

Gestão de resíduos industriais do setor sucroalcooleiro: estudo de caso de Pernambuco, Brasil

RESUMO

Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena

emmanuelle@lorenas.com.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil

Ana Paula Xavier de Gondra Bezerra

robsonseleme@ufpr.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil

Ítala Gabriela Sobral dos Santos

robsonseleme@ufpr.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil

Fabício Ângelo Gabriel

robsonseleme@ufpr.br

Universidade Federal do Espírito Santo (UFRPE), ES, Brasil

Romildo Morant de Holanda

robsonseleme@ufpr.br

Universidade Federal Rural de Pernambuco (UFRPE), Recife, PE, Brasil

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar é uma atividade econômica exercida desde o período colonial e permanece na região Nordeste, sendo o estado de Pernambuco o segundo maior produtor de cana-de-açúcar, na região, no mês de junho de 2016. Para o gerenciamento dos resíduos é necessário conhecimento sobre o sistema da fabricação, a identificação da fonte geradora de resíduos, as formas de segregação e a destinação adequada visando atender as legislações vigentes e garantir preservação dos ecossistemas. O objetivo desse estudo é avaliar a gestão dos resíduos da fabricação de açúcar e álcool, um estudo de caso na Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco. A coleta de dados ocorreu por meio de visitas técnicas e entrevistas no segundo semestre de 2016, empregando mapeamento de processos para a indicação dos resíduos gerados em cada etapa, o tratamento e a destinação final, verificando o atendimento a Política Nacional de Resíduos Sólidos. Como resultados, constatou-se 46,6% dos os resíduos atendem a destinação ambientalmente adequada, com necessidades de melhorias no tratamento de resíduos das atividades de apoio ao processo. Conclui-se que a escassez de recursos, como a água e os indicativos centenários da poluição ambiental na indústria sucroalcooleira, provocou avanços na gestão ambiental do setor. Impulsionados pelas necessidades de atendimento a legislações ambientais alinhadas as exigências dos clientes e de segurança alimentar.

PALAVRAS-CHAVE: Mapeamento de processos. Classificação de resíduos. Tratamento de resíduos.

INTRODUÇÃO

No Brasil, a produção de cana-de-açúcar é uma atividade presente desde o período colonial, e permanece ativa em algumas regiões do país, a exemplo a região Nordeste (SILVA; SILVA; MELO, 2013), sendo referência para os demais países produtores. Nessa região, tem-se o estado de Pernambuco como destaque na produção de cana-de-açúcar no mês de junho de 2016 (SINDAÇÚCAR, 2016).

A grande expansão agroindustrial mobilizou o segmento para a adequada gestão ambiental, e assim aplicar políticas ambientais, com a finalidade de reduzir impactos negativos (CRUZ; ANDRADE, 2016). Os grandes impactos, geralmente são causados devido ao mau gerenciamento de resíduos industriais, dessa forma, embalagem de agrotóxicos descartados de forma inadequada são poluidores e perigosos, visto que os agrotóxicos possuem substância que podem causar diversos danos ao meio ambiente. (LUZ et al., 2016).

De acordo com o Diagnóstico dos Resíduos orgânicos agrossilvipastoril e agroindústrias associadas, as estimativas da geração de resíduos oriundos das usinas de cana-de-açúcar em Pernambuco representaram em torno de 5.833.572 toneladas de resíduos para o ano de 2012 (IPEA, 2012).

Os resíduos produzidos nesse tipo de indústria, provém da área agrícola e industrial, e de acordo com a Política Nacional de Resíduos Sólidos (PNRS), Lei Federal n. 12.305, de 2 de agosto de 2010, esses resíduos são classificados quanto à sua origem, ou seja, resíduo agrossilvipastoril e industriais (BRASIL, 2010).

A produção de açúcar consome quantidades consideráveis de energia e água e, ao mesmo tempo, gera uma quantidade substancial de material contendo energia e libera água para o ambiente (BANTACUT; NOVITASARI, 2016).

Para um bom gerenciamento dos resíduos é necessário conhecimento sobre o sistema da fabricação, a fim de identificar a sua fonte geradora de resíduos, as formas de segregação e a destinação adequada visando atender as legislações vigentes e garantir preservação dos ecossistemas. A gestão e eliminação de resíduos agroindustriais têm recebido recentemente atenção devido à descarga inadequada e indiscriminada de muitos efluentes no ambiente.

Mediante a isso, esse trabalho tem o objetivo de identificar, classificação e analisar a destinação praticada dos resíduos industriais provenientes de uma usina de fabricação de açúcar e álcool de cana-de-açúcar na Zona Mata Norte do estado de Pernambuco, utilizando o mapeamento de processos verificando o atendimento a disposição do rejeito de forma ambientalmente adequada pela PNRS.

METODOLOGIA

O local de estudo foi uma indústria produtora de açúcar e álcool localizada na Zona da Mata Norte do estado de Pernambuco, região identificada como grande potencial produtor de cana-de-açúcar por suas características ambientais apresentando solos do tipo massapê e condições climáticas favoráveis, isto é, precipitações acima de 2.000mm anual para o cultivo da cana-de-açúcar (SILVA, 2010) (Figura 1).

