

## **DESEMPENHO DE UM GRUPO GERADOR ACIONADO POR UM MOTOR DE CICLO DIESEL MOVIDOS COM MISTURAS DIESEL/BIODIESEL**

**Suedêmio de Lima Silva, suedemio@hotmail.com<sup>1</sup>**  
**Ana Luíza Lima Ferreira, analuizalf@hotmail.com<sup>1</sup>**  
**Joaquim Odilon Pereira, jodilon@ufersa.edu.br<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, BR 110 – Km 47, Bairro Pres. Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró-RN

**Resumo:** *A escassez de recursos naturais, aliada à preocupação ambiental, força o homem a desenvolver alternativas energéticas provenientes de fontes renováveis e biodegradáveis. Neste contexto o biodiesel surge como uma opção de substituição do diesel mineral. Este trabalho teve como objetivo avaliar o desempenho de um grupo gerador trifásico com potência nominal de 20 kVA acionado por um motor de ciclo diesel movido com diesel mineral B0 e misturas de diesel x biodiesel B25, B50, B75 e B100, em percentual de volume de biodiesel. O grupo gerador foi submetido a uma carga constante equivalente as correntes por fase de 5, 10, 15, 20 e 30 A para cada mistura, com duração de 5 minutos cada ensaio. Com o medidor de grandezas elétricas foram monitorados a cada segundo os dados de tensões e correntes máxima e mínima, potência ativa total e potência reativa total. Os dados gerados por medidores de fluxo e rotação do motor foram monitorados e armazenados em um sistema de aquisição de dados computadorizado, micrologger CR 23X da Campbell Scientific. Para a aplicação de carga utilizou-se um sistema composto por uma solução salina acondicionado em reservatório com capacidade de 170 litros e três hastes de cobre igualmente espaçadas fornecendo um valor de carga semelhante para cada fase. Os menores valores do consumo horário de combustível foram obtidos para o B100, em todos os tratamentos e em todas as correntes analisadas, já os maiores valores foram verificados nas misturas B50 para as correntes de 15, 20 e 30 A e B75 para as correntes de 5 e 10 A. As tensões em cada fase apresentaram variações menores que 10% em todas as correntes analisadas. A máxima potência obtida foi para a corrente de 30 A por fase na mistura B0.*

**Palavras-chave:** *biodiesel, grupo gerador, consumo de combustível, geração de energia.*

### **1. INTRODUÇÃO**

É indiscutível que a energia elétrica é um bem de primeira necessidade. Contudo, sua obtenção tornou-se cada vez mais cara, uma vez que proporciona um esgotamento ambiental. Desta forma, é imprescindível que a Comunidade Científica preocupe-se em propor novas fontes alternativas de combustíveis renováveis.

A busca por fontes alternativas de energia elétrica vem se destacando ultimamente em nosso meio como uma das principais discussões do futuro. É fato que, os meios atuais de energia não existirão sempre, fazendo com que a pesquisa por outras maneiras e/ou métodos para obtê-la se torne de grande relevância para a sociedade.

Todos os setores econômicos de uma sociedade buscam a melhor forma de equilíbrio entre economia e meio ambiente, contudo no setor energético o discurso não é diferente. As maiores fontes energéticas brasileiras são as usinas hidrelétricas, elas são responsáveis por cerca de 95% de toda energia produzida no Brasil. Mas, durante seu projeto de implantação, são causadoras de inúmeras agressões ao meio ambiente e a sociedade do ponto de vista sócio-cultural.

Este trabalho tem como objetivo avaliar o desempenho de um grupo-gerador elétrico com potência de 20 kVA, movido com misturas de diesel/biodiesel (B25, B50, B75 e B100), determinando as misturas que apresentam menor relação de consumo de combustível por kW gerado com as menores taxas de emissões.

