

VI-076 – GERENCIAMENTO DE RESÍDUOS DA INDÚSTRIA SUCROALCOOLEIRA – AVALIAÇÃO DOS IMPACTOS E MEDIDAS MITIGADORAS

Pablo Luiz Fernandes Guimarães⁽¹⁾

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Abílio José Procópio Queiroz

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Narcísio Cabral Araújo

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Lucas da Silva Alves

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Igor Sousa Ogata

Graduando em Engenharia Sanitária e Ambiental pela Universidade Estadual da Paraíba.

Endereço⁽¹⁾: Rua João Silveira Guimarães, 55 - Itararé – Campina Grande - PB - CEP: 58411-065 - Brasil -
Tel: (83) 3337-1192 - e-mail: pabloluiz_1@yahoo.com.br

RESUMO

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o processo produtivo de uma indústria sucroalcooleira, a partir de uma visita técnica, para identificar as principais etapas poluidoras, analisar os tipos de poluentes e suas consequências para o meio ambiente e apontar possíveis medidas atenuantes ou mitigadoras da degradação ambiental, medidas estas de caráter operacional ou de tratamento destes resíduos que serviram de auxílio para tomadas de decisões no gerenciamento ambiental na indústria sucroalcooleira. Por fim perceberam-se que a produção gera resíduos e efluentes potencialmente degradantes do meio ambiente, o que torna de grande importância as propostas de ações mitigadoras para os resíduos gerados, que servirá de suporte ao gerenciamento ambiental que busca o desenvolvimento sustentável através de uma sinergia positiva da produção e do meio ambiente fazendo com que tal atividade se torne efetivamente uma fonte de energia renovável.

PALAVRAS-CHAVE: Indústria Sucroalcooleira, Meio Ambiente, Resíduos, Medidas Mitigadoras.

INTRODUÇÃO

Com a crise do petróleo na década de 1980, causada pela Guerra entre Irã e Iraque, o governo Brasileiro, como resposta a esta que também afetou o Brasil, idealizou o projeto Proálcool, um programa que incentiva o cultivo da cana-de-açúcar para geração de energia através do álcool. Assim o Brasil se tornou o maior produtor de cana-de-açúcar do mundo obtendo produtos como açúcar, álcoois combustíveis e industriais, aguardente, cera entre outros.

Tal atividade se reforçou ainda mais de ante a preocupação mundial com meio ambiente em busca de novas fontes de energia renováveis, como resultados comprovadores de tal avanço temos segundo a Companhia Nacional de Abastecimento – Conab, uma área de cana-de-açúcar colhida destinada à atividade sucroalcooleira estimada em 8.167,5 mil hectares, uma previsão do total de cana que será moída na safra 2010/11 é de 651.514,3 mil toneladas e de acordo com a Agência Nacional de Energia Elétrica – ANAEL (20-10-2010), uma geração de energia a partir do bagaço da cana-de-açúcar de 5.957.146 KW correspondente a 5% da produção total de energia.

Porém, com o passar do tempo observou-se que os processos da indústria sucroalcooleira quando não executados de maneira adequada podem causar prejuízos ao meio ambiente e aos seres humanos, como a monocultura, emissão de gases e materiais particulados poluentes e efluentes potencialmente nocivos.

Para que esta ideia de energia renovável seja efetivamente consolidada se faz necessário garantir que todos os processos de produção estejam em sinergia com o meio ambiente, podendo ser alcançado com o gerenciamento

dos resíduos resultantes do processo industrial juntamente com a implantação de Sistema de Gestão Ambiental (SGA).

Um SGA provê ordenamento e consistência para que as organizações abordem suas preocupações ambientais, através da alocação de recursos, definição de responsabilidades e avaliação contínua de práticas, procedimentos e processos. A gestão ambiental é parte integrante do sistema de gestão global de uma organização. A concepção de um SGA é um processo dinâmico e interativo. A estrutura, responsabilidades, práticas, procedimentos, processos e recursos para a implementação de políticas, objetivos e metas ambientais podem ser coordenados com os esforços existentes em outras áreas (por exemplo: operações, finanças, qualidade, saúde ocupacional e segurança no trabalho) – NBR ISO 14004 de 1996.

