

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

DESENVOLVIMENTO DE UM DISPOSITIVO PARA PURIFICAÇÃO DE GASES E REDUÇÃO DE RUÍDOS EM MOTORES ESTACIONÁRIOS DE COMBUSTÃO INTERNA A DIESEL

CON-2016-0659

Resumo: A geração de energia elétrica local tem sido uma preocupação crescente por parte de grandes estabelecimentos, empresas ou localidades isoladas. Este fato ocorre por diversos motivos, seja para evitar uma alta tarifa da energia elétrica em determinados horários, seja para fornecer eletricidade a uma comunidade isolada ou para descentralizar a matriz energética brasileira na qual, historicamente, predomina a geração através da energia hidráulica, a qual está sujeita a eventos que fogem do controle humano como uma repentina baixa no nível de água dos reservatórios. Para atender a esta necessidade, o uso de grupos geradores a diesel surge como uma opção bastante prática. Entretanto, estes equipamentos, especialmente quando agrupados em usinas termelétricas, costumam gerar elevados níveis de ruídos bem como uma alta taxa de emissão de partículas e poluentes na atmosfera, ambos, em muitos casos, fora dos padrões e normas ambientais estabelecidos para tal atividade. Tendo em vista a atual conjuntura ambiental, na qual existe uma preocupação especial com o acúmulo de poluentes no ar, este trabalho propõe o desenvolvimento de um dispositivo inovador, o qual terá a finalidade de purificar os gases de escape de geradores diesel, bem como reduzir o nível de ruído emitido na linha de exaustão dos mesmos. O dispositivo será compacto, de fácil manutenção e apresentará funcionamento relativamente simples, baseando-se nos princípios de lavadores de gases industriais e silenciosos de motores. Este aparato, inédito no mercado, deverá atuar com o uso de um fluido responsável por aglutinar partículas sólidas e “lavar” os gases nocivos ao meio ambiente, reduzindo as emissões de particulados, enquanto sua geometria deverá reduzir a energia contida nas ondas sonoras provenientes da combustão do motor, reduzindo os níveis sonoros dos gases de escape em até 5,0 % de dB.

Palavras-chave: motores estacionários diesel, redução de ruídos de escape, purificação de gases de escape, redução da emissão de particulado.

1. INTRODUÇÃO

Historicamente, a matriz energética brasileira é dominada pela geração a partir de fontes hidráulicas, isto ocorre devido ao fato de, segundo o Plano 2015 da Eletrobrás, o Brasil é o país com o maior potencial hidrelétrico com um potencial para 260 mil MW. Este fator levou ao surgimento de inúmeras usinas hidrelétricas de pequeno, médio e grande porte, sendo estas essenciais para manter o fornecimento contínuo para residências e indústrias. Além da abundância de recursos hídricos no país em questão, outro fator que leva a predominância da geração de energia a partir de hidrelétricas é a eficiência com a qual a energia é gerada, uma vez que a maioria das turbinas hidráulicas em funcionamento apresentam rendimento muito superior quando comparadas a outras formas de geração de energia.

Apesar da grande capacidade de geração, o Brasil ainda enfrenta crises energéticas. Este fato ocorre devido a dependência que o país tem com relação aos recursos hídricos, de modo que, quando há escassez destes (em épocas de seca por exemplo), a capacidade e eficiência de geração de energia das usinas hidrelétricas fica comprometida. Tendo em vista a problemática da centralização da matriz energética, a energia fornecida pelas concessionárias deixou de ser confiável, o que levou as empresas e estabelecimentos a buscar fontes alternativas de energia, de formas que as

atividades pudessem ser mantidas em caso de insuficiência de fornecimento, umas destas alternativas é utilização de unidade motogeradoras movidas a diesel. A Empresa de Pesquisa Energética (2015) apresenta os gráficos da Fig. 1, evidenciando a diversificação da matriz energética brasileira entre os anos 2013 e 2014, é válido ressaltar que houve um aumento na geração a partir de petróleo e derivados

