



## **EFICIÊNCIA DE UM MOTOR DE COMBUSTÃO INTERNA OPERANDO COM BIOGÁS**

Silvio Carlos Anibal de Almeida, [silvioa@gmail.com](mailto:silvioa@gmail.com)<sup>1</sup>  
Paulo Vitor do Vale Pereira, [paulovitor\\_p@poli.ufrj.br](mailto:paulovitor_p@poli.ufrj.br)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Ilha do Fundão, CT - sala G-204, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21945-970.  
Telefax: 55-21-2562-8383; Tel.: 55-21-562-8388

<sup>2</sup> Departamento de Engenharia Mecânica - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Ilha do Fundão, CT - sala G-204, Rio de Janeiro, RJ, Brasil. CEP: 21945-970.  
Telefax: 55-21-2562-8383; Tel.: 55-21-562-8388

### *Resumo:*

*A recente busca para substituir combustíveis fósseis por fontes de energia renováveis e sustentáveis aumentou o interesse na utilização de biocombustíveis. Esse interesse é justificado pela preocupação com o meio ambiente, principalmente em relação ao efeito estufa, provocado pela queima de combustíveis fósseis, e pelo alto custo do petróleo nos dias atuais.*

*O biogás é produzido a partir da decomposição anaeróbia de matéria orgânica, sendo composto basicamente por metano e dióxido de carbono, além de algumas impurezas, tal como o ácido sulfídrico, que confere ao biogás um odor desagradável. Normalmente, o biogás é queimado para evitar que o metano seja lançado diretamente na atmosfera, pois, em relação ao efeito estufa, o metano é cerca de 20 vezes mais nocivo do que o dióxido de carbono. Atualmente, o biogás vem sendo usado como combustível para motores de combustão interna.*

*O objetivo do presente trabalho é avaliar o desempenho de um motor de combustão interna utilizando biogás como combustível. Comparado com o gás natural, o biogás possui poder calorífico inferior menor, e portanto, menor rendimento. Entretanto, com algumas modificações no motor, tais como avanço da ignição e aumento na taxa de compressão, é possível melhorar consideravelmente a eficiência do motor operando com biogás, e obter valores bem próximos à eficiência deste mesmo motor quando utiliza gás natural como combustível.*

*Palavras-chave: biocombustíveis, biogás, eficiência*

### **1. INTRODUÇÃO:**

Os problemas ambientais causados pelo uso de combustíveis fósseis, como por exemplo a poluição e o aquecimento global, intensificaram a pesquisa por fontes de energias renováveis e sustentáveis, visando diminuir a dependência em relação ao petróleo. Além disso, a necessidade da maioria dos países de importar petróleo, torna-os dependentes dos países produtores, causando um impacto negativo na economia desses países importadores, devido ao alto preço do petróleo no mercado internacional.

Algumas das mais importantes fontes renováveis de energia são a solar, a eólica, a geotérmica, os biocombustíveis e o biogás. Cada uma delas tem suas vantagens e desvantagens. A energia solar e a energia eólica, por exemplo, estão livremente disponíveis, mas são intermitentes e a exploração desses tipos de energia pode ter um custo elevado.

O biogás é um gás obtido a partir da decomposição anaeróbia de matéria orgânica. Sua composição consiste, basicamente, em metano e dióxido de carbono, de acordo com Bari et al (1996), contendo ainda pequenas quantidades de outros gases, como nitrogênio e ácido sulfídrico. Comparado com o dióxido de carbono, o metano é cerca de vinte vezes mais nocivo no que diz respeito ao efeito estufa. Geralmente, queima-se o biogás para evitar que o metano seja lançado na atmosfera. Entretanto, é possível usá-lo como combustível em motores de combustão interna de combustão por centelha, para gerar eletricidade. O presente trabalho mostra alguns aspectos da utilização do biogás como combustível, visando à construção de um banco de testes para analisar um motor de 60 kW operando com biogás produzido em uma estação de tratamento de esgoto. Os resultados apresentados neste trabalho foram retirados de dois trabalhos publicados (Huang, 1998 e Shrestha, 2008).

