

## GESTÃO AMBIENTAL INDUSTRIAL DE UMA INDÚSTRIA DE PROCESSAMENTO DE PÊSSEGO VIA VALORIZAÇÃO ENERGÉTICA DOS RESÍDUOS AGROINDUSTRIAIS

Anderson Gabriel Corrêa (\*), Eduarda Gomes de Souza, Anaís França de Matos, Vitor Alves Lourenço, Willian César Nadaleti

\* Universidade Federal de Uberlândia – andersoncorrea560@gmail.com

### RESUMO

O estudo de rotas tecnológicas de valorização dos resíduos da agroindústria contribui para os objetivos da circularidade, haja vista que o aproveitamento destes resíduos como componente da economia circular é uma alternativa para disposição inadequada. Portanto, o objetivo do estudo foi avaliar o potencial de produção de biogás e energia elétrica gerada utilizando resíduos semissólidos via processos de digestão anaeróbia de uma indústria de processamento de pêssego do estado do Rio Grande do Sul, como forma de inserção da gestão ambiental industrial através da valorização energética dos resíduos agroindustriais. Os dados referentes à produção de pêssego em calda foram levantados do banco de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental do estado. O processamento de pêssego gera uma quantidade elevada de resíduos semissólidos, com grande potencial energético, para produção de biogás e energia elétrica, sendo apresentado que uma indústria que gera 2756 toneladas por ano de resíduos do processamento de pêssego pode produzir 4,05E+05 kWh por ano de energia elétrica, a qual pode ser utilizada pela indústria na produção, implicando em diminuição nos custos com a compra de energia elétrica da concessionária, ou até mesmo a venda, gerando capital. Por fim, além de se configurar como uma alternativa adequada para destinação destes resíduos pode resultar em melhorias nas etapas produtivas que tem impacto negativo ao meio ambiente, em prol de um desenvolvimento sustentável.

**PALAVRAS-CHAVE:** Valorização Energética, Gestão Ambiental, Indústria Doces em Calda, Digestão Anaeróbia, Energia Elétrica.

### INTRODUÇÃO

A biomassa é uma das fontes para a produção de energia com maior potencial de crescimento futuro. Tanto no mercado internacional quanto no interno, ela é considerada uma das principais alternativas para a diversificação da matriz energética brasileira e a consequente redução da dependência dos combustíveis fósseis (BRASIL, 2019). Os pontos mais importantes valorizados quando se trata da utilização da biomassa como fonte de geração de energia são os baixos teores de cinza e enxofre, serem combustíveis renováveis com possibilidade de uso nas formas líquida, sólida e gasosa, além de contribuírem para o balanço neutro entre emissões e fixação de gases poluentes como o dióxido de carbono e terem alta produtividade em regiões tropicais e subtropicais como o Brasil (BENÍCIO, 2011).

Os resíduos de frutas são caracterizados por um alto teor de umidade e concentrações elevadas de matéria orgânica facilmente biodegradável. Em virtude disto, esta categoria de resíduo tem sido avaliada como um substrato apropriado para a produção de metano por meio do processo de digestão anaeróbia (PIATEK, 2016). Este procedimento de degradação é atingido usando os microrganismos anaeróbios como atores, e abrange diversas fases reacionais que podem ser divididas em: hidrólise, acidogênese, acetogênese e metanogênese. O processo tem como produto final o material estabilizado e também biogás com alto teor de concentração de metano (50-60%), que pode ser utilizado como fonte de energia térmica ou elétrica (ZHAO, 2016).

Estudos anteriores apontam que o rendimento em metano quando se utilizam resíduos de frutas e vegetais pode variar, mantendo-se, contudo, em valores razoavelmente elevados entre 430 L CH<sub>4</sub>.kg<sup>-1</sup> SV e até 479,5 L CH<sub>4</sub>.kg<sup>-1</sup> SV para alguns autores (SCANO, 2014; ZHANG, 2011). No Brasil, o cultivo do pessegueiro se concentra na região Sul e Sudeste, mais precisamente nos estados de Rio Grande do Sul e São Paulo, locais com clima mais ameno e favorável para o desenvolvimento da planta. Na região Sul, predomina o cultivo de pessegueiro destinado à indústria conserveira, destacando-se a região de Pelotas (FARIAS et al., 2014), responsável por mais de 90% da produção nacional de frutas para essa finalidade (GONÇALVES et al., 2014).