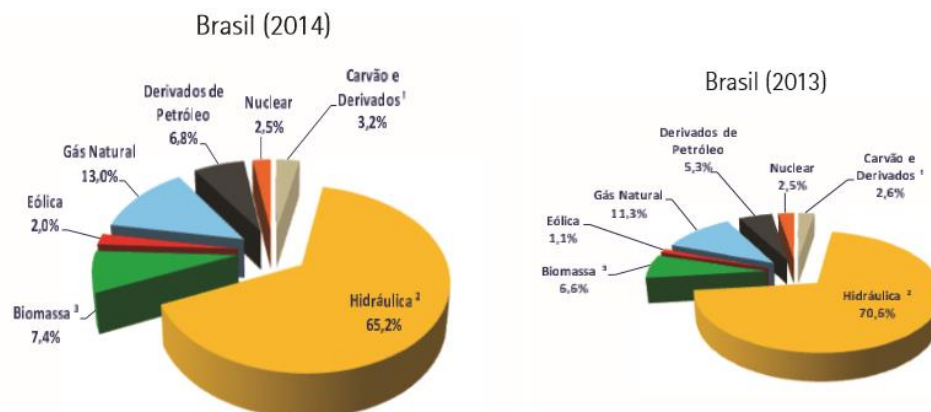


Figura 1. Comparação entre as matrizes elétricas do Brasil entre os anos 2013 e 2014 segundo o Balanço Energético Nacional 2015.

Barros (2009) pontua que o uso de equipamentos do tipo geradores a diesel ganhou um forte impulso desde o “apagão” ocorrido em 2001. Estas máquinas surgem como uma solução prática atendendo a comunidades isoladas, produtores rurais, setor industrial e comercial. Estes motores são dimensionados de acordo com a necessidade do cliente, de modo que pode ser utilizado como uma fonte de energia alternativa para evitar as elevadas tarifas em horários de pico, e ainda pode ser utilizado para manter o fornecimento em casos de falta de energia ou como fonte única e principal de uma comunidade.

O uso de unidade motogeradoras a diesel, apesar de se mostrar uma alternativa viável na maioria dos casos, apresenta alguns inconvenientes relacionados a poluição ambiental e emissão de ruídos. Barros (2007) mostra que entre os gases emitidos por um motor diesel estão: hidrocarbonetos não queimados, óxidos de nitrogênio, óxidos de carbono, dióxido de enxofre e material particulado. Estes gases, além de provocarem problemas respiratórios a moradores das redondezas, contribuem para outros fenômenos como a chuva ácida e o efeito estufa. Barros (2009) resalta um agravante relacionado a poluição gerada pelos grupos geradores: a fiscalização não possui o mesmo rigor quanto a aplicada sobre motores diesel veiculares, fator que provoca um descontrole quanto a real dimensão do problema.

Bastos (2007) diz que os grupos geradores a diesel emitem elevados níveis de ruídos, podendo superar o valor de 110 dB (A) dependendo do modelo e potência do equipamento e do ambiente que o contém. Este ruído é proveniente da queima do combustível, atrito entre componentes móveis e pelo sistema de escape do motor. Bastos (2007) resalta ainda que os níveis de pressão sonora emitidos por estas máquinas podem facilmente proporcionar danos auditivos permanentes em uma pessoas. Usinas termoeletricas a diesel, de modo geral, costumam emitir elevados níveis de pressão sonora para as vizinhanças devido ao grande número de motores aglomerados e funcionando simultaneamente, o que gera reclamações por parte de moradores das redondezas podendo culminar em multas para a empresa responsável.

Neste contexto, surge a necessidade do desenvolvimento de estudos capazes de amenizar os inconvenientes apresentados com relação aos grupos geradores movidos a diesel, portanto, este trabalho se propõe a apresentar o projeto de um dispositivo inovador capaz de reduzir a emissão de poluentes e o nível de ruído proveniente do sistema de escape de motogeradores a diesel.

2. EMISSÕES PROVENIENTES DE MOTOGERADORES A DIESEL

Ferreira (2008) descreve o óleo diesel como um combustível de composição complexa derivado do petróleo, constituído basicamente por hidrocarbonetos parafínicos, oleofínicos e aromáticos e, em menor quantidade, por substâncias cuja fórmula química contém átomos de enxofre, nitrogênio, metais oxigênio entre outros. A Petrobrás (2015) cita que o óleo diesel é utilizado em motores de combustão interna e ignição por compressão empregados em diversas aplicações, como: automóveis, caminhões, embarcações, máquinas, e em motogeradores.