O presente trabalho tem o objetivo de analisar o processo produtivo de uma indústria sucroalcooleira para identificar as principais etapas poluidoras, analisar os tipos de poluentes e suas consequências para o meio ambiente e apontar possíveis medidas atenuantes ou mitigadoras da degradação ambiental, medidas estas de caráter operacional ou de tratamento destes resíduos que serviram de auxílio para tomadas de decisões no gerenciamento ambiental na indústria sucroalcooleira.

SETOR SULCROALCOOLEIRO E OS IMPACTOS DECORRENTES

Ao se caracterizar os aspectos ambientais do setor sucroalcooleiro é preciso ter como ponto de partida o fato de que o mesmo envolve dois setores: o setor agrícola e o setor industrial. O primeiro refere-se aos aspectos ligados às atividades desenvolvidas na área em que à cultura da cana-de-açúcar ocupa. Já o segundo aos aspectos ligados à fábrica de açúcar como também na destilaria de álcool (ALVARENGA e QUEIROZ, 2009). Os impactos ambientais causados na produção de cana-de-açúcar vão desde o desmatamento, devido à necessidade de área para plantação, até a utilização de defensivos agrícolas e as queimadas realizadas para queimar a palha como etapa que antecede a colheita.

Quanto aos impactos observados já na indústria, podemos caracterizá-los pela utilização de água em grande escala e pela destinação inadequada e sem tratamento que ainda é dada aos efluentes líquidos, gerados nos processos de destilação, pois esse tem um caráter degradante de extrema importância, pois causa impactos negativos ao solo, à água e ao ar.

No Brasil o modelo de desenvolvimento agrícola sofreu algumas alterações nas últimas três décadas. Estas alterações foram em resposta às transformações sociais, demográficas e econômicas que aconteceram no país. Dentre estas mudanças duas se destacaram: o crescimento populacional e o aumento da renda per capita. Estes fatores geraram um aumento na produção agrícola do país e a incorporação de novas áreas agrícolas (PIACENTE e PIACENTE, 2005).

A questão ambiental e a questão econômica, como em qualquer setor produtivo, deveriam andar em paralelo na indústria sucroalcooleira, pois essa tem um poder de reduzir a demanda por combustíveis fósseis, que são responsáveis por grande poluição, pela produção de etanol, e pode impulsionar a economia do país produtor, mas ainda se observam falhas no setor que vão, aos poucos, sendo corrigidas por força de legislações que são criadas sobre o assunto.

A agroindústria da cana no Brasil se tornou um exemplo importante de agricultura sustentável, devido a conjunções favoráveis de fatores de nosso solo e clima, além de distribuir-se por várias regiões do território. A cultura da cana-de-açúcar vem apresentando uma performance especialmente harmoniosa de convivência com o meio ambiente e tem demonstrado preocupação ambiental, uma vez que a modernização inevitável da agricultura está levando o país a substituir a queima durante o processo de colheita da cana-de-açúcar pela mecanização (SANTOS, ABREU e BALDANZA, 2009).

MATERIAIS E MÉTODOS

O método utilizado foi à elaboração de um fluxograma dos processos no setor agrícola e industrial mostrada na Figura 1, a partir de uma visita técnica de duas usinas produtoras de açúcar e álcool situadas nos estados do Rio Grande do Norte e Paraíba e que por motivos éticos não serão citadas no trabalho, como consequência deste fluxograma realizou-se a análise das operações potencialmente poluidoras através de estudos realizados à referências bibliográficas, em seguida identificação dos tipos de poluição e proposição de soluções mitigadoras operacionais ou de tratamento para servir de instrumentos para o gerenciamento ambiental.

DESCRIÇÃO DO PROCESSO PRODUTIVO DAS INDÚSTRIAS SUCROALCOOLEIRAS VISITADAS

O processo produtivo do açúcar e do álcool das Indústrias visitadas pode ser visualizado na Figura 1, inclui as atividades do setor agrícola iniciando-se com a colheita da cana-de-açúcar e as atividades do setor industrial com o beneficiamento da cana-de-açúcar para a produção de açúcar e álcool, conforme descritas na sequência.

