

ÁREA TEMÁTICA: GESTÃO AMBIENTAL

**LEVANTAMENTO DOS RESÍDUOS ORIUNDOS DA INDÚSTRIA DE CANA DE AÇÚCAR E
BREVE REVISÃO SOBRE SEUS USOS, APLICAÇÕES E SUBPRODUTOS**

*Ingrid Lélis Ricarte Cavalcanti¹ (ingrid_lelis@hotmail.com), Tiago¹
(Thyagobelmont@hotmail.com), Nyara¹ (naschoff@gmail.com), Arturo¹ (arturo.dias@live.com),
Laura¹ (laur_acosta@hotmail.com)*
1 Universidade Federal da Paraíba

RESUMO

Nas últimas décadas o Brasil constituiu-se como maior produtor de cana-de-açúcar no mundo, trazendo avanços tecnológicos no setor sucroalcooleiro, no que diz respeito à indústria e produção, obtendo não só produtos tradicionais como etanol e açúcar, mas também subprodutos derivados dos resíduos do processo produtivo ocorrido dentro das próprias usinas. Com o aumento da demanda, produção e consumo, também ocorre um aumento na produção de resíduos, principalmente, os que são gerados durante os processos industriais. Este trabalho teve como objetivo catalogar de forma qualitativa os resíduos provenientes do processamento da cana-de-açúcar de uma usina, localizada no município de Santa Rita – Paraíba, e apresentar a viabilidade de reaproveitamento e subprodutos destes. Para isso foram realizado levantamento de dados por meio de visitas *in loco* e por meio de pesquisas bibliográficas foram propostas formas de reaproveitamento para cada um dos resíduos. Foram catalogados os resíduos e os subprodutos produzidos na Usina de estudo. Conclui-se que o processamento de cana de açúcar em uma usina acarreta série de resíduos proveniente das etapas de produção de mais variados conceitos, assim, se torna necessário reaproveitamento de cada capacidade desses resíduos para outras atividades, gerando menos impacto ambiental e proporcionando um maior uso do ciclo de vida da cana de açúcar.

Palavras-chave: Resíduos Sólidos; Usina Sucroalcooleira; Manejo ambientalmente adequado.

**SURVEY OF WASTE FROM THE SUGAR CANE INDUSTRY AND A BRIEF REVIEW ON ITS
USES, APPLICATIONS AND BY-PRODUCTS**

In the last decades, Brazil has constituted itself as the largest producer of sugarcane in the world, bringing technological advances in the sugar and alcohol sector, with respect to industry and production, obtaining not only traditional products such as ethanol and sugar, but also by-products derived from residues of the production process occurring within the mills themselves. With increasing demand, production and consumption, there is also an increase in the production of waste, especially those generated during industrial processes. The objective of this work was to qualitatively catalog waste from the sugarcane processing of a sugar mill located in the municipality of Santa Rita - Paraíba, and to present the feasibility of reuse and by-products. For this purpose, data were collected by means of on-site visits and by means of bibliographical research, forms of reutilization for each of the residues were proposed. The waste and by-products produced in the study plant were cataloged. It is concluded that the processing of sugarcane in a mill entails a series of residues coming from the stages of production of more varied concepts, thus, it becomes necessary to reuse each capacity of these wastes for other activities, generating less environmental impact and providing a greater use of the sugarcane life cycle.

Keywords: Solid Waste; Sucroalcooleira Sugar Mill; Environmentally sound management.

1. INTRODUÇÃO

Nas últimas décadas, o Brasil se posicionou como maior produtor de cana-de-açúcar no mundo, trazendo avanços tecnológicos no setor sucroalcooleiro, no que diz respeito a desenvolvimento da produção e indústria, obtendo não só produtos tradicionais como etanol e açúcar, mas também subprodutos derivados dos resíduos do processo ocorrido na própria usina (SANTOS *et al.*, 2013; CONAB, 2017).

