



POTENCIAL ENERGÉTICO DAS PRINCIPAIS BIOMASSAS AGRÍCOLAS PRODUZIDAS NO BRASIL

MAELE COSTA DOS SANTOS¹; ANDERSON GABRIEL CORRÊA²; BRUNO ALEXANDER³; EDUARDA GOMES DE SOUZA⁴; WILLIAN CÉZAR NADALETI⁵

¹*Universidade Federal de Pelotas – maeledossantoseq@gmail.com*

²*Universidade Federal de Uberlândia – andersoncorrea560@gmail.com*

³*Universidade Federal de Pelotas – brunoalexander82@gmail.com*

⁴*Universidade Federal de Pelotas – gseduarda@gmail.com*

⁵*Universidade Federal de Pelotas – williancezarnadaleti@gmail.com*

1. INTRODUÇÃO

A busca por fontes alternativas de energias renováveis para um suprimento energético ambientalmente e economicamente viável, tem levado a crescentes pesquisas com o uso de biomassas, principalmente em âmbito universitário. A biomassa pode ser utilizada para a produção de bioetanol, biodiesel, biogás, briquetes para queima direta e biohidrogênio, combustível este que vem sendo alvo de pesquisas atualmente. Para MOURA et al. (2017), a biomassa é uma das fontes de energia com maior potencial de crescimento ao longo dos próximos anos.

O Brasil particularmente, apresenta elevado potencial de aproveitamento energético de resíduos agrícolas, pois, somente no ano de 2020, a safra de cereais, leguminosas e oleaginosas, resultou em uma produção de 254,1 milhões de toneladas, sendo superior em 5,2% a safra de 2019. Dentre as principais culturas produzidas, encontram-se a soja, o milho e o arroz. Sendo o Rio Grande do Sul o maior produtor de arroz, caindo para segundo maior produtor de milho nesta última safra e o terceiro estado maior produtor de soja (IBGE, 2021).

No âmbito das fontes limpas de energia, o hidrogênio considerado como o combustível do futuro, pode ser produzido em larga escala a partir de biomassas lignocelulósicas, devido a grande quantidade de resíduos gerados anualmente. Dentre as rotas utilizadas, o processo de fermentação acidogênica de materiais ricos em carboidratos, que ocorre na ausência de oxigênio e luz, produz hidrogênio e um efluente líquido. Entretanto, com intuito de aumentar o rendimento de H₂, vários estudos tem investigado, o pré-tratamento de substratos e inóculos antes do inicio do processo de fermentação (BUNDHOO, 2019).

Diante do exposto, o presente trabalho tem por objetivo, avaliar o potencial energético dos resíduos agrícolas das colheitas de arroz, soja, milho e trigo, comparando a produção de biohidrogênio por fermentação, com o potencial energético via queima direta dos resíduos.

2. METODOLOGIA

Foram selecionadas 4 culturas (arroz, milho, soja e trigo) para este estudo com base na produção nacional, de acordo com os dados do IBGE (2021). Os resíduos utilizados para estimativa do potencial energético foram: Palha de arroz, Palha de Milho, Palha de Trigo e Palha de Soja. O potencial energético da produção de biohidrogênio foi obtido das Equações (1) e (2) adaptadas de (BUNDHOO, 2019).

$$V = M \times RPR \times FD \times TS \text{ Content} \times Y \quad (1)$$



Onde: V é potencial de produção de biohidrogênio dos resíduos (m^3/ano); M é a safra anual das culturas (ton/ano); RPR é a razão resíduo-produto (colheita); FD é o fator de disponibilidade do resíduo para utilização em (%); $TS\ Content$ é o teor de sólidos do resíduo bruto (%) e Y é o rendimento de biohidrogênio através dos resíduos(Y_c para substrato bruto ou Y_p para substrato pré-tratado) ($L/Kg_{biom\ seca}$). O fator de disponibilidade (FD), é um parâmetro importante, pois, se refere a quantidade disponível para coleta, uma vez que os resíduos servem de nutrientes para o solo. O FD, foi de 40% para todas as biomassas exceto para a palha de soja (30%). Os maiores rendimentos (Y) de biohidrogênio, foram obtidos através do estudo de revisão, feito por BUNDHOO (2019). A Equação (2), apresenta o potencial energético final das biomassas pelo Hidrogênio.

$$E = (V \times Hc \times \rho) / 10^{12} \quad (2)$$

Em que: E é o potencial energético anual dos resíduos (PJ/ano); Hc é o poder calorífico inferior do biohidrogênio (kJ/kg) e ρ é a densidade do hidrogênio (kg/m^3) em condições padrão. O potencial energético gerado das biomassas através da queima, foi obtido pela Equação (3) adaptada de Moura et al. (2017).

$$Pot = (P \times RPR \times FD) \times PCI \times \varepsilon \quad (3)$$

Sendo: Pot o potencial energético dos resíduos no ano (GJ); P a produção total da cultura (ton); PCI o poder calorífico inferior da biomassa (GJ/ton); ε a eficiência de conversão (%). Os dados de PCI, FD e RPR das biomassas, foram obtidos através de EPE (2014). A eficiência de conversão (ε) adotada foi de 15%, para sistemas compostos de caldeira de 20 bar e turbina de condensador atmosférico de acordo com CENBIO (2008).