## 2. PROCEDIMENTOS EXPERIMENTAIS:

Em Shrestha et al (2008) foi utilizado um motor experimental do tipo CFR (*Cooperative Fuel Research*), cilindro único de ignição por centelha. As características mais importantes desse tipo de motor são: taxa de compressão variável (4:1 – 16:1), avanço na ignição variável e rotação constante. O avanço da ignição pode ser variado dentro de uma faixa do ângulo de manivela de 40° antes do ponto morto superior até 40° depois do ponto morto superior. A velocidade constante de rotação é de 600 rotações por minuto.

O biogás utilizado no experimento foi obtido a partir da mistura de seus componentes. Os gases usados para simular o biogás foram metano, dióxido de carbono e nitrogênio. Esses gases foram misturados ao ar atmosférico, em uma câmara de mistura, produzindo uma mistura homogênea que era admitida pelo motor. A temperatura e a pressão de admissão foram constantemente monitoradas durante os experimentos. A configuração experimental é mostrada na figura 1.

Em Huang et al (1998) foi utilizado um motor experimental do tipo Ricardo E6, com características semelhantes às características do motor CFR descritas acima, exceto a velocidade de rotação do motor, que pode ser variada. O biogás utilizado nesta experiência foi produzido adicionando-se dióxido de carbono ao gás natural.

## 3. RESULTADOS:

Para efeitos de comparação, o motor foi testado com gás natural, também simulado, que é composto por, aproximadamente, 90% de metano. Hoje em dia, o gás natural é largamente usado como combustível em motores de combustão interna para a geração de eletricidade. A potência gerada pelo motor operando com gás natural foi medida em função do  $\lambda$  (razão de equivalência), para diferentes taxas de compressão e diferentes avanços da ignição, como mostram as Figs. 1 e 2, respectivamente.

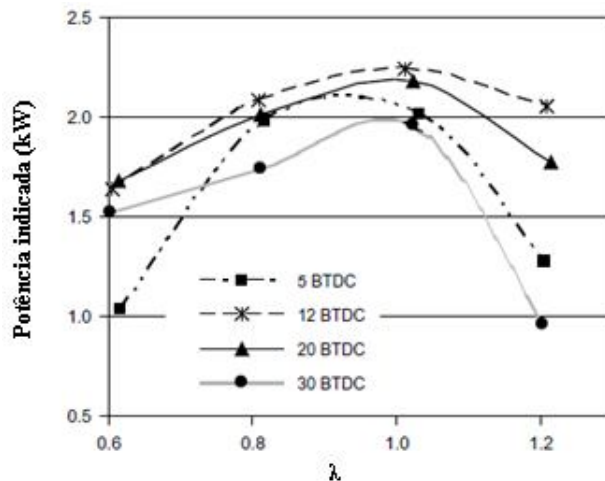


Figura 1: potência vs.  $\lambda$  para diferentes avanços da ignição em um motor CFR operando com gás natural, a uma taxa de compressão de 8.5:1, temperatura de admissão 303 K, pressão de admissão 98 kPa e 600 rpm (Shrestha, 2008)

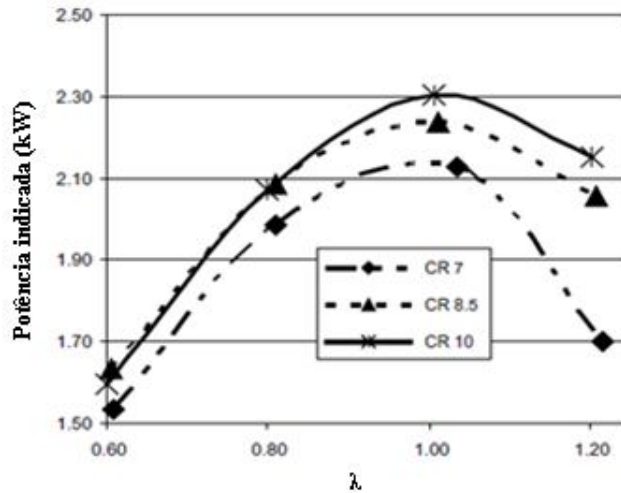


Figura 2: potência vs.  $\lambda$  para diferentes taxas de compressão em um motor CFR operando com gás natural, com avanço da ignição de  $12^\circ$  antes do ponto morto superior, temperatura de admissão 303 K, pressão de admissão 98 kPa e 600 rpm (Shrestha, 2008)

Como é possível perceber, o melhor resultado obtido foi para um avanço da ignição de  $12^\circ$  antes do ponto morto superior, taxa de compressão igual a 10:1 e  $\lambda$ , aproximadamente, igual a 1. É importante observar também que a potência aumentava conforme o aumento da taxa de compressão para todas as faixas de valores de  $\lambda$ . Não foi possível realizar experimentos com taxas de compressão maiores que 10:1, pois ocorria detonação do combustível.