Segundo a Companhia Nacional de Abastecimento (CONAB), a produção Brasileira para o ano de 2017/18 de cana-de-açúcar foi de aproximadamente 647,6 milhões de toneladas; correspondendo a uma redução do crescimento da safra anterior em 1,5%. Além disso, estimativa de redução da área de plantio em 2,3% com área colhida correspondendo a 8,84 milhões de hectares. Mesmo com uma redução na produção devido a condições climáticas ainda sim ocorre uma elevada produção no quantitativo de resíduos, principalmente, os que são gerados durante os processos industriais. Dessa forma se faz necessário medidas para que se promova o destino adequado de forma sustentável ao meio ambiente.

Os resíduos sólidos podem ser classificados de acordo com sua atividade de origem, perante o estabelecido no art. 1º da Política Nacional dos Resíduos Sólidos (PNRS), e os que são gerados em ambiente industrial são classificados como resíduos industriais (BRASIL, 2010).

Considerando o setor industrial de forma isolada, Paoliello (2006) menciona que os principais resíduos produzidos são a palha de cana, bagaço, água de lavagem de cana e vinhaça. Estes quando não são reaproveitados ou não recebem algum tipo de tratamento, muitas vezes acabam representando descargas ambientais, na forma de emissões, despejos de efluentes e de resíduos dispostos no solo de maneira que ocorre o comprometimento da qualidade ambiental.

Com intuito de reduzir os impactos negativos do manejo inadequado dos resíduos sólidos industriais, faz-se fundamental estabelecer um plano de gerenciamento ambientalmente adequado dentro dos empreendimentos que o geraram, realizando todo o processo de gestão do resíduo, desde a caracterização das propriedades físicas, químicas e biológicas, até a proposição de reaproveitamento, reciclagem, tratamento para os resíduos ou disposição final ambientalmente adequada para os rejeitos.

2. OBJETIVO

Levantamento qualitativo dos resíduos provenientes do processamento da cana-de-açúcar de uma usina localizada no município de Santa Rita – Paraíba e breve revisão sobre seus potenciais usos, aplicações e subprodutos.

3. METODOLOGIA

Este trabalho configura-se em uma análise exploratória, com levantamento qualitativo realizado in loco dos resíduos gerados em uma usina localizada na Zona Rural do município de Santa Rita – Paraíba. Para fins de confidencialidade não foi exposto o nome e endereço de tal usina. A partir dos resultados obtidos no levantamento foi realizado uma revisão bibliográfica sobre os potenciais usos e aplicações, bem como os subprodutos dos resíduos gerados.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1 Catalogação dos Resíduos da Usina

Os resultados da catalogação dos resíduos encontram-se na tabela abaixo (Tabela 1), nos quais foram mencionados os resíduos e fases de origem dentro do processo produtivo da cana-de-açúcar.

Tabela 1: Catalogação dos resíduos da Usina.

Resíduos	Processo de origem
a. Palha/Bagaço da cana	Resultante da limpeza e extração do caldo da cana-de-açúcar.
b. Cinzas e fuligem	Resultante da queima do bagaço para gerar vapor nas caldeiras.
c. Torta de filtro	Resultante do filtro a vácuo ou de prensa do lodo proveniente do decantador de caldo.
d. Leveduras	Resultante do processo de fermentação, dos quais são retiradas 10% a 11%.
e. Vinhaça	Resultante da destilação do vinho.
f. Águas de lavagens	Resultante da lavagem da cana.
g. CO ₂	Resultante através da fermentação.

De acordo com a PNRS empreendimento que geram resíduos industriais, entre outros, além daqueles empreendimentos que geram resíduos perigosos ou não perigosos que não são equiparados a resíduos domiciliares, ou seja, tal empreendimento como a Usina em estudo deve possuir um Plano de Gerenciamento de Resíduos Sólidos e neste deve conter “metas para reduzir, reutilizar e reciclar” seus resíduos. Para tanto, neste trabalho foram sugeridas algumas formas de aproveitar tais resíduos, de acordo com pesquisas bibliográficas, a fim de propor melhores formas de manejo e assim auxiliar o cumprimento da legislação responsável.

