

O uso adequado dos resíduos da agroindústria sucroalcooleira para o desenvolvimento de subprodutos: uma revisão

The proper use of residues from the sugar and ethanol agroindustry for the development of by-products: a review

El uso adecuado de los residuos de la agroindustria del azúcar y el etanol para la elaboración de subproductos: una revisión

Recebido: 03/10/2022 | Revisado: 11/10/2022 | Aceitado: 12/10/2022 | Publicado: 16/10/2022

Jéssica Souza Alves Friedrichsen

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-3909-3617>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: jessicasouza.uem@gmail.com

Andressa Rafaella Silva Bruni

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8236-1293>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: rafaela_bruni@hotmail.com

Geovane Aparecido Ramos da Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3749-6938>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: geovane.rsilva21@gmail.com

Elienae da Silva Gomes

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-4657-4459>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: elienae2108@gmail.com

Jaqueline Ferreira Silva

ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-5271-3182>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: jaquelinesferreirasilva@gmail.com

Gislaine de Almeida Santana Ientz

ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-2617-8379>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: gislaine.a.santana@gmail.com

Fernanda Silva Baeta

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-2942-8305>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: fer_baeta@hotmail.com

Nathali Miranda Piacquadio

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-8092-7580>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: nathalipiacquadio@gmail.com

Milena Keller Bulla

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-5105-1217>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: mbullakeller@gmail.com

Oscar Oliveira Santos

ORCID: <https://orcid.org/0000-0002-9631-8480>
Universidade Estadual de Maringá, Brasil
E-mail: oosjunior@uem.br

Resumo

A área responsável pela produção do açúcar, etanol e derivados da cana-de-açúcar é a agroindústria sucroalcooleira, em destaque nacional pela produção e tecnologia utilizada. A utilização de resíduos industriais tornando-os em subprodutos, são responsáveis pelo aumento dos ganhos, pois os produtos antes considerados problemas, passem hoje a ser fontes de renda consideráveis as empresas. Os resíduos gerados no processamento da cana-de-açúcar são os: bagaço, torta do filtro, melaço ou mel final e vinhaça. O objetivo do presente trabalho é mostrar que os resíduos gerados no decorrer de processos industriais da produção sucroalcooleira têm grandes chances de se tornar subprodutos, que servem para o desenvolvimento de novos produtos e muitas vezes voltar para o processo na

produção de energia. A criação de subprodutos a partir dos resíduos gerados nos processos, faz com que a indústria obtenha lucros e lance menos resíduos no meio ambiente.

Palavras-chave: Cana-de-açúcar; Agroindústria; Açúcar; Etanol; Subprodutos; Resíduos.

Abstract

The area responsible for the production of sugar, ethanol and sugarcane derivatives is the sugar and ethanol agroindustry, which stands out nationally for its production and technology used. The use of industrial waste, turning them into by-products, is responsible for the increase in gains, as the products previously considered problems, today become considerable sources of income for companies. The residues generated in the processing of sugarcane are: bagasse, filter cake, molasses or final honey and vinasse. The objective of the present work is to show that the residues generated in the course of industrial processes of sugar and alcohol production have great chances of becoming by-products, which serve for the development of new products and often return to the process in the production of energy. The creation of by-products from the waste generated in the processes, makes the industry make profits and throw less waste into the environment.

Keywords: Sugar cane; Agribusiness; Sugar; Ethanol; By-products; Waste.

Resumen

El área responsable de la producción de azúcar, etanol y derivados de la caña de azúcar es la agroindustria del azúcar y etanol, la cual se destaca a nivel nacional por su producción y tecnología utilizada. El aprovechamiento de los residuos industriales, convirtiéndolos en subproductos, es responsable por el aumento de las ganancias, ya que los productos antes considerados problemáticos, hoy se convierten en importantes fuentes de ingresos para las empresas. Los residuos generados en el procesamiento de la caña de azúcar son: bagazo, cachaza, melaza o miel final y vinaza. El objetivo del presente trabajo es mostrar que los residuos generados en el transcurso de los procesos industriales de producción de azúcar y alcohol tienen grandes posibilidades de convertirse en subproductos, que sirven para el desarrollo de nuevos productos y muchas veces regresan al proceso en la producción de energía. La creación de subproductos a partir de los residuos generados en los procesos, hace que la industria obtenga beneficios y arroje menos residuos al medio ambiente.