3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A Tabela 1 apresenta o potencial de produção de hidrogênio (V) e o potencial energético das biomassas selecionadas (E) pela conversão dos resíduos em biohidrogênio.

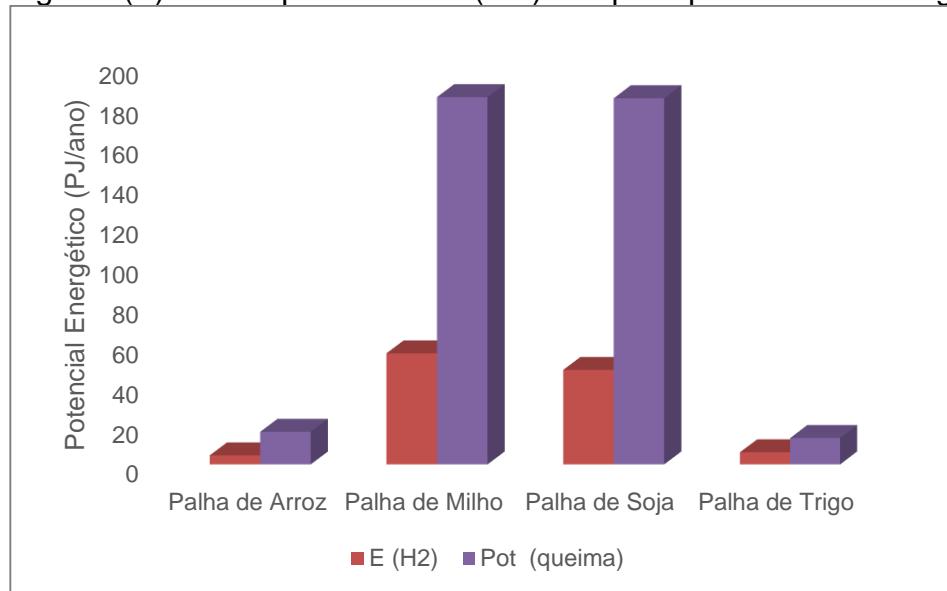
Tabela 1. Potencial Energético da produção de biohidrogênio dos principais resíduos agrícolas brasileiros

Biomassa	RPR	Inóculo	Pré-Tratamento:Substrato	Y (L/Kg _{biomseca})	V (m ³ /ano)	E (PJ/ano)
Palha de Arroz	1,55	<i>Thermotoga neapolitana</i>	Alcalino/ácido (10% NH4OH/121 °C/60 min, 1,0% H2SO4/121 °C/50 min). T(op): 75°C, pH7,5	$Y_c: 57,3$ $Y_p: 68,2$	3,57E+08 4,25E+08	3,83 4,56
Palha de Milho	1,68	Lodo de esgoto municipal (100°C-10min). T(op): 40°C, pH:5,5	-	$Y_c: 80,1$	5,22E+09	56,01
Palha de Trigo	2,90	Esterco de vaca e sed. Pasta (90°C, 20min)	Trat com ozônio (45min). T(op): 35°C; pH:6,0	$Y_c: 33,9$ $Y_p: 87,4$	2,20E+08 5,68E+08	2,37 6,10
Palha de soja	2,30	-	Trat.: ácido da palha 4% HCl. T(op): 35°C	$Y_c: 5,46$ $Y_p: 60,2$	4,03E+08 4,44E+09	4,32 47,68

Fonte: Adaptado de BUNDHOO (2019).

Pela Tabela 1, observa-se que as biomassas com pré-tratamento do substrato (Y_p), apresentaram um desempenho superior na produção de hidrogênio em comparação ao substrato bruto (Y_c). A palha de milho e a palha de soja, apresentaram os maiores potenciais energéticos das biomassas selecionadas, sendo de 56,01 e 47,68 (PJ/ano), respectivamente. Estes valores elevados em comparação aos demais resíduos, são resultantes das elevadas produções destas culturas no Brasil, pois, mesmo a palha de trigo com o maior rendimento (87,4 L/Kg_{biom seca}), devido ao tratamento com ozônio, apresentou um potencial energético de apenas 6,10 PJ/ano para o país. A maior produção brasileira é de soja com 121,5 milhões de toneladas, seguida do milho com 102,3, arroz com 11,04 e o trigo com 6,15 (milhões de toneladas) (IBGE, 2021). A Figura 1, apresenta a comparação do potencial energético da conversão das biomassas em biohidrogênio com a queima direta em caldeira obtida da Equação 3.