- Palha/Bagaço da cana:

No ano de 2018, segundo o Balanço Energético realizado pela Empresa de Pesquisa Energética, o Brasil teve em sua matriz elétrica 8,7% da participação energética da biomassa (EPE, 2018). Sendo assim, o reaproveitamento energético dos resíduos da biomassa passa a desempenhar uma colocação importante para o setor elétrico brasileiro. De acordo com Maeda (2012) o aproveitamento energético da palha e bagaço da cana-de-açúcar a partir de sua queima ganha viabilidade para geração de eletricidade, pois com a redução de sua umidade, o poder calorífico desta biomassa pode atingir 18,62 MJ.kg⁻¹.

Outra forma de utilização tanto para a palha quanto para o bagaço da cana, que caracterizam matéria-prima do etanol de segunda geração. Pereira *et al.* (2014) abordou a produção de etanol de segunda geração a partir de três resíduos advindos da cana: bagaço, palha e ponteiros; Gurgel (2012), Martins *et al.* (2014), Biaggi *et al.* (2015), Lopes *et al.* (2017) abordaram em seus trabalhos os usos da palha e do bagaço para produção de etanol de segunda geração. Tais estudos caracterizam não só manejo adequado para os resíduos sólidos, mas sim a ampliação da disponibilidade de recursos renováveis para substituição dos combustíveis fósseis.

Além disso, a palha e o bagaço possuem diversas possibilidades de ser reutilizada, como para alimentação animal e aplicação no solo, no processo de adubação e para a produção de celulose (CETESB, 2002; OLIVEIRA e BARROS, 2017).

- Cinzas e fuligem:

As cinzas e a fuligem são provenientes dos processos ocorrentes nas caldeiras da usina, a partir do processamento do bagaço da cana-de-açúcar, tal resíduo é considerado inorgânico e insolúvel, com a presença de teores de H₂O, SiO₂, P₂O₅, K₂O, MgO, CaO (GURGEL, 2012). Este resíduo pode ser reincorporado em outros setores industriais, como na indústria da cerâmica, sendo reaproveitada como uma das matérias primas para produção de cerâmica vermelha (SCHNEIDER *et al.*, 2012), pode ser utilizada na construção civil, com sua incorporação no cimento Portland, a partir de substituições residuais (SESSA, 2013).

Além disso, pode ser reaproveitada no solo, devido aos seus componentes que suprem solos com deficiências nutricionais, tais benefícios foram mencionados nas pesquisas da Cetesb (2002), Gurgel (2012), Faria *et al.* (2013), no trabalho de Pórfiro e Amorim (2012) foram apresentados os valores nutricionais presentes nas cinzas das caldeiras, afirmando ainda mais suas propriedades benéficas para o solo.

Na usina de estudo estes resíduos são comumente reincorporados no solo para enriquecimento da lavoura de cana-de-açúcar (Figura 1).

Figura 1: Cinza depositada no campo para adubação na lavoura.



Fonte: Retirada dos arquivos de Cavalcanti *et al.* (2017).

- Torta de filtro:

Proveniente do filtro a vácuo ou de prensa do lodo advindo do decantador, e sua disposição geralmente ocorre como matéria para compostagem ou em lavouras, aplicando-o no pré-plantio, plantio, na soqueira em superfície do solo e em áreas de mudas de cana de açúcar (GULGEL, 2012). No trabalho publicado pela Cetesb (2002) de produção Mais Limpa (P+L) no setor sucroalcooleiro traz o aproveitamento da torta de filtro no solo e para produção de ração animal; os autores Rossetto e Santiago (2007) e Rebelato (2016) trouxeram em seus trabalhos o uso da torta de filtro na compostagem. Porém, Cortez *et al.* (1992) faz uma ressalva no seu estudo sobre este resíduo no solo, limitando o uso em quantidades reduzidas por área de aplicação.