Palabras clave: Caña de azúcar; Agroindustria; Azúcar; Etanol; Subproductos; Desperdicio.

1. Introdução

A busca por alternativas na utilização de resíduos agroindustriais tornando-os em subprodutos, além de agregar valor tornou-se uma busca incessante de todas as cadeias produtivas. Os processos que utilizam a sustentabilidade como recurso podem influenciar no aumento dos ganhos, e ainda faz com que produtos antes considerados problemas passem hoje a ser fontes de renda. Os principais resíduos gerados no processamento da cana-de-açúcar são os: bagaço, torta do filtro, melação ou mel final e vinhaça nos quais são transformados em subprodutos para utilização em outros fins comerciais (Saqueti et al., 2019; de Souza Nogueira & da Silva Garcia, 2013).

O bagaço da cana-de-açúcar é o maior resíduo da agroindústria brasileira, é um resíduo fibroso da extração do caldo pelas moendas, suas principais aplicações como subprodutos são combustíveis para caldeira e produção de celulose. O bagaço como combustível veio substituir a lenha que era a fonte energética na indústria. A torta de filtro é resultante do processo do filtro a vácuo ou do filtro prensa recebido do decantador de caldo. A torta de filtro como subproduto pode ser utilizada na alimentação animal em forma de ração, pois é rica em minerais (fósforo e cálcio) ou também para extração de cera, utilizando solventes orgânicos, e podendo substituir as ceras derivadas do petróleo pelo material obtido (Bonassa et al., 2015; da Costa et al., 2015).

A vinhaça é um resíduo ácido que se lançado em afluentes, consome o oxigênio dissolvido na água, causando a morte deste ecossistema, a vinhaça vem sendo transformado e utilizado como fertilizante biológico nas lavouras. Isto é positivo do ponto de vista ambiental, pois diminui o uso de fertilizantes químicos a base de petróleo e contribui para a diminuição da emissão de gases que são causadores do efeito estufa (da Silva et al., 2014).

O melação é o líquido que se obtém como resíduo de fabricação do açúcar cristalizado, resultante da centrifugação do qual não pode ser extraído mais sacarose por métodos convencionais. O melação é o licor-mãe da cristalização final do açúcar, considerado subproduto da indústria do açúcar, por apresentar concentrações elevadas de açúcares reductores totais, é utilizado

principalmente, na produção de álcool etílico em destilarias. É também matéria-prima na produção de fermento (levedura) industrial prensado para panificação, bem como em processos biotecnológicos na produção de enzimas, antibióticos e ácidos como ácido cítrico e ácido láctico (Leimer, 2003; Silva et al., 2021). O objetivo principal do presente trabalho é mostrar que os resíduos gerados no decorrer de processos industriais têm grandes chances de se tornar subprodutos e muitas vezes voltar para o processo com outros fins.

2. Metodologia

O presente estudo trata-se de uma análise de dados, por meio de uma revisão da literatura sobre o uso adequado dos resíduos da agroindústria sucroalcooleira. Foram utilizados artigos científicos, livros, e outros documentos considerados relevantes, publicados nos últimos 20 anos, a fim de buscar o avanço nas pesquisas desenvolvidas na comunidade científica. As buscas foram realizadas nas bases eletrônicas de dados Google Scholar, Pubmed, Science Direct, Web of Science e Scopus utilizando os descritores em português e inglês (Agroindústria sucroalcooleira; Processamento da cana-de-açúcar; Subprodutos; Sugar and ethanol agro-industry; Sugarcane processing; By-products). Após a seleção dos periódicos foram submetidos a uma seleção de elegibilidade com critérios de inclusão e exclusão, sendo utilizados os mais relevantes. Portanto, o presente estudo é caracterizado por uma metodologia aplicada à uma revisão bibliográfica narrativa de estudos já descritos na literatura, com intuito de mapear o conhecimento sobre a questão ampla e objetiva (Pereira et al., 2018).