Em relação às atividades do setor agrícola, esta se inicia com o preparo do solo, em seguida o plantio e depois a colheita da cana. Para que a cana seja colhida ela tem que ser limpa, processo este que pode ser realizada através de sua queima ou mecanicamente. Em sequência ocorre o processo de corte no próprio campo: quando a limpeza se dá através da queima o corte pode ser feito manualmente ou mecanicamente, já quando a limpeza ocorre mecanicamente o corte também é mecanizado. Por fim realiza-se o recolhimento da palha resultante destes processos para destina-la ao setor energético.

Em relação às atividades do setor industrial: o sistema industrial recebe a cana colhida e nesta recepção de matéria prima é feita a pesagem e análise da qualidade da cana em relação ao teor de sacarose. A próxima operação é a lavagem da cana, que só é submetida a esta etapa quando a limpeza no campo é feita com queimadas, de contrário se faz a limpeza a seco para retirada de impurezas que venham prejudicar os processos seguintes. Quando limpa ocorre à preparação da cana através da desintegração da cana pelos processos de corte e desfibramento para ajudar na extração da sacarose. Depois é realizada embebição para aumentar a eficiência de extração de sacarose nas moendas, obtendo-se o caldo misto. De posse do caldo misto é feito um tratamento para este de acordo com a destinação da produção, ou seja, se deseja produzir álcool ou açúcar.

Para produção de açúcar o caldo misto é tratado a fim de retirar impurezas, clarificar o caldo e corrigir o pH através das seguintes etapas: desarenação, peneiramento, sulfitação, adição de ácido fosfórico e cal. Já o tratamento para produção de açúcar cada indústria tem um método de tratamento mas o mais empregado é a pasteurização do caldo misto.

Na produção de açúcar ocorrem os processos de evaporação, cozimento, centrifugação e secagem. Esta etapa tem como principal insumo água e, conseqüentemente, geração de efluentes, o mel pobre resultante deste processo é enviado para cadeia produtiva do álcool mais precisamente na fermentação.

A produção de álcool recebe o caldo misto ou o mel pobre, adicionam-se leveduras e obtêm-se o mosto que é levado para etapa de fermentação e gera o vinho que é encaminhado para o processo de destilação na qual ocorre a separação dos constituintes do vinho a fim de retirar o etanol desta mistura. Na torre de destilação obtêm-se o tipo do produto que se deseja como o álcool anidro ou hidratado, esta etapa tem como principal resíduo a vinhaça.