- Leveduras:

As leveduras apresentam uma grande importância na fermentação do caldo da cana, consistindo em um alto valor nutricional e proteico. A mais disseminada na indústria é a do gênero *Saccharomyces cerevisiae*. De acordo com Goldemberg (2007) e Robertson *et al.* (2008) no Brasil a cana de açúcar acumula sacarose, que é convertida em etanol, em um processo direto, a partir de células de *S. cerevisiae*, sem a necessidade de um pré-tratamento, que tem suas células reutilizadas durante toda a safra (BATISTOTE *et al.*, 2010) como ocorre a utilização da sacarose de forma direta, e tem como subproduto o substrato para fermentação, e esta ação de uso das células de *S. cerevisiae*. Ao fim de sua vida as leveduras podem ser utilizadas como complemento de ração animal, sendo matéria prima do excedente da fermentação alcoólica (BERNA, 2006).

- Vinhaça:

O aproveitamento da vinhaça passou a ser significativo a partir de sua aplicação no solo, a fim de aumentar a produtividade da plantação de cana. Sendo assim, uma das aplicações da vinhaça é como fertilizante. Em trabalhos da CETESB (2002), Corazza (2006), Melo (2011), Gurgel (2012), Oliveira e Barros (2017) abordaram o uso da vinhaça como fertilizante em seus trabalhos. Além disto, a utilização da vinhaça para produção de biogás passou a ser realidade, dando viabilidade energética a mais um resíduo da indústria sucroalcooleira, em trabalhos como o de Cortez *et al.* (1992), Santos *et al.* (2013), Silva *et al.* (2018).

- Águas de lavagens:

No trabalho publicado pela CETESB (2002) de produção Mais Limpa (P+L) no setor sucroalcooleiro foi mencionada a reciclagem das águas de lavagens no processo de embebição, para a recuperação de parte da sacarose diluída e o reuso ainda para a lavagem, para a remoção de sólidos grosseiros, sedimentáveis, até de resíduos orgânicos que estejam solúveis (CETESB, 2002). A etapa de lavagem da cana demanda um elevado volume de água, evidenciando a necessidade de reuso deste recurso, oferecendo, por consequência a diminuição da descarga

dessas águas em corpos hídricos receptores de efluentes (MIRANDA, 1995). A CETESB (1981) menciona que o método convencional para tratar os efluentes do pré-tratamento da cana, abordam desde a remoção do material grosseiro, a remoção de partículas discretas com diâmetro maior que 0,05 mm e a remoção de partículas menores que 0,05 mm (material em suspensão) e correção de pH. Com o tratamento desse efluente, as águas podem ser reutilizadas, diminuindo o consumo desta e o resíduo sedimentado pode ser disposto em lavouras, enriquecendo o solos com matéria orgânica.

- Gás carbônico:

A emissão de gás carbônico (CO₂) resultante do processo de fermentação pode ser recuperada, a partir da instalação de tubulações presentes na parte superior das dornas, onde será captado o gás e direcionado para purificação através de uma lavagem com água, pré-compressão e adsorção em colunas de carbono e zeólita, de forma que o álcool a água residual e as impurezas são removidas. De acordo com Alexandre (2011). São formados cerca de 1 kg de CO₂ por litro de etanol produzido, advindo da fermentação alcoólica possuindo uma pureza de aproximadamente 99,9%. Na usina do presente estudo ocorre a captação das emissões de CO₂, com a presença das tubulações instaladas nas dornas de fermentação, que permitem o direcionamento do fluido para as colunas de destilação a fim de promover a participação deste no processo de extração e obtenção do biocombustível (Figura 2).

Figura 2: Captação do CO₂ advindo da fermentação alcoólica.



Fonte: Retirada dos arquivos de Cavalcanti *et al.* (2017).

4.2 Catalogação dos Subprodutos da Usina

Na tabela (Tabela 2) abaixo foram mencionados os subprodutos e por qual processo estes foram gerados.

Tabela 2: Levantamento dos subprodutos da Usina.

Subprodutos	Processo de origem
a. Óleo fúsel	Resultante das diversas fases do processamento de purificação do álcool, ocorridos na coluna de destilação.
b. Melaço	Resultante da etapa de centrifugação, no processo de fabricação de açúcar.