No Brasil, entre as décadas de 70 e 80, houve uma tentativa de substituição do óleo diesel mineral por óleos vegetais em motores automotivos. Para que essa tentativa tivesse alcançado o resultado esperado eram necessárias duas alterações distintas: a utilização de motores especiais (como o Elsbett) ou a transesterificação do óleo vegetal, que resulta da reação do óleo vegetal com álcool metílico ou etílico, obtendo assim o biodiesel. Porém, essas duas alterações possuem elevados custos e com a estabilidade no preço do petróleo chegou-se a conclusão que não valeria a pena continuar com a substituição do óleo mineral pelo óleo vegetal. Motores estacionários, como de grupos geradores, possuem rotação constante e baixa (1800rpm) e estão sujeitos a menos variação de carga em relação aos motores automotivos, o que torna menos problemático o uso de biocombustíveis (SOARES et. al, 2000).

Segundo PARENTE (2003), o biocombustível apresenta algumas características físicas e químicas parecidas com o óleo diesel, tais: equivalência do índice de cetano, maior viscosidade, maior ponto de inflamação, valor calórico um pouco inferior, é menos poluente por apresentar ausência de enxofre, aromáticos, menos emissão de fumaça e de monóxido de carbono. No entanto, o biocombustível apresenta em torno de 10% a mais de gases  $\text{NO}_x$  em relação ao óleo diesel. Os gases  $\text{NO}_x$  estão relacionados com a formação do ozônio troposférico. Mas, considerando a existência dos conversores catalíticos, este problema é minimizado tendo em vista que os gases  $\text{NO}_x$  podem ser transformados em  $\text{N}_2$  e  $\text{CO}_2$  (PARENTE, 2003).

Para KNOTHE et al. (2006), metade das fontes de energia utilizadas atualmente provém de matéria-prima não renovável, como petróleo e gás natural. O óleo diesel é o combustível que apresenta maior demanda mundial, sendo utilizado em vários setores da sociedade, principalmente no transporte doméstico e industrial. Além das restrições econômicas relacionadas à ampla utilização deste combustível, diversos problemas ambientais, como chuva ácida e efeito estufa, são decorrentes dos gases emitidos na sua queima, como o  $\text{CO}_2$ ,  $\text{SO}_x$  e  $\text{NO}_x$ .

Estas questões impulsionam a pesquisa na viabilização de fontes de energia renováveis, biodegradáveis, não tóxicas ao meio ambiente e economicamente viáveis. O biodiesel é um combustível renovável e biodegradável, com emissões isentas de compostos sulfurados, substâncias tóxicas e cancerígenas, emitindo 90% menos fumaça que o diesel mineral. Sua obtenção é realizada a partir da transesterificação de óleos vegetais, com características físico-químicas similares às do diesel mineral (PARENTE, 2005; ROCHA et al., 2008).

TORRES et al. (2006), avaliaram um motor estacionário do ciclo diesel, marca AGRALE, modelo M-85 tipo estacionário, monocilindro, com potência NF (NBRISO 1585) Cv/kW/rpm 10/7,4/2500, tendo como combustíveis o diesel fóssil e o biodiesel. Foram elaboradas as curvas características de potência, torque e emissões versus rotação do motor. O levantamento destas curvas foi realizado no laboratório de Energia e Gás da Escola Politécnica da UFBA. As emissões dos gases ( $\text{CO}$ ,  $\text{CO}_2$ , e  $\text{NO}_x$ ), foi medido pelo analisador marca Tempest, modelo 100. O motor operou com óleo diesel e biodiesel de óleos e gorduras residuais (OGR). Nos testes, não foi detectado diferenças significativas quanto a utilização dos combustíveis derivados de petróleo e dos obtidos a partir de OGR. Nesta fase já se pode mostrar a possibilidade imediata da substituição do óleo diesel pelo biodiesel como combustível nos motores estacionários de baixa potência.