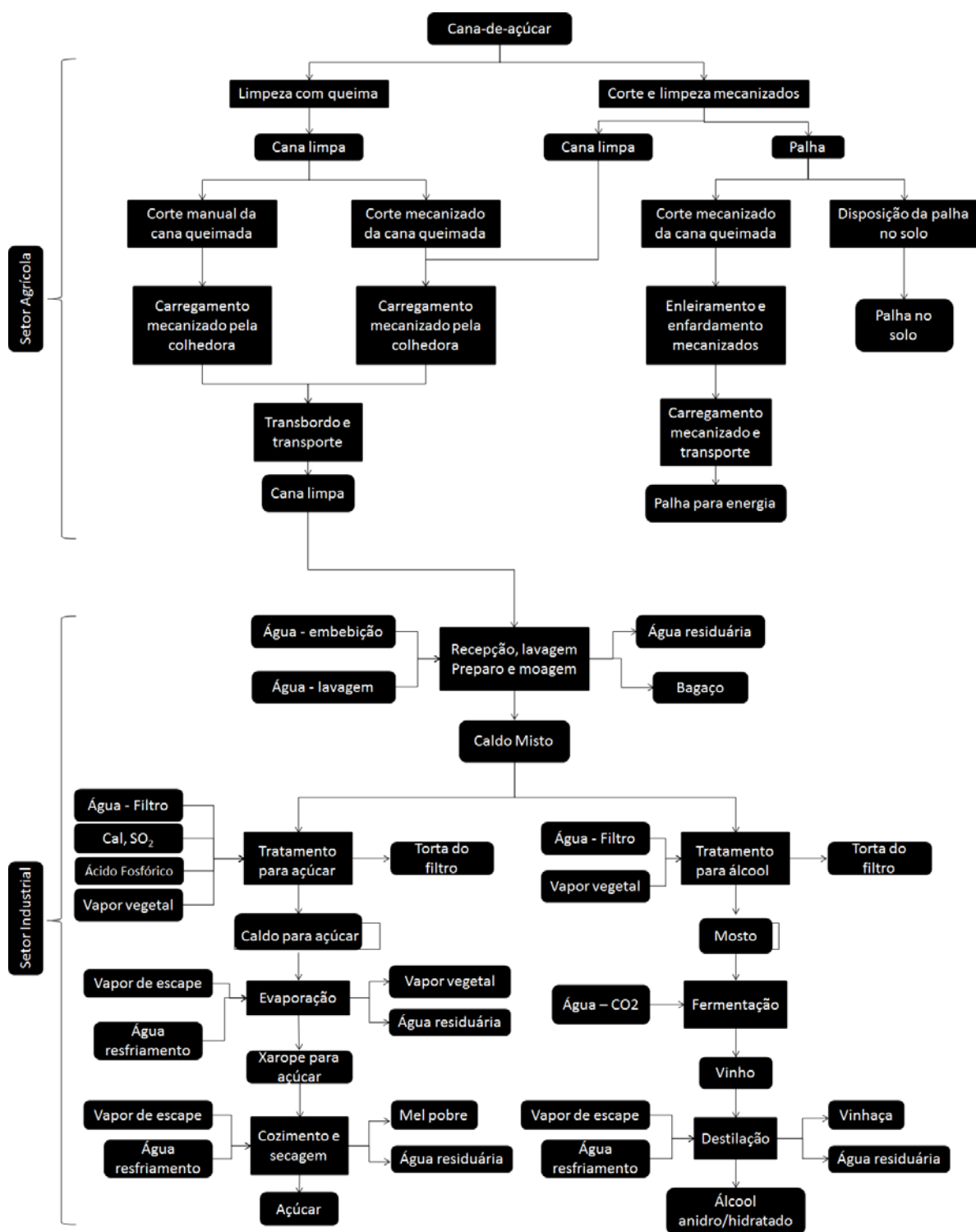


Figura 1: Fluxograma do Processo produtivo do açúcar e do álcool.

Fonte: Elaboração própria, 2010.

Depois de feito a análise do processo produtivo da indústria visitada, foram detectadas as principais atividades poluidoras, constatando o tipo de poluente e propondo a solução mais viável para seu tratamento ou descarte. Tal trabalho se torna mais importante em vista do potencial produtivo da mesma, onde foram estimados que para o ano de 2009 em média cada unidade utiliza 10.000 toneladas por dia de matéria prima (cana-de-açúcar), produzindo 90 mil metros cúbicos de álcool (anidro, hidratado e neutro), 100 mil toneladas de açúcar e com capacidade significativa na produção de energia cerca de 20MW.

PRINCIPAIS ETAPAS POLUIDORAS, TIPOS DE POLUENTES, CONSEQUÊNCIAS PARA O MEIO AMBIENTE E MEDIDAS MITIGADORAS

No setor agrícola

Nesta fase foram detectadas práticas como o desmatamento e manutenção da monocultura que trazem como consequência a redução significativa da biodiversidade, infertilidade do solo e erosão.

Como toda produção agrícola esta também demanda o uso de defensivos agrícolas, fertilizantes e pesticidas causando contaminação dos recursos hídricos superficiais e subterrâneos e do solo.

A prática mais impactante negativamente ao meio ambiente é a realização das queimadas para limpeza da cana emitindo material particulado que pode causar problemas respiratórios nos seres humanos e emissão de gases do efeito estufa como o dióxido de carbono, monóxido de carbono, óxidos de enxofre, hidrocarbonetos e nitróxido de oxigênio. Além disso, podem ocorrer incêndios causados por próprios cortadores de cana ou por outros motivos acentuando ainda mais a emissão de gases poluentes, causando impactos negativos sobre a fauna e flora.

