

Geração de Energia Elétrica a partir de Combustível Inovador Proveniente da Conversão a Baixa Temperatura de Biomassas e Resíduos e Análise de Desempenho em Motores

R.G. Pereira¹; G. A. Romeiro²; R. N. Damasceno³ e P. M. A. Senra⁴

¹UFF, Departamento de Engenharia Mecânica, temrobe@vm.uff.br

²UFF, Departamento de Química Orgânica, gqoqilb@vm.uff.br

³UFF, Departamento de Geoquímica, damascen@vm.uff.br

⁴LIGHT, Gerencia de Estudos e Gestão da Geração, paulo.senra@light.com.br

Resumo – O trabalho refere-se ao aproveitamento da biomassa e resíduos para a geração de energia por meio da conversão a baixa temperatura. Utiliza-se uma Unidade Piloto para a obtenção de um combustível inovador que é utilizado, misturado ao óleo diesel, para o acionamento de grupo motor gerador.

Palavras-chave—Energia; Biomassas e Resíduos; Combustível Inovador

I. INTRODUÇÃO

Atualmente, os resíduos das mais variadas atividades econômicas vêm se tornando um problema com a crescente produção de produtos e serviços. Simultaneamente, ocorre um aumento na demanda de Energia Elétrica, trazendo já em algumas épocas do ano problemas de sobrecarga. O projeto visa desenvolver soluções para estes dois problemas cruciais: o crescente aumento de resíduos e a crescente demanda de Energia Elétrica.

A alternativa proposta é a Geração de Energia Elétrica a partir de Biomassas e Resíduos, utilizando principalmente a tecnologia de Conversão a Baixa Temperatura. Esta tecnologia permite o aproveitamento integral de biomassas e resíduos transformando-os em óleo, gás e carvão, para posterior aproveitamento energético.

Com a aplicação da tecnologia de Conversão a Baixa Temperatura o resíduo torna-se a matéria prima do processo, deixa de ser um problema e passa a ser uma solução econômica, eliminando possibilidades de contaminação de solo e águas subterrâneas suscetíveis de acontecer quando tecnologias de disposição são aplicadas.

Dessa forma, o objetivo central da pesquisa é o aproveitamento da biomassa e resíduos para a geração de energia elétrica através da Conversão a Baixa Temperatura. Para a realização deste estudo utiliza-se uma Unidade Piloto para a obtenção de um combustível inovador que é utilizado, misturado ao óleo diesel, para o acionamento de grupo motor gerador.

II. FUNDAMENTAÇÃO

A. Processo de Conversão a Baixa Temperatura

O processo de Conversão à Baixa Temperatura (*Low Temperature Conversion* - LTC), começou a ser

desenvolvido na década de oitenta pelos pesquisadores Bayer e Kutubuddin [1]. Trata-se de um processo realizado em atmosfera inerte com a temperatura oscilando entre 380°C e 450°C, sem adição de catalisadores. Foi desenvolvido com o objetivo inicial de reaproveitar lodo industrial de Estação de Tratamento de Efluentes Urbanos e Industriais (ETE) para obtenção de quatro produtos: óleo, carvão, gás e água com potencial de reutilização comercial [2].

A composição química do óleo e a qualidade do carvão dependem da origem do resíduo usado como matéria prima. O óleo obtido por LTC pode ter diversas aplicações industriais dependendo da sua composição química. Em geral é composto por hidrocarbonetos e ácidos graxos quando o lodo utilizado é proveniente de estações de tratamento de esgoto urbano ou industrial com as mesmas características, podendo ser utilizado na fabricação de sabão, graxas e de outros produtos e para obtenção de biodiesel. O valor do poder calorífico é determinante na avaliação para a aplicação do óleo e do carvão na sua forma bruta como combustível [2].

O carvão ativado obtido por LTC de lodo proveniente de ETE urbano e industrial não é em geral tão explorado como por aquele obtido por LTC de biomassas de origem agrícola, porém o interesse por este tipo de produto vem aumentando devido ao seu baixo custo quando comparado com outros produtos e por evitar a disposição do lodo e conseqüentemente de metais pesados diretamente no ambiente.

Uma das principais vantagens deste processo está relacionada com a estocagem e o transporte tanto do óleo como do carvão. Os gases e a água tratada podem ser recirculados num sistema de co-geração de energia, diminuindo o custo final da operação [2].