CORRÊA et al. (2008), avaliaram o uso de misturas de biodiesel de girassol (*Helianthus annuus L.*) e diesel no desempenho de um motor de ignição por compressão, injeção direta. Os ensaios foram realizados em bancada dinâmométrica utilizando-se as misturas B5, B10, B20 e B100 em comparação ao diesel (D). Os resultados obtidos foram: D (40,7 kW; 271 g/kW.h); B5 (40,3 kW; 271 g/kW.h); B10 (39,8 kW; 277 g/kW.h); B20 (40,0 kW; 277 g/kW.h) e B100 (39,8 kW; 291 g/kW.h). Concluiu-se que o uso das misturas B5, B10, B20 e B100 proporcionou redução de no máximo 2,2 % na potência na TDP e um aumento máximo de 7,3 %, no consumo específico de combustível. A análise do óleo lubrificante, antes e após o uso com B100, detectou alterações aceitáveis, sendo a viscosidade, a presença de água e o teor de ferro os parâmetros mais expressivamente alterados.

CASTELLANELLI et al. (2008), avaliaram o torque, a potência e o consumo específico de um motor de ciclo diesel, de injeção direta, em bancada dinâmométrica movido com diesel mineral e misturas de diesel/éster etílico de soja nas proporções: B2, B5, B10, B20, B50, B75 e B100. As misturas B2, B5, B10 apresentaram desempenho semelhante ao diesel mineral, enquanto que a mistura B20 apresentou desempenho superior. As misturas B50 e B75 apresentaram quedas graduais no desempenho do motor e os piores resultados foram obtidos para o biodiesel puro (B100).

## 2. MATERIAL E MÉTODOS

Os ensaios foram realizados com um Grupo-gerador diesel WEG - 20KVA; acionado por um motor de ciclo diesel, alimentado com diesel mineral (B0) e misturas de diesel x biodiesel de soja nas proporções em volume de 25, 50, 75 e 100% (B25, B50, B75 e B100). Para cada mistura ensaiou-se o gerador para as correntes pré-fixadas de 5, 10, 15, 20 e 30 A.

Utilizou-se nos ensaios biodiesel de soja. As misturas foram feitas para um recipiente com volume total de 5 litros.

**Tabela 1. Diesel mineral e misturas diesel x biodiesel preparados para os ensaios.**

<i>Misturas (em percentual de biodiesel)</i>		
<i>Volume Preparado (L)</i>	<i>5,00</i>	
	<i>Diesel</i>	<i>Biodiesel</i>
B0	5,00	0,00
B25	3,75	1,25
B50	2,50	2,50
B75	1,25	3,75
B100	0,00	5,00

Para gerar carga ao sistema utilizou-se um barril com capacidade de 200 L, no qual foi preparada 170 L de uma solução salina, , figura. O valor da impedância da solução variou conforme a profundidade das hastes de cobre, pois

quanto maior a superfície de contato com a água, maior era sua condição para condução de corrente. A quantidade de sal na água implica diretamente na característica de condutibilidade, pois o cloreto de sódio libera seus íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , auxiliando na circulação dos elétrons no meio.



**Figura 1 – Galão contendo solução salina**

Para a simulação da carga, foram utilizadas as hastes de cobre, conectores e carretel. O carretel figura 2, tem a função de apoio para fixação das hastes para que as mesmas fiquem separadas entre si e a igual distância, fornecendo um valor de carga semelhante para cada fase. Cada haste será conectada a uma única fase utilizando-se cabo com área de seção transversal de  $10 \text{ mm}^2$ .

Todo o conjunto será imerso em uma solução salina, simulando a carga a ser aplicada ao sistema, podendo ser ajustada conforme sua profundidade.

O valor de impedância da carga varia conforme a profundidade das hastes de cobre, pois quanto maior a superfície de contato com a água, maior era sua condição para condução de corrente. A quantidade de sal na água implica diretamente na característica de condutibilidade, já que o cloreto de sódio libera seus íons  $\text{Na}^+$  e  $\text{Cl}^-$ , auxiliando na circulação dos elétrons no meio.



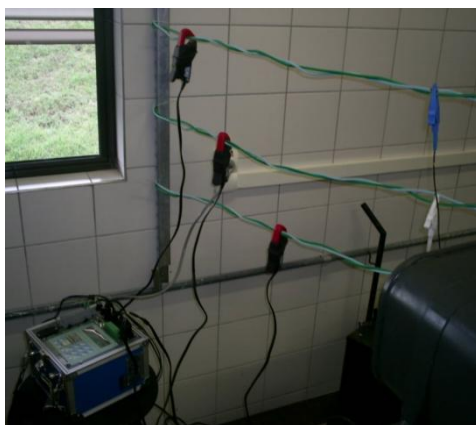
**Figura 2 – Carretel e hastes de cobre ligadas as fases**

Para monitorar e armazenar com frequência de 1Hz os dados de tensões e correntes (A, B e C), tensões máximas e mínimas, potências totais ativa e reativa e frequência utilizou-se um medidor de grandezas elétricas figura 3. O sistema dispõe de três pinças, as quais foram conectadas uma em cada fase do gerador.

Para avaliação do gerador, foram definidos valores de cargas e potências. Cada mistura de combustível passou pelos mesmos procedimentos em relação à variação de carga.

Ao darmos partida no sistema, com o auxílio de um alicate-amperímetro, tomou-se o valor de corrente de uma das fases, e, mergulhando-se o sistema de hastes na solução de água e sal, resultou em uma corrente, relacionada diretamente com a profundidade das hastes. Assim, foram estabelecidos os seguintes valores de correntes para os ensaios: 5, 10, 15, 20 e 30 A por fase.

O ensaio foi realizado de maneira contínua, isto é, ao variar o valor da corrente, o sistema continuou em funcionamento, e foram mergulhadas as hastes na solução salina, até obter o valor da corrente desejada. Os dados capturados durante esta mudança foram descartados para análise dos resultados. Os ensaios tiveram duração de 60 segundos, sendo repetido uma vez.



**Figura 05 – Medidor de grandezas elétricas**

Utilizou-se um sistema de aquisição de dados computadorizado marca *Campbell Scientific*, modelo CR23X para monitoramento e armazenamento temporário dos dados gerados pelos sensores de rotação e combustível consumido. Todos os transdutores foram alimentados pela bateria do coletor de dados.

Foi elaborado um programa, em linguagem específica do coletor de dados para monitorar e gravar continuamente todos os dados gerados pelos sensores/transdutores a uma frequência de 10 Hz. Os dados armazenados temporariamente no coletor de dados foram posteriormente transferidos via porta de comunicação serial para um computador para posteriormente serem processados e analisados.

Para monitorar o consumo de combustível foram utilizados dois fluxômetros inseridos um depois do filtro primário, medindo a quantidade de combustível que entra na bomba injetora, e o outro instalado na linha de retorno dos bicos injetores para o tanque, medindo o combustível que não foi consumido. O consumo foi calculado pela diferença do volume que entrou na bomba injetora menos o que retornou para o tanque, sendo o valor final expresso em L/h.

Para controlar a rotação do gerador em 1800 rpm, foi construído um controlador eletrônico de rotação, utilizando-se um microcontrolador da família PIC, modelo PIC 18F452, programado para receber o sinal de um sensor indutivo, o qual monitora a rotação do motor e aciona um motor de passo acoplado ao sistema de débito da bomba injetora, podendo aumentar ou diminuir o débito da bomba de forma que a rotação permaneça sempre em 1800 rpm, com uma variação de  $\pm 10$  rpm. Este controlador é necessário para manter a tensão e a frequência gerada dentro dos padrões aceitáveis para as máquinas a serem acionadas.

### 3. RESULTADOS E DISCUSSÃO

A partir dos dados armazenados durante os ensaios observamos na tabela 1, que os maiores consumos horários foram verificados para a corrente de 30 A, como era de se esperar, pois a carga imposta ao sistema é máxima. Observa-se que os menores valores de consumo foram verificados para o B100 em todas as correntes analisadas. A diferença entre os consumos máximo e mínimo para cada corrente variou de 36,8 a 53,6%.

**Tabela 2. Consumos horários (L/h) e potência gerada (kW) obtidos para todas as misturas e correntes ensaiadas.**

Misturas	Correntes (A)				
	5	10	15	20	30
B0	5,88	5,01	6,24	6,12	8,19
B25	4,17	4,44	4,95	5,22	6,54
B50	5,31	6,96	8,73	9,12	9,45
B75	7,59	8,22	8,52	8,37	8,61
B100	4,14	3,81	4,29	4,92	5,97

Analisando os dados mostrados na tabela 3 observa-se um aumento no valor da tensão para valores de corrente acima de 10 A variando de 8,0 a 9,1%, estando dentro dos valores aceitáveis. Os valores de tensão obtidos para a corrente de 30 A foram os maiores, sendo explicado pelos valores de corrente total gerado, ultrapassando a capacidade nominal do gerador que era de 90 A. A diferença obtida entre as correntes máxima e mínima para cada ensaio em todas as misturas apresentaram valores variando entre 1,2 e 2,1 %.

**Tabela 3. Tensões (V) e correntes (A) obtidas para as misturas e correntes ensaiadas.**

Misturas	Correntes (A)				
	5	10	15	20	30

	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente	Tensão	Corrente
B0	222,3	17,25	220,2	32,72	225,6	50,22	231,1	64,65	239,7	99,35
B25	217,6	18,84	219,3	36,23	224,1	53,34	228,0	65,65	239,0	89,58
B50	218,8	18,87	217,7	33,94	222,6	48,22	229,4	66,31	236,9	92,11
B75	219,8	19,77	218,6	34,58	223,9	51,61	230,0	66,55	237,6	92,22
B100	219,4	18,18	220,6	32,91	223,7	51,93	230,7	65,85	239,0	96,41

Os maiores valores de potência obtidos ocorreram para a corrente de 30 A, como pode ser observado na tabela 4, valores estes esperados já que os mesmos representam a capacidade máxima do grupo gerador. A diferença entre os valores máximos e mínimos para cada corrente em todas as misturas foram inferiores a 12%.

**Tabela 4. Potência gerada (kW)**

Misturas	Correntes (A)				
	5	10	15	20	30
B0	2,21	4,15	6,54	8,63	13,75
B25	2,36	4,58	6,90	8,64	12,39
B50	2,38	4,26	6,19	8,78	12,59
B75	2,51	4,36	6,67	8,94	12,66
B100	2,30	4,19	6,70	8,77	13,30
Máximo	2,51	4,58	6,9	8,94	13,75
Mínimo	2,21	4,15	6,19	8,63	12,39
Diferença (%)	12,0	9,4	10,3	3,5	9,9

Para analisar a eficiência das misturas utilizadas na geração de energia, calculou-se o consumo específico, L/kW. Pela tabela 5 verifica-se que os melhores resultados foram obtidos para o B25 e B100, os quais apresentaram os menores valores de consumo horário de combustível para produzir 1 kW de energia.

**Tabela 5. Consumo específico (L/kW)**

Misturas	Correntes (A)				
	5	10	15	20	30
B0	2,66	1,21	0,95	0,71	0,60
B25	1,77	0,97	0,72	0,60	0,53
B50	2,23	1,63	1,41	1,04	0,75
B75	3,02	1,89	1,28	0,94	0,68
B100	1,80	0,91	0,64	0,56	0,45

#### 4. CONCLUSÕES

O uso de biodiesel de soja se apresenta como uma opção econômica para a geração de energia.

As misturas B25 e B100 apresentaram os melhores valores de consumo específico, comparado com o diesel mineral, sendo, portanto, as mais econômicas.

O uso de B100 representa uma economia de até 55% quando comparado com o diesel mineral.

#### 5. REFERÊNCIAS

- PARENTE, E. J. S. **BIOCOMBUSTÍVEL: Uma Aventura tecnológica num país engraçado**. Fortaleza, CE, 30 de Março de 2003.
- SOARES, G. F.W., VIEIRA, L. S.R.; NASCIMENTO, M. V. G. "Operação de um grupo gerador diesel utilizando óleo vegetal bruto como combustível".. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 3., 2000, Campinas. **Proceedings online...** Available from: <[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022000000200048&lng=en&nr m=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022000000200048&lng=en&nr m=abn)>. Acesso em: 12 Mar. 2010.
- TORRES, Ednildo Andrade, SANTOS, Danilo Cardoso, SOUZA, Daniel Vidigal D. *et al.* Ensaio de motores estacionários do ciclo diesel utilizando óleo diesel e biodiesel(B100).. In: ENCONTRO DE ENERGIA NO MEIO RURAL, 6., 2006, Campinas. **Proceedings online...** Available from:

<[http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=MSC0000000022006000100057&lng=en&nr m=abn](http://www.proceedings.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=MSC0000000022006000100057&lng=en&nr m=abn)>. Acesso em: 12 Mar. 2010.

- CORRÊA, I. M.; MAZIERO, J. V. G.; ÚNGARO, M. R.; BERNARDI, J. A.; STORINO, M. “Desempenho de um motor diesel com misturas de biodiesel de óleo de girassol” Ciênc. agrotec., Lavras, v. 32, n. 3, p. 923-928, 2008
- KNOTHE, G.; GERPEN, J. V.; KRAHL, J.; RAMOS, L. P.; Manual de Biodiesel, Ed. Edgard Blucher: São Paulo, 2006.
- CASTELLANELLI, M.; SOUZA, S. N. M.; SILVA, S. L.; KAILER, E. K. Desempenho de motor ciclo diesel em bancada dinamométrica utilizando misturas diesel/biodiesel. Engenharia Agrícola, v.28, n.1, p.145-153, 2008
- ROCHA, D. Q.; BARROS, D. K.; COSTA, E. J. C.; SOUSA, K. S. S.; PASSO, R. R.; VEIGA JUNIOR, V. F.; CHAAR, J. S. Determinação da matéria-prima utilizada na produção do biodiesel adicionado ao diesel mineral através de monitoramento seletivo de íons. Química Nova, v. 31, n. 5, p.1062-1066, 2008

## 6. DIREITOS AUTORAIS

Os autores, Suedêmio de Lima Silva; Ana Luíza Lima Ferreira; e Joaquim Odilon Pereira, são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluído no seu trabalho.

### PERFORMANCE OF A GROUP GENERATOR DRIVEN BY A MOTOR CYCLE DIESEL BLENDS MOVED WITH DIESEL / BIODIESEL

Suedêmio de Lima Silva, [suedemio@hotmail.com](mailto:suedemio@hotmail.com)<sup>1</sup>  
Ana Luíza Lima Ferreira, [analuizalf@hotmail.com](mailto:analuizalf@hotmail.com)<sup>1</sup>  
Joaquim Odilon Pereira, [jdilon@ufersa.edu.br](mailto:jdilon@ufersa.edu.br)<sup>1</sup>

<sup>1</sup>Universidade Federal Rural do Semi-Árido, BR 110 – Km 47, Bairro Pres. Costa e Silva, CEP 59625-900, Mossoró-RN

**Abstract:** *The scarcity of natural resources, coupled with environmental concerns, forcing the man to develop alternative energy from renewable resources and biodegradable. In this context, the biodiesel comes as an option replacement of mineral diesel. This study aimed to evaluate the performance of a three-phase generator with ratings from 20 kVA powered by a diesel-cycle engine powered with mineral diesel and blends of diesel B0 x biodiesel B25, B50, B75 and B100, as a percentage of volume biodiesel. The generator was subjected to a constant load per phase equivalent currents of 5, 10, 15, 20 and 30 A for each mixture, lasting five minutes each test. With the meter electrical values were monitored every second data voltages and current maximum and minimum total real power and reactive power total. The data generated by flow meters and engine speed were monitored and stored in a system of computerized data acquisition, micrologger the Campbell Scientific CR 23X. To load application used a system consisting of a saline solution packed in reservoir with a capacity of 170 liters and three equally spaced copper rods providing a similar load value for each phase. The lower values of the hourly fuel consumption were obtained for the B100, in all treatments and all the chains examined, since the highest values were found in blends of B50 to the chains 15, 20 and 30 A and B75 for the current 5:10 A. The tensions at each stage showed variations less than 10% in all analyzed chains. The maximum power was obtained for the current 30 A per phase in the mixture B0.*

**Keywords:** *biodiesel, group generator, fuel consumption, power generation.*