A combustão do óleo diesel gera diversos gases os quais são emitidos na atmosfera através do sistema de exaustão do motor. A Tabela 1 apresenta as emissões típicas de escape de motores diesel com potência de geração de 40 a 2000 kW sem tratamento de gases de escape segundo Bastos (2007).

Tabela 1. Emissões típicas de motores diesel com potência de geração entre 40 a 2000 kW sem tratamento.

Critério sobre poluentes	Gramas / BHB-HR
HC (Hidrocarbonetos não queimados)	0,1-0,7
NO x (Óxidos de Nitrogênio)	6,0-13,0
CO x (Óxidos de Carbono)	0,5-2,0
SO ₂ (Dióxido de Enxofre)	0,5-0,7
PM (Partículas materiais)	0,25-0,5

3. METODOLOGIA

O motor estudado foi o grupo gerador diesel modelo YANMAR – 4TNV GGE de 20 kVA. O motor está situado no Laboratório de Motores da Universidade Federal do Pará e é uma ferramenta muito utilizada pelos alunos durante cursos de reparação de motores diesel, testes de combustíveis diferenciados e aulas de forma geral. Neste motor foram obtidos dados referentes aos gases de escape e os ruídos gerados nas suas proximidades onde, normalmente, existem pessoas trabalhando.

3.1. Medição de Gases

Os dados referentes ao teor de poluentes presentes nos gases de escape do motor estudado foram adquiridos com o auxílio de um analisador portátil modelo *Optima 7*, fabricado pela *MRU Instruments* conforme mostra a Fig. 2.

**Figura 2. Analisador portátil modelo *Optima 7* fabricado pela *MRU Instruments*.**

Com o intuito de averiguar a variação das emissões de acordo com a carga aplicada ao motor estacionário, foram feitas leituras dos gases com cargas de 30%, 50%, 90% e 100%. Após a partida do motor, aguardou-se dez minutos para o mesmo estabilizar e em seguida foi introduzida a sonda do analisador de gases para a realização da leitura. Prosseguindo, aumentou-se a carga aplicada e novamente aguardou-se 10 minutos para estabilização e realização de nova leitura e assim sucessivamente até que fossem atingidos os 100% de carga. É válido ressaltar que a sonda foi introduzida em furo a cerca de 0,70 m de distância do coletor de escape.

3.2. Medição de Ruídos

A medição de ruídos foi realizada de acordo com as instruções presentes na norma NBR 10151 com auxílio do sonômetro Blue Solo fabricado pela *01dB*, como mostra a Fig. 3. Utilizou-se ainda um calibrador fabricado pela *Brüel & Kjaer* modelo 4231 conforme a Fig. 4



Figura 3. Sonômetro modelo Blue Solo fabricado pela 01 dB.



Figura 4. Calibrador modelo 4231 fabricado pela Brüel & Kjaer.

O motor está situado em uma baia com dimensões definidas na Fig. 5. Semelhante a metodologia utilizada para análise dos gases, os dados de ruídos foram coletados em cinco locais diferentes para cada carga aplicada no motor, estes locais foram: em frente ao radiador a cerca de 2 metros de distância, nas laterais esquerda e direita do motor a 1,5 metros de distância, na porção traseira do motor a cerca de 1 metro de distância e, por fim, na sala que compreende a linha de escape do motor a cerca de 2 metros de distância. Atendendo as exigências da norma utilizada, o microfone foi posicionado a cerca de 1 metro de altura em relação ao chão e distante ao menos 1 metro de outros obstáculos. É importante lembrar que o local em que foi realizada a medição sofria com o ruído externo provocado por um terminal de ônibus, bem como o ruído gerado pelo ventilador utilizado para dissipar a energia gerada pelo motor. Estes fatores podem ter gerado algum erro nas medições. A título de comparação, foi realizada uma medição com o motor desligado, com uma distância de cerca de 1,5 metros.