III. MATERIAL E MÉTODOS

A. Amostras Utilizadas no Processo de Conversão a Baixa Temperatura

Foram utilizadas amostras de resíduo industrial – lodo petroquímico de estação de tratamento que após serem secas passavam pelo processo de Conversão a Baixa Temperatura em uma Unidade Piloto.

B. Conversão a Baixa Temperatura – Unidade Piloto

Implantou-se uma Unidade Piloto que opera em modo contínuo, com fluxo direto, aquecimento elétrico e processado em atmosfera inerte utilizando o gás nitrogênio. A planta piloto tem capacidade para processar 50 Kg/h de amostra de lodo residual desidratado em estufa e/ou secador solar.

A Unidade Piloto para geração de energia elétrica é constituída, basicamente, dos seguintes componentes: tubo de conversão; sistema de estanqueidade; sistema de acionamento e apoio; unidade motriz; unidade de geração, sistema de alimentação do conversor; condensador; tanque para recolher o produto condensado (óleo); tanque para recolher o produto sólido (carvão); válvulas dosadoras; cilindro de nitrogênio; compressor; sistema de aquecimento; painéis de controle.

A Unidade Piloto (Figura 1) encontra-se em funcionamento e apta a processar biomassa e resíduos gerando óleo e carvão, para posterior aproveitamento, por exemplo em grupo gerador de energia elétrica.



Figura 1. Unidade Piloto

C. Misturas do Combustível Inovador com o Diesel

O óleo gerado na LTC (combustível inovador) foi misturado com óleo diesel, para a realização de testes com motor, na seguinte proporção em volume: 2%, 4% e 6%. Estes percentuais foram escolhidos tendo em vista a tendência futura de se permitir misturar no diesel, quantidades de combustível alternativo (biodiesel, biocombustível etc) da ordem de 5% para comercialização. Após ser feita a mistura esta foi filtrada, para posterior uso em motor.

As Figuras 2 e 3 mostram, respectivamente, o combustível inovador e as misturas com diesel nas proporções de 2%, 4% e 6% em volume de combustível inovador



Figura 2: Combustível inovador



Figura 3: Misturas de 2%, 4% e 6% em volume do combustível inovador com o diesel

D. Grupo Motor-Gerador

As misturas combustível inovador-diesel foram testadas em um grupo motor-gerador cujas características encontram-se na Tabela 1.

Tabela 1. Características do Grupo Motor-Gerador

Modelo	Gerador BD-2500
Combustível	Diesel
Motor	BD 5.0
Tipo	Mono-cilindro, 4 tempos, injeção direta
Refrigeração	Ar
Cilindrada	0,211
Potência Máxima	2000 W
Potência Nominal	1800W
Capacidade do Tanque de Combustível	2,5 litros
Autonomia	5 horas
Peso	47 kg

A Figura 4 mostra o grupo motor-gerador utilizado nos ensaios.



Figura 4 – Grupo motor-gerador

Utilizou-se nos ensaios um quadro de cargas constituído de receptáculos para lâmpadas e 2 tomadas para outras cargas.

As grandezas elétricas foram medidas e armazenadas por meio de um multimedidor digital, fabricante CCK, modelo CCK 4300. A comunicação com este medidor foi feita por meio de Conversor RS 485 também fornecido pela CCK.

Através da comunicação, via RS 485, foi possível monitorar de maneira instantânea, através de uma tela de supervisão, os parâmetros elétricos de tensão, potência e energia fornecidos, entre outros.

Todos os dados adquiridos e armazenados foram tratados através do software de gerenciamento de energia da CCK.

Os ensaios do óleo diesel e das misturas do combustível inovador com óleo diesel foram realizados na seguinte ordem:

- operação do grupo motor-gerador (GMG) com óleo diesel;
- operação do GMG com mistura de 2% de combustível inovador no óleo diesel;
- operação do GMG com mistura de 4% de combustível inovador no óleo diesel;
- operação do GMG com mistura de 6% de combustível inovador no óleo diesel.

Adotou-se a seguinte nomenclatura para o combustível alternativo (CA) desenvolvido:

- CA2: 2% em volume de combustível inovador misturado ao óleo diesel;
- CA4: 4% em volume de combustível inovador misturado ao óleo diesel;
- CA6: 6% em volume de combustível inovador misturado ao óleo diesel.

