de 05 de novembro de 2003. **Estabelece a Divisão Hidrográfica do Estado.** Publicada no DOU, de 09 de novembro de 2003, Disponível em :< <http://www.aesa.pb.gov.br/aesa-website/wp-content/uploads/2017/07/Resolu%C3%A7%C3%A3o-N%C2%BA-02-de-05-de-novembro-de-2003-CERH.pdf>>. Acesso em: 02 de mar. de 2018.

RIBEIRO, R. **Política de Resíduos Sólidos apresenta resultados em 4 anos.** Disponível em: < <http://www.mma.gov.br/informma/item/10272-pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos-apresenta-resultados-em-4-anos>> Acesso em: 14 de mar de 2018.

RODRIGUES, A. M. et al. **Gestão ambiental no setor sucroenergético: Uma análise comparativa.** Revista científica eletrônica de Engenharia de Produção, V.14. n.4. p.1481-1510, outubro/dezembro. 2014.

RODRIGUES, E. B., SAAB, O. J. G., GANDOLFO, M. A. **Cana-de-açúcar: Avaliação da Taxa de Aplicação e Deposição do herbicida glifosato.** Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental. Campina Grande-PB. v.15, n.1, p.90–95, 2011.

SÁNCHEZ, L. E. **Avaliação de Impacto Ambiental: Conceitos e Métodos.** São Paulo: Oficina de Textos, 2013, 2 ed.

SCHNEIDER, C. F.; SCHULZ, D. G; LIMA, P. R.; GONÇALVES JÚNIOR, A. C. **Formas de gestão e aplicação de resíduos da cana-de-açúcar visando redução de impactos ambientais.** Revista Eletrônica Verde de Agroecologia e Desenvolvimento Sustentável, v.7, n.5, p.08-17. Edição especial, Mossoró – RN, 2012.

SEGATO, S. V.; PEREIRA, L. L. **Colheita da Cana-de-Açúcar: corte manual.** In: SEGATO, SILVELENA VANZOLINI et al (org.). Atualização em Produção de Cana-de-Açúcar. Piracicaba: CP 2, 2006. Cap. 19, p. 319-332, 2006.

SEIFFERT, M. E. B. **ISO 14001 Sistema de Gestão Ambiental: implantação objetiva e econômica.** 2. ed. São Paulo: Atlas, 2006.

SHERER, R. L. **Sistema de Gestão Ambiental: Ecofênix – Um modelo de Implementação e Aprendizagem.** Trabalho submetido a exame de qualificação para obtenção do título de Doutor em Engenharia de Produção, no Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção da UFSC, 1999.

SILVA, A. P, M.; BONO, J. A. M.; PEREIRA, F. A. R. Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental, v. 18, n. 1, 2014.

SILVA, J. F. **Degradação ambiental a partir da cultura da cana-de-açúcar, no município de Itapororoca – PB.** Trabalho de conclusão de curso (Graduação em Geografia). Universidade Estadual da Paraíba-UEPB, Guarabira, 58 p, 2010.

SILVA, J. L.; SILVA, A. F.; MELO, A. S. **Evolução do valor da produção agrícola da cana-de-açúcar para o nordeste brasileiro entre os períodos de 1990-2010.** VIII SOBER

Nordeste Pluralidades Econômicas, Sociais e Ambientais: interações para reinventar o Nordeste rural Parnaíba, Piauí, 2013.

SILVA, J. P. N.; SILVA, M. R. N. **Noções da cultura da cana-de-açúcar.** Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia, Campus Inhumas-GO/ Universidade Federal de Santa Maria para o Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – e-Tec Brasil. 105 p, 2012.

SILVA, L. R. **O BNDES e a sustentação do setor sucroenergético no Brasil: implicações territoriais no contexto neoliberal e de financeirização.** Dissertação (Mestrado em Geografia), Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, 2017.

SINNOTT. A. P. **A aplicabilidade da lei nº. 12.305/10 sob o viés do princípio da responsabilidade compartilhada.** Rio Grande do Sul; Monografia. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul, 2012.

SIT – Sistema de Informações Territoriais. Caderno Territorial. Disponível: <http://sit.mda.gov.br/download/caderno/caderno_territorial_103_Zona%20da%20Mata%20Norte%20-%20PB.pdf>. Acesso em: 09 de janeiro de 2019.

UNICA - União da Indústria de Cana de açúcar. **Conquistas do setor sucroenergético na matriz energética brasileira.** Disponível em: <http://www.unica.com.br/faq/>. Acesso em 14 mar. de 2013.

VILLARES, M. A. **Gestão Ambiental e Destinação Final de Resíduos Sólidos Urbanos no Município de Miguel Pereira - RJ: um estudo de caso.** 179 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Ambiental) - Faculdade de Engenharia, Universidade do Estado do Rio de Janeiro, Rio de Janeiro, 2009.