- Óleo fúsel:

Na indústria em análise, o óleo fúsel produzido foi resultante das diversas fases do processamento de purificação do álcool. Segundo PATIL (2002), o óleo Fúsel é designado como uma mistura de álcoois superiores obtidos com as diversas fases do processamento de purificação do álcool, ocorridos na coluna de destilação. Os principais constituintes do óleo são os álcoois n-amílico, n-butílico e isopropanol que estão em menor quantidade. Também são encontrados o n-pentanol que é bastante confundido com o álcool isoamílico (HAWLEY, 1985).

O constituinte do óleo Fúsel pode ser alterado de acordo com os tipos de materiais utilizados na fermentação, possui como característica 60% de peso de álcoois e faixa de extração que varia entre 122°C e 138°C (WINDHOLZ, 1976).

A produção para o óleo é estimada em 2,5 litros para cada 1000 litros de álcool produzido (PERES, 2001). Porém isto não é uma norma, pois as quantidades de produção vão ser diferenciadas para cada tipo e método de preparação do caldo da fermentação, condições de temperatura, pressão e o ambiente que se processa as reações. No entanto é necessário que se retire o óleo da coluna de destilação na fase de retificação, pois ele promove a degradação da qualidade do álcool produzido na destilação (PATIL, 2002).

Segundo Triboli (1995), destaca alguns fatores que influenciam no quantitativo elevado do óleo fúsel na fase de fermentação:

- Fermentação com ineficiência da presença de nitrogênio;
- A formação de óleo fúsel é intimamente desacelerada quando sua concentração atinge 0,4% e inteiramente inibida em concentrações entre 0,7 e 0,8% em relação ao volume fermentado;
- Para um tempo maior de fermentação, o quantitativo de óleo produzido aumenta;
- Intervalo de tempo mais longo entre fermentação e destilação tende a aumentar a quantidade de álcoois mais altos.

Desta forma, é extremamente necessário um aprimoramento nas qualidades da fermentação, pois traria para a empresa um avanço quantitativo menor do produto, trazendo consigo uma economia no processo e se caracterizando mais vantajoso para a indústria.

- Melaço:

O melaço é um subproduto residual do processamento de produção de açúcar, podendo ser denominado de mel pobre, mel fino, ou simplesmente melaço. É um material denso e viscoso, rico em açúcares essenciais na fermentação, sua densidade varia entre 1,4 a 1,5 g/ml, sendo produzido em torno de 40 kg/t de cana (SANTOS, 2013).

É bastante utilizado na produção de etanol no montante de 280 a 320 litros de etanol/tonelada, de modo que é transportado até as destilarias para ser inserido nas dornas de fermentação e em seguida será destilado. Outra aplicação é a da multiplicação das leveduras essenciais para o prosseguimento do processo, sendo também utilizado para alimentação animal ou ainda para cultura de fungos e bactérias, fermento biológico entre outros.

5. CONCLUSÃO

Conclui-se que o processamento de cana de açúcar em uma usina gera uma serie de resíduos, tornando-se necessário reaproveitamento destes, ou em outras atividades ou no próprio ciclo produtivo anteriormente inserido. O reaproveitamento gera menos impacto ambiental, uma melhor gestão ambiental dentro das usinas e um melhor aproveitamento uso do ciclo de vida da cana de açúcar. Na usina de estudo foram mencionados o aproveitamento dos resíduos nas mais variadas atividades, tais como: fertirrigação do solo, produção de etanol de segunda geração, produção de biogás, reaproveitamento para outras indústrias como as de cerâmica, recuperação da sacarose e queima para geração de energia.

