

DESEMPENHO DO CONJUNTO MOTOGERADOR ADAPTADO A BIOGÁS

RODRIGO G. SOUZA¹, FABIO M. SILVA², ADRIANO C. BASTOS³

¹ Eng^o. Mecânico, Mestrando em Engenharia Agrícola, Dept^o. Engenharia, UFLA, Lavras - MG, fone: (35) 3821-2993, ergengenharia@yahoo.com.br.

² Dr. Eng^o. Mecânica, Prof. Adjunto, Dept^o. Engenharia, UFLA, Lavras-MG, fone: (35) 3829-1494, famsilva@ufla.br.

³ Acadêmico de Engenharia Agrícola, Dept^o. Engenharia, UFLA, Lavras-MG, .

Escrito para apresentação no
XXXV Congresso Brasileiro de Engenharia Agrícola
31 de julho a 4 de agosto de 2006 - João Pessoa – PB

RESUMO: O presente trabalho foi desenvolvido na Estação de Produção e Uso de Biogás, da Universidade Federal de Lavras, e o seu objetivo foi desenvolver e avaliar o sistema de alimentação a biogás de um motor estacionário de 4 tempos com 4077W de potência nominal à rotação de 4200 rpm acoplado a um gerador de 2400W com rotação operacional de 3600 rpm. Os experimentos foram realizados com o motor operando a gasolina na sua versão original e adaptado para biogás. O biogás utilizado foi produzido em um biodigestor modelo indiano a partir de esterco bovino, contendo, em média, 63% de metano. Para todos os ensaios foram medidas as rotações e o consumo do motor, além da tensão e corrente gerada para alimentar três potências resistivas iguais a 1000, 1200 e 1500W. Para o conjunto motogerador operando a biogás foram experimentadas duas opções de carburação: uma com o carburador tipo venturi especialmente dimensionado e a outra com o próprio carburador original do motor adaptado para operar com biogás. Foram ensaiados com o carburador original adaptado operando com a centelha no ponto normal e com a centelha no ponto avançado. Este último teve o melhor desempenho obtido do conjunto operando a biogás, o que foi conseguido avançando-se a centelha em + 4,82° em relação ao ponto original.

PALAVRAS – CHAVE: combustíveis alternativos, biogás, energia.

ACTING OF THE GROUP ADAPTED MOTORCYCLE-GENERATOR BIOGAS

ABSTRACT: The present work was conducted in the Unity of Production and Use of Biogas, at the Universidade Federal de Lavras. Its objective was to develop and to evaluate the biogas powering system of a 4 - timing stationary motor with 4077W nominal potency to a 4200 rpm, coupled to a generator of 2400W with operational rotation of 3600 rpm. The experiments were accomplished with a gasoline operating motor on its original version and adapted for biogas. The used biogas was produced in a biodigestor Indian model starting from bovine manure, containing, on average of 63% of methane. For all the experiments, it was measured the rotations and the consumption of the motor, besides the tension and generated current to feed the three resistive potencies equal to 1000, 1200 and 1500W. For the motor-generator group operating the biogas, it was experienced two carburetion options: one with the venturi-type carburetor especially calculated, and the other with the original carburetor of the adapted motor to operate with biogas. They were experieced with the adapted original carburetor, operating with the spark-plug on the normal position and with the spark-plug on the advanced postion. This last one had the best performance for the biogas operating machine, which was by moving the spark-plug to + 4,82° in the relation original position.

KEYWORDS: alternative fuels, biogas, energy.

INTRODUÇÃO: Na atual conjuntura mundial, os combustíveis alternativos e renováveis estão em destaque, uma vez que o preço do barril de petróleo supera os sessenta dólares. Especificamente no meio rural, a utilização do biogás é uma opção que pode ser mais explorada. Produzido através da decomposição anaeróbica de resíduos e dejetos animais, o biogás é, basicamente, composto de 60% a 75% de CH₄ (metano), 25% a 40% de CO₂ (dióxido de carbono) e traços de H₂S, N₂, H₂, O, etc. Ele tem sido utilizado por meio da combustão em fogões, aquecedores e acionamento de equipamentos estacionários. Sem dúvida, é a maneira mais prática, simples e muito provavelmente mais econômica de se aproveitar esta forma de energia alternativa. Em motores estacionários, pode-se utilizar o biogás

diretamente produzido nos biodigestores para o acionamento de bombas hidráulicas e geradores de energia, não justificando assim, fazer a purificação do biogás para a obtenção do metano. É sempre importante lembrar que a queima *in natura* do biogás, devido à presença do CO₂, é mais lenta e, energeticamente, libera menos calor por unidade de massa ou volume que os gases combustíveis convencionais, como o GLP e o gás natural, o que deve ser considerado no dimensionamento dos equipamentos ou redimensionamento dos já existentes. O poder calorífico do GLP, em média, é da ordem de 46.000 kJ/kg e o do gás natural de 43.500 kJ/kg, contra 19.500 kJ/kg do biogás.