Para este setor devido necessidade de demanda fica inviável a rotação de culturas para evitar a monocultura, então o ideal seria realizar estudos para fazer a adubação e aplicação de fertilizantes nas quantidades corretas que não venham a prejudicar o solo e contaminar os recursos hídricos. No combate a infertilidade e erosão do solo pode-se dispor uma parte da palha no solo, fazendo com esta matéria orgânica reponha alguns nutrientes e mantenha certa cobertura do solo auxiliando contra o processo erosivo. Já para evitar o processo mais degradador deste setor que são as queimadas, a melhor medida seria a mecanização nas etapas de corte e limpeza da cana que elimina a emissões de gases poluentes, com base nisto foram criadas leis em alguns estados como São Paulo e Mato Grosso do Sul, que possuem este tipo de atividade que traça metas para adoção de um processo totalmente mecanizado. Os incêndios acidentais podem ser mitigados ou minimizados através da manutenção de uma parte da vegetação virgem entre os talhões apresentados na figura 2, evitando que o fogo se espalhe para as demais áreas da plantação construção de aceiros que são faixas entre os talhões sem qualquer tipo de vegetação.



Figura 2: Proteção contra incêndios.
Acervo do autor.

No setor industrial

Este setor é caracterizado pelo grande consumo de água e utilização de produtos químicos para se obter o açúcar e álcool, assim existe uma grande quantidade de águas residuárias resultantes do processo de limpeza da cana, evaporação, cozimento, secagem e destilação.

Parte desta água gasta no início do processo na limpeza da cana, gera um efluente caracterizado por uma grande quantidade de partículas suspensas, pH ácido e demanda bioquímica de oxigênio (DBO) elevada, volume este que aumenta muito em dias chuvosos onde a cana chega muito suja. Ideal para este efluente e dos demais processos citados anteriormente, seria o tratamento e reuso deste efluente destinando-o a sistemas de lodo ativado ou lagoas de decantação e correção de pH mostrada na figura 3, para circular-la no sistema ou

utilizar na fertirrigação do plantio. Outra medida possível nesta etapa seria a limpeza a seco, que utiliza jatos de vento para limpar a cana, assim ocorrerá à economia de água significativa. As outras frações de águas resultantes dos processos de evaporação, cozimento, secagem e destilação o mais adequado seria seu resfriamento através de tanques como mostrados na Figura 4, em seguida direcionados para irrigação da lavoura ou destiná-las a tanques de decantação que pode ser feita no mesmo tanque de resfriamento para que este efluente retorne ao processo produtivo.



Figura 3: Lagoa para estabilização de águas residuárias.
Acervo do autor.



Figura 4: Tanques de Resfriamento.
Acervo do autor.

Na etapa de tratamento do caldo misto ocorre a clarificação do caldo onde o lodo obtido no decantador é filtrado e gera a torta do filtro como resíduo, caracterizado pela elevada demanda bioquímica de oxigênio e presença de alguns metais. O destino mais adequado para este resíduo seria o seu resfriamento a temperatura ambiente e em seguida encaminha-la a lavoura onde este resíduo é utilizado como adubo orgânico.

A palha resultante da limpeza da cana e o bagaço resultante da moagem são utilizados para geração de energia, porém seu armazenamento geralmente é feito a céu aberto como mostrado na figura 5, assim fica submetido a ação do vento e chuva espalhando o bagaço poluindo visualmente a atmosfera causando problemas respiratórios nos seres humanos locais, assim este armazenamento deve ser feito em galpões ou utilizar um plástico para cobrir o bagaço e protegê-lo da ação das intempéries.



Figura 5: Armazenamento inadequado do bagaço da cana.
Acervo do autor.