REFERÊNCIAS

- ALEXANDRE, A.F. F. Projecto de recuperação CO2 a partir das unidades de Steam Methane Reforming da refinaria de Sines. 2011, p. 112 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Dissertação para obtenção do Grau de Mestre em Engenharia Química) - Instituto Superior Técnico de Lisboa. Disponível em: < <https://fenix.tecnico.ulisboa.pt/downloadFile/395143133378/Tese%20-%20Vers%C3%A3o%20Publica.pdf> > . Acesso em: 25 fev. 2019.
- BERNA, V., Revista do Meio Ambiente, vol.1, n 2, p. 1-10, 2006.
- BIAGGI, D.E, PIACENTE, F.J, SILVA, V.C. Produção de etanol de segunda geração a partir da cana-de-açúcar: estudo de prospecção de patentes. X WORKSHOP DE PÓS-GRADUAÇÃO E PESQUISA DO CENTRO PAULA SOUZA. São Paulo, 2015.

- BRASIL. Lei 12.305, de 2 de agosto de 2010. Institui a Política Nacional de Resíduos Sólidos, altera a Lei nº 9605, de 12 de fevereiro de 1998, e dá outras providências. Diário Oficial da União. Brasília, 03 de agosto de 2010.
- CETESB. A Produção Mais Limpa (P+L) no Setor Sucroalcooleiro – informações gerais. São Paulo, 2002. Disponível em <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/Repositorio/Adubacao_organica_producao_mais_limpaID-37HFh1RpEg.pdf>. Acesso em 28/02/2019.
- CETESB, Sistema de recirculação de águas de lavagem de cana, CETESB, São Paulo, 1981.
- CORAZZA R. I. Impactos Ambientais da Vinhaça: controvérsias científicas e lock-in na fertirrigação? Congresso da Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural. Fortaleza, 2006.
- CONAB | ACOMPANHAMENTO DA SAFRA BRASILEIRA DE CANA-DE-AÇÚCAR | v. 4 - Safra 2017/18, n. 1 - Primeiro levantamento, abril de 2017. Acesso em: Disponível em: file:///C:/Users/Tiago/Downloads/Boletim_Cana_1_Levantamento_17-18.pdf. Acesso 11/03/19.
- CORTEZ, L.; MAGALHÃES, P.; HAPPI, J. Principais subprodutos da agroindústria canavieira e sua valorização. Revista Brasileira de Energia. v. 2, n. 2, 1992.
- EPE - Empresa de Pesquisa Energética. Balanço Energético Nacional 2018 – Relatório Síntese: Ano base 2017 / Empresa de Pesquisa Energética. – Rio de Janeiro: EPE, 2018. 62 p. 2018.
- FARIA, K. C.P.; HOLANDA, J.N.F. Incorporação de resíduo de cinzas de bagaço de cana-de-açúcar como uma matéria prima alternativa para cerâmica vermelha. Revista Scielo, Vol.59, n.351. 2013.
- Garcia, Vanderlei. Subproduto de destilaria de óleo fúsel: Caracterização da composição química e estudo de sua aplicação industrial/ São Caetano do Sul, SP: CEUN-EEM, 2008.98p
- GURGEL, M. N. A. Tecnologia para aproveitamento de resíduos da agroindústria sucroalcooleira como biofertilizante organomineral granulado. Tese de Doutorado (Universidade Estadual de Campinas / Faculdade de Engenharia Agrícola). Campinas: SP, 2012.
- HAWLEY, G.G. Diccionario de química y de productos químicos. 2ª ed. Barcelona. p. 422. 1985.
- LOPES, J. G.; SANTOS, K. C.; COSTA, A. A. Prospecção tecnológica do uso do bagaço de cana-de-açúcar visando a produção de etanol de segunda geração. Cadernos de Prospecção, Salvador, v. 10, n. 3 p.590-599, jul./set. 2017.
- MAEDA, F. Influências do protocolo agroambiental do setor Sucroalcooleiro na produção de açúcar, álcool e Energia: estudo de caso em uma usina no interior do Estado de São Paulo. Dissertação apresentada à Faculdade de Ciências Agrônômicas da Unesp – Campus de Botucatu, São Paulo 2012.
- MARTINS, F. DE A.; MARTIM, T.; CORRÊA, A. M.; OLIVEIRA, F. F.DE. A produção do etanol de segunda geração a partir do bagaço da cana-de-açúcar. Revista Latino-Americana de Inovação e Engenharia de Produção. v. 2, n. 3. jul./dez 2014.
- MELO, M. G de S. Gestão ambiental no setor sucroalcooleiro de Pernambuco: entre a inesgotabilidade dos recursos naturais e os mecanismos de regulação. 166 f. Dissertação (Mestrado) – Universidade Federal do Pernambuco. Recife, 2011.
- MIRANDA, T.L.G. Reuso de efluente de esgotos domésticos na irrigação de alface. Porto Alegre, 1995, 109p. Dissertação de Mestrado – Instituto de Pesquisas Hidráulicas, Universidade Federal do Rio Grande do Sul.
- OLIVEIRA, E. F. B.; BARROS, S. S. U. Resíduos e aspectos sustentáveis da cana-de-açúcar. Revista Eletrônica da Faculdade de Ciências Exatas e Agrárias Produção/construção e tecnologia, v. 7, n. 10, 2017.
- PAOLIELLO, J. M. M. Aspectos ambientais e potencial energético no aproveitamento de resíduos da indústria sucroalcooleira. Universidade Estadual Paulista. Bauru - SP, 2006.
- PATIL, A.G.; KOOLWAL, S. W.; BUTALA, H.D. Fusel oil: Composition, removal and potential utilization. Internation Sugar Journal. Inglaterra. Vol. 104, Nº. 1238, p. 51-58. 2002.
- PEREIRA, S.C.; MAEHARA, L.; MACHADO, C.M.M.; FARINAS, C. S. Uso integral da biomassa de cana-de-açúcar para a produção de etanol de segunda geração. Simpósio Nacional de Instrumentação Agropecuária. Embrapa, São Carlos, 2014.