Figura 1 – Localização da Zona da Mata Norte no estado de Pernambuco



Fonte: Autoria própria (2017).

O trabalho foi desenvolvido no segundo semestre de 2016, na safra e na entressafra. Assim, realizou-se um levantamento de dados por meio de registros fotográficos e entrevistas semi-estruturadas com roteiro temático desenvolvido por temas geradores, subsidiando novos questionamentos a partir das respostas informadas (TRIVIÑOS, 1987). O que possibilitou o mapeamento do processo, gerando a representação gráfica da operação de produção de açúcar e álcool com as indicações dos resíduos produzidos, o tratamento e a destinação final. Além da classificação gerou-se a classificação dos resíduos sólidos (quadro 1) baseado na NBR 10.004 (ABNT, 2004), no caso de resíduos líquidos foi apenas sinalizado como Resíduo líquido.

Quadro 1 – Classificação de resíduo conforme NBR10.0004 (ABNT, 2004)

CLASSIFICAÇÃO		CARACTERÍSTICAS
Classe I – Perigosos		Apresentam periculosidade em função de suas características de inflamabilidade, corrosividade, reatividade, toxicidade e patogenicidade.
Classe II – Não perigosos	Classe IIA Não inertes	Resíduos que não apresentam periculosidade, porém não são inertes; podem ter propriedades tais como: combustibilidade, biodegradabilidade ou solubilidade em água.
	Classe IIB Inertes	Resíduos que, ao serem submetidos aos testes de solubilização não têm nenhum de seus constituintes solubilizados em concentrações superiores aos padrões de potabilidade da água.

Fonte: Autoria própria (2017).

Depois procedeu-se com a avaliação do atendimento a PNRS pela indústria, comparando as técnicas aplicadas com as recomendadas pela PNRS, sendo elas reutilização, reciclagem, compostagem, recuperação, aproveitamento energético

ou outras destinações aplicadas aos resíduos de forma que seja priorizada sua reutilização e assim sanadas as opções ocorra o descarte mais ambientalmente adequado (BRASIL, 2010).

RESULTADOS

Por meio de verificação das boas práticas ambientais empregadas, durante a entrevista, constatou-se que a empresa possui um sistema de gestão integrado, composto pela certificação das normas ISO 9.001, empregando requisitos de sistema de gestão da qualidade, o que possibilitou a acessibilidade às documentações e definições de procedimentos de forma rápida e atualizada. A indústria aplica e mantém atualizada a certificação da ISO 22.000, que trata de questões de segurança alimentar, o que fortalece o atendimento aos requisitos legais, constatado durante visita os processos industriais. Requisitos da gestão ambiental e de segurança do trabalho também são empregados na usina em estudo, porém sem certificações de normas até o presente momento.

Todo o processo fabril é monitorado através de sistema de automação, além de monitoramento dos sub-produtos por meio de laboratório químico próprio, este realiza a análise de todo processo que vai desde do cultivo da cana até o produto final, o açúcar ou etanol.

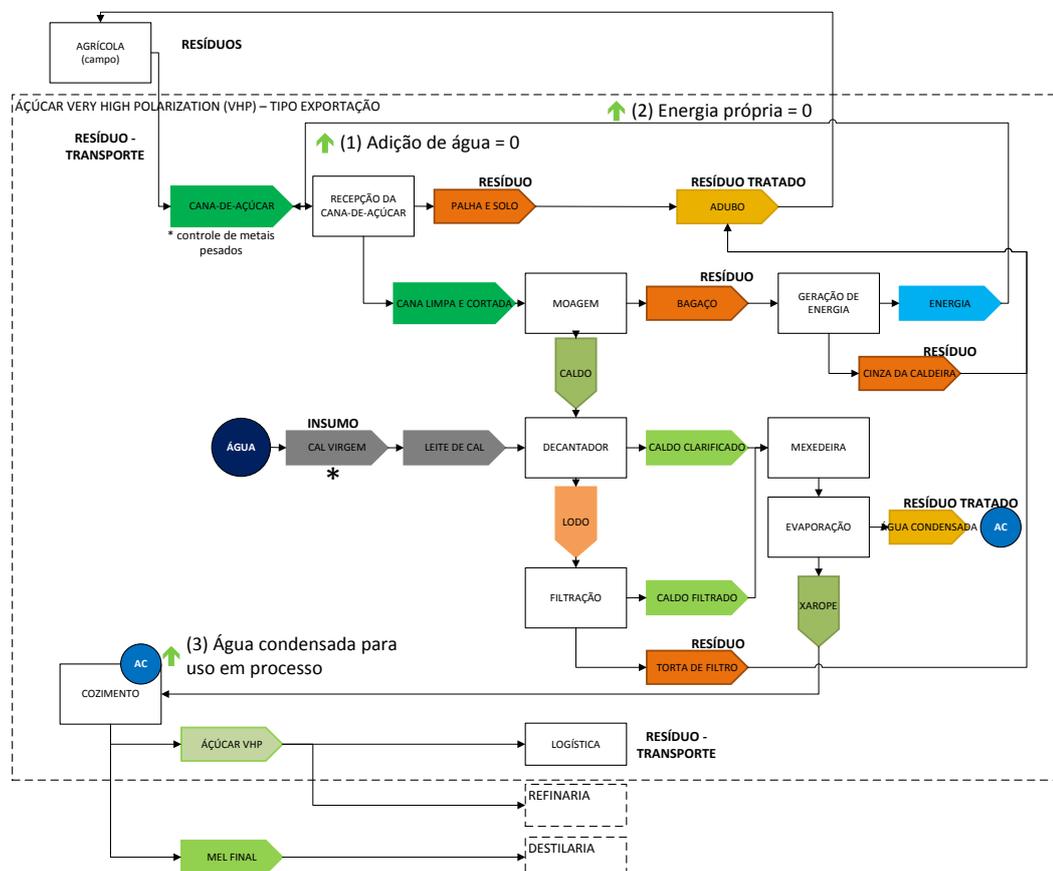
Os benefícios da adoção de sistemas de gestão, sobretudo, melhoram o desempenho financeiro de uma empresa, predominantemente, de interesse dos acionistas que a eficiência, o crescimento, a competitividade e a lucratividade, ganhem destaque no ramo perante o mercado (CRUZ; ANDRADE, 2016).