Para todas as misturas de CA com o óleo diesel foi utilizada a mesma carga e esta permaneceu fixa até o final dos ensaios com cada mistura.

As cargas que foram instaladas no quadro constam de 8 (oito) lâmpadas incandescentes de 200 W de potência cada e 127 V.

Todos os ensaios foram realizados com duração de duas horas e meia cada.

O quadro de cargas e grupo motor-gerador em funcionamento, são mostrados na Figura 5.



Figura 5 – Grupo Motor-Gerador e quadro de carga (em funcionamento)

IV. RESULTADOS

A. Propriedades Físico-Químicas do Óleo obtido por LTC

A tabela 2 mostra o resultado das análises realizadas nas amostras de óleo obtida a partir da LTC. Os resultados representam a média dos ensaios realizados em sete amostras.

Tabela 2- Análises físico-químicas realizadas nas amostras de óleo obtida a partir da LTC.

Parâmetros e Métodos	ÓLEO	ANP
S (% m/m) ASTM D 4294	0,36	2,5 (máximo)
H ₂ O (% v/v) ASTM D 1744	3,6	2 (máximo de água e sedimentos)
Ponto de fulgor (°C) ASTM D 93	60	66 (mínimo)
Ponto de fluidez (°C) ASTM D 97	-9	15 - 27 (máximo)
Densidade (20/4°C) ASTM D 4052	0,96	-
Vanádio (ppm) ASTM D 5863	5	200 (máximo)
Poder Calorífico Superior (kcal/kg) ASTM 3286-6	9800	-
Viscosidade a 40° C (cSt) ASTM D 445	4,57	620 - 960 a 60° C (máximo)

Comparando na Tabela 2 os valores especificados pela ANP com os resultados de caracterização físico-química para as amostras em estudo, destacam-se os seguintes aspectos:

(i) o baixo teor de enxofre nas amostras quando comparado com o valor máximo estabelecido pela ANP 03/99 na faixa de 2,5 % dependendo do estado de comercialização dos óleos combustíveis;

(ii) a baixa temperatura para o ponto de fluidez bem abaixo do valor máximo permitido de 15 a 27°C dependendo da região e da época do ano;

(iii) a viscosidade cinemática a 40°C na faixa de 4,5 cSt, bem abaixo do valor máximo permitido na faixa de 620 a 900 cSt, a temperatura de 60° C.

(iv) o poder calorífico das amostras obtidas que fica na faixa dos óleos combustíveis comercializados no país..

(v) o ponto de fulgor determinado nas amostras em estudo está abaixo do valor estabelecido pela portaria ANP 03/99, sendo uma característica importante para os fatores de

armazenamento do produto, não influenciando diretamente na aplicação do mesmo como óleo combustível.

(vi) o teor de água determinado no óleo em estudo ficou no entorno de 3,5%, podendo ser otimizado a partir de uma separação mais eficiente desta fração aquosa utilizando-se um sistema de centrifugação, por exemplo.

B. Geração de Energia Elétrica

A Tabela 3 mostra os resultados obtidos no Grupo Motor-Gerador utilizando óleo diesel como combustível.

Tabela 3 – Ensaio com Óleo Diesel

Ensaio (27/11/2004)	Combustível utilizado	Óleo Diesel
	Quantidade	2000 mL
Início	Tensão	111 Volts
	Corrente	11 A
	Potencia Total fornecida	1224 W
	freqüência	59,2 Hz
Após 1 hora	Tensão	111,60 Volts
	Corrente	11,08 A
	Potencia Total fornecida	1224 W
	freqüência	59,5 Hz
Término (após 2,5 h)	Tensão	110,9 Volts
	Corrente	11,04 A
	Potencia Total fornecida	1216
	freqüência	59,6

A Tabela 4 mostra os resultados obtidos no Grupo Motor-Gerador utilizando o combustível CA2.

Tabela 4 – Ensaio com o combustível CA2.

Ensaio (27/11/2004)	Combustível utilizado	CA2
	Quantidade	2000 mL
Início	Tensão	110,5 Volts
	Corrente	11,03 A
	Potencia Total fornecida	1210 W
	freqüência	59,2 Hz
Após 1 hora	Tensão	110 Volts
	Corrente	11,0 A
	Potencia Total fornecida	1206 W
	freqüência	59,0 Hz
Termino (após 2,5h)	Tensão	110,5 Volts
	Corrente	11,04 A
	Potencia Total fornecida	1210
	freqüência	59,3

A Tabela 5 mostra os resultados obtidos no Grupo Motor-Gerador utilizando o combustível CA4.