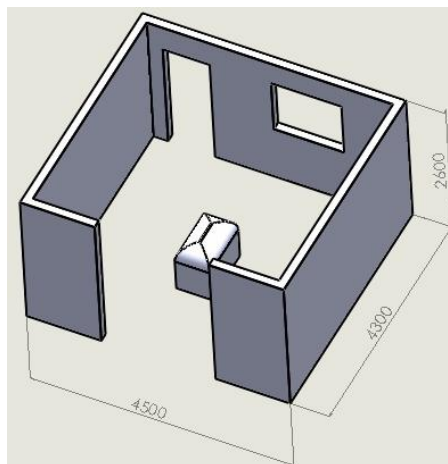


Figura 5. Localização do motor de dimensões da baia com unidades em milímetros.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 Medições de Ruídos e Análise

Os dados obtidos a partir dos ensaios do nível de ruído estão contidos na Fig. 6.

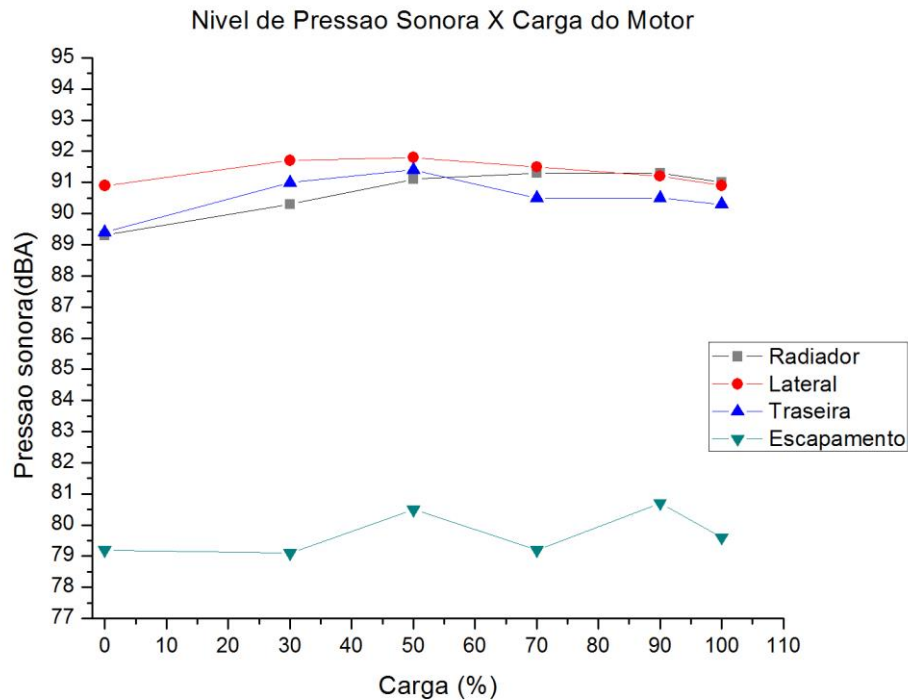


Figura 6. Níveis de pressão sonora equivalente, medidas de acordo com a carga do motor aplicada, em diferentes posições.

Percebe-se pouca variação no nível de pressão sonora, conforme a carga do motor foi acrescentada, com relação as posições mensuradas no ensaio, as medições referentes ao radiador, lateral e traseira do motor obtiveram pressão sonora equivalente bem próximas, para todas as cargas aplicadas, diferindo aproximadamente em 2 dBA nos pontos mais distantes.

Nota-se uma queda no valor do nível de pressão sonora para o escapamento, isto deve-se ao fato do escapamento está localizado em outro compartimento, sendo ligado ao motor através de tubos para a passagem dos gases de escape. Desta forma, o valor reduzido em relação aos demais pontos de medição justifica-se pela perda de energia sonora durante o percurso dos gases no tubo. Visto que o protótipo, referente a este estudo, objetiva-se em reduzir o nível de ruído gerado no escapamento, a Fig. 7, aponta os valores mensurados no escapamento, com seus máximos e mínimos.