3. Resultados e Discussão

3.1 Agroindústria sucroalcooleira

A área responsável pela produção de açúcar, etanol e derivados da cana-de-açúcar é a agroindústria sucroalcooleira. O Brasil é destaque na produção de açúcar e biocombustíveis, um dos maiores produtores e exportadores mundiais. O progresso tecnológico na produção sucroalcooleira abrange quatro etapas do processo de produção da matéria-prima: preparo do solo, plantação, tratamentos culturais e colheita, através do desenvolvimento de tecnologias em mecânica, biologia e engenharia (de Araújo & Sobrinho, 2020; Shikida & Bacha, 2019).

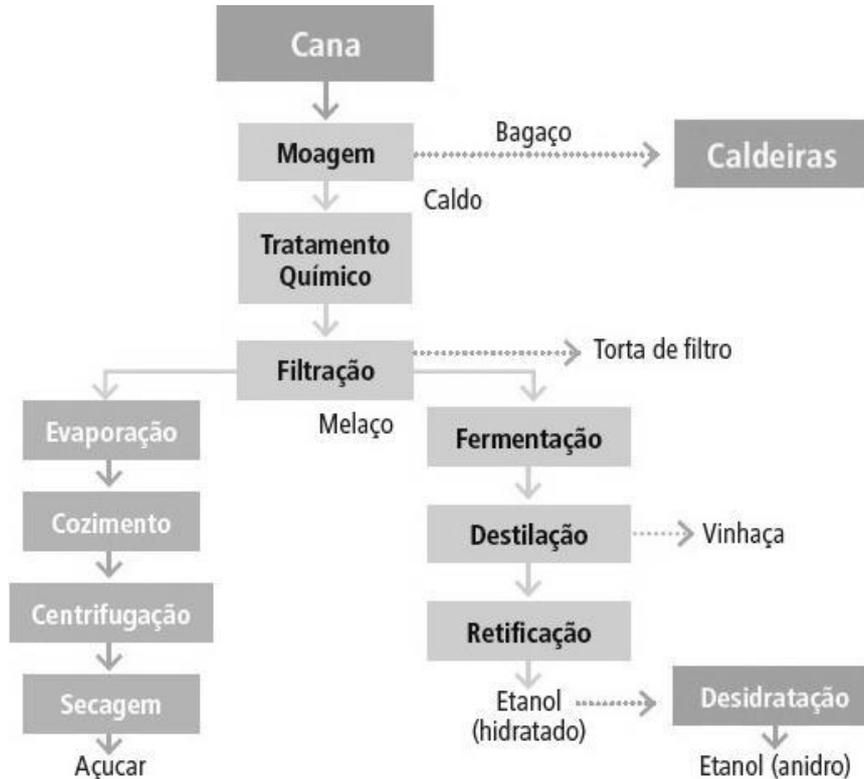
Desde o período colonial a cultura de cana-de-açúcar está presente na economia do Brasil, sendo considerada a primeira atividade agroindustrial implantada no país. Com a implantação da atividade, houve impactos através desta monocultura ao meio ambiente, como a geração de resíduos, poluição atmosférica e contaminação no solo e efluentes (Feitoza & Batista, 2016).

A produção de açúcar e álcool são os principais produtos de interesse para agroindústria, seu beneficiamento e seus subprodutos são explorados para diferentes fontes de renda. O setor se tornou um dos mais promissores e dinâmicos na agricultura atual, participa da produção de agroenergia que engloba energia elétrica e combustível limpo e renovável (Goes et al., 2008).

3.2 Processamento da cana-de-açúcar

A produção sucroalcooleira no Brasil ocorre durante todo o ano, pois as duas principais regiões produtoras, Centro-Sul e Norte-Nordeste, possuem safras em períodos distintos, a safra da região Centro-Sul compreende os meses de maio a dezembro e a safra da região Norte-Nordeste dá-se nos meses de setembro a março. A cadeia produtiva da cana-de-açúcar organiza-se por meio de dois setores de atuação: agrícola e industrial (Vidal et al., 2006; da Silva Coutinho et al., 2016). Já o subsistema industrial possui as seguintes etapas apresentado na Figura 1.

Figura 1. Fluxograma da produção de açúcar e etanol de cana.



Fonte: SEABRA (2008).