Portanto o estudo de rotas tecnológicas de valorização dos resíduos da agroindústria contribui para os objetivos da circularidade, haja vista que o aproveitamento destes resíduos como componente da economia circular é uma alternativa para disposição inadequada, bem como pode resultar em melhorias nas etapas produtivas que tem impacto negativo ao

meio ambiente, em prol de um desenvolvimento sustentável. Assim, o aumento do custo de disposição deste resíduo tem impulsionado a busca por alternativas de aproveitamento, que pode se beneficiar da valorização de diversos subprodutos, mas também de uma perspectiva ambiental (LYNCH et al., 2016). A gestão ambiental nas indústrias de acordo com a sua origem, é dada como um conjunto de condicionantes de comando e controle, advindos de princípios gerais e objetivos introduzidos em esfera internacional, que foram sancionados mediante tratados ou convenções internacionais. Em contrapartida, a vulnerabilidade organizacional dos órgãos de meio ambiente causa uma discussão acerca da reavaliação do modelo reconhecido como “comando e controle”, no enalço de um exemplo de gestão que faça jus do encargo regulador do Estado (PEIXE, 2014).

Sendo o modelo de Sistema de Gestão Ambiental (SGA) mais conhecido atualmente a Norma ISO 14001/2004, que está orientado sob o modelo de gestão baseado no ciclo PDCA (PLAN – planejar, DO – executar, CHECK – verificar e ACT – agir), com o intuito de melhoria contínua dos processos industriais em relação ao desempenho ambiental, através do resultado mensurável da gestão de uma organização sobre seus aspectos ambientais. A implantação de um SGA baseado na NBR ISO 14001:2015 e 14004:2018 deve cumprir cinco etapas, que são: política ambiental; planejamento; implementação e operação; verificação e análise pela administração (ABNT, 2015).

Diante do exposto, apresentar um estudo que envolva o uso da valorização energética de resíduos gerados durante o processamento de pêssego, com possível aplicação em um modelo de gestão ambiental industrial é de extrema importância, seja por essas indústrias estarem localizadas na região do extremo sul do estado, por serem responsáveis por elevados fluxos de resíduos agroindustriais, além da necessidade atual das indústrias se adequarem em processos mais sustentáveis, que acarretem em benefícios sociais, econômicos e ambientais.

## OBJETIVOS

O objetivo do estudo foi avaliar o potencial de produção de biogás e energia elétrica gerada utilizando resíduos semissólidos via processos de digestão anaeróbia de uma indústria de processamento de pêssego do estado do Rio Grande do Sul, como forma de inserção da gestão ambiental industrial através da valorização energética dos resíduos agroindustriais.

## METODOLOGIA

Os dados referentes à produção de pêssego em calda foram levantados do banco de dados da Fundação Estadual de Proteção Ambiental Henrique Luis Roessler (FEPAM), órgão estadual responsável pelo licenciamento ambiental do estado do Rio Grande do Sul. Onde foram coletados dados referentes à produção anual de pêssego em calda, disponíveis na licença de operação de uma indústria de processamento de pêssego, localizada no extremo sul do estado, principal região produtora do pêssego destinado ao processamento.

Para a estimativa da geração de resíduos semissólidos provenientes do processamento de pêssego seguiu-se estudo desenvolvido por Khan et al. (2015), o qual apresenta que os resíduos gerados por essa atividade consistem basicamente em bagaço e pele da fruta, pêssegos machucados e danificados, que representam cerca de 0,25 kg de resíduo por quilo de pêssego processado.

Para realização do cálculo do potencial estimado de produção de biogás foi considerado o potencial teórico do biogás, assim como para a determinação do potencial de energia elétrica, seguindo equações desenvolvidas por Mugodo et al. (2017).

A quantidade de sólidos voláteis totais (SVTs) foi realizado através da Equação 1:

$$SVTs = SG * ST * SV \quad (1)$$

Onde:

SVTs = sólidos voláteis totais do substrato, em ton/ano;

SG = sólidos gerados (%);

ST = sólidos totais (%);

SV = sólidos voláteis (%).