PERES, E. D.; CARDOSO, D. R.; FRANCO, D. W. Análise dos álcoois, ésteres e compostos carbonílicos em amostras de óleo fúsel. Química nova. USP São Carlos. SP Nº 1. Vol. 24. P.10-12.2001.

PORFÍRO, S. A.; AMORIM, F. R. de; Inventário de resíduos sólidos em uma Usina Sucroalcooleira do Sudoeste Goiano. 15 f. 2012. Trabalho de conclusão de curso. Universidade de Rio Verde, 2012.

REBELATO, M. G. et al. Análise do desempenho ambiental das usinas sucroenergéticas localizadas na Bacia Hidrográfica do Rio Mogi Guaçu. Revista Scielo, Engenharia Sanitária e Ambiental, Vol.21, nº.3. Rio de Janeiro, Julho/setembro.2016.

ROSSETTO, R.; SANTIAGO, A. D. Adubação: resíduos alternativos. Brasília, DF: EMBRAPA, 2007. Disponível em: <http://www.agencia.cnptia.embrapa.br/gestor/canadeacucar/arvore/CONTAG01_39_711200516717.html> Acesso em: 01/03/2019

SANTOS, F.; COLÔDÉTTE, J.; QUEIROZ, J. H. Bioenergia e biorrefinaria: cana-de-açúcar e espécie florestais. Viçosa, MG, 2013.

SESSA, T. da C. Avaliação da utilização da cinza do bagaço de cana-de-açúcar em concreto usando construções residenciais de menor impacto. – Rio de Janeiro: UFRJ/ Escola Politécnica, 2013.

SILVA, G. A. da; SILVA, I.; SILVA, T. C.; SILVA, S. P. R. da. Produção de biogás a partir de resíduo da indústria sucroalcooleira. In: Anais do Simpósio Nacional de bio-processos e Simpósio de Hidrólise Enzimática de Biomassas. Anais eletrônicos... Campinas, GALOÁ, 2018.

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.

TRÍBOLI, E. Tecnologia de produção de Etanol. São Caetano do Sul. Apostila Escola de Engenharia Mauá. 281 p. 1995.

WINDHOLZ, M.; ET AL. The Merck Index. 2 ed. U.S.A. p. 557.1976.