MATERIAIS E METODOS: Os ensaios experimentais foram desenvolvidos na Estação de Produção e Uso de Biogás, do Setor de Máquinas e Mecanização, do Departamento de Engenharia, da Universidade Federal de Lavras. A referida Estação consta de um biodigestor modelo indiano para produção, contendo dois compartimentos, com volume útil de 7 m³, construído em alvenaria com uma campânula de chapa de aço-carbono servindo com gasômetro. As cargas de substrato do biodigestor eram constituídas de 50% de esterco bovino fresco diluído em 50% de água em volume. A pressão de serviço do biogás foi de 190 mm.c.a., com composição média de 63% de CH₄ e 37% de CO₂.

O conjunto motogerador utilizado nos ensaios foi da marca Briggs & Stratton, originalmente a gasolina, de 4 tempos, com potência nominal de 4.077 W (5,5 cv), rotação de 4.200 rpm, acoplado a um gerador de 2.400W, com rotação operacional de 3.600 rpm.

Para a medida do consumo de biogás pelo conjunto motogerador foi utilizado, a exemplo de Ortiz-Canavate et al. (1981), um medidor volumétrico para gás. O volume de gás metano consumido é dado pela diferença de leitura registrada analogicamente pelo medidor, em litros, para um dado intervalo de operação do motor. Todas as tomadas de tempo relacionadas com o ensaio do motor foram feitas por meio de um cronômetro digital, com precisão de leitura de décimos de segundos, sendo de 60 segundos cada tomada de tempo. A medida do consumo de gasolina do motor foi obtida pela diferença de nível em coluna graduada, para um determinado intervalo de tempo de operação do motor.

Para operar o motor do conjunto gerador com biogás foi dimensionado um carburador específico para biogás, seguindo a metodologia proposta por Mitzlaff (1988). O carburador foi dimensionado considerando as características técnicas do motor, como cilindrada, rotação de trabalho e eficiência volumétrica. Foi utilizada, para os cálculos, uma rotação operacional de 3.600 rpm, sendo a rotação de serviço do gerador, conforme especificação do fabricante e uma eficiência volumétrica de 80%. Assim para o carburador com um diâmetro (di) de 0,022 m e cilindrada de 0,00019 m³ tem-se:

- A_i – Área da seção de saída do carburador (0,00038 m²)
- V_i – admissão volumétrica do motor (0,00456 m³/s)
- C_i – velocidade do escoamento do fluxo na saída do carburador (12 m/s)
- d_v – diâmetro do venturi (0,00622 m)

O carburador foi construído no Laboratório de Protótipos do Departamento de Engenharia da UFLA, sendo adaptado no motor. A entrada de biogás foi construída em latão e todo conjunto vedado com cola especial para não haver vazamento ou entrada falsa de ar. Os ensaios preliminares do conjunto motogerador com o carburador a biogás demonstraram que o motor não operou satisfatoriamente, por insuficiência de alimentação da mistura ar-biogás. A partir daí o diâmetro do venturi foi aberto experimentalmente, chegando-se ao valor de 0,012 m.

O cálculo da eficiência do conjunto motogerador, trabalhando com os carburadores original a gasolina, adaptado para biogás e carburador dimensionado, foi calculado pela seguinte equação:

$$\eta = P \cdot (Q_g \cdot H_c)^{-1}$$

em que: P – Potência no gerador (W); Q_g - Consumo horário (kg/s); H_c – Poder calorífico do combustível (J/kg).

Para os ensaios nas condições originais do motor, foi medido consumo de combustível, rotação, potência gerada, tensão e corrente para diferentes potências resistivas. Sobre os quais foram traçados os gráficos da potência gerada em função da eficiência e energia, para as três diferentes potências resistivas (1000, 1200 e 1500 watts). Em seguida foi feito a substituição do carburador original pelo carburador tipo venturi dimensionado e os ensaios foram repetidos. Logo depois voltamos a ensaiar o motor com o carburador original adaptado para biogás e finalizando o trabalho foram feitos novos ensaios do motor e dessa vez com a bobina que gera a corrente elétrica para a

centelha do motor deslocada em + 4,82° em relação ao ponto original especificado pelo fabricante, avançando-se assim o ponto de ignição do motor.

