

XI-078 - AVALIAÇÃO DO PODER CALORÍFICO DE RESÍDUOS UTILIZADOS NA PRODUÇÃO DE BIODIESEL

Juliano Luis Cunha⁽¹⁾

Engenheiro Mecânico, formado pela Universidade de Santa Cruz do Sul;

Adriane de Assis Lawisch Rodríguez

Doutora em Engenharia/TU-Berlim-Alemanha, Mestre em Engenharia Metalúrgica e de Materiais pela Escola de Engenharia da UFRGS; Engenheira Química pela Escola de Engenharia da PUCRS. Professora do Departamento de Engenharia, Arquitetura e Ciências Agrárias, Universidade de Santa Cruz do Sul – UNISC.

Débora de Melo Bastos

Acadêmica de Engenharia Ambiental, pela Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC;

Tamires Sehnem

Acadêmica de Engenharia Ambiental, pela Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC;

Rafael Martins da Silva

Engenheiro Ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC. Mestrando do Programa de Pós-Graduação em Tecnologia ambiental pela Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC

Endereço⁽¹⁾: Travessa Tenente Barbosa 32, apto 302 - Centro - Santa Cruz do Sul - RS - Brasil - Tel: (51) 37154479 - e-mail: juliano_cunha1@yahoo.com.br

RESUMO

O biodiesel vem se tornando uma alternativa promissora para a substituição dos combustíveis minerais derivados do petróleo. Por ser renovável torna o produto uma fonte importante de energia em longo prazo, podendo ser utilizado como alternativa de combustível para o transporte e para geração de energia mais limpa. Para que esta tecnologia seja considerada realmente limpa, estudos como este, que proporcionam a utilização de seus resíduos, se fazem importantes. A proposta aqui apresentada avalia o poder calorífico destes resíduos. Neste contexto, o presente trabalho visa à avaliação do poder calorífico de resíduos utilizados na produção de biodiesel, com a finalidade de conhecer a eficiência energética e propor um sistema de análise de gases da queima deste, esta etapa ratifica a importância deste trabalho, pois permite a avaliação e a investigação de possíveis emissões atmosférica. Identificou-se que o melhor desempenho energético foi obtido pelos corpos de prova com granulometria de 9 mesh e com a massa de 10% de glicerina que chegaram ao valor médio de poder de combustão de 4977,1277 cal/g.

PALAVRAS-CHAVE: Energias alternativas, resíduos, poder calorífico, biodiesel.

INTRODUÇÃO

Um fato relevante nos dias atuais é a necessidade de criação e desenvolvimento de tecnologias sustentáveis que implementem processos e serviços de bens de consumo, geração de energia e transporte, principalmente em relação à geração, reaproveitamento e deposição de resíduos. Sabe-se que muitas pesquisas que objetivam a identificação de formas de produção de energias alternativas, buscam a utilização de resíduos como matéria prima, como a queima de resíduos de casca de arroz, incineração de resíduos sólidos urbanos e industriais, produção de biodiesel entre outros.

Estudos envolvendo energia alternativa oriunda do biodiesel têm se destacado e ganhado espaço devido as necessidades de se conhecer e entender a aplicabilidade de combustíveis limpos e que gerem o mínimo de resíduos ou resíduos aplicáveis em outras atividades. Sabe-se que num futuro bastante próximo não haverá recursos naturais suficientes para geração de energia, o que faz desse o principal motivo de pesquisas acerca das energias alternativas ou renováveis. Mas, economicamente falando, a geração de biodiesel está criando também um grande problema para os países produtores, pois em torno de 10% de glicerina é formada como subproduto no processo de transesterificação de óleos vegetais e/ou gorduras animais, não havendo demanda nos mercados doméstico e internacionais para absorver tanta produção (RODRIGUES et al. 2003).

Neste contexto, o presente trabalho irá abordar a utilização de resíduos da cadeia produtiva do biodiesel na fabricação de briquetes para a geração de energia, incluindo a adição de diferentes teores de glicerol. E posteriormente, a proposição de um método de avaliação de gases gerados a partir da queima destes.

METODOLOGIA

Preparação dos resíduos

Os resíduos passaram por processo de desumidificação em estufa a 100°C durante 02 horas antes da fase de peneiramento.

No processo de peneiramento, optou-se por utilizar duas granulometrias diferentes, estas passantes em peneiras que possuem 8" de diâmetro e 2" de altura com suas malhas, 9 mesh e 12 mesh, medindo 2,0 mm e 1,4 mm de abertura respectivamente, de acordo com a ABNT/ASTM/TYLER.