No sistema de geração de energia através da queima do bagaço utilizando-se caldeiras ocorre a emissão de material particulado, monóxido e dióxido de carbono e óxidos de nitrogênio que causa efeitos estéticos negativos e problemas respiratórios. Para solução de tal problema pode-se utilizar a limpeza manual do material particulado e incorporando-o a torta do filtro ou utilizar lavadores de gases representados na figura 6, ou ainda utilizar precipitadores eletrostáticos e filtro de manga nas caldeiras, onde o material particulado é precipitado utilizando água e em seguida incorporado à torta do filtro que posteriormente são utilizados para fertirrigação.



Figura 6: de gás e material particulado.
Disponível em: <www.fornosul.globaliza.com.br>.

A destilação do álcool tem como principal efluente a vinhaça que é caracterizada pela elevada demanda bioquímica de oxigênio, pH ácido, temperatura elevada, alta concentração de nutrientes como potássio, nitrogênio e fosforo. Então se lançados em corpos aquáticos este efluente pode causar a diminuição de oxigênio dissolvido, aumentar a concentração de nutrientes limitantes para ocorrência da eutrofização e consequentemente a morte do corpo aquático. Se dispostos imediatamente no solo causa a elevação do pH e também pode causar a salinização e erosão do solo devido a presença de soda caustica nos processos industriais. Este efluente pode ser utilizado para fertilização do solo por apresentar grande quantidade de nutriente como nitrogênio, potássio, sódio entre outros.

Porém este lançamento no solo deve ser realizado de forma adequada, antes a vinhaça tem que ser estabilizada, diluída e resfriada, para isto utiliza-se tanques que realiza todos estes requisitos em uma mesma etapa mostrado na figura 7, assim o lançamento deste efluente no solo trará benefícios para o meio ambiente e para o produtor que diminui os custos com fertilizantes.



Figura 7: Tanque para tratamento de vinhaça.
Acervo do autor.

Por fim foi elaborada a tabela 1 para facilitar o entendimento, associando cada etapa unitária do processo com os poluentes e impactos gerados por cada etapa e sua respectiva solução:

Tabela 1: Quadro de resumo.

ETAPAS	TIPOS DE POLUENTES	IMPACTOS	MEDIDAS MITIGADORAS
Limpeza da cana com queimadas	Material particulado, hidrocarbonetos, CO₂, CO, NO_x, SO_x	Intensificação do efeito estufa, problemas respiratórios e efeitos estéticos negativos.	Adoção de limpeza e corte mecanizados
Lavagem da cana	Águas residuárias – caracterizado por alta concentração de material particulado em suspensão, turbidez, DBO e pH ácido	Contaminação dos corpos aquáticos, aumento da carga orgânica e diminuição do pH.	Tratamento por lagoa de decantação e lodo ativado, limpeza á seco quando possível.
Evaporação, cozimento, secagem e destilação	Águas residuárias – temperatura elevada e DBO alta	Diminuição de oxigênio dissolvido nos corpos aquáticos e aumento da carga orgânica	Tanques de resfriamento e decantação
Tratamento p/ açúcar e álcool	Torta do filtro – DBO elevada e alguns metais	Contaminação de corpos aquáticos	Resfriamento e utilização como adubo orgânico
Armazenamento de palha e bagaço da cana a céu aberto	Material particulado	Poluição atmosférica e problemas respiratórios	Armazenamento em galpões ou plásticos para cobrir
Geração de energia nas caldeiras	Material particulado, CO₂, CO, NO_x, SO_x	Intensificação do efeito estufa, problemas respiratórios e efeitos estéticos negativos.	Incorporar esta material a torta do filtro ou utilizar lavadores de gases, precipitador eletrostático, filtro de manga.
Destilação	Vinhaça – DBO elevada, pH ácido, temperatura elevada, alta concentração de nutrientes como potássio, nitrogênio e fosforo	Salinização e erosão do solo e eutrofização dos corpos aquáticos	Tratamento por resfriamento correção de pH e utilização para fertilização do solo

CONCLUSÕES

A partir da visita técnica realizada e depois de ter-se feito uma análise dos principais impactos causados pelos processos produtivos de uma indústria sucroalcooleira, percebeu-se que a produção gera resíduos e efluentes potencialmente degradantes do meio ambiente, o que torna de grande importância propostas de ações mitigadoras para os resíduos gerados, que servirá de suporte ao gerenciamento ambiental que busca o desenvolvimento sustentável através de uma sinergia positiva da produção e do meio ambiente fazendo com que tal atividade se torne efetivamente uma fonte de energia renovável. Trabalho se torna ainda mais importante por esta ser considerada uma fonte de energia alternativa a qual o Brasil é o maior produtor e cresce a cada ano, movimentando a economia do país, ocupando grandes áreas e gerando energia elétrica para autossuficiência do processo e venda do excedente desta energia.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Braga, B. et al. Introdução à Engenharia Ambiental. São Paulo, Pearson Education do Brasil, 2ª edição, 2004.
2. Howard, John Payne. Operações unitárias na produção de açúcar de cana. Nobel/Stab 1990. Disponível em:
<http://books.google.com.br/books?id=eZCmDEvu6i0C&printsec=frontcover&dq=operações+unitarias+de+cana-de-açúcar&hl=pt-br&ei=UB_MTOmvLsOblgf9MjmCA&sa=X&oi=book_result&ct=result&resnum=1&ved=0CCkQ6AEwAA#v=onepage&q&f=false>
Acesso em: 15/09/2010.
3. Kesslerlingh, Sônia Maria(2002). Minimização e reuso de água em indústrias sucro-alcooleiras: estudo de caso. São Carlos, SP. Dissertação (mestrado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de São Paulo.
4. Langowski, E. Queima da cana: uma prática usada e abusada. Cianorte, maio de 2007. Disponível em:
<<http://www.apromac.org.br/QUEIMA%20DA%20CANA.pdf>>. Acesso em: 20/09/2010.
5. Boletim da safra de cana-de-açúcar. Disponível em: <
http://www.conab.gov.br/OlalaCMS/uploads/arquivos/boletim_cana_setembro_2010.pdf>. Acesso em: 05/09/2010.
6. Capacidade energética do Brasil. Disponível em:
<<http://www.aneel.gov.br/aplicacoes/capacidadebrasil/OperacaoCapacidadeBrasil.asp>>. Acesso em: 05/09/2010.
7. Ferrero, M.; Silva, J. L. G. Nova solução para vinhaça. Disponível em:
<http://www.ideaonline.com.br/boletins_especiais/arquivos/boletimespecial25_3.pdf>. Acesso em: 13/09/2010.
8. Etanol – Impactos e Problemas. Disponível em: <<http://www.ambientebrasil.com.br>>. Acesso em: 21/09/2010.
9. ALVARENGA, R. P.; e QUEIROZ, T. R.. Produção mais Limpa e Aspectos Ambientais na Indústria Sucroalcooleira. International Workshop Advances in Cleaner Production. São Paulo: 2009. Disponível em: <<http://www.advancesincleanerproduction.net/second/files/sessoes/4a/3/T.%20R.%20Queiroz%20-%20Resumo%20Exp.pdf>>. Acesso em: 02 de novembro de 2010.
10. PIACENTE, Fabrício José; PIACENTE, Erik Augusto. Desenvolvimento Sustentável na Agroindústria Canavieira: uma discussão sobre os resíduos. Disponível em:
<http://api.ning.com/files/nNRYuNs45sC0WRuLjgsdZMNBByQ9GP2kMKyVLfbSypl*nDrFw9Ekm6CFRtOyz4QPExf8FJWEIZ6tfPmXFeN4ePnVdZmQK5brt/DesenvolvimentoSustentavelAgroindustriaCanavieiraumadiscussaosobreosresiduos.doc>. Acesso em: 02 de dezembro de 2010.
11. SANTOS, Juliana da Rocha; ABREU, Nelsio Rodrigues de; BALDANZA, Renata F. O Impacto do Marketing Verde nas Indústrias Sucroalcooleiras de Alagoas. Revista Econômica do Nordeste, Volume 40, Nº 02, Abril - Junho, 2009. Disponível em:
<http://www.bnb.gov.br/projwebren/exec/artigoRenPDF.aspx?cd_artigo_ren=1132>. Acesso em: 02 de dezembro de 2010