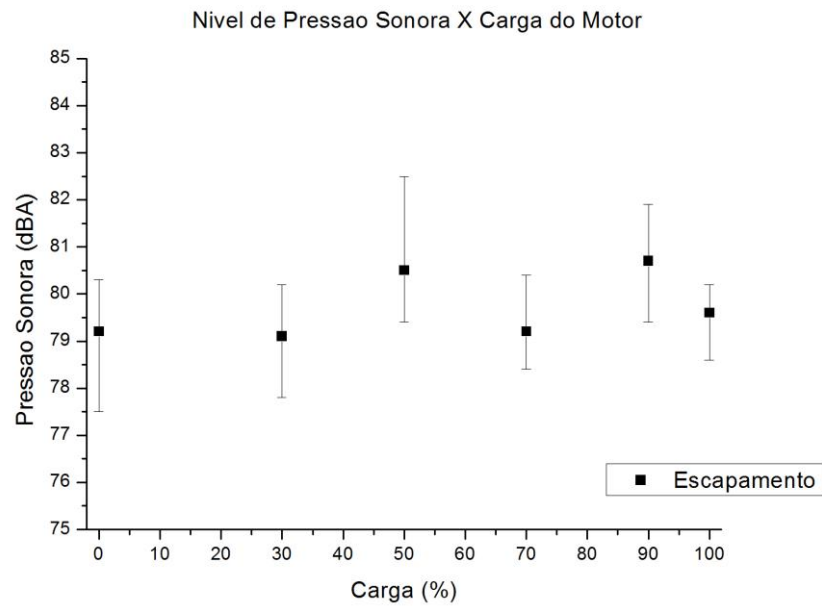


Figura 7. Nível de pressão sonora em função da carga do motor, para o escapamento.

4.2. Medições do Analisador de Gases e Análise

Os resultados mensurados com o analisador de gases estão dispostos a seguir. Na Figura 8, estão contidos os valores percentuais de gás Oxigênio para a faixa de carga aplicada ao motor.

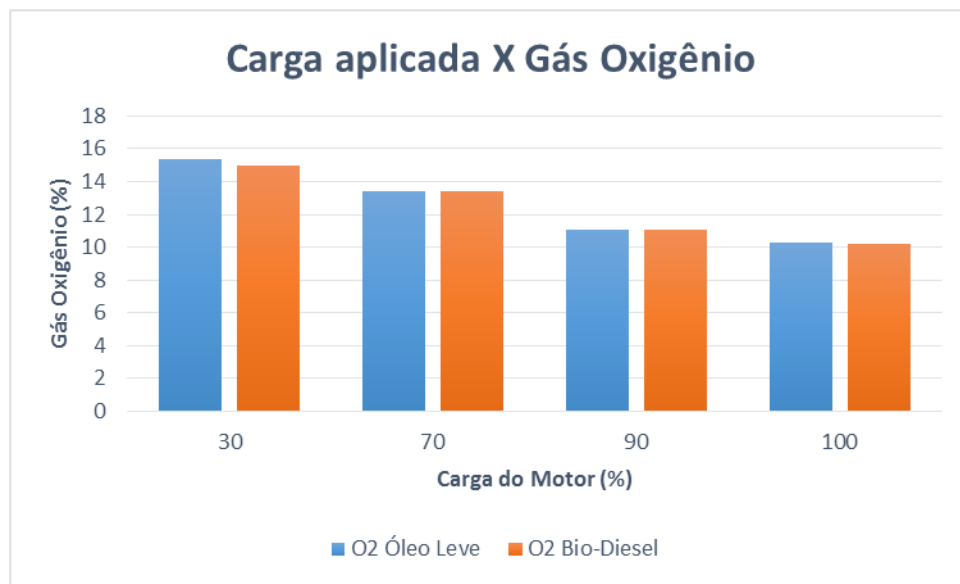


Figura 8. Gráfico relacionando a quantidade de gás Oxigênio com a carga aplicada, para ambos combustíveis testados.

Com base no gráfico, nota-se leve redução no percentual de gás Oxigênio liberado conforme a carga do motor aumenta. Nota-se também que as emissões de O₂ foram praticamente as mesmas, na mesma carga, para os dois combustíveis.

Na Figura 9, são mostrados os resultados percentuais para as medições do CO₂.