O processamento da matéria-prima ocorre da seguinte forma: recepção da cana, pesagem e amostragem para determinação da qualidade. O descarregamento é mecanizado e não há armazenamento da cana para evitar a perda de sacarose. A cana que é queimada na colheita é lavada, enquanto aquela que passa por colheita mecânica nem sempre, em algumas usinas há tratamento e reaproveitamento da água, outras minimizam o uso da água empregando a limpeza a seco. Depois de limpa, ocorre a desintegração parcial do colmo através de corte e desfibrilamento para facilitar a extração de sacarose. Na sequência é feita a extração da qual resulta o caldo e o bagaço. Os equipamentos que compõe as etapas de preparo e moagem são geralmente acionados por turbinas a vapor que convertem energia térmica, contida no fluxo de vapor, em energia mecânica, disponível nos eixos das turbinas (Renó et al., 2014; de Souza et al, 2018).

O caldo gerado da moagem entra no processo de tratamento químico de acordo com sua destinação final, em seguida o caldo é filtrado e a sua mistura é aquecida com vapor de água até temperaturas de 105 °C, com os objetivos de facilitar a decantação e promover a formação de uma quantidade maior de aglomerados coloidais, que precipitarão no decantador, formando o lodo de sedimentação que será posteriormente filtrado. Após é peneirado para a retirada das impurezas grossas no processo de filtração (Machado, 2012).

Depois que se obtém o processo de filtração finalizado tem a entrada do melaço para as produções de açúcar e etanol onde cada um toma rumos diferentes, para a produção de açúcar se obtém os processos de evaporação, cozimento, centrifugação e secagem. O caldo tratado contém cerca de 85% de água, que é então evaporada até que se atinja 40% em água, tornando-se um xarope grosso e amarelado. Um xarope bem concentrado é um produto de extrema importância no setor de cozimento pois, quando sua concentração é baixa, muito são os efeitos negativos, provocando aumento do consumo de vapor e do tempo de cozimento, bem como perdas na capacidade dos equipamentos (Renó et al., 2014).

Com o “licor-mãe” tecnicamente esgotado, é necessário separá-lo dos cristais para obter o açúcar, esse processo de separação é realizado pelo sistema de centrifugação. No caso de centrífugas intermitentes, as porções iniciais do mel drenado são denominadas de “mel pobre”, porém após a aplicação de água e injeção de vapor para a remoção do filme no “licor-mãe”, em junção resulta na obtenção do “mel rico”. O processo de secagem independentemente do tipo de açúcar, faz-se necessária à realização da secagem do açúcar de tal forma que a sua umidade seja reduzida aos níveis de 0,1 a 0,2%. Entre as partes constituintes de um secador de açúcar, destacam-se o aquecedor de ar e um ventilador que promove a circulação do ar quente em contracorrente à movimentação do açúcar no interior do secador obtendo se então o produto final (Machado, 2012; Silva et al., 2021).

