

Inventário do Ciclo de Vida da produção de biogás: um estudo de caso

Life Cycle Inventory of biogas production: a case study

RESUMO

O principal objetivo deste estudo é determinar as entradas, saídas, materiais, energia e as emissões atmosféricas produzidas por uma planta de biogás de pequeno porte alimentada com dejetos da pecuária de leite de um sistema confinado em condições brasileiras. Para isso realizou-se um Inventário do Ciclo de Vida (ICV) de uma propriedade no interior do estado de São Paulo. O ICV é a segunda etapa para a construção de uma Avaliação do Ciclo de vida (ACV) e é utilizado para mensurar os impactos ambientais de determinado sistema. A modelagem do sistema de produção de biogás foi realizada no software Umberto e os resultados encontrados comprovaram que a produção de biogás na propriedade estudada gera um benefício ambiental e econômico pois as saídas dos processos são capazes de satisfazer grande parte das suas demandas como, destinação de resíduos, energia, fertilização de solos e água aquecida.

PALAVRAS-CHAVE: Ciclo de vida do produto. Biodigestores. Agrocombustíveis. Energia da Biomassa.

ABSTRACT

The main objective of this study is to determine the inputs and outputs, the materials, energy and atmospheric emissions produced by a small biogas plant fed with waste from dairy cattle in a confined system under Brazilian conditions. For this, a Life Cycle Inventory (LCI) was carried out for a property in state of São Paulo. LCI is the second step in the construction of a Life Cycle Assessment (LCA) and is used to measure the environmental impacts of a system. The modeling of the biogas production system was carried out using the Umberto software and the results found proved that the production of biogas in the studied property generates an environmental and economic benefit because the outputs of the processes are able to satisfy a large part of their demands, such as waste disposal, energy, soil fertilization and heated water.

KEYWORDS: Product life cycle. Biodigesters. Agrofuels. Biomass Energy.

Julia Eunice Fernandes

juliaeunicef98@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Rodrigo Salvador

salvador.rodrigoss@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Karoline Aquino Santos

karolaquino1998@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Pâmela Brocardo da Cruz

pamelabrocardocruz@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Antonio Carlos de Francisco

acfrancisco@gmail.com

Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, Paraná, Brasil.

Recebido: 19 ago. 2020.

Aprovado: 01 out. 2020.

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



INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a geração de resíduos é uma grande preocupação de empresas e governos, por isso políticas de reutilização, tratamento e disposição final de resíduos vem sendo desenvolvidas. Conceito da economia circular e dos 3Rs (reduzir, reutilizar, reciclar) são exemplos de formas de se utilizar estes resíduos como insumos para um novo processo ou sistema produtivo (WOON et.al, 2016).

Práticas como essas trazem resultados econômicos e ambientais positivos e um dos motivos é pela possibilidade de geração de biogás e posterior utilização energética no mesmo. Os substratos que podem ser utilizados para a geração de biogás são advindos de inúmeras fontes, podendo ser resíduos vegetais, da pecuária, dos setores industriais, de resíduos urbanos, entre outros (SENAI, 2016a). Há, porém uma necessidade de se atentar aos impactos referentes aos processos envolvidos no ciclo de vida do biogás, pois uma má gestão destes processos pode ir na contramão da mitigação de impactos proposta para os modelos de produção de biogás (POESCHL et.al., 2012b).

Para a realização de uma avaliação como esta, técnicas e metodologias de mensuração e interpretação do perfil ambiental devem ser utilizadas. Segundo a EUROPEAN COMMISSION (2010) uma das melhores ferramentas para a avaliação de sistemas de bioenergia é a Avaliação do Ciclo de Vida (ACV).

A ACV mensura os potenciais impactos ambientais de qualquer sistemas, seja de produto, processo ou serviço, e considera todas as etapas do ciclo de vida destes, desde a extração de recursos naturais, processos, transportes, manutenção e disposição final (o que inclui reutilização, reciclagem e tratamento de resíduos) (CHAABANE et.al, 2012). A ACV é realizada em 4 etapas, sendo elas: (1) definição de objetivo e escopo; (2) análise do inventário do ciclo de vida (ICV); (3) avaliação do impacto do ciclo de vida (AICV) e; (4) interpretação. Desta forma tem-se que a construção de um ICV, coerente, confiável e completo auxiliará na construção futura avaliação do ciclo de vida do Biogás.