Após peneirar os resíduos deixando-os com as granulometrias passantes desejadas, procedeu-se com a pesagem dos mesmos para a obtenção dos corpos de prova com as seguintes composições:

Tabela 1: Composições utilizadas na confecção dos corpos de prova

| |
|--|
| Resíduo de Girassol |
| Tungue |
| Resíduo de Girassol + 5% em massa de Glicerol |
| Resíduo de Girassol + 10% em massa de Glicerol |
| Resíduo de Girassol + 15% em massa de Glicerol |

Confecção dos Corpos de Prova

As pastilhas eram confeccionadas através de prensagem uniaxial em um equipamento pastilhador que lhes conferia formato retangular com comprimento 13 mm e largura de 10 mm aproximadamente. Quando submetidas à prensa, recebiam uma força de 4 ton para que houvesse a compactação.

Avaliação do poder calorífico das amostras

Para a avaliação do poder calorífico utilizou-se uma bomba calorimétrica de oxigênio. Cada uma das composições foi analisada através de processo de combustão completa, salientando que a cada formulação foi realizada a calibração do equipamento. A calibração foi realizada através de pastilhas de ácido benzoico, procedimento este padrão deste tipo de equipamento. A partir das equações abaixo se fez a determinação do equivalente calorimétrico da bomba e do calor de combustão da amostra.

$$W = \frac{Hm + e_1 + e_2}{\Delta t} \quad \text{equação (1)}$$

$$H = \frac{W\Delta t - e_1 - e_2}{m} \quad \text{equação (2)}$$

Onde:

W = Coeficiente calorimétrico da bomba (cal * °C-1)

H = 6318 cal * g-1 (calor de combustão do ácido benzóico)

m = massa da amostra

e1 = calorias liberadas na formação de ácido nítrico (1 cal mL-1)

e2 = calorias liberadas na oxidação do fio de aprisionamento da amostra (2,3 cal * cm-1). Este valor é relativo a quantidade de fio que queimou juntamente com a amostra.

Δt = variação de temperatura antes e depois da ignição de combustão (t_1 = temperatura estabilizada do banho antes da combustão; t_2 = temperatura estabilizada depois da combustão)

Na primeira etapa do trabalho foram realizadas as medidas do poder calorífico de pastilhas de girassol (partes aéreas), girassol com 5% (m/m) de glicerol e tungue.

Em segundo momento após verificação preliminar e identificação do resíduo com maior poder de combustão, sendo ele, o resíduo de girassol, passou-se, ao ensaio final de poder calorífico, adicionando teores de glicerol em porcentagens de massa maiores. Para tanto se optou por continuar utilizando as mesmas granulometrias com tamanhos passantes em peneiras de malhas 9 e 12 mesh.

Após peneirar os resíduos deixando-os com as granulometrias desejadas, procedeu-se com a pesagem dos mesmos para a obtenção de 8 corpos de prova tendo as composições que podemos ver na Tabela 4 a seguir.

Fora estipulados teores de 5, 10 e 15% em massa de glicerina como adição nos novos corpos de prova, onde os mesmos tinham massas totais de aproximadamente 0,900 g, esta que se enquadra na faixa ideal para este ensaio.

Tabela 2: Teores de Glicerina adicionados aos corpos de prova de resíduos de girassol.

| RESÍDUO C/ SECAGEM | |
|--------------------|------|
| % GLICERINA | MESH |
| 0 | 9 |
| 0 | 12 |
| 5 | 9 |
| 5 | 12 |
| 10 | 9 |
| 10 | 12 |
| 15 | 9 |
| 15 | 12 |

RESULTADOS

Avaliação do poder calorífico dos resíduos

A Tabela 3 apresenta os resultados do coeficiente calorimétrico encontrados durante a calibração com ácido benzoico. Na Tabela 4 encontra-se o poder calorífico dos resíduos estudados. Através dos valores encontrados pode-se perceber por meio de comparação com dados da literatura que trazem o poder calorífico de outros combustíveis (Tabela 5) que os resíduos analisados têm poder calorífico superior a outras culturas já conhecidas, como casca de arroz (12% de água) que tem poder calorífico de 3300 cal g⁻¹ e pó de tabaco com 2300 cal g⁻¹. Com estes resultados é possível comprovar o uso destes resíduos para geração de energia. Contudo, ao final desta etapa, como o girassol apresentou resultados mais satisfatórios quanto ao desempenho energético, o referido resíduo teve um estudo mais aprofundado.