Após determinação dos SVTs foi possível estimar o potencial de produção anual de biogás, conforme Equação 2:

$$PT_{biogás} = SVT_s * PB \quad (2)$$

Onde:

$PT_{biogás}$  = potencial de produção anual de biogás, em  $m^3$ /ano;

$SVT_s$  = sólidos voláteis totais do substrato, em ton/ano;

$PB$  = produção de biogás, em  $m^3$ /ano.

E para a estimativa da produção anual de energia e energia elétrica, foi utilizado as Equações 3 e 4. Levantando em consideração a produção de biogás, com poder calorímetro de 6 kWh por  $m^3$  de biogás produzido (COSTA et al., 2013), e para o valor da eficiência de produção de energia elétrica, que varia entre 30 e 36% foi adotado o menor valor mencionado (MITTAL, 2006):

$$PE = PT_{biogás} * \frac{6}{1 * 10^6} GWh/m^3 \quad (3)$$

Onde:

$PE$  = produção anual de energia;

$PT_{biogás}$  = potencial de produção anual de biogás, em  $m^3$ /ano.

$$PEE = PE * 30\% \quad (4)$$

Onde:

$PEE$  = produção de energia elétrica;

$PE$  = produção anual de energia.

## RESULTADOS

Na Tabela 1, consta o valor da quantidade de pêssego processado por uma indústria de médio porte, no qual representa um total de 11025 ton/ano da fruta, com consequente geração de 2756 ton/ano de resíduos semissólidos. Esse valor pode depender de uma série de fatores, entre eles climáticos, espécie da fruta, etapas e equipamentos do processamento:

**Tabela 1: Produção de pêssego e geração de resíduo**

Indústria	Processamento de Pêssego (ton.)	Resíduo semissólido (ton/ano)
1	11025	2756

Com a estimativa da quantidade de resíduos semissólidos gerados pela indústria, foi possível determinar o valor de Sólidos Voláteis Totais (SVTs) e o potencial energético, apresentado na Tabela 2, com um total de 3,51+E02 ton/ano de SVTs, para o Potencial de Produção de Biogás (PPB) o valor de 2,25E+05  $m^3$ /ano e para o Potencial de Energia (PE) e Energia Elétrica (PEE), 1,35E+06 e 4,05E+05 kWh/ano, respectivamente:

**Tabela 2: Potencial energético**

Indústria	SVT (ton/ano)	PPB( $m^3$ /ano)	PE (kWh/ano)	PEE (kWh/ano)
1	3,51E+02	2,25E+05	1,35E+06	4,05E+05

Com o resultado apresentado, mostra-se que o emprego dos resíduos semissólidos gerados durante o processamento de pêssego pode ser empregado em processos de digestão anaeróbia, e com o biogás gerado sendo convertido em energia elétrica que pode ser utilizada na indústria, diminuindo os custos com a compra de energia elétrica da concessionária. Além de se tratar de um reaproveitamento ambientalmente adequado, minimizando os possíveis impactos negativos se disposto no ambiente sem o devido tratamento.

Além disso, vale ressaltar que a utilização de resíduos orgânicos provenientes de atividades industriais, agricultura, ou até mesmo dos serviços municipais de saneamento, como resíduos sólidos urbanos, esgotos e lodos sanitários por meio

da digestão anaeróbica, tem uma importância crescente no Brasil, uma vez que essas tecnologias permitem aliar a produção energética aos serviços de saneamento básico ambiental e da produção de energia elétrica pelas indústrias através da geração do biogás, caminhando para uma autossuficiência energética (PROBIOGÁS, 2015).

Em relação ao tipo de material residual, maior atenção deve ser dada na reutilização desse resíduo, pois esse material é caracterizado pelo acelerado processo de putrefação e elevada umidade, estando sujeito a rápida deterioração microbiana, sendo o tratamento *in loco* o mais adequado. Com a digestão anaeróbia sendo considerada um processo viável e adequado para tratamento desse tipo de resíduo, o qual resulta em benefícios ambientais e de saúde pública, como a diminuição da emissão de gases de efeito estufa, a possibilidade de reciclagem de nutrientes, além da redução do volume de resíduos industriais encaminhados para aterro e a redução de odores (PHAM et al., 2015).

A Figura 1, apresenta um modelo de SGA com algumas etapas que devem ser cumpridas, englobando a valorização energética dos resíduos semissólidos gerados durante o processamento do pêssego, com início na criação ou atualização da Política Ambiental, com os principais pontos a serem abordados no SGA, estando entre eles o uso dos resíduos gerados pelo processamento do pêssego para produção de energia, e outras ações que serão desenvolvidas positivas ao ambiente e ao grupo de trabalho. Em seguida o planejamento, de como esses pontos serão trabalhados para obter o resultado esperado, na questão da valorização energética, qual tipo de reator será utilizado, como será feita a alimentação do reator, o corpo técnico responsável, após produção do gás, sistemas de purificação, tipo de conjunto motor gerador, informações sobre a venda de energia para a concessionária caso haja excedente, entre outras.

A próxima etapa é a implementação e operação de todos os pontos levantados nas etapas anteriores, o momento da execução do modelo de SGA. E duas etapas que devem ser realizadas periodicamente são as verificações dos processos, análises, estudos, a fim de detectar qualquer problema ou questão que deva ser melhorada, para não comprometer os resultados finais do SGA, pois se tratando de produção de biogás e energia elétrica, uma série de fatores devem ser minuciosamente observados, pois são processos sensíveis a diversos fatores. Ademais, apresentar uma análise técnica, econômica e social é importante para a indústria saber se seu SGA está implicando em diversos benefícios, tanto para população, parte financeira e técnica da empresa, com esse modelo sempre em andamento, com o intuito de uma melhora contínua de desenvolvimento sustentável:

**Figura 1: SGA com valorização energética de resíduos sólidos. Fonte: Adaptado de ABNT, (2015).**



Cada vez mais, a busca de certificações relacionadas à implementação de SGA por indústrias do ramo alimentício estão acontecendo, contribuindo para mudança de hábitos e processos industriais de exploração, além de impactar no bem-estar socioambiental, com o apoio de toda equipe industrial e de consumidores, que hoje em dia optam por produtos de produção sustentável. Através da norma ISO 14004, a qual apresenta orientações as indústrias, para a implementação, manutenção e a melhoria d SGA, além de apresentar outros sistemas de gestão, tanto dos aspectos ambientais relacionados às etapas de produção de uma indústria, a norma também sugere a identificação dos aspectos ambientais associados às situações emergenciais e de acidentes, pois para a aplicação de um sistema de gestão ambiental efetivo, todas as partes da indústria devem estar envolvidas.

De modo prático, a gestão ambiental empresarial busca minimizar os impactos negativos das atividades industriais no meio ambiente, além de estabelecer uma busca contínua de melhoria da qualidade ambiental dos serviços, dos produtos, dos ambientes de trabalho e da região circunvizinha à organização, por meio de políticas, programas, práticas administrativas e operacionais, visando à saúde e segurança das pessoas, bem como à proteção do meio ambiente (BERNEIRA e GODECKE. 2016).

Com a implementação do SGA, pode-se observar redução do impacto ambiental dos produtos, através da adoção de tecnologias limpas em todas as fases do processo produtivo. E segundo Oliveira (2010), diversas vantagens são apresentadas com essa incorporação, como:

- redução do uso de novas matérias-primas;
- redução de custos (menos gastos com energia);
- certificação, como da norma ISO 14001;
- integração dos processos industriais;
- diminuição do desperdício.

## CONCLUSÕES

O processamento de pêssego gera uma quantidade elevada de resíduos semissólidos, com grande potencial energético, para produção de biogás e energia elétrica, sendo apresentado que uma indústria que gera 2756 toneladas por ano de resíduos do processamento de pêssego pode produzir 4,05E+05 kWh por ano de energia elétrica, a qual pode ser utilizada pela indústria na produção, implicando em diminuição nos custos com a compra de energia elétrica da concessionária, ou até mesmo a venda, gerando capital.

Além disso, com a valorização energética desses resíduos resultando na adequação dessa atividade na gestão ambiental industrial, com a indústria aplicando o modelo de SGA que engloba todos os setores industriais, considerando buscar melhorias nas etapas produtivas que possam impactar de forma negativa o meio ambiente, acarretando em benefícios ambientais, econômicos e sociais.

## REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS (ABNT). NBR ISO 14001: Sistemas de gestão ambiental – especificação e diretrizes para uso. Rio de Janeiro. ABNT, 2015.
2. BENICIO, E.L. Utilização de resíduo celulósico na composição de briquetes de finos de carvão vegetal. Dissertação (Mestrado em Ciências Florestais e Ambientais) – Universidade Federal Rural do Rio de Janeiro. Seropédica, 2011, 55p.
3. BRASIL. Agência Nacional de Energia Elétrica. Atlas de energia elétrica do Brasil: parte II, fontes renováveis: biomassa. 3. ed. Brasília, 2008. 74 p.
4. FARIAS, R. M. BARRETO, C., ZANDONA, R., ROSADO, J., MARTINS, C. Comportamento do consumidor de frutas na região da fronteira oeste do Rio Grande Do Sul com Argentina e Uruguai. Revista Brasileira de Fruticultura, Jaboticabal, SP, v. 36, n. 4, p. 872-883, dez. 2014.
5. GONÇALVES, M.A.L.; COCCO, C.; VIGNOLO, G.K.; PICOLOTTO, L.; ANTUNES, L.E.C. Efeito da intensidade de poda na produção e qualidade de frutos de pessegueiro. Revista Brasileira de Fruticultura, vol. 36, n. 3, p. 742-747, 2014.
6. LYNCH, K. M.; STEFFEN, E. J.; ARENDT, E. K. Brewers' spent grain: a review with an emphasis on food and health. Journal of the Institute of Brewing, 122(4), 553-568. 2016.
7. MONTIERRE BERNEIRA, Viviane; VINICIUS GODECKE, Marcos. NORMA ISO 14004: IDENTIFICAÇÃO DE ASPECTOS AMBIENTAIS EM UMA INDÚSTRIA ALIMENTÍCIA LOCALIZADA NO ESTADO DO RIO GRANDE DO SUL. Brazilian Journal of Management/Revista de Administração da UFSM, v. 9, 2016.
8. OLIVEIRA, O. J.; SERRA, J. R. Benefícios e dificuldades da gestão ambiental com base na ISO 14001 em empresas industriais de São Paulo. In: Produção, v. 20, n. 3, p. 429-438, jul./set. 2010.
9. PEIXE, B.C. S. Mensuração da Maturidade do Sistema de Gestão Ambiental de Empresas Industriais Utilizando a Teoria da Resposta ao Item. Tese (Doutorado em Engenharia de Produção) - Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção, Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2014.
10. PIATEK, M.; LISOWSKI, A.; KASPRZYCKA, A.; LISOWSKA, B. The dynamics of an anaerobic digestion of crop substrates with an unfavourable carbon to nitrogen ratio. Bioresource Technology, vol. 216, pp. 607–612, 2016.

11. PROBIOGAS, Guia técnico de aproveitamento energético de biogás em estações de tratamento de esgoto. Brasília, DF: Ministério das Cidades, 2015.
12. SCANO, E. A.; ASQUER, C.; PISTIS, A.; ORTU, L.; DEMONTIS, V.; COCCO, D. Biogas from anaerobic digestion of fruit and vegetable wastes: Experimental results on pilot-scale and preliminary performance evaluation of a full-scale power plant. *Energy Conversion and Management*, vol. 77, pp. 22-30, 2014.
13. ZHANG, L.; LEE, Y.; JAHNG, D. Anaerobic co-digestion of food waste and piggery wastewater: Focusing on the role of trace elements. *Bioresource Technology*, vol. 102, pp. 5048-5059, 2011.
14. ZHAO, C.; YAN, H.; LIU, H.; ZHANG, R.; CHEN, C.; LIU, G. Bio-energy conversion performance, biodegradability, and kinetic analysis of different fruit residues during discontinuous anaerobic digestion. *Waste Management*, vol. 52, pp. 295-301, 2016.
15. ZORPAS, A. Environmental management systems as sustainable tools in the way of life for the SMEs and VSMEs. In: *Bioresource Technology*, n.101, p. 1544–1557, 2011.