Tabela 5 – Ensaio com o combustível CA4

Ensaio (29/11/2004)	Combustível utilizado	CA4
	Quantidade	1950 mL
Inicio	Tensão	114 Volts
	Corrente	11,22 A
	Potencia Total fornecida	1268 W
	freqüência	59,7 Hz
Após 2 horas	Tensão	110 Volts
	Corrente	11,0 A
	Potencia Total fornecida	1206 W
	freqüência	59,0 Hz
Termino (após 2,5h)	Tensão	109,7 Volts
	Corrente	10,96 A
	Potencia Total fornecida	1190 W
	freqüência	58,8 Hz

A Tabela 6 mostra os resultados obtidos no Grupo Motor-Gerador utilizando o combustível CA6.

Tabela 6 – Ensaio com o combustível CA6

Ensaio (01/12/2004)	Combustível utilizado	CA6
	Quantidade	1900 mL
Inicio	Tensão	111,7 Volts
	Corrente	11,10 A
	Potencia Total fornecida	1230 W
	freqüência	59,2 Hz
Após 1 hora	Tensão	108,8 Volts
	Corrente	10,93 A
	Potencia Total fornecida	1178 W
	freqüência	58,6 Hz
Término (após 2,5h)	Tensão	109,7 Volts
	Corrente	10,96 A
	Potencia Total fornecida	1190 W
	freqüência	58,8 Hz

A Tabela 7 mostra os valores médios obtidos nos ensaios para os combustíveis utilizados, cujo tempo de ensaio foi de 2,5 horas para cada combustível.

Tabela 7: Valores médios obtidos nos ensaios

	Óleo Diesel	CA2	CA4	CA6
Tensão (V)	111,16	110,33	111,23	110,06
Corrente (A)	11,04	11,02	11,06	11,00
Potencia Total fornecida (W)	1221,33	1208,66	1221,33	1199,33
Freqüência (Hz)	59,4	59,17	59,17	58,87
Energia gerada (Wh)	3053,32	3021,65	3053,32	2998,32

A seguir evidenciam-se as conclusões relativas ao acionamento do grupo motor-gerador com os combustíveis alternativos:

- O consumo de combustível do grupo motor-gerador foi praticamente o mesmo para todos os combustíveis (1800 mL);
- Ocorreu uma pequena variação na freqüência elétrica e, conseqüentemente, na tensão, comparando com os dados obtidos para o óleo diesel, mais notadamente com o combustível CA6;
- No caso do combustível CA6, para o ajuste da freqüência elétrica seria necessário que se aumentasse a velocidade do motor. Esse procedimento poderá ser realizado, ajustando a aceleração do mesmo, o que deve aumentar o consumo de combustível;
- Durante a operação do grupo motor-gerador com os combustíveis alternativos CA2, CA4 e CA6 não houve nenhum tipo de ocorrência de pane ou funcionamento anormal do grupo;

V. CONCLUSÃO

O objetivo de se gerar energia elétrica com a utilização de combustíveis alternativos obtidos através do processo de Conversão a Baixa Temperatura aplicado a biomassas e resíduos foi alcançado com êxito o que aponta fortemente para a continuação das Pesquisas.

VI. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem à LIGHT/ANEEL e ao CNPq pelo apoio financeiro prestado.

VII. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- [1] E. Bayer and M. Kutubuddin, *Thermocatalytic Conversion of Lipid-Rich Biomass to Oleochemical and Fuel*, Elsevier Applied Science, 1988.
- [2] Vieira, Gláucia E. Gama, Romeiro, Gilberto A., Damasceno, Raimundo N., Pedroso, Albari Gelson, Bayer, E., Kutubuddin, M., 2001, "A Tecnologia de Conversão a Baixa Temperatura - LTC e o Reaproveitamento do Lodo Residual da Indústria Petroflex", IBP 15600, 2º Congresso da Indústria Química do Mercosul e 7º Congresso Brasileiro de Petroquímica, Rio de Janeiro, RJ
- [3] Regulamento Técnico ANP no. 03/99 – Portaria no. 80 de 30 de abril de 1999.