Associada ao carburador a biogás, foi utilizado uma válvula de fluxo de baixa pressão, que possibilita controlar a vazão de biogás na entrada do carburador, permitindo o fluxo somente no tempo de admissão do motor, quando a pressão cai no venturi. O motor foi alimentado com biogás *in natura* vindo diretamente do biodigestor, passando somente pelo filtro de H₂S.

Nos ensaios do conjunto motogerador utilizando o carburador original do motor adaptado para operar com biogás, foi feito um orifício no venturi do mesmo, no qual adaptou-se um bocal com diâmetro interno de 5 mm para a alimentação de biogás.

Nos ensaios feitos com o avanço na centelha em +4,82°, buscou-se obter melhor desempenho do motor, a exemplo do que cita Barbosa (1990).

Para as avaliações do conjunto gerador, utilizou-se um multímetro para a medida da tensão e corrente e para a medida de rotação, utilizou-se um tacômetro digital com sensor reflectivo, que foi instalado no volante do motor.

RESULTADO E DISCUSSÃO: Os gráficos a seguir permitem visualizar o desempenho do conjunto motogerador com cargas variáveis nas seguintes situações: motor operando com o carburador original a gasolina, motor operando com o carburador tipo venturi dimensionado para biogás e motor operando com o carburador original adaptado para biogás.

Ensaio do conjunto motogerador acionado a gasolina

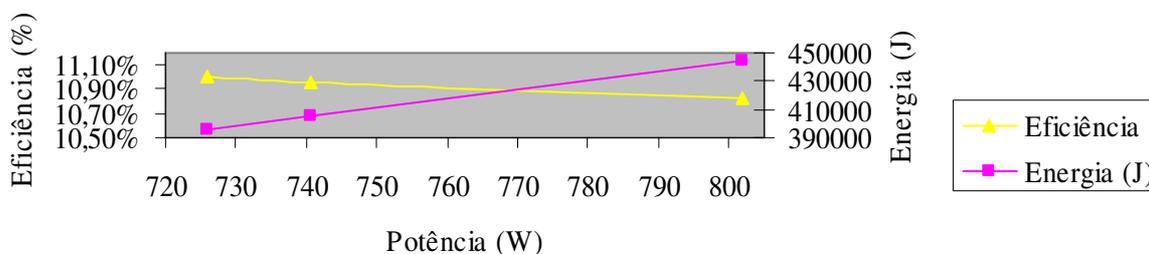


Figura 1 – Potência gerada do motor, eficiência e energia.

Ensaio do conjunto motogerador acionado a biogás (carburador tipo venturi dimensionado)

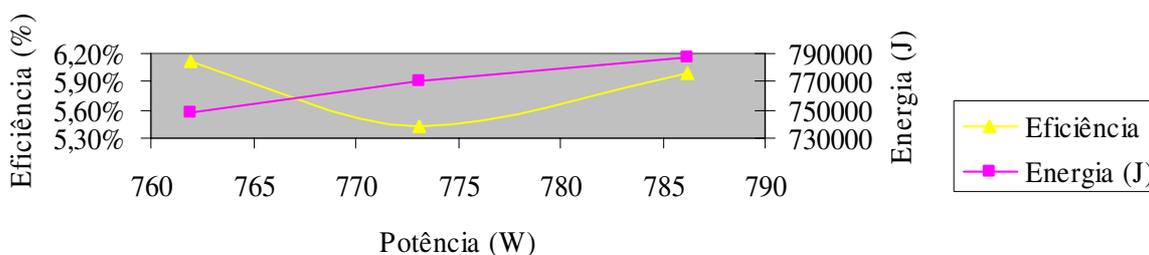


Figura 2 - Potência gerada, eficiência e energia (carburador dimensionado).

Ensaio do conjunto motogerador acionado a biogás (carburador original adaptado)

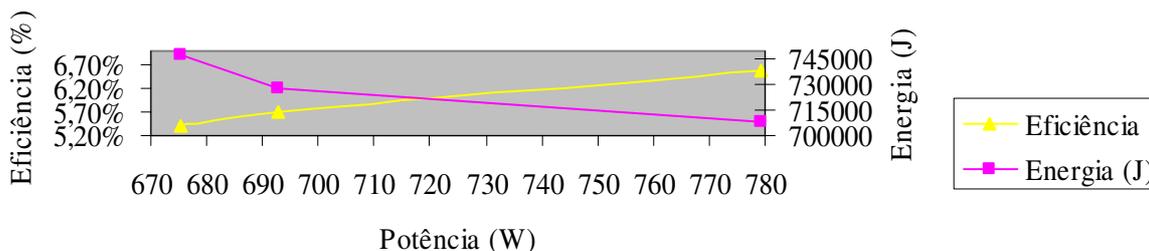


Figura 3 - Potência gerada, eficiência e energia (Carburador original adaptado).