Usando o biogás como combustível, foram realizados experimentos semelhantes ao anterior. A composição média do biogás utilizado foi: 53% de metano, 42% de dióxido de carbono e 5% de nitrogênio. Os resultados são apresentados a seguir.

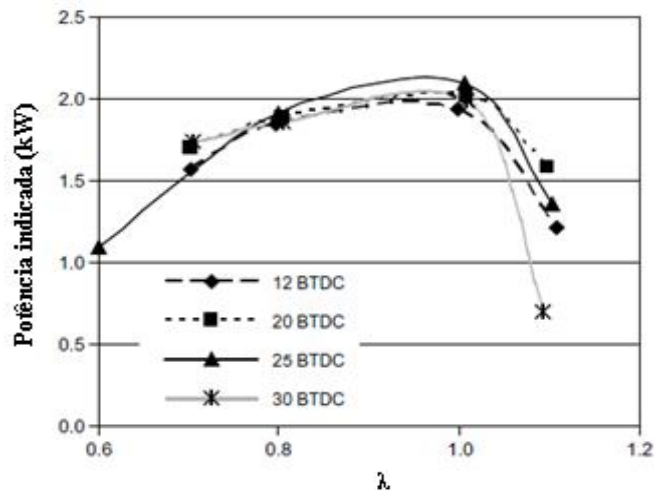


Figura 3: potência vs.  $\lambda$  para diferentes avanços da ignição em um motor CFR operando com biogás, a uma taxa de compressão de 8.5:1, temperatura de admissão 303 K, pressão de admissão 98 kPa e 600 rpm (Shrestha, 2008)

A Figura 3 mostra que para valores de  $\lambda$  maiores que 1.1, não ocorre combustão. Isso acontece porque, conforme o valor de  $\lambda$  aumenta, a quantidade de ar diminui, tornando impossível a combustão. Além disso, o dióxido de carbono e o nitrogênio, por serem inertes, atuam como gases diluentes, ou seja, reduzem a energia térmica proveniente da reação química.

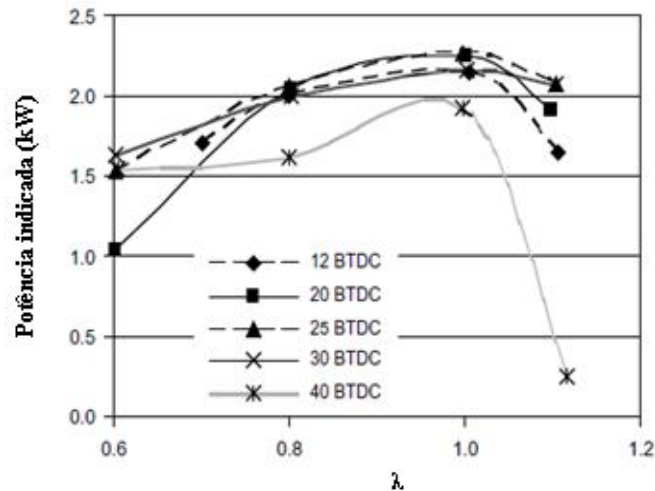


Figura 4: potência vs.  $\lambda$  para diferentes avanços da ignição em um motor CFR operando com biogás, a uma taxa de compressão de 12:1, temperatura de admissão 303 K, pressão de admissão 98 kPa e 600 rpm (Shrestha, 2008)

A Figura 4 mostra o resultado de um experimento realizado utilizando o biogás como combustível. Neste experimento, a taxa de compressão foi elevada de 8.5:1 para 12:1. Constata-se a significativa melhora na potência do motor com o aumento da taxa de compressão. Percebe-se, ainda, que os melhores resultados foram obtidos para avanços da ignição igual a 25° antes do ponto morto superior e para  $\lambda$  em torno de 1.