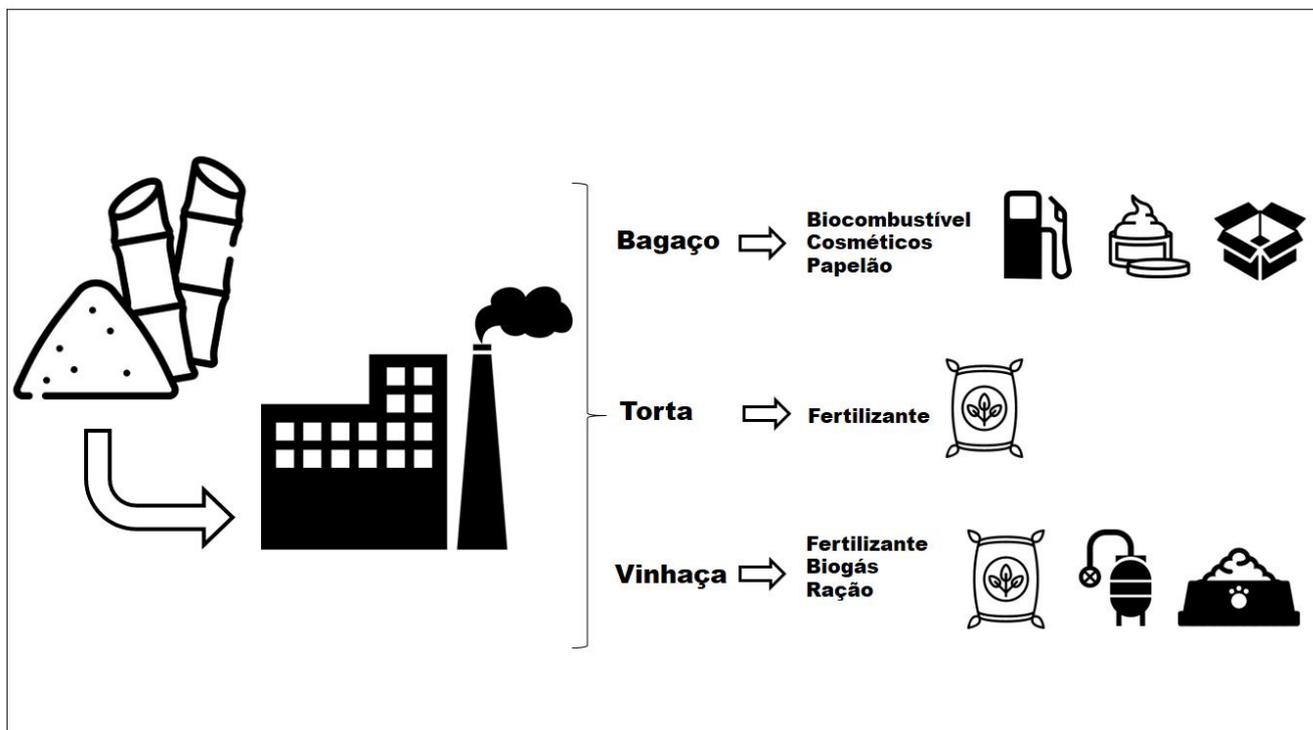
Na formação do etanol tem-se a etapa de fermentação, destilação e retificação, o caldo misto proveniente da extração do mel residual ou do xarope gerado na fabricação de açúcar, é adicionado a leveduras, essa mistura é conhecida como mosto, sendo armazenada nas dornas para fermentação. Como resíduo é gerada a vinhaça, também conhecida como vinhoto. A substância final dos processos de destilação e retificação é uma mistura binária etanol-água, que pode ser destinada diretamente ao abastecimento de veículos ou ainda sofrer desidratação e originar o álcool anidro que é utilizado como aditivo da gasolina (da Silva Coutinho et al., 2016; da Silva, Bono & Pereira, 2014).

3.3 Subprodutos da agroindústria sucroalcooleira

A valorização dos resíduos em subprodutos, tem como objetivo destinar (transformar) algo que seria descartado, podendo causar danos ao meio ambiente em produtos de elevado impacto econômico, na Figura 2 podemos visualizar os principais produtos obtidos da agroindústria sucroalcooleira. O bagaço de cana proveniente da produção do açúcar possui diversas aplicações, como geração de energia e grandes aplicações na produção de etanol de segunda geração, feito através da hidrólise enzimática ou ácida. O bagaço também é utilizado no mercado de cosméticos, na produção de sabonetes esfoliantes em barra e loção hidratante e ainda, para produção de fibrocimento, papel e bioplástico (Paula et al., 2011).

Durante a extração do caldo da cana-de-açúcar é gerada grande quantidade de bagaço (aproximadamente 30% da cana moída), biomassa de suma importância como fonte energética. Cerca de 95% de todo o bagaço produzido no Brasil são queimados em caldeiras para geração de vapor gerando, como resíduo, a cinza de bagaço, cuja disposição não obedece, na maior parte dos casos, as práticas propícias, podendo-se configurar em sério problema ambiental. Constituída basicamente, de sílica, a cinza do bagaço de cana-de-açúcar tem potencial para ser utilizada como adição mineral, substituindo parte do cimento em argamassas e concretos (Teodoro et. al., 2013).

Figura 2. Subprodutos obtidos a partir dos resíduos da agroindústria sucroalcooleira e os seus principais produtos desenvolvidos para sua valorização.



Fonte: Autores (2022).

A utilização pela construção civil de resíduos gerados em outros setores da economia é vantajosa consequentemente dos subprodutos devido à redução da disponibilidade de matérias-primas não renováveis, tão necessárias às atividades da construção civil convencional. Grande parte dos resíduos gerados pode ser reciclada, reutilizada, transformada e incorporada, de modo a produzir novos materiais de construção e atender à crescente demanda por tecnologia alternativa de construção mais eficiente, econômica e sustentável (Paula et al., 2009).

Resíduos como as cinzas minerais oriundas de diferentes atividades agroindustriais, que apresentam altas porcentagens de sílica e de outros óxidos, podendo ser então utilizadas como pozolanas. A propriedade da pozolana é a sua capacidade de reagir com o hidróxido de cálcio liberado durante o processo de hidratação do cimento, formando compostos estáveis de poder aglomerante, tais como os silicatos e aluminatos de cálcio hidratados (Silva et al., 2017).

Na safra 2013/2014 a colheita foi de 652 milhões de toneladas de cana-de-açúcar, no Brasil, considerando-se que se utilizou todo o bagaço como fonte de energia, foram então gerados aproximadamente 3,9 milhões de toneladas de cinzas. Para a utilização desse resíduo como material cimentício suplementar, interesse recente em países com baixa demanda por materiais tradicionalmente usados, por exemplo, cinzas volantes, alto-forno escória e pozolanas naturais. A busca por novas fontes de material cimentício suplementar é um assunto urgente em alguns países. No Brasil a energia elétrica que provém de biomassa é de 8,9%, sendo 76,8% procedentes do bagaço da cana. Com isso, o bagaço é usado em unidades industriais de cana-de-açúcar como fonte de bioenergia, suprimindo todas as necessidades e seu excedente de energia é vendido para a rede de distribuição de energia. As cinzas do bagaço de cana é um dos materiais cimentício suplementar de origem vegetal mais estudados no mundo (Castro & Martins, 2016; Silva, Aquiar & Jacob, 2017; Vanderlei et al., 2014)

A torta de filtro tem sido largamente aplicada principalmente nos sulcos de plantio, na tentativa de melhorar as condições de desenvolvimento da cultura com menor custo. Outro subproduto é cera de cana de açúcar, a partir da torta de

filtro resultante do processamento de cana de açúcar queimada, não queimada, orgânica ou suas misturas, envolvendo as etapas de preparo da matéria-prima, extração de cera bruta e sua purificação. Sendo um método simples que permite a obtenção de cera de cana de açúcar de boa qualidade, com alto rendimento (Rocha, 2013; de Lucas et al., 2007).

A produção de açúcares não redutores utilizados para formar o melaço e a fibra usada como fonte de energia para a própria indústria também podem compor o rendimento econômico. Considera-se também o processamento industrial da cana-de-açúcar voltado à produção de etanol, que pode ser usado como combustível ou como insumo da indústria química. O melaço é utilizado na fabricação de álcool etílico, sendo aproveitado, também em outros processos biotecnológicos como matéria-prima para a produção de proteínas, rações, levedura prensada para panificação, antibióticos, entre outros (Innocente, 2015; Castañeda-Ayarza & Cortez, 2017).

A vinhaça outro resíduo gerado no processamento da cana de açúcar tem várias utilizações como subprodutos entre elas se já tem um estudo para utilizar a vinhaça para a geração de energia. Embora diversas empresas do setor sucroenergético conheçam a tecnologia de biodigestão da vinhaça para a concentração do produto e geração de biogás. Os subprodutos da cana são geralmente utilizados no próprio ciclo de produção, atualmente o vinhoto, são compostos ricos em potássio e nutrientes, e utilizados como fertilizantes biológicos nas lavouras (Parsae et al., 2019).

4. Considerações Finais

A partir desta revisão foi possível observar âmbitos da indústria sucroalcooleira como o seu processamento tecnológico, e principalmente a geração de seus resíduos e como estes estão sendo empregados como subprodutos. Através das grandes produções industriais no setor sucroalcooleira do Brasil, tem-se a geração de muitos resíduos e que com o passar dos anos foi possível agregar valor e começar a pensar alto em investimentos nesta área, principalmente na criação de subprodutos. A criação de subprodutos a partir dos resíduos gerados nos processos, faz com que a indústria obtenha lucros e lance menos resíduos no meio ambiente, tendo um importante impacto ambiental. Se faz necessário novas pesquisas, onde, seja revisado os custos para implementação destas práticas e sua viabilidade.