Ensaio do conjunto motogerador acionado a biogás (carburador original adaptado com centelha avançada)

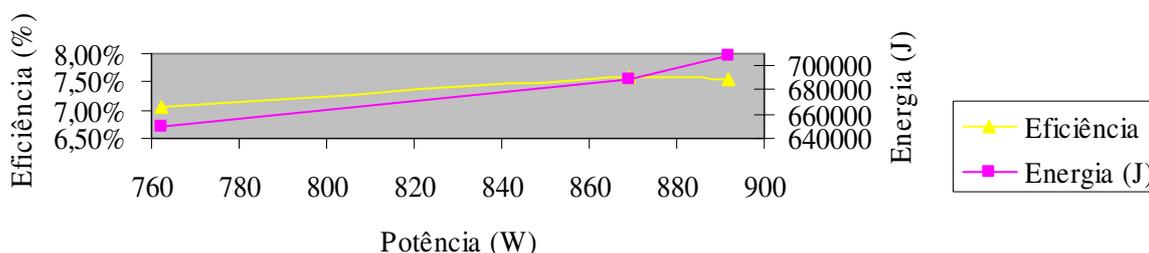


Figura 4 - Potência gerada, eficiência e energia (Carburador original adaptado e com avanço da centelha)

Mesmo considerando o conjunto motogerador alimentado a biogás através do carburador original adaptado, apresentou um desempenho inferior ao carburador tipo venturi dimensionado, observa-se que a eficiência média do conjunto foi praticamente a mesma, 5,95% e 5,75% respectivamente.

Outro fator que deve ser considerado para o carburador original adaptado é a possibilidade de operar o motor tanto com biogás como com gasolina e esta versatilidade foi útil, sobretudo na partida a frio do motor. Para o carburador tipo venturi dimensionado, a partida do motor com biogás foi difícil, necessitando de injeção suplementar de gasolina. No caso do carburador original adaptado, a partida do motor foi feita com gasolina, mantendo-se a alimentação de biogás fechada. Após o motor estabilizar a rotação, gradativamente o fluxo de gasolina foi cortado e o de biogás aberto, o que tornou a partida mais fácil e a estabilização da rotação do motor mais rápida.

Considerando este fator da partida a frio mais facilitada e, ainda, a fácil adaptação do carburador original, optou-se por esta proposta de alimentação do motor a biogás, buscando melhor o seu desempenho.

A exemplo da citação de BARBOSA (1990), buscou-se operar o motor com biogás utilizando o carburador original adaptado, alterando-se o ponto de ignição, avançado a centelha, cujos resultados são demonstrados pelo Figura 4.

CONCLUSÃO: Para o conjunto alimentado com gasolina, obteve-se potência ativa média de 756,17 W, com tensão de 109 V e eficiência de 10,93%.

Para o conjunto alimentado a Biogás, utilizando o carburador tipo venturi dimensionado, a potência ativa média observada foi de 773,77 W, com tensão de 103 V e eficiência de 5,84%.

Para o conjunto alimentado com Biogás, utilizando o carburador original adaptado, a potência ativa média observada foi de 715,86 W, com tensão de 99 V e eficiência de 5,91%.

Para o conjunto alimentado com Biogás, utilizando o carburador original adaptado, operando com centelha avançada, a potência observada foi de 841,13 W, com tensão de 100,9 V e eficiência de 7,39%. Com o avanço da centelha do motor de +4,82° em relação ao ponto original, obteve-se um aumento de potência ativa média de 17,50% em relação ao ensaio com o carburador adaptado com a centelha no ponto original e a eficiência do conjunto aumentou de 5,91% para 7,39%.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

- BARBOSA, C. R. F.; **Otimização da curva de avanço de centelha de um motor otto bicombustível alimentado com gás natural comprimido.** 1990. 99p. Dissertação (Mestrado em Engenharia mecânica) - Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- MITZLAFF, K. VAN, **Engines for biogas.** Viesbaden, Veiweg, 1988 133p.
- ORTIZ-CAÑAVATE, J.; HILLS, D.J.; CHANCELLOR, W.J. **Diesel engine modification to operate on biogas.** *Trans. ASAE*, p.808-13, 1981.
- SILVA, F.M. **Sistema de alimentação de motores a duplo combustível-metano e diesel.** 1995. 121p. Tese (Doutorado em Engenharia mecânica) - Faculdade de Engenharia de São Carlos/USP.