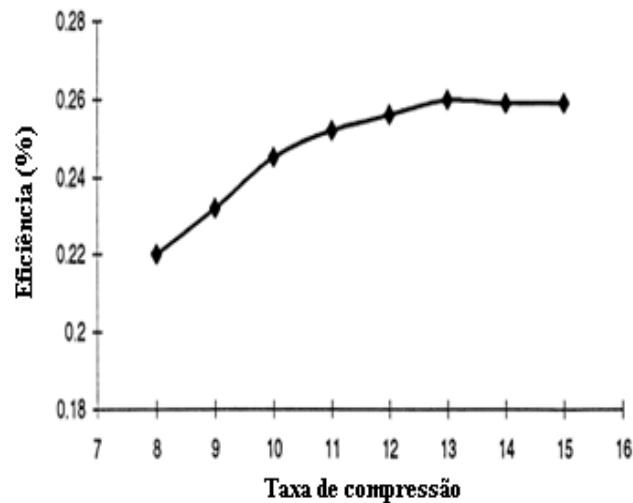


Figura 5: eficiência vs. taxa de compressão em um motor Ricardo E6 operando com biogás a 2500 rpm (Huang, 19988)

A Figura 5 mostra os resultados de um experimento realizado, utilizando biogás como combustível. No caso do biogás, é possível atingir valores da taxa de compressão mais altos do que no caso do gás natural. Este fato ocorre porque os gases inertes, dióxido de carbono e nitrogênio atuam como antidetonantes. Para taxas de compressão maiores que 14, o biogás sofre detonação. Analisando os resultados deste experimento, percebe-se que o aumento da taxa de compressão a partir de 13:1 não apresenta melhorias significativas na potência do motor.

Outro aspecto importante que deve ser avaliado é a emissão de gases decorrente da combustão do biogás. A figura 6 mostra a relação entre as emissões de  $\text{NO}_x$ , hidrocarbonetos não queimados e monóxido de carbono em função da taxa de compressão.

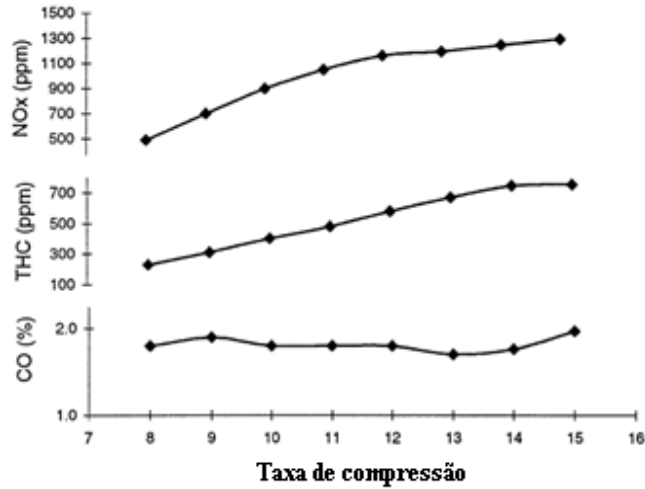


Figura 6: emissões de NO<sub>x</sub>, hidrocarbonetos não queimados (THC), e monóxido de carbono vs. taxa de compressão em um motor operando com biogás a 2500 rpm (Huang, 1998)

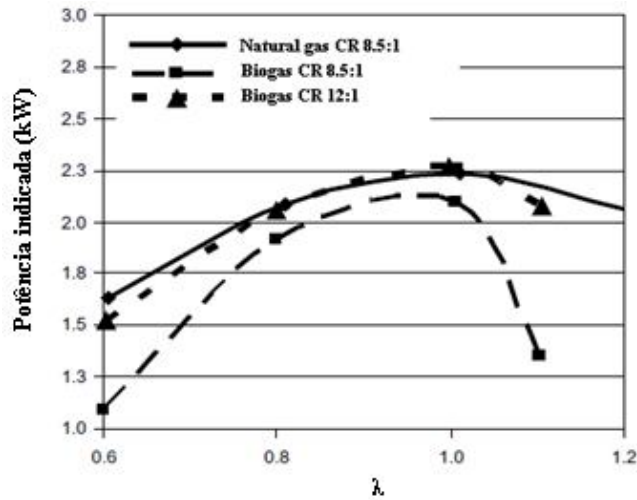


Figura 7: potência vs.  $\lambda$  para o metano e o biogás em um motor CFR, temperatura de admissão 303 K, pressão de admissão 98 kPa e 600 rpm (Shrestha, 2008)

A Figura 7 mostra a comparação dos resultados obtidos utilizando o gás natural e o biogás como combustíveis. Nota-se que a potência gerada por estes dois tipos de combustíveis pode apresentar valores bem próximos.