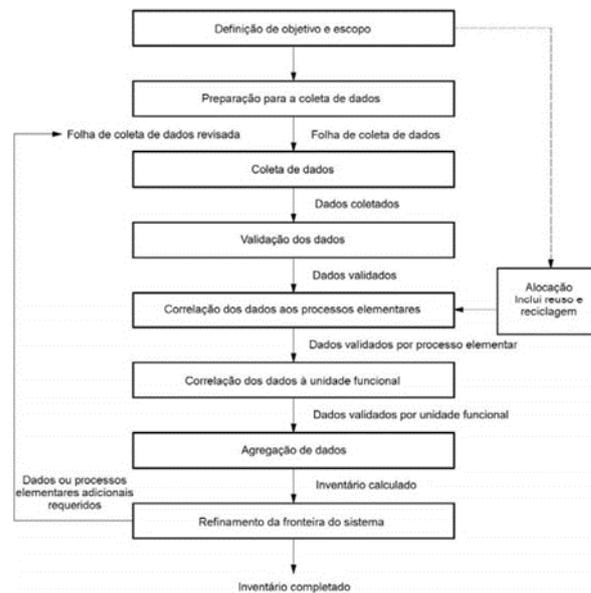
Para tanto, este artigo tem o intuito de responder à seguinte pergunta: Quais os dados e informações obtidos a partir do inventário do ciclo de vida do biogás produzido a partir dos dejetos de uma propriedade de bovinos de leite?

MATERIAIS E MÉTODOS

A pesquisa bibliográfica foi realizada com o objetivo de comparar os fatores e parâmetros abordados e a estruturação do ICV para o biogás, buscando padrões e tendências na produção de biogás.

A análise do inventário é a segunda etapa de uma ACV que envolve a coleta de dados e procedimentos de cálculo para quantificar as entradas e saídas de um sistema de produto. A Figura 1 a seguir ilustra as etapas do ICV segundo ABNT NBR ISO 14044 (2009).

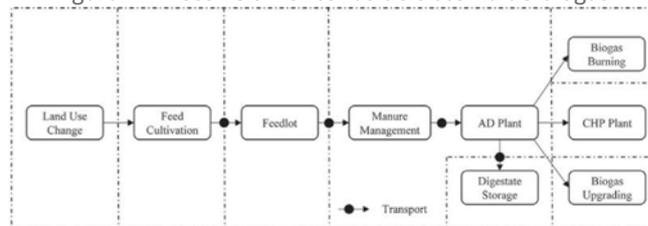
Figura 1 – Procedimentos para análise de um ICV.



Fonte: Retirado de ABNT NBR ISO 14044 (2009).

A unidade funcional pode ser baseada de acordo com a matéria-prima ou de acordo com a produção de biogás (BACENETTI, 2013), para resíduos de animais, o escopo na maioria das vezes começa no manejo do estrume seguido da digestão anaeróbica (DA) e pode se expandir para a etapa de geração de energia ou para a etapa anterior de criação do animal e cultivo do alimento (ESTEVES, 2019). A Figura 2 demonstra as possibilidades de fronteiras do sistema para a realização de um estudo de ACV de biogás segundo Esteves (2019).

Figura 2 – Possíveis fronteiras do sistema de biogás.



Fonte: Retirado de Esteves (2019).

A coleta de dados foi realizada pela pesquisadora por meio de visita a uma fazenda de gado leiteiro com sistema de manejo confinado localizada no interior do estado de São Paulo e também pelo contato virtual com os proprietários da mesma.

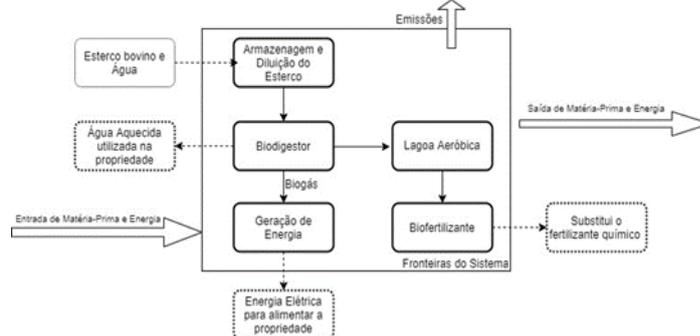
Este trabalho utilizou o software Umberto® para modelagem do Inventário de Ciclo de Vida do biogás. O software Umberto® começou a ser utilizado em meados dos anos 2000 (FUCHSZ, KOHLHEB, 2015) e sua primeira utilização foi para a construção de redes de fluxo de material com o intuito de desenvolver o inventário do ciclo de vida de um material de revestimento. O Umberto® está em terceiro lugar em número de publicações de referentes a estudos de Ciclo de vida (SILVA et.al.,2019).

RESULTADOS

Para este estudo a unidade funcional (UF) estabelecida é referente à entrada de 1 tonelada(t) de esterco bovino no biodigestor de forma a analisar o rendimento de biogás e as emissões para esta UF.

O limite do sistema é mostrado na Figura 3, e inicia a partir da coleta do esterco, não sendo considerado os processos relacionados ao rebanho, como alimentação, ordenha e abate dessa forma pode se dizer que a análise é feita do portão ao túmulo (gate-to-grave).

Figura 3 – Fronteiras do sistema.

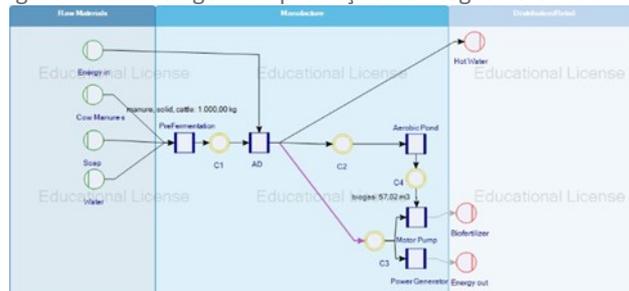


Fonte: Autoria própria

Os dados do inventário foram coletados de diferentes fontes, sendo elas, os recursos disponíveis na literatura, a base de dados gerais do Umberto® (Ecoinvent 3.3), e a coleta realizada pela pesquisadora em campo. Como forma de validação de dados foi realizado um balanço de massa.

O sistema foi modelado pela pesquisadora no software Umberto® e o desenho deste processo é mostrado na Figura 4. As entradas, os processos e as saídas foram inseridas no software assim como suas quantidades.

Figura 4 – Modelagem da produção do Biogás no Umberto®.



Fonte: Autoria própria.

Os resultados obtidos permitiram a construção de tabelas de inventário que mostram em todos os sete estágios de ciclo de vida do modelo de biogás analisado: a geração de emissões (Tabela 1), onde os valores negativos indicam benefícios ambientais enquanto os positivos significam ônus ambientais; de fluxo de energia (Tabela 2) e de dissipação e geração de calor (Tabela 3).

Tabela 1 – Emissões de CO2 total e por processos.

Emissões (kg CO ₂ /UF)	
Biodigestor	
Pré-Fermentação	-8,42
Digestão Anaeróbica	-0,19
Subtotal	-8,61
Irrigação	
Lagoa Aeróbica	0,97
Motobomba	1,49
Subtotal	2,85
Motogerador	2,38
Total	-3,38

Fonte: Autoria própria.

Tabela 2 – Fluxo de energia total e por processos.

Emissões (Kwh/UF)	
Biodigestor	
Pré-Fermentação	0
Digestão Anaeróbica	5,61
Subtotal	5,61
Irrigação	
Lagoa Aeróbica	0
Motobomba	0
Subtotal	0
Motogerador	0
Total	5,61

Fonte: Autoria própria.

Tabela 3 – Fluxo de Energia dissipada em forma de calor.

Emissões (MJ/UF)	
Biodigestor	
Pré-Fermentação	0
Digestão Anaeróbica	215,64
Subtotal	215,64
Irrigação	
Lagoa Aeróbica	0
Motobomba	0
Subtotal	0
Motogerador	209,38
Total	425,02

Fonte: Autoria própria.

Ao observar as energias dos processos (Tabela 2) tem-se que o único processo relevante no consumo de energia é a digestão anaeróbica, isso pois a energia referente ao processo de pré-fermentação está relacionada com a criação dos animais, etapa esta não inserida nos limites do sistema e os demais processos funcionam à biogás. A Tabela 3 constata que o maior gerador de energia calorífica é o processo de digestão anaeróbica no biodigestor, e a emissão dessa energia se

CONCLUSÕES

Mesmo sendo referentes a um estudo de caso, os resultados deste ICV conseguiram atingir o objetivo do presente artigo de identificar os dados e informações obtidos a partir do inventário do ciclo de vida do biogás produzido a partir dos dejetos de uma propriedade de bovinos de leite. Desta forma estes resultados podem ser utilizados como referência para um maior entendimento do desempenho de um sistema de produção de biogás alimentado com esterco de bovino de leite. E ainda deve-se considerar que as características da propriedade estudada se assemelham a grande parte das fazendas de produção de leite com sistema confinado da região sul e sudeste do país (MARIANI,2015).

O trabalho comprovou que para este modelo as emissões no consumo são mínimas tendo em vista que a maioria das saídas são utilizadas dentro da própria propriedade. Outro fator que auxiliou a diminuição dos impactos é que o sistema apresentado é praticamente ausente de transportes, pois os dejetos são encaminhados ao biodigestor por meio de canaletas nos currais. Um característica pertinente deste sistema também é o fato de a Lagoa Aeróbica da propriedade não ser revestida, levando isso em consideração a pesquisadora sugere que para diminuir as emissões deste processo e possivelmente aumentar a produção de Biogás os proprietários façam um revestimento para a Lagoa Aeróbica.

Ainda, como sugestão de trabalhos futuros deve-se realizar um inventário do berço ao túmulo, ou seja, cuja fronteira do sistema inclua desde o plantio dos grãos que são utilizados na fabricação da ração dos animais, até o consumo final do biogás, como ilustrado na Figura 1. Também é sugerido a realização de uma pesquisa que compare as emissões da produção de biogás para todas as matérias-primas disponíveis no cenário brasileiro, seguindo um modelo similar ao realizado por Poeschl (2012) na Alemanha.

Em suma, com este trabalho foi possível concluir que é vantajoso ambientalmente produzir biogás para a propriedade com sistema confinado de bovino de leite, além de vantajoso do ponto de vista econômico, pois as saídas dos processos são capazes de suprir algumas das demandas de destinação de resíduos, energia, fertilização de solos e água aquecida.

AGRADECIMENTOS

Agradecimentos ao conselho Nacional de Desenvolvimento Científico e Tecnológico (CNPq), a Fundação Araucária e a UTFPR.

REFERÊNCIAS

ABNT (Associação Brasileira de Normas Técnicas). **NBR ISO 14044: Gestão Ambiental - Avaliação do ciclo de vida - Requisitos e Orientações**. Brasil, 2009b. https://edisciplinas.usp.br/pluginfile.php/4961004/mod_folder/content/0/NBRIS014044%20-%20GA-ACV%20-%20Requisitos%20e%20orienta%C3%A7%C3%B5es.pdf?forcedownload=1. Acesso em: 15 de Janeiro de 2020.

BACENETTI, Jacopo et al. **Anaerobic digestion of different feedstocks: impact on energetic and environmental balances of biogas process**. Science of the Total

Environment, v. 463, p. 541-551, 2013.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0048969713007109?casa_to ken=mP8_GSiY2Q4AAAAA:7PWM056CQix5ABVPMJgu0ns3MFrDuyFcNUCr5rG5a3KyovGfKJl5PRfS9Y1TIX9eXwlu15Lw3QHC. Acesso em: 30 de Abril de 2020.

CHAABANE, A.; RAMUDHIN, A; PAQUET, M. **Design of sustainable supply chains under the emission trading scheme**, International Journal of Production Economics, v. 135, v. 1, p. 37-49, 2012.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0925527310004184?casa_to ken=-drmfqdo7WAAAAA:-hJ5GKAZI8XLYXpVxodq5pWQnM7FnzAC9aeQQvYQcj64bdc-C_-uvVJx7FN-0C-SXZHFHCM_-lu. Acesso em: 02 de Julho de 2020.

ESTEVES, Elisa Maria Mano et al. **Life cycle assessment of manure biogas production: A review**. Journal of Cleaner Production, v. 219, p. 411-423, 2019.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652619304809?casa_to ken=IdMCXF56MtkAAAAA:KEbhm6qf2j87biXfg1hmNLuR9ozUeLW80xfmlLbi3QGP OUIqESV-GyK69uaUFRh6Poprw1VGMV8V. Acesso em: 30 de Abril de 2020.

EUROPEAN COMMISSION. **Report from the Commission to the Council and the European Parliament on sustainability requirements for the use of solid and gaseous biomass sources in electricity, heating and cooling**, 2010. Disponível em: <https://op.europa.eu/en/publication-detail/-/publication/6e598e2a-2655-4ae2-8c20-ef617d5bf3fd/language-en>. Acesso em: 22 de Abril de 2020.

FUCHSZ, Máté; KOHLHEB, Norbert. **Comparison of the environmental effects of manure-and crop-based agricultural biogas plants using life cycle analysis**. Journal of Cleaner Production, v. 86, p. 60-66, 2015.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652614008816?casa_to ken=EVR8C0q4zVEAAAAA:7BUXwOCZ_T1kO9ZW9QIIJNOyQqcv-iyiWpgwQkmcznK7--JLWwuajAttJhe33DS9a2h7W-0Wo1Md. Acesso em: 30 de Abril de 2020.

POESCHL, M.; WARD, S.; OWENDE, P. **Environmental impacts of biogas deployment – Part II: life cycle assessment of multiple production and utilization pathways**. Journal of Cleaner Production, v. 24, p. 184-201, 2012b.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0959652611004161?casa_to ken=aV7KWPXIX5EAAAAA:3U6eLo-B-8ku_hYbpXOCVW_wT5KR0CWdwsqmeSHq8a2l0MFiT1ce_j4CEpqydcx9aCOubwFaES. Acesso em: 10 de Março de 2020.

SENAI (Paraná). **Oportunidades da Cadeia Produtiva de Biogás para o Estado do Paraná**. Curitiba: SENAI/PR, 2016a. 144 p.
[https://www.sistemafiep.org.br/relacoes-internacionais/uploadAddress/Biogas\[73656\].pdf](https://www.sistemafiep.org.br/relacoes-internacionais/uploadAddress/Biogas[73656].pdf). Acesso em: 02 de Abril de 2020.

SILVA, Diogo Aparecido Lopes et al. **Why using different Life Cycle Assessment software tools can generate different results for the same product system? A cause-effect analysis of the problem.** Sustainable Production and Consumption, v. 20, p. 304-315, 2019.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2352550919301733?casa_to ken=r8wmH_FqpmUAAAAA:-3gSrUvo8OLsYi9-Lv2e8BUN6BqHLwspzqBCCI2kw6OonbRjYk5urDQSuxgkPoeWKVAH7W2K9YZB. Acesso em: 04 Maio de 2020.

WOON, K. S.; LO, I. M C.; CHIU, S. L. H.; et al. **Environmental assessment of food waste valorization in producing biogas for various types of energy use based on LCA approach.** Waste Management, v. 50, p. 290–299, 2016.
https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0956053X16300691?casa_to ken=hBL1GjKE6iAAAAA:QZ3R-vDHPYwITkFfTaX1IP5_W5JXhgywe5LpUDfar_pECHv21PdIH_Eqqn8SWv_ZueqJgEQB8hXr. Acesso em: 20 de Junho de 2020.