Agradecimentos

Os autores agradecem a Universidade Estadual de Maringá (UEM), Conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq) e Coordenação de Aperfeiçoamento de Pessoal de Nível Superior (CAPES) pelo auxílio financeiro.

Referências

- Bonassa, G., Schneider, L. T., Frigo, K., Feiden, A., Teleken, J. G., & Frigo, E. P. (2015). Subprodutos gerados na produção de bioetanol: bagaço, torta de filtro, água de lavagem e palhagem. *Revista Brasileira de Energias Renováveis*, 4(3), 144-166.
- Castañeda-Ayarza, J. A., & Cortez, L. A. B. (2017). Final and B molasses for fuel ethanol production and some market implications. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 70, 1059-1065.
- Castro, T. R. D., & Martins, C. H. (2016). Avaliação da adição de cinzas do bagaço de cana-de-açúcar em argamassas mistas. *Ambiente Construído*, 16, 137-151.
- da Costa, D. A., de Souza, C. L., Saliba, E. D. O. S., & Carneiro, J. D. (2015). By-products of sugar cane industry in ruminant nutrition. *Int. J. Adv. Agric. Res.*, 3, 1-95.
- da Silva Coutinho, J., Júnior, F. R. F. G., de Almeida Guimarães, L. G., & Nodari, C. H. (2016). Barreiras na produção de cana-de-açúcar no estado da Paraíba (PB). *Exacta*, 14(2), 319-336.
- da Silva, A. P., Bono, J. A., & Pereira, F. D. A. (2014). Aplicação de vinhaça na cultura da cana-de-açúcar: Efeito no solo e na produtividade de colmos. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 18, 38-43.
- de Araújo, D. F. C., & Sobrinho, F. L. A. (2020). A cultura agrícola da cana-de-açúcar no Brasil: contribuição ao estudo dos territórios rurais e suas contradições e conflitos. *Geopauta*, 4(1), 162-183.