#### 4. CONCLUSÕES:

A partir dos experimentos realizados, é possível concluir que o biogás, uma fonte de energia renovável, pode substituir o gás natural como combustível em motores de combustão interna de ignição por centelha para a geração de eletricidade, sem perdas significativas de potência.

Quando usado quando combustível em motores de combustão interna, o biogás apresenta menor rendimento comparado ao gás natural, pois o poder calorífico inferior do biogás é menor. Entretanto, é possível mostrar, através dos resultados apresentados neste trabalho, que com pequenas modificações no motor, como avanço da ignição e aumento da taxa de compressão, pode-se aumentar de maneira significativa a potência do motor, obtendo valores próximos à potência gerada por este mesmo motor quando utiliza gás natural como combustível.

Apesar de apresentar algumas desvantagens, como por exemplo a composição química extremamente variável, o biogás constitui uma fonte alternativa de energia capaz de substituir, eficientemente, o gás natural utilizado atualmente nos motores de combustão interna. Dessa forma, é possível diminuir os efeitos danosos causados pelo efeito estufa e, conseqüentemente, pelo aquecimento global.

#### 5. REFERÊNCIAS:

- Huang, Jingdang e Crookes, R. J., 1998, "Assessment of simulated biogas as a fuel for the spark ignition engine". *Elsevier Science, Fuel Vol. 77*, No. 15, pp. 1793–1801.
- Bari, S., 1996, "Effect of carbon dioxide on the performance of biogás/diesel duel-fuel engine". *Renewable Energy*, 9, pp. 1007-1010
- Shrestha, S. O. Bade e Narayanan, G., 2008, "Landfill gas – A fuel for SI engines". *Elsevier Science, Fuel Vol. 87*, pp. 3616-3626.

## 6. DIREITOS AUTORAIS

### PERFORMANCE OF AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE FUELLED BY BIOGAS

Silvio Carlos Anibal de Almeida, [silvioa@gmail.com](mailto:silvioa@gmail.com)<sup>1</sup>  
Paulo Vitor do Vale Pereira, [paulovitor\\_p@poli.ufrj.br](mailto:paulovitor_p@poli.ufrj.br)<sup>2</sup>

<sup>1</sup> Mechanical Engineering Department - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Ilha do Fundão, CT - room G-204, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Zip Code: 21945-970.  
Telefax: 55-21-2562-8383; Tel.: 55-21-562-8388

<sup>2</sup> Mechanical Engineering Department - Universidade Federal do Rio de Janeiro  
Ilha do Fundão, CT - room G-204, Rio de Janeiro, RJ, Brazil. Zip Code: 21945-970.  
Telefax: 55-21-2562-8383; Tel.: 55-21-562-8388

#### Abstract:

The recent quest to replace fossil fuels with renewable and sustainable energy sources has increased interest on utilization of landfill and bio gases. It is further augmented due to environment concerns and global warming caused by burning of conventional fossil fuels, energy security concerns and high cost of crude oil, and renewable nature of these gases. The main portion of biogas is comprised of methane and carbon dioxide with some other gases in small proportions. Methane if released directly to the atmosphere causes about 21 times global warming effects than carbon dioxide. Thus biogas is generally flared, where the energy recovery is not in place in practice. Using biogas to generate energy not only encourages more efficient collection reducing emissions into the atmosphere but also generates revenues for operators and local governments. However, use of biogases for energy production is not always perceived as an attractive option because of some disadvantages. Thus it becomes necessary to address these disadvantages involved by studying biogases in a technological perspective and motivate utilization of biogas for future energy needs.

This paper discussed biogas as a fuel for a spark ignition engine to produce power in an effective way. It has been shown that though the performance and combustion characteristics of the biogas fueled engine deteriorated in comparison with natural gas operation, increasing compression ratio and advancing spark timing improved the performance of the biogas operation in par with natural gas operation..

Key words: biofuels, biogás, performance

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho