

PRODUÇÃO DE BIODIESEL POR COGERAÇÃO ATRAVÉS DOS GASES QUENTES DO MOTOR

Ana Caroline Neves dos Santos, Cliver da Rocha Silva e Vitor Pinheiro Ferreira

UFRB, Universidade Federal do Recôncavo da Bahia, Curso de Engenharia Mecânica

Campus Cruz das Almas - Centro - CEP 44380-000 – Cruz das Almas – Bahia

E-mail para correspondência: carolneves1@gmail.com

Resumo: Diante dos desequilíbrios ambientais e da necessidade pela busca de energias renováveis, o biodiesel é um combustível que tem sido uma alternativa sustentável e viável, pois além de atóxico e renovável ele possui uma aplicabilidade satisfatória em motores de combustão interna. A cogeração é uma alternativa que visa aproveitar rejeitos térmicos de alguns sistemas para utilização em outros, visando um aumento global da eficiência térmica. Em geral, a produção de biodiesel em bancada, nas etapas de reação e secagem, é feita através da utilização de energia elétrica ou da energia térmica proveniente da queima de combustíveis fósseis. Este trabalho descreve a montagem de um protótipo para a produção de biodiesel utilizando como fonte de energia os gases de exaustão de um motor monocilíndrico, quatro tempos do ciclo Diesel. Para isso foi desenvolvido um equipamento que consiste em dois subsistemas: reator, composto por um Becker dotado de um agitador mecânico com rotação variável e o sistema de aquecimento, que é proporcionado por uma serpentina por onde circulam os gases quentes. O controle de temperatura é feito por uma válvula acionada por solenoide do tipo ON-OFF comandada por um controlador eletrônico. Foram acondicionados por um módulo de controle o agitador mecânico e o controlador eletrônico. Os resultados da estabilidade térmica do reator e dos parâmetros de reação são mostrados no trabalho.

Palavras-chave: protótipo, biodiesel, cogeração.

1. INTRODUÇÃO

A maior parte de energia consumida no mundo atualmente é proveniente do petróleo, e, como se sabe, esse é um combustível fóssil de caráter não renovável. Dessa forma, os combustíveis derivados de óleos vegetais vêm sendo uma alternativa promissora na possível substituição do óleo Diesel em motores de compressão interna (MCI), pois além de satisfazer relativamente à mecânica dos MCI é ambientalmente satisfatório devido a seu ciclo fechado de carbono (Ferrari *et al.* 2005).

Além de ser derivado de oleaginosas o biodiesel é um biocombustível que pode ser obtido também através de óleo gordura animal (OGA) ou de óleo gordura residual (OGR) que apesar de apresentar uma alternativa para aproveitamento de resíduo, no Brasil ainda é pouco utilizado (Prá *et al.* 2005).

A produção do biodiesel pode ser obtida por diferentes processos de fabricação: transesterificação, esterificação, pirólise e fluidos supercríticos. As rotas de produção podem ser metálicas ou etílicas, a depender do tipo do álcool utilizado: metanol ou etanol, respectivamente. No processo de produção do biodiesel também é usado um catalisador que pode ser homogêneo ou heterogêneo (Alves, 2008). O Biodiesel produzido por transesterificação, que nada mais é que a transformação de triglicerídeos em moléculas menores de ácidos graxos (ver Fig. 1), pode ser definido como um mono-álquil éster de ácido graxos derivado da biomassa. Fatores como o clima, economia e geografia fazem com que no Brasil a maior produção do biodiesel seja derivada de oleaginosas (Ferrari *et al.* 2005).

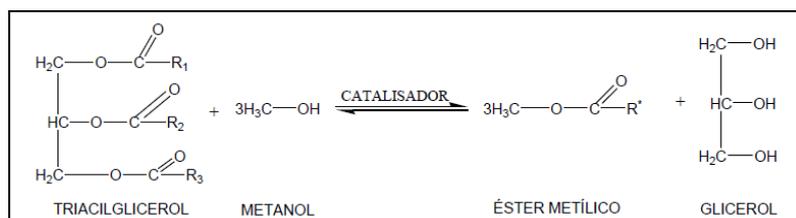


Figura 1: Reação de Transesterificação.

Fonte: (Alves, 2008)

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

A matéria-prima derivada da biomassa para a produção do biodiesel é diversa: dendê, canola, soja, algodão, mamona, babaçu, cupuaçu, pinhão manso, girassol, gorduras animais, entre outros. (Alves, 2008)

Alguns fatores têm favorecido pra que a cogeração tenha sido bem sucedida em experiências internacionais como: o desequilíbrio ambiental, competitividade na indústria, atividades econômicas regionais, racionalização dos insumos energéticos e outros (Cunha, 2005).

De acordo com Oddoni (2001) a cogeração pode ser definida como uma transformação de uma energia em outras formas de energia útil. Um dos exemplos mais comum dessa energia útil é a mecânica e a térmica: a mecânica pode ser usada para acionamentos diretos de equipamentos ou para geração de energia elétrica enquanto a térmica é usada diretamente como calor para processos ou indiretamente na produção de vapor.

2. METODOLOGIA

Os testes se basearam no aproveitamento da energia proveniente dos gases exaustos de um motor de combustão interna do ciclo Diesel que aciona um gerador trifásico. Os gases que saem da tubulação de descarga do motor circulam, por uma serpentina imersa num reservatório com água que é utilizada para garantir o aquecimento necessário para a reação entre o óleo vegetal e o álcool na reação de transesterificação. A seguir são descritos cada componente do sistema.

2.1 Grupo Gerador

Os testes foram conduzidos num grupo gerador dotado de um motor do ciclo Diesel monocilíndrico fabricado pela Agrale de injeção indireta com potência máxima 10 CV, que acionava por intermédio de uma luva elástica um gerador trifásico fabricado pela Kolbach. O grupo alimentava um painel de cargas. Os detalhes de montagem são mostrados na Fig. 2.

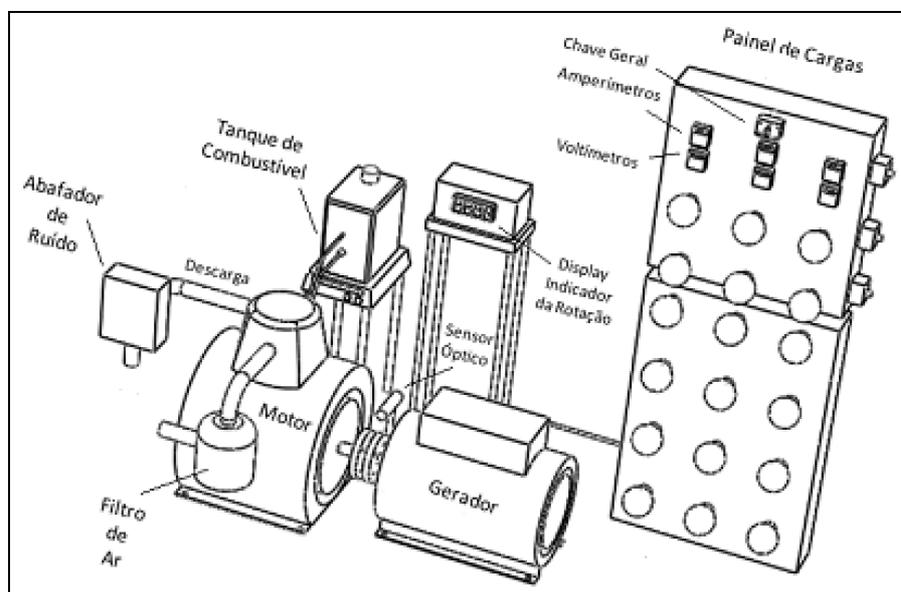


Figura 2 – Montagem do grupo gerador e painel de cargas.

A rotação do grupo era medida por um módulo de controle desenvolvido especificamente para este trabalho, que através de um sensor óptico foto-reflexivo, enviava os pulsos de interrupção do feixe a um microcontrolador fabricado pela Microchip, modelo PIC-18F4520. Este microcontrolador expõe o resultado da medição da velocidade num display quádruplo de sete segmentos. As características do grupo gerador são descritas nas Tab.1.

Tabela 1 – Características do Grupo Gerador

	Motor	Gerador
Potência Máxima	7,6 kW (NBR-1585)	6,0 KVA
Rotação (RPM)	1800-2500	1800
Tensão	-----	Trifásico/220V/ 60Hz
Taxa de Compressão	20:1	----
Número de Cilindros	1	----

A carga de aceleração utilizada no motor foi de 60%, durante os testes, garantida por um dispositivo de fixação no acelerador que travava a alavanca do acelerador no ponto de carga desejado a fim de manter a rotação (medida pelo sistema óptico e indicada em display) no valor desejado de 1800 RPM.

2.2 Sistema de reação, aquecimento e controle

Para a produção de biodiesel foi necessário construir um reator para a mistura e conversão dos reagentes. Em seguida, foram realizados testes no sistema utilizando as rotas metálica e etílica. O reator desenvolvido e ilustrado na Fig. 4 consiste em um copo de Becker de 1 L dotado de um agitador mecânico com rotação controlável. O agitador mecânico dispõe de um motor elétrico monofásico com rotação variável de 0 a 7000 RPM, controlado por um sistema de triacs (dimmer). O impelidor do agitador foi composto por uma hélice fixada ao motor por uma haste metálica que serviu de eixo. O copo de Becker foi colocado envolto em um reservatório externo contendo uma solução de água e propileno glicol, que serve para aquecimento e controle da temperatura da reação. O propileno glicol, encontrado em aditivos para radiadores, foi utilizado para que durante o processo de secagem o banho possa atingir temperaturas acima de 100 °C sem que haja a ebulição da água.

O aquecimento da reação entre óleo e álcool com temperatura controlada entre 40 e 50°C foi obtido por um sistema caracterizado por uma serpentina em cobre por onde circulam os gases de exaustão do motor, com vazão modulada por um dispositivo de controle dotado de um controlador eletrônico modelo TIC-17RGTI e um dimmer para controle da rotação do agitador ambos interligados num único console que além de regular a velocidade de agitação ajustava a temperatura da água no reservatório de forma *on-off* alimentando um válvula solenóide instalada logo após o abafador de ruído na tubulação de descarga do motor (ver Fig. 2). O sistema então foi todo montado com a serpentina dentro do reservatório de água de aquecimento, bem como foram conectados as interligações elétricas e controles, conforme ilustrado na Fig.3.

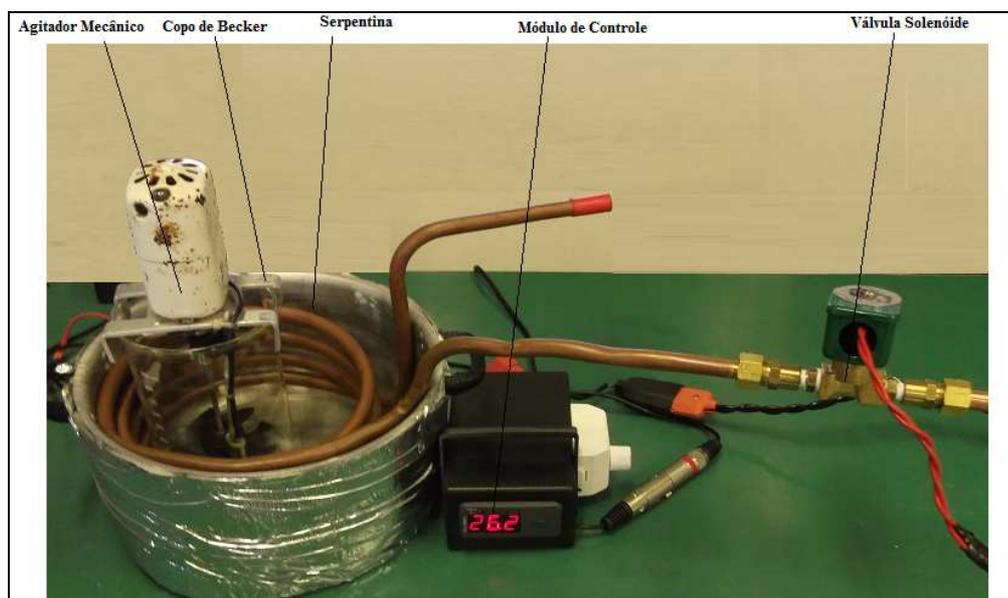


Figura 3 – Montagem do sistema de reação, aquecimento e controle.

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

2.3 Combustíveis Utilizados

O grupo gerador utilizou uma mistura binária de combustíveis B50, sendo composta por em volume por 50% de diesel mineral e 50% de biodiesel de OGR (óleo de gordura residual de alimentos) por rota metálica produzido na planta piloto da Universidade Federal da Bahia. As especificações do biodiesel foram determinadas de acordo à norma EN-14105.

2.4 Instrumentação Utilizada

A tabela 4 mostra as características dos instrumentos utilizados.

Tabela 2 – Características dos instrumentos utilizados.

Grandeza medida	Instrumento Utilizado	Modelo (Fabricante)	Faixa de Medição	Incerteza de Medição
Temperatura de admissão	Termometro digital (tipo K)	MT-525/MKT-14 (Minipa)	0 a 50 °C	$\pm (3\%+0,2) ^\circ\text{C}$
Temperatura de descarga	Termometro digital (tipo K)	MT-525/MKT-14 (Minipa)	0 a 700 °C	$\pm 5^\circ\text{C}$
Temperatura dos reagentes	Termômetro digital	Penta-Five (Full Gauge)	-50 a 105°C	$\pm 0,2 ^\circ\text{C}$
Rotação do agitador	Foto-tacômetro digital	MDT-2238 ^a (Minipa)	0 a 99999 RPM	$\pm 10 \text{ RPM}$
Rotação do Motor	Módulo de controle (desenvolvimento próprio)	Microcontrolador PIC (18F4520), Sensor opo-reflexivo Rose, RS-001	0 a 99999 RPM	$\pm 10 \text{ RPM}$

2.5 Procedimento Experimental

A rotação desejada no agitador foi ajustada com o auxílio de um foto-tacômetro digital. Para cada ciclo de produção, o óleo foi pré-aquecido durante 25 min. Em seguida foi diluído o KOH ao metanol. Esta mistura denominada de metóxido foi adicionada ao óleo, permanecendo à mesma temperatura por 1h. Após concluída a reação, a mistura foi decantada durante 4h para separar as fases biodiesel e glicerina. Concluída a separação, foi adicionado 800 ml de água aquecida levemente acidificada, procedimento conhecido como lavagem do biodiesel. Após um período de 8h foi retirada uma amostra da água e verificado o pH (colocou-se 4 gotas de fenolftaleína em um volume 50 ml e verificou-se a cor). Este procedimento foi repetido até a obtenção do pH neutro. Em seguida, o biodiesel foi então aquecido a uma temperatura de 110 °C para que houvesse a evaporação completa da água.

3. RESULTADOS

3.1 Avaliação da máxima temperatura obtida

Inicialmente foi avaliada a autonomia do sistema de cogeração sendo verificada qual era a máxima temperatura atingida pelo sistema de aquecimento, através da medição da temperatura da água apenas sendo utilizando calor proveniente dos gases quentes do motor. Para tal, o sistema de reação foi montado com a todos os componentes e o Becker onde ocorreria a reação sendo preenchido apenas com óleo vegetal. A máxima temperatura da água de aquecimento foi de 44,8°C.

3.2 Avaliação da temperatura do reservatório de água

As temperaturas da água do recipiente que envolve o copo de Becker da reação, bem como a de saída dos gases quentes da descarga do motor foram avaliadas ao longo de toda a reação através de um termômetro digital com duas sondas a termopar tipo K (ver Tab. 2). O resultado destas medições é ilustrado na Fig. 4.

XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

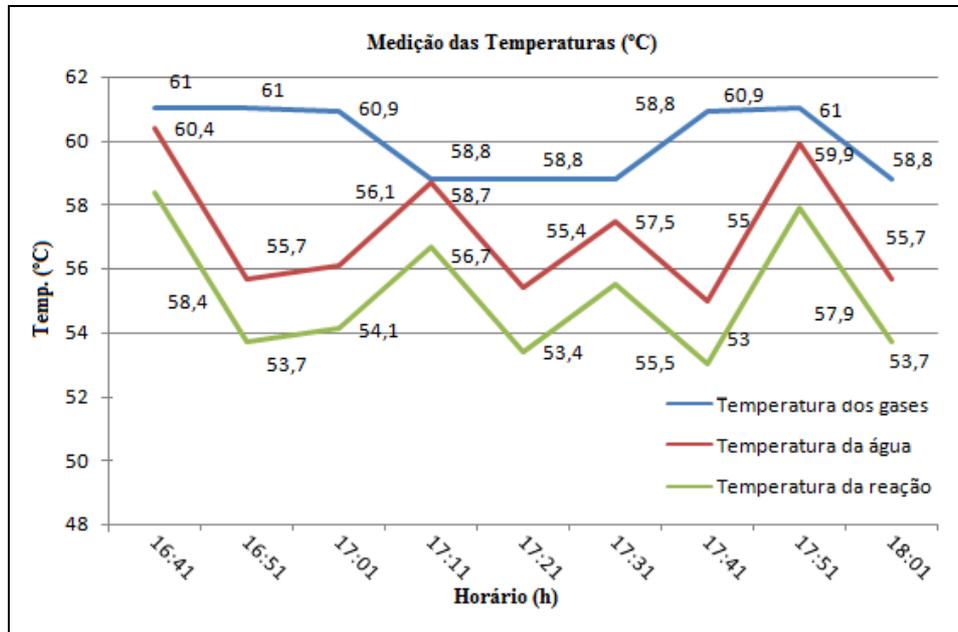


Figura 4 – Avaliação das temperaturas dos reagentes, da água de aquecimento e dos gases quentes.

Através da análise da figura percebe-se que os gases quentes possuem energia disponível para garantir maior aquecimento do que o conseguido apenas com a transferência de calor da serpentina, uma vez que a média das temperaturas dos gases quentes foi de aproximadamente 60,0 °C. Assim, caso a serpentina fosse dimensionada com maior área de troca, certamente a máxima temperatura da reação seria maior. Outro fator que contribuiria para melhorar a eficiência do processo seria a remoção do abafador de ruído do motor, pois a temperatura de descarga seria superior, pelo menos na etapa de reação.

3.3 Economia de Energia

Foi realizada a comparação do processo de cogeração com o sistema convencional com o uso de energia elétrica, visando identificar a economia de energia obtida com o sistema de cogeração. Mais uma vez nesta análise, não foram levada em consideração as etapas de lavagem e secagem na produção do biodiesel.

Para o caso do sistema sem cogeração o tempo de reação foi de 1h:20 min com o uso de uma resistência de 500W e fator de utilização de 70%. Para o sistema de cogeração a resistência auxiliar funcionou de maneira intermitente. Os tempos de carga elétrica da resistência foram monitorados e medidos. Assim a potência gasta em cada uma das situações foi avaliada e seus resultados são mostrados na Tab. (5).

Tabela 3 – Potência Consumida nas condições de com e sem Cogeração.

Grandeza	Sem Cogeração	Com cogeração
Tempo de Operação (s)	1018	4800
Energia Consumida(kJ)	509	1680

Pela análise da Tab. (3), percebe-se que foi obtida uma economia de energia que representa aproximadamente 30% em relação à condição original sem cogeração.

3.4 Análise do Biodiesel

Foi realizada a análise qualitativa do Biodiesel onde o cheiro e a cor do Biodiesel estavam dentro do especificado e o volume de glicerol produzido foi de 118 ml. A análise físico-química do biodiesel não foi feita, pois não existiu tempo hábil para tal, visto que as análises são feitas pela Universidade Federal da Bahia.



XIX Congresso Nacional de Estudantes de Engenharia Mecânica - 13 a 17/08/2012 – São Carlos-SP
Artigo CREEM2012

4. CONCLUSÃO

Os resultados do presente trabalho, que especificamente visou testar a eficácia de um sistema de cogeração para produção de biodiesel com energia de aquecimento proveniente da descarga de um grupo gerador, mostraram que: o sistema eletrônico desenvolvido para avaliação da rotação do grupo gerador como uso de um microcontrolador e sensor óptico especialmente implementado para este fim é eficiente e fácil implantação; o sistema de reação e aquecimento se mostraram com relativa eficiência, haja vista que estes foram implementados com matérias de baixo custo e fácil obtenção; a serpentina poderia ser dimensionada com uma maior área de troca a fim de aproveitar melhor os gases quentes do motor, além disso a captação destes gases deveria ser feita no ponto anterior à localização do abafador de ruídos do motor, garantindo assim um maior aproveitamento da energia destes gases. A economia de energia foi considerável, mesmo com o sub-dimensionamento da serpentina, o que evidencia o potencial deste tipo de cogeração, haja vista que em processos de produção de biodiesel no Brasil quase sempre é utilizada a energia de aquecimento de origem por queima direta de combustíveis fósseis ou através de energia elétrica, que é considerada uma energia nobre (energia de alta exergia). Aparentemente a produção de biodiesel foi satisfatória, embora não tenham sido analisadas suas propriedades físico-químicas. A utilização de um controle do tipo proporcional para o ajuste da vazão dos gases quentes, com a substituição da válvula solenóide por uma de 3 vias é uma das sugestões para trabalhos futuros.

AGRADECIMENTO

Agradecemos todo o apoio da equipe do Laboratório de Energia da UFBA (LEN) que permitiu o desenvolvimento das atividades laboratoriais. Agradecemos à empresa Full Gauge por ter gentilmente doado instrumentos para coleta dos dados e controle de temperatura, necessários à atividade experimental.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alves, C.T., “Avaliação da Produção a partir de óleos de gorduras residuais em escala de bancada e semi-industrial” Dissertação apresentada ao Programa de Pós- Graduação, Engenharia Química, Escola Politécnica (Universidade Federal da Bahia), 2008.
- Cunha, M.P., “Inserção do setor sucroalcooleiro na matriz energética do Brasil: uma análise de insumo e produto” Dissertação apresentada ao Instituto de Matemática, Estatística e Computação Científica, Unicamp. 113 pg, 2005.
- Ferrari, R.A., Oliveira, V.S., Scabio, A., “Biodiesel de soja- Taxa de conversão em ésteres etílicos, caracterização físico-química e consumo em gerador de energia” *Quim. Nova*, Vol 28, No 1, 19-23, 2005.
- Odone, D.C., “Cogeração: uma alternativa para produção de eletricidade” Dissertação apresentada ao programa de Interunidades de pós-graduação em Energia da Universidade de São Paulo. 88p, 2001.