- de Lucas, A., García, A., Alvarez, A., & Gracia, I. (2007). Supercritical extraction of long chain n-alcohols from sugar cane crude wax. *The Journal of supercritical fluids*, 41(2), 267-271.
- de Souza Nogueira, M. A. F., & da Silva Garcia, M. (2013). Gestão dos resíduos do setor industrial sucroenergético: estudo de caso de uma usina no município de Rio Brillhante, Mato Grosso do Sul. *Revista Eletrônica em Gestão, Educação e Tecnologia Ambiental*, 3275-3283.
- de Souza, C. C., Leandro, J. P., dos Reis Neto, J. F., Frainer, D. M., & Castelão, R. A. (2018). Cogeneration of electricity in sugar-alcohol plant: Perspectives and viability. *Renewable and Sustainable Energy Reviews*, 91, 832-837.
- Feitoza, D. S., & Batista, R. D. O. S. (2016). A agroindústria sucroalcooleira: os impactos da técnica no ambiente por uso de agrotóxicos no município Laranjeiras/SE. *Anais do I Seminário Nacional de Sociologia da UFS*.
- Goes, T., Marra, R., & Souza, G. D. S. (2008). Setor sucroalcooleiro no Brasil: situação atual e perspectivas. *Revista de Política Agrícola*. N. 2, Ano XVII, p. 39-51.
- Innocente, A. F. (2015). Análise energética da aplicação de torta de filtro na substituição parcial da adubação inorgânica sintética da cana-de-açúcar. (Doctoral dissertation, Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho).
- Leimer, K. H. (2003). Opportunities for Bio-based Products in the Brazilian Sugarcane Industry. *Industrial Biotechnology and Biomass Utilisation*, 53.
- Machado, S. S. (2012). *Tecnologia da Fabricação do Açúcar* (Sistema Escola Técnica Aberta do Brasil – Rede e-Tec Brasil. Ed.; p. 56). <http://www.proedu.mp.br/bitstream/handle/123456789/448/tecnolog_da_fabricacao_do_acucar.pdf?sequence=5&isAllowed=y>
- Parsae, M., Kiani, M. K. D., & Karimi, K. (2019). A review of biogas production from sugarcane vinasse. *Biomass and bioenergy*, 122, 117-125.
- Paula, L. E. D. R., Trugilho, P. F., Napoli, A., & Bianchi, M. L. (2011). Characterization of residues from plant biomass for use in energy generation. *Cerne*, 17, 237-246.
- Paula, M. O. D., Tinôco, I. D. F., Rodrigues, C. D. S., Silva, E. N. D., & Souza, C. D. F. (2009). Potencial da cinza do bagaço da cana-de-açúcar como material de substituição parcial de cimento Portland. *Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental*, 13, 353-357.
- Pereira, A. S., Shitsuka, D. M., Parreira, F. J., & Shitsuka, R. (2018). Metodologia da pesquisa científica. UFSM. https://repositorio.ufsm.br/bitstream/handle/1/15824/Lic_Computacao_Metodologia-Pesquisa-Cientifica.pdf?sequence=1.
- Renó, M. L. G., del Olmo, O. A., Palacio, J. C. E., Lora, E. E. S., & Venturini, O. J. (2014). Sugarcane biorefineries: Case studies applied to the Brazilian sugar-alcohol industry. *Energy conversion and management*, 86, 981-991.
- Rocha, K. D. (2013). *Decomposição no solo da torta de filtro derivada do processamento da cana-de-açúcar: emissão de gases de efeito estufa e aspectos microbiológicos* (Doctoral dissertation, Universidade de São Paulo).
- Saqueti, B. H. F., da Silva Donadone, D. B., Sakai, O. A., Sampaio, A. R., Bolanho, B. C., & Ruiz, S. P. (2019). Efeito da adição de farinha de bagaço da maçã e hidrolato da canela encapsulado sobre as propriedades físico-químicas, sensoriais e reológicas de bebida láctea. *Brazilian Journal of Development*, 5(12), 30036-30054.
- SEABRA, J. (2008). *Análise de opções tecnológicas para uso integral da biomassa no setor de cana-de-açúcar e suas implicações*. 2008 (Doctoral dissertation, Tese (Doutorado)-Universidade Estadual de Campinas, Campinas/SP).
- Shikida, P. F. A., & Bacha, C. J. C. (2019). Aspectos econômicos da geração de tecnologia e a utilização dos principais produtos e subprodutos da agroindústria canavieira do Brasil. *Revista de Economia e Sociologia Rural*, 36(2), 9-30.
- Silva, D. L. G., Batisti, D. L. S., Ferreira, M. J. G., Merlini, F. B., Camargo, R. B., & Barros, B. C. B. (2021). Cana-de-açúcar: Aspectos econômicos, sociais, ambientais, subprodutos e sustentabilidade. *Research, Society and Development*, 10(7), e44410714163-e44410714163.
- Silva, D., Aquiar, M. B., & Jacob, R. S. (2017). A utilização da casca da banana como substituição de parte do cimento na produção de tijolos ecológicos: a busca por alternativas sustentáveis. *Percurso acadêmico*, 7(13), 19-32.
- Teodoro, P. E., Ferreira, M. H. Q., Charbel, D. D. S., Neivock, M. P., & Formagini, S. (2013). Comportamento físico-mecânico do concreto com substituição de cimento Portland por cinzas de bagaço de cana-de-açúcar. *REEC-Revista Eletrônica de Engenharia Civil*, 6(2).
- Vanderlei, R. D., Peinado, H. S., Nagano, M. F., & Dal Molin Filho, R. G. (2014). Cinza do Bagaço de cana-de-açúcar como agregado em concretos e argamassas. *REEC-Revista eletrônica de Engenharia Civil*, 8(1).
- Vidal, M. D. F., Santos, J. D., & Santos, M. D. (2006). Setor sucroalcooleiro no Nordeste brasileiro: estruturação da cadeia produtiva, produção e mercado. *Fortaleza, CE: Sociedade Brasileira de Economia e Sociologia Rural*.