Figura 1. Comparação do Potencial Energético da produção de biohidrogênio (E) com a queima direta (Pot) das principais biomassas agrícolas



Com a Figura 1, é possível observar que a Palha de Arroz apresenta um potencial mais elevado de queima que a Palha de Trigo, e que a Palha de Milho e Soja mostraram um potencial energético equivalente para a queima a nível nacional. Estes resultados obtidos, são altamente dependentes dos diferentes valores de PCI das biomassas. Além disso, a queima direta possui um potencial energético superior em relação a conversão em biohidrogênio, isto, deve-se aos baixos rendimentos na produção de H₂ por fermentação, processo este que ainda necessita de mais estudos e novas tecnologias de produção. Segundo PRETO e MORTOZA (2010), os resíduos de soja e milho gerariam uma quantidade significativa de energia elétrica, cerca de 75% do total de energia elétrica gerada em 2008 (463,1 TWh), entretanto o autor afirma que o maior empecilho para o aproveitamento energético destas biomassas é a dispersão na lavoura, pois, o recolhimento após a colheita inviabiliza sua utilização, além dos gastos com o processo. De acordo, com a EMBRAPA (2021), até o ano 2050 é projetado a elevação da demanda mundial por alimentos em 70% e a duplicação de energia. Portanto, é essencial que sejam desenvolvidas novas tecnologias de produção de energia através de biomassas, além de novos maquinários que possam realizar a colheita de grãos e de resíduos, classificando-os de forma rentável.

4. CONCLUSÕES

Em âmbito nacional as biomassas que apresentaram o potencial mais elevado para a produção de biohidrogênio e produção de energia foram a palha de milho e de soja, seguida da palha de trigo e arroz respectivamente, utilizando o maior rendimento do processo de fermentação encontrado na literatura. A queima dos resíduos, apresentou um potencial energético superior em relação ao da produção de hidrogênio, sendo a palha de soja e milho equivalentes no potencial, enquanto a palha de arroz apresentou um potencial energético de queima levemente elevado em relação à palha de trigo. Com este estudo, é possível concluir que estas biomassas possuem potencial elevado para a produção de energia, porém é necessário o desenvolvimento de novas tecnologias, não somente em processos de produção de hidrogênio, mas também em processos de colheita.

5. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BUNDHOO, Zumar M.A.. Potential of bio-hydrogen production from dark fermentation of crop residues: a review. **International Journal Of Hydrogen Energy**, [S.L.], v. 44, n. 32, p. 17346-17362, jun. 2019. Elsevier BV. <http://dx.doi.org/10.1016/j.ijhydene.2018.11.098>.
- CENBIO. Centro Nacional de Referência Biomassa. **Atlas de Bioenergia do Brasil**. São Paulo, 2008. Acessado em 23 jul 2021. Disponível em: http://www.moretti.agrarias.ufpr.br/eletroficação_rural/livro_atlas_de_bioenergia_2008.pdf.
- EMBRAPA. Empresa Brasileira de Pesquisa Agropecuária. **GRÃOS**: Pesquisa e Inovação para o desenvolvimento sustentável dos sistemas de produção de grãos. Acessado em 01 Ago 2021. Disponível em: <https://www.embrapa.br/portfolio/graos>.
- EPE. Empresa de Pesquisa Energética. **Inventário Energético de Resíduos Rurais**. Rio de Janeiro, 2014.
- IBGE. INSTITUTO BRASILEIRO DE GEOGRAFIA E ESTATÍSTICA. **Indicadores IBGE**. Levantamento Sistemático da Produção Agrícola Estatística da Produção Agrícola. 2021. Acessado em 20 jul. 2021. Online. Disponível em: https://biblioteca.ibge.gov.br/visualizacao/periodicos/2415/epag_2020_dez.pdf.
- MOURA, P. R. S.; DALPONT, G.; MICHELS, F. B. Identificação e Quantificação do Potencial Energético dos Resíduos Agrícolas Disponíveis na Região Sul do Brasil. In: **V Congresso Brasileiro de Carvão Mineral (V CBCM)**, 5. Criciúma, 2017.
- PRETO, E.V.; MORTOZA, G. L. **Geração de Energia Elétrica Utilizando Biomassa**. 2010. 92 f. TCC (Graduação) - Curso de Engenharia Elétrica, Departamento de Engenharia Elétrica, Universidade de Brasília- Faculdade Tecnológica, Brasília, 2010.