Com base nas informações fornecidas e observadas gerou-se o mapeamento dos procedimentos de produção identificando as etapas do processo, as entradas e saídas, incluindo os resíduos gerados e os tratamentos empregados, observando os insumos, os resíduos, o tratamento e a segurança alimentar, o que vem a garantir as boas práticas para a gestão ambiental.

Com o mapeamento dos processos é possível identificar as falhas e reconhecendo oportunidades de melhorias nos procedimentos para um pleno funcionamento do sistema.

Como primeiro resultado relacionado à identificação dos resíduos e os tratamentos empregados por essa indústria, tem-se as etapas principais: campo, produção do açúcar, refinaria e destilaria. A produção de açúcar consiste inicialmente na colheita em campo e a produção do açúcar *Very High Polarization* (VHP) (Figura 2).

Figura 2 – Fluxo de processo de produção de açúcar.



Fonte: Autoria própria (2017).

Após a colheita no campo, a cana-de-açúcar é transportada à usina, foram observados resíduos de transporte, sendo esse da saída do campo até a entrega na usina.

A produção do açúcar e de etanol envolve etapas que começam ainda na recepção da cana, tais como, a pesagem e amostragem, processos importantes para a classificação do produto pela indústria e atribuição de valor para o produtor pela qualidade da cana fornecida (MEZAROBÁ; MENEGUETTI; GROFF, 2010). Durante essa etapa, a cana é inspecionada verificando suas características de qualidade e desempenho, além de verificação de atendimento a requisitos de segurança alimentar, por meio da carta do agrônomo, que atesta o controle quanto à presença de metais pesados na cana.

A matéria-prima passa por um processo de lavagem a seco, sem emprego de água nessa etapa, o que ocorre por peneiramento, picotagem e ventilação da cana, eliminando as palhas de cana, solo e outros materiais, ficando apenas a cana picotada. Observou-se pelo fluxo que os resíduos, palhas de cana e solo, são reaproveitados no campo como camada de proteção solar e como adubação de

solo. O que difere do estudo de Có Júnior, Marques e Tasso Júnior (2008) que constatou água residuária da lavagem da cana, processo que não ocorre na usina dessa pesquisa por utilizar uma nova tecnologia de lavagem a seco.

Técnicas de uso racional dos recursos naturais, a exemplo da água, vêm sendo aprimoradas com o uso de novas tecnologias por uma necessidade ambiental. Com a utilização da lavagem a seco é possível observar benefícios para usina, como por exemplo, redução do consumo de água, redução de custos de manutenção, aumento da eficiência de recuperação de açúcar (ROMÃO JÚNIOR et al., 2010).

A cana limpa e triturada segue para a moenda, local onde ocorre a moagem da cana, gerando elementos líquidos como o caldo e sólidos como o resíduo bagaço. O caldo segue para o processo de açúcar e o bagaço é encaminhado para a queima nas caldeiras, gerando energia, o que produz dois produtos, um a energia e o outro a cinza proveniente da queima pelas caldeiras.

O bagaço é avaliado como uma fonte de energia renovável, sendo uma alternativa de combustível para a geração de calor por meio da queima em caldeiras, podendo também, ser utilizado de outras formas como, por exemplo, na fabricação de papelão, na construção civil, como fertilizante e na ração animal (COELHO et al., 2016).

A energia produzida é utilizada na manutenção da fábrica, nos processos administrativos e na vila dos funcionários. No período da safra, a energia sobressalente é vendida a concessionária de energia elétrica local devido ao quantitativo existente de bagaço, trazendo benefícios financeiros para empresa. As cinzas são enviadas a campo de cultivo para uso em adubação da cana para próxima safra.

O caldo segue para o decantador com a adição da cal virgem diluída em água, denominada leite de cal, a qual é empregada seguindo os padrões de segurança alimentar, eliminando a possibilidade de inserção de produtos nocivos à saúde do consumidor como metais pesados. Para estar dentro dos padrões, a cal virgem deve ser queimado com biomassa vegetal para depois ser colocado no produto a ser consumido. Nessa etapa percebe-se a primeira entrada no processo de água.

A adição do leite de cal clarifica o caldo, o que gera o resíduo lodo que 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 é utilizado em adubação no campo de cultivo da cana. Segundo Coelho et al. (2016), a torta de filtro, é um resíduo proveniente da fabricação do açúcar, proveniente das borras resultantes da clarificação terem a sacarose residual extraída, podendo ser utilizada na fertilização após o devido tratamento.

Após a mexedeira, o xarope é produzido ocorrendo à evaporação de vapores da água o que possibilita a aplicação de técnica de condensação da água, sendo armazenada e utilizada em etapas a seguir no processo de cozimento, reduzindo a quantidade de captação desse recurso no meio ambiente.

Com a finalização do processo de cozimento e a geração dos cristais do açúcar, tem-se o produto açúcar VHP, que é comercializado para o mercado externo por essa usina. O açúcar VHP (*Very High Polarization*) é o tipo mais exportado pelo Brasil, considerado mais claro que o demerara, apresentando em

forma de cristais amarelados (MAZERBA; MENEGUETTI; GROFF, 2010) e por não ter passado por procedimento de refino e ter pouco processos químicos. A depender da demanda pelos clientes o VHP segue para o processo de refinaria e durante o processo do cozimento, dar-se a separação de parte do mel final para envio a refinaria.

Quanto à classificação dos resíduos na etapa agrícola e de produção de açúcar VHP, pode-se verificar 08 tipos diferentes classificados de acordo com a NBR 10.004 e a qual a forma de destinação e aproveitamento desse resíduo utilizado pela usina em questão (Tabela 1).

Tabela 1 – Caracterização dos resíduos da usina, etapa agrícola e produção de açúcar

PROCESSO	RESÍDUOS	CLASSE	DESTINAÇÃO APLICADA	TÉCNICA APLICADA	MELHOR TÉCNICA	DISPOSIÇÃO	
Agrícola	Tambor/bambona de agrotóxicos	Classe I	Empresa geradora	Logística reversa	Logística reversa	A	
	Sacos de agrotóxicos	Classe I	Empresa geradora	Logística reversa	Logística reversa	A	
	Frascos de agrotóxicos	Classe I	Empresa geradora	Logística reversa	Logística reversa	A	
	Saco de adubo	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Logística reversa	Necessita melhoria	
Fabricação de açúcar	Estação de Limpeza	Palha/ Solo	Classe IIA	Campo de cultivo da cana	Compostagem	Compostagem	A
	Moenda	Bagaço	Classe IIA	Geração de energia	Aproveitamento de energia	Aproveitamento de energia	A
	Caldeiras	Cinzas	Classe IIA	Campo de cultivo da cana	Compostagem	Compostagem	A
	Filtragem	Embalagens plásticas	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Reciclagem	Necessita melhoria

* A – ambientalmente adequada

Fonte: Autoria própria (2017)

Considera-se empresa geradora aquela que é responsável pela implantação das técnicas agrícolas no campo de cultivo da cana de açúcar. E a empresa receptora aquela que tem como escopo do serviço, a destinação de resíduos industriais e que a usina necessite pagar por ele para destinar corretamente o resíduo ou que pode ser comercializada.

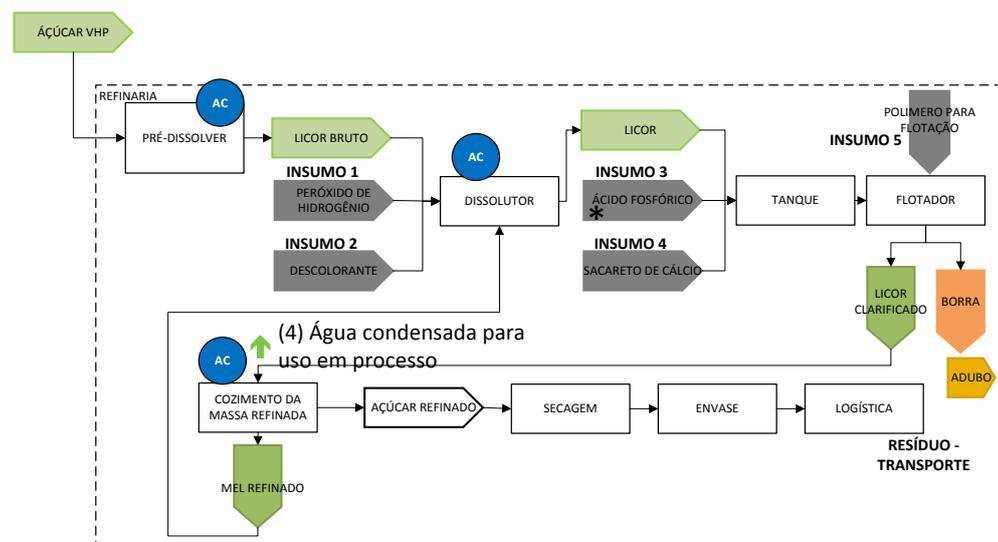
Observa-se que as técnicas empregadas para a destinação dos resíduos são consideradas ambientalmente adequadas seguindo as legislações vigentes, e com emprego de tecnologia com o co-geração de energia para o bagaço, segundo CHAUHAN et al. (2011), o ciclo de vida da indústria de açúcar tem alto potencial de geração de energia.

São empregadas técnicas de compostagem para palhas e cinzas, porém observa-se que os itens sacos de adubos e embalagens plásticas poderiam ter sua destinação com prática mais adequada socioambiental, como exemplo, de reciclagem que poderia encaminhar para associações de catadores da região. O tratamento dos resíduos pode ser uma fonte de insumos e matéria-prima para os processos produtivos de várias indústrias, acredita-se que a reciclagem conduz a

economia dos recursos naturais não renováveis, redução à poluição da água e do ar (CARVALHO; ABDALLAH, 2012).

Para a produção do açúcar refinado (Figura 3), a partir do açúcar VHP com a adição de água condensada. O açúcar refinado possui cristais bem definidos e granulometria homogênea é chamado de açúcar refinado granulado e o açúcar com granulometria mais fina é titulado açúcar refinado amorfo (MAZEROBA; MENEGUETTI; GROFF, 2010).

Figura 3 – Fluxo do processo de refinaria



Fonte: Autoria própria (2017).

No caso da usina estudada, ocorre à diluição gerando o licor bruto, com a adição de insumos como o peróxido de hidrogênio e o descolorante. Esses passam pelo dissolutor gerando o licor, no tanque de homogeneização ocorre à adição do sacareto de cálcio e adição do ácido fosfórico, clarificando o licor é encaminhado para o flotor com a adição do polímero de flotação gera a borra que serve como adubo (tabela 2). O insumo ácido fosfórico deve atender aos requisitos de segurança alimentar, em atenção especial ao limite de Arsênio, considerado um ponto de controle em insumos para a usina estudada.

Tabela 2 – Caracterização o dos resíduos da usina, etapa refinaria

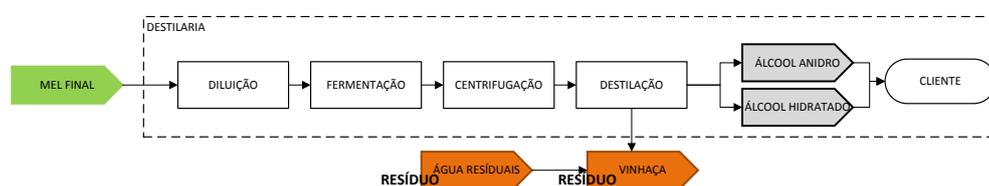
PROCESSO		RESÍDUOS	CLASSE	DESTINAÇÃO APLICADA	TÉCNICA APLICADA	MELHOR TÉCNICA	DISPOSIÇÃO
Fabricação de açúcar	Refinaria	Borra	Classe IIA	Campo de cultivo da cana	Compostagem	Compostagem	A

Fonte: Autoria própria (2017).

O licor clarificado passa pelo cozimento tornando-se massa refinada, observa-se que a etapa de cozimento utiliza água condensada, novamente apresentando redução do consumo de água. A massa refinada torna-se açúcar refinado pronto para envio ao cliente, o rejeito dessa etapa é o mel refinado que retorna ao dissolutor, um ciclo fechado desse rejeito.

O mel final proveniente do processo de cozimento é considerado um pré-produto que se utiliza na destilaria (Figura 4) para produção do álcool gerando o resíduo líquido denominada vinhaça empregado como fertirrigação no campo, a usina estudada faz a ligação das águas residuais com a vinhaça com a finalidade de reduzir a temperatura (tabela 3). As águas residuais são provenientes dos laboratórios e refeitório. Os resíduos sanitários são depositados em fossas sépticas não ocorrendo, assim a mistura com a água residual.

Figura 4 – Fluxo do processo da destilaria



Fonte: Autoria própria (2017).

Tabela 3 – Caracterização dos resíduos da usina, etapa destilaria

PROCESSO	RESÍDUOS	CLASSE	DESTINAÇÃO APLICADA	TÉCNICA APLICADA	MELHOR TÉCNICA	DISPOSIÇÃO	
Fabricação de Álcool	Destilaria	Vinhaça	RESÍDUO LÍQUIDO	Fertirrigação	Reprocessamento	Reprocessamento	A

Fonte: Autoria própria (2017)

Segundo Seixas et al. (2016), a disposição mais utilizadas pelas usinas brasileiras é a aplicação da vinhaça na fertirrigação dos canaviais, afirmando que a prática ainda não foi adequadamente avaliada. Christofletti et al. (2013), alerta que a concentração de vinhaça de cana-de-açúcar por evaporação é uma alternativa para a utilização deste resíduo, uma vez que a fertirrigação nem sempre consegue descartar o todo o volume da vinhaça produzida, sendo o produto obtido neste processo possível de ser utilizado na produção de alimentos para animais, outras alternativas ainda apontada pelo autor é a queimado em caldeiras, gerando energia e condensando a evaporação.

Os resíduos de sanitários, de alimentação, de 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 (tabela 4).

Tabela 4 – Caracterização dos demais resíduos dos processos fabris e administrativos

PROCESSO	RESÍDUOS	CLASSE	DESTINAÇÃO APLICADA	TÉCNICA APLICADA	MELHOR TÉCNICA	DISPOSIÇÃO

Automotivos	Sucata de bateria	Classe I	Empresa receptora	Aterro industrial	Logística reversa	Necessita melhoria
	Sucata de pneu usado	Classe I	Empresa receptora	Aterro industrial	Logística reversa	Necessita melhoria
	Óleo queimado	Classe I	Empresa receptora	Aterro industrial	Logística reversa	Necessita melhoria
Manutenção fabril	Sucata aço carbono	Classe IIB	Empresa receptora	Logística reversa	Logística reversa	A
	Sucata de bronze	Classe IIB	Empresa receptora	Logística reversa	Logística reversa	A
	Sucata de tubos metálicos	Classe IIB	Empresa receptora	Logística reversa	Logística reversa	A
	Sucata de aço inox	Classe IIB	Empresa receptora	Logística reversa	Logística reversa	A
Insumos	Embalagens / bombonas plásticas	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Logística reversa	Necessita melhoria
	Sacos polipropileno	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Logística reversa	Necessita melhoria
	Bombona plástica	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Logística reversa	Necessita melhoria
	Tambor de metal	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Reciclagem	Necessita melhoria
Refeitório	Orgânico	Classe IIA	Empresa receptora	Aterro sanitário	Compostagem	Necessita melhoria
	Água residuais	RESÍDUO LÍQUIDO	Vinhaça	Reprocessamento	Reprocessamento	A
Área geral	Papel e papelão	Classe IIA	Empresa receptora	Aterro sanitário	Reciclagem	Necessita melhoria
	Vidro	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Reciclagem	Necessita melhoria
	EPI e botas	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Aterro industrial	Necessita melhoria
	Lâmpadas	Classe I	Empresa receptora	Aterro industrial	Reciclagem	Necessita melhoria
	Águas sanitários	RESÍDUO LÍQUIDO	Fossa séptica	Fossa séptica	Estação de tratamento própria	Necessita melhoria
	Ambulatoriais	Classe I	Empresa receptora	Aterro industrial	Aterro industrial – Incineração	A
	Equipamentos eletroeletrônicos	Classe IIB	Empresa receptora	Aterro sanitário	Logística Reversa	Necessita melhoria

Fonte: Autoria própria (2017).

Com relação à destinação dos resíduos que não são reaproveitados, seguem para comercialização ou são encaminhados para aterro sanitário. Os resíduos orgânicos oriundos do refeitório são encaminhados para o aterro sanitário, o que difere as boas práticas utilizadas para esse tipo de resíduo que seria a compostagem (SANTOS et al., 2015).

É importante destacar, que esses resíduos citados do processo da usina acabam sendo aproveitados no próprio processo de cultivo da cana-de-açúcar e no processo da fábrica. Esses resíduos apresentam um alto potencial poluidor, porém quando previamente tratados e reaproveitados no processo não acarretam risco ao meio ambiente e também podem ser utilizados como fertilizantes ou condicionadores de solos em geral, no cultivo da própria cana (CÓ JÚNIOR; MARQUES; TASSO JÚNIOR, 2008). De acordo com Mezaroba, Meneguetti e Groff (2010) praticamente todos os resíduos da produção podem ser reaproveitados de maneira a aumentar os lucros da própria indústria e diminuir os custos de produção e conseqüentemente os impactos ambientais.

Esses resíduos quando não utilizados no próprio processo da empresa pode ser utilizado em outro tipo de processo. Isso pode ser verificado na pesquisa de Fernandes et al. (2015) que utilizou a cinza de bagaço da cana como adição mineral em concretos e constatou que esse concreto experimental é indicado para ser aplicado na fabricação de produtos para infraestrutura urbana.

As sucatas são armazenadas no pátio específico para esse resíduo (figura 5) e são comercializadas trazendo um retorno financeiro para a empresa. Isso pode ocorrer por meio de leilões e troca de mercadorias. Essa troca de mercadorias é possível por se tratar de empresa particular o que não ocorre em empresas públicas que ocorre doações e leilões. A grande questão da prática de leilões é que não possível afirmar que as empresas que arrematam esses produtos irão utilizar todos os componentes e se houver sobra de equipamentos não se sabe se o destino dado será adequado (BEZERRA et al., 2016).

Foram identificados 30 resíduos, observa-se que 46% dos resíduos possuem destinação ambientalmente adequadas, sendo que a 60% são de origem desse processos administrativos e de apoio a produção e apenas 30% desses possuem destinação ambientalmente adequada. Os resíduos em sua maioria foram classificados pela ABNT NBR 10.004, com 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. Rebelato, Madaleno e Rodrigues (2013), identificaram 21 resíduos e subprodutos da produção sucroenergética potencialmente poluidores com maior impacto ambiental relativo nas águas.

Os resíduos perigosos, em sua destinação apenas metade são destinados por meio de logística reversa, as embalagens de agrotóxicos são ambientalmente corretas, porém item como lâmpadas e sucata de baterias são destinados a aterros sanitários

Relacionado ao processo de armazenamento dos resíduos, 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 área de estocagem de resíduos, denominada central de resíduos, com separação por baía dos resíduos, tais como: papel e papelão, EPI'S, plásticos, resíduos perigosos, bem como a lagoa de vinhaça que tem a finalidade de receber as águas residuais e ser encaminhada para o campo através de tubulação específica.

CONCLUSÃO

Conclui-se que a escassez de recursos e os indicativos centenários da poluição ambiental na indústria sucroalcooleira provocaram avanços na gestão ambiental no setor. Impulsionados pelas necessidades de atendimento a legislações ambientais alinhadas as exigências dos clientes e de segurança alimentar. Assim, aplicações de novas tecnologias, agrupa-se a essas necessidades o que vem a gerar resultados satisfatórios na redução dos impactos ambientais.

Alguns pontos positivos foram observados, como a geração de energia elétrica a partir do bagaço da cana para ser utilizado no processo fabril e administrativo, a redução do consumo da água, o que vem a se adequar com a Política Nacional de Resíduos Sólidos.

Com tudo, a usina em estudo procura ter o controle de todo processo por meio de práticas de gestão, como também por testes de laboratórios e automações o que permite gerar um produto com maior confiabilidade acarretando uma melhor comercialização do produto.

Conclui-se que há oportunidades de melhoria quanto ao atendimento da PNRS em relação à disposição ambientalmente adequada, em processos identificados como complementares a produção, que podem ser aplicados a logística reversa.

Industrial waste management of the sugar-alcohol sector: case study of Pernambuco, Brazil

ABSTRACT

In Brazil, the production of sugarcane is an economic activity carried out since the colonial period and remains in the Northeast region, and the state of Pernambuco is the second largest producer of sugarcane in the region in June 2016. Waste management requires knowledge about the manufacturing system, identification of the source of waste, forms of segregation and adequate disposal in order to comply with current legislation and guarantee the preservation of ecosystems. The objective of this study is to evaluate the waste management of sugar and alcohol manufacture, a case study in the Zona da Mata Norte in the state of Pernambuco. Data collection was done through technical visits and interviews in the second half of 2016, using process mapping to indicate the waste generated at each stage, treatment and final destination, verifying compliance with the National Solid Waste Policy. As a result, it was found that 46.6% of the waste meets the environmentally adequate destination, with needs for improvements in the treatment of waste from the activities supporting the process. It is concluded that the scarcity of resources, such as water and the centennial indicative of environmental pollution in the sugar and alcohol industry, has led to advances in the environmental management of the sector. Driven by the needs of meeting environmental legislation aligned with customer requirements and food safety.

KEYWORDS: Mapping of processes. Classification of waste. Treatment of waste.

REFERÊNCIAS

ABNT. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICA. ABNT NBR 10.0004. Classificação de resíduos sólidos. Rio de Janeiro, 2004.

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.

BRASIL. REPÚBLICA FEDERATIVA DO BRASIL, Lei 12.305, de 02 de agosto de 2010. Política Nacional de Resíduos Sólidos. Diário Oficial da República Federativa do Brasil, Poder Executivo, Brasília, DF, 2010. Disponível em: <<http://www.mma.gov.br/pol%C3%ADtica-de-res%C3%ADduos-s%C3%B3lidos>>. Acesso em: 08 de setembro de 2016.

BEZERRA, A. P. X. G.; ZAPONI, J. R. C; MOTA, A. M. V.; HOLANDA, R. M. Resíduos Eletroeletrônicos: Estudo de Caso no Centro Administrativo do Complexo Industrial Portuário Governador Eraldo Gueiros – Suape/PE. In: V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos, 2016, Recife. Resíduos sólidos: o desafio do GIRS face aos objetivos do desenvolvimento Sustentável. Recife, ago/2016.

CARVALHO, A. C.; ABDALLAH, P. R. Análise da Gestão de Resíduos Sólidos no Terminal Porto Novo do Porto do Rio Grande, Brasil. **Revista de Gestão Costeira Integrada**, v.12, n.3, set/2012.

CHAUHAN, M. K.; VARUN; CHAUDHARY, S.; KUMAR, S.; SAMAR. Life cycle assessment of sugar industry: a review. **Sust. Energ**, v. 15, pp. 3445-353, 2011.

CHRISTOFOLETTI, C. A.; ESCHER, J. P., CORREIA, J. E., MARINHO, J. F. U., FONTANETTI, C. S.. Sugar vinasse: environmental implications of its use. **Waste Management**, v. 33, n. 12, pp. 2752-2761, dec/2013.

CÓ JÚNIOR, C.; MARQUES, M. O.; TASSO JÚNIOR, L. C. Efeito residual de quatro aplicações anuais de lodo de esgoto e vinhaça na qualidade tecnológica da cana-de-açúcar. **Revista de Engenharia Agrícola**, Jaboticabal, v.28, n.1, p.196-203, 2008.

COELHO, W. L. V.; SILVA, F. S.; DALLACORT, R.; CARNEIRO, P. A. V.. Análise do potencial de geração de energia elétrica a partir dos resíduos do setor sucroenergético no estado de Mato Grosso em diferentes cenários produtivos. **Revista brasileira de energias renováveis**, v.5, n.2, p.332-351, 2016.

CRUZ, I. S.; ANDRADE, I. C. B. Gestão ambiental ISO 14001 nas indústrias sucroalcooleiras em Sergipe. **Interfaces Científicas - Exatas e Tecnológicas**, v. 2, n. 2, pp. 71-82, out/2016.

FERNANDES, S. E.; TASHIMA, M. M.; MORAES, J. C. B.; ISTUQUE, D. B.; FIORITI, C. F.; MELGES, J. L. P.; AKASAKI, J. L.. Cinza de bagaço de cana-de-açúcar (CBC) como adição mineral em concretos para verificação de sua durabilidade. **Revista Matéria**. v.20, n.4, pp. 909 – 923, 2015. **crossref**

IPEA - Instituto de Pesquisa Econômica Aplicada. Diagnóstico dos Resíduos Orgânicos do Setor Agrossilvopastoril e Agroindústrias Associadas. 2012. Disponível em:

<http://www.ipea.gov.br/agencia/images/stories/PDFs/relatoriopesquisa/120917_relatorio_residuos_organicos.pdf>. Acesso em: 9 de setembro de 2016.

MASHOKO, L.; MBOHWA, C.; THOMAS, V. M. Life cycle inventory of electricity cogeneration from bagasse in the South African sugar industry. **Journal of cleaner production**, v.39, pp. 42-49. Jan/2013.

LUZ, E. L. P.; MEDEIROS, M. C.; GABRIEL, F. A.; RODRIGUEZ, M. A. M. Aplicação do Diagrama de Ishikawa na análise dos principais impactos da área agrícola no setor sucroalcooleiro do Brasil. In: **V Encontro Pernambucano de Resíduos Sólidos e III Congresso Brasileiro de Resíduos Sólidos**. Resíduos Sólidos: o desafio do GIRS face aos objetivos do desenvolvimento Sustentável. Recife, PE. ago. 2016.

MEZARROBA, S.; MENEGUETTI, C. C.; GROFF, A. M. Processos de produção do açúcar de cana e os possíveis reaproveitamentos dos subprodutos e resíduos resultantes do sistema. IV EEPA – Encontro de Engenharia de Produção Agroindustrial. **FECILCAMP** – Campo Mourão. 2010.

REBELATO, M. G.; MADALENO, L. L.; RODRIGUES, A. M. Ponderação do impacto ambiental dos resíduos e subprodutos da produção industrial sucroenergética. **Revista Gestão Industrial**. v. 9. n.2, 2013.

ROMÃO JÚNIOR, R. A.; BONA, L. F. B.; DOMINGUES NETO, F. P.; RAMOS, R. A. V.. Análise da Viabilidade do Aproveitamento da Palha da Cana de Açúcar para Cogeração de Energia numa Usina Sucroalcooleira. **VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica**, Campina Grande, Paraíba, 2010.

SANTOS, L. A.; PEDROSA, D. dos S. F.; NISHIWAKI, A. A. M.; EL-DEIR, S. G.. Compostagem nas escolas como uma ferramenta para implantação da educação ambiental no ensino fundamental. Resíduos sólidos; tecnologias limpas e boas práticas. 1. ed. Recife, PE. **EDUFRPE**, 2015. 455 p.

SEIXAS, F. L.; GIMENES, M. L.; FERNANDES-MACHADO, N. R. C.. Tratamento da vinhaça por adsorção em carvão de bagaço de cana-de-açúcar. *Quim. Nova*, v. 39, n. 2, pp. 172-179, 2016.

SILVA, G. C. A representação sócio-econômica da cana de açúcar para a região da Zona da Mata de Pernambuco. **Revista Eletrônica do curso de Geografia**. n.14. 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**, PI.

SINDAÇÚCAR, SINDICATO DA INDÚSTRIA DO AÇÚCAR NO ESTADO DE PERNAMBUCO. Acompanhamento da produção canavieira nos Estados do Nordeste. Disponível em: <<http://www.sindacucar.com.br/noticia.php>>. Acesso em: 10 de setembro de 2016.

TRIVIÑOS, A. N. S. Introdução à pesquisa em ciências sociais: a pesquisa qualitativa em educação. São Paulo: **Atlas**, 1987.

Recebido: 12 fev. 2017

Aprovado: 12 set. 2017

DOI: 10.3895/gi.v13n2.5539

Como citar:

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/rji/>>. Acesso em: XXX.

Correspondência:

Emmanuelle Maria Gonçalves Lorena

Rua Dom Manoel de Medeiros, s/n, Dois Irmãos, Recife, Pernambuco, Brasil.

Direito autoral: Este artigo está licenciado sob os termos da Licença Creative Commons-Atribuição 4.0 Internacional.