Tabela 3: Resultados do Coeficiente Calorimétrico.

| MATERIAL | COEFICIENTE CALORIMÉTRICO |
|---|------------------------------|
| Resíduo de Girassol | 2417,99 cal °C ⁻¹ |
| Resíduo de Girassol + 5% em massa de Glicerol | 2352,16 cal °C ⁻¹ |
| Tungue | 1959,08 cal °C ⁻¹ |

Tabela 4: Resultados do Poder Calorífico.

| MATERIAL | PODER CALORÍFICO* | DESVIO PADRÃO |
|------------------------|-----------------------------|----------------------------|
| Girassol | 3982,30 cal g ⁻¹ | 94,85 cal g ⁻¹ |
| Girassol + 5% Glicerol | 3294,94 cal g ⁻¹ | 104,38 cal g ⁻¹ |
| Tungue | 3186,23 cal g ⁻¹ | 87,64 cal g ⁻¹ |

*Média da triplicata

Tabela 5: Poder Calorífico de Alguns Materiais Combustíveis.

| Combustível | cal/g |
|---------------------------------|-------|
| Bagaço de cana (20% água) | 3200 |
| Casca de algodão | 3000 |
| Casca de arroz (12% água) | 3300 |
| Carvão mineral Charqueadas-RS | 3100 |
| Pó de tabaco | 2300 |
| Casca de babaçu | 4000 |
| Semente de girassol (9,5% água) | 4300 |
| Sisal (11% água) | 3400 |
| Palha de trigo (20% água) | 3200 |
| Trapos de pano | 4200 |
| Papel | 4200 |
| Recortes de couro (14% água) | 4400 |
| Restos de borracha | 4000 |
| Tecido de nylon | 7300 |
| Casca de eucalipto | 3750 |
| Apáras de vinilo | 6300 |

Fonte: Adaptado de TORRES FILHO, 2005, Página 41.

Avaliação do poder calorífico dos resíduos de girassol com adição de teores de glicerina

Os corpos de prova que foram acrescidos de teores de 5%, 10% e 15% (m/m) de glicerol apresentaram valores de poder de combustão maiores em relação aos que não continham este composto. Vale ressaltar que nas composições adicionadas de 10% e 15% em massa de glicerol os resultados foram os mais acentuados como mostra o gráfico a seguir da figura 1:

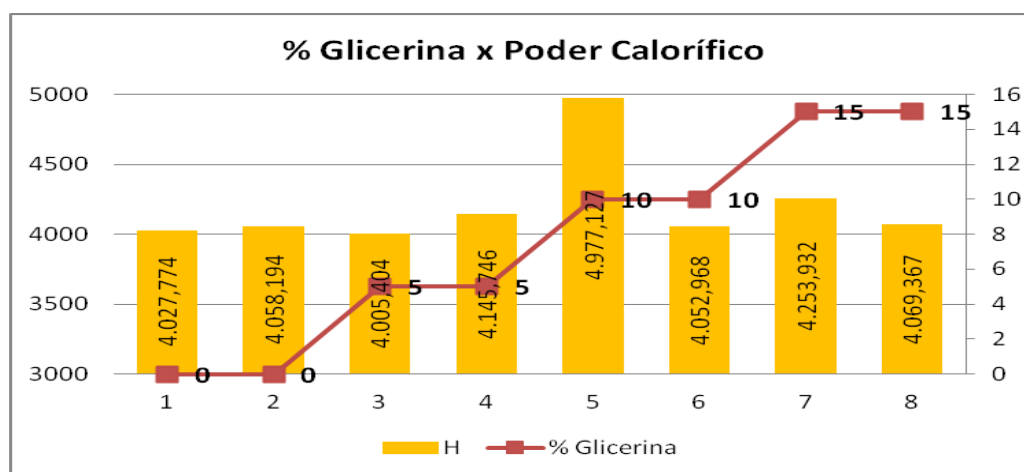


Figura 1: Percentagem de Glicerina X Poder Calorífico.

Outro parâmetro levado em consideração para a avaliação do poder calorífico foi a granulometria dos resíduos, os quais como já referido acima foram separados por 9 e 12 mesh. Analisando os valores encontrados fica evidente que o valor do poder calorífico em relação aos resíduos de girassol tem pequena variação no poder calorífico em relação a sua granulometria, como mostra a tabela abaixo:

Tabela 6: Poderes Caloríficos das Pastilhas com Resíduo com Secagem.

| RESÍDUO C/ SECAGEM (100°C durante 02 hrs) | | | | | | | | | | | |
|---|----|------|----------|----------|---------|---------|-----------|--------------|------|-------|-----------|
| | % | Mesh | Peso (g) | Fio (cm) | t1 (°C) | t2 (°C) | Sobra fio | Fio queimado | Δt | e2 | H |
| G L I C E R I N A | 0 | 9 | 1,034 | 15,2 | 20,92 | 22,65 | 6,5 | 8,7 | 1,73 | 20,01 | 4027,7736 |
| | 0 | 12 | 1,032 | 15 | 20,86 | 22,6 | 5,9 | 9,1 | 1,74 | 20,93 | 4058,1936 |
| | 5 | 9 | 1,064 | 15,2 | 21,78 | 23,55 | 6,5 | 8,7 | 1,77 | 20,01 | 4005,4039 |
| | 5 | 12 | 1,017 | 14,7 | 21,04 | 22,79 | 7,3 | 7,4 | 1,75 | 17,02 | 4145,7461 |
| | 10 | 9 | 1,019 | 15,1 | 20,3 | 22,4 | 10,5 | 4,6 | 2,1 | 10,58 | 4977,1271 |
| | 10 | 12 | 1,012 | 15 | 22,29 | 23,99 | 10,5 | 4,5 | 1,7 | 10,35 | 4052,9684 |
| | 15 | 9 | 1,002 | 15,1 | 20,8 | 22,57 | 6,7 | 8,4 | 1,77 | 19,32 | 4253,9319 |
| | 15 | 12 | 1,001 | 14,8 | 23,9 | 25,59 | 8,6 | 6,2 | 1,69 | 14,26 | 4069,3666 |

Proposição do sistema de captura do gás gerado

Como o intuito deste trabalho era de avaliar o poder calorífico e propor aplicação em escala dos resíduos de girassol acrescidos de glicerina para geração de energia, pensar nas responsabilidades a que nos sujeitamos queimando esses materiais, foi um item analisado no trabalho.

Para tanto, foi desenvolvido um sistema para coleta dos gases gerados durante a queima com o objetivo de capturá-los e realizar análises que nos informem as quantificações dos componentes. Este sistema consiste de um adaptador que é roscado na válvula de escape da bomba e também de um engate rápido onde é conectado uma mangueira que direciona os gases para um recipiente onde há uma solução aquosa ao qual é borbulhado o gás formando uma mistura homogênea, como representado na figura 3:



Figura 2: Imagem do sistema de coleta de gases em funcionamento

Tal adaptador foi confeccionado em torno mecânico e, pensando em facilitar o manuseio deste sistema sem o uso de ferramentas, otimizando o processo de colocação e aperto pelas pessoas, foi realizado recartilhamento em parte do corpo do mesmo. Sendo assim, os pesquisadores, quando forem utilizar o equipamento, não necessitam aplicar força demasiada com ferramentas para sua conexão, apenas um simples aperto com as mãos.

CONSIDERAÇÕES FINAIS

A avaliação do poder calorífico dos materiais nos proporciona identificar a possibilidade de reuso de um resíduo como fontes alternativas de energia através de processos de combustão, evitando assim o seu descarte e impacto ambiental. Neste trabalho, foi possível identificar a eficiência energética de resíduos gerados na produção de biodiesel de girassol para fabricação de briquetes, adicionando não apenas o resíduo proveniente da planta, como também a adição do sub-produto glicerol. Os corpos de prova que apresentaram melhor desempenho foram aqueles com granulometria de 9 mesh que continham 10% em massa de adição de glicerina. A adição da glicerina no processo produtivo é um fato muito importante, pois, atualmente o volume gerado na produção de biodiesel é maior do que a indústria atual necessita, e dessa forma é possível aproveitá-la para a geração de energia aliada a outros resíduos. Estes briquetes podem ser usados nas mais diversas empresas e indústrias que possuam forno ou caldeira que possam operar com lenha, como frigoríficos e olarias por exemplo. Mas seu uso neste primeiro momento ficaria restrito a alguns consumidores somente, visto que em churrascarias e padarias, por exemplo, poderia ocorrer contaminação pelo fato de não se ter total conhecimento ainda dos constituintes dos gases gerados. Por isso ressalta-se a importância e valia do sistema de coleta de gases desenvolvido por este trabalho, que visa a análise dos gases presentes na queima destes resíduos para a conclusão da possibilidade de reaproveitamento destes resíduos, como fonte de energia alternativa dentro de sistemas e processos.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. BRIANE, D.; DOAT, J. Guide technique de la carbonisation: la fabrication du charbon de bois. Aix-en-Provence, ÉDISUD, 1985. 180p.
2. JARA, E.R.P. O poder calorífico de algumas madeiras que ocorrem no Brasil. São Paulo: Instituto de Pesquisas Tecnológicas – IPT, 1989. (Comunicação Técnica, 1797).
3. BALBINOT, N. M. S. Produção de carvão vegetal ativado e compósitos termoplásticos a partir de co-produtos da cadeia produtiva do biodiesel de girassol. 2007. 77 f. Dissertação (Programa de Pós-Graduação em Tecnologia Ambiental - Mestrado) – Universidade de Santa Cruz do Sul - UNISC, 2007.
4. CORDOBA, Aymer Yeferson Maturana. Estudo da combustão direta da glicerina bruta e loira como alternativa de aproveitamento energético sustentável. 2011. 270f. Tese (Programa de pós-graduação em engenharia mecânica e área de concentração em térmicas e fluídos – doutorado) – Escola de Engenharia de São Carlos, Universidade de de Tratabilidade, 1993/1995.