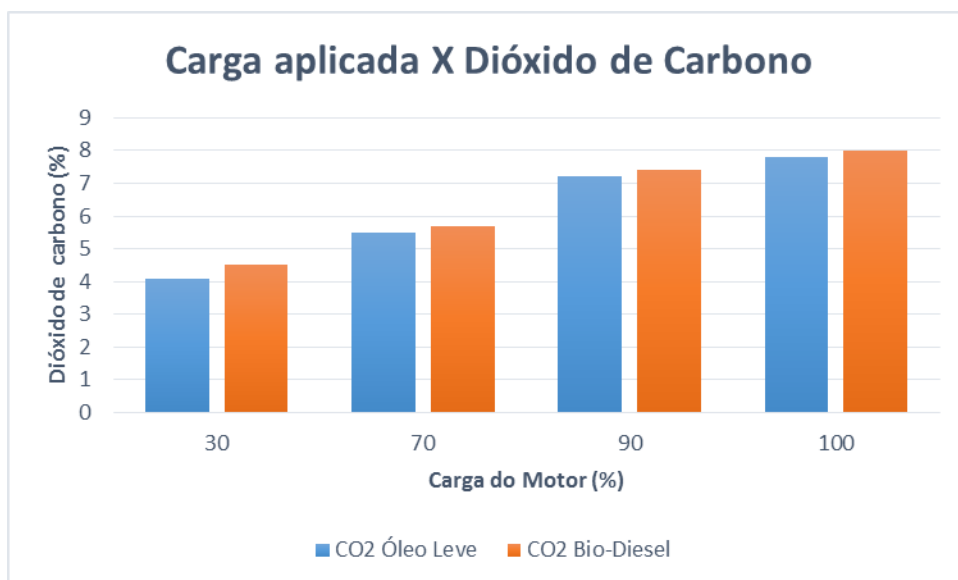


Figura 9. Gráfico relacionando a quantidade de Dióxido de Carbono com a carga aplicada, para ambos combustíveis testados.

Percebe-se para este gráfico, novamente, uma pequena variação entre os dois combustíveis, porém, desta vez, quanto a quantidade emitida de CO₂.

A seguir, na Fig. 10, estão presentes os resultados percentuais para as medidas de NOx.

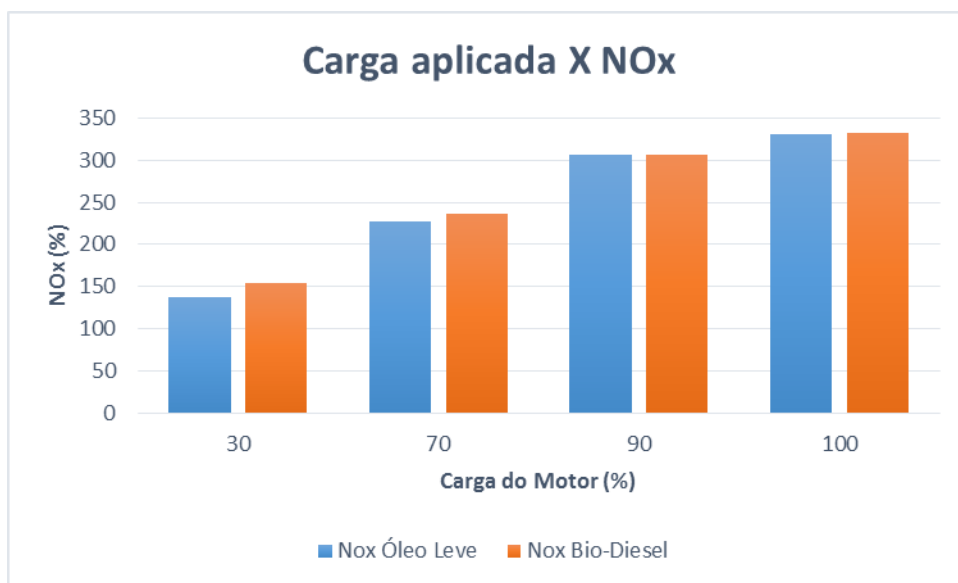


Figura 10. Gráfico relacionando a quantidade de NOx emitida com a carga aplicada, para ambos combustíveis testados.

Para este caso, foram observados que praticamente não há variação na quantidade de gases NOx emitidos com relação aos combustíveis. As variações de todas as medições adquiridas na análise dos gases de escape, estão de acordo com o que é notado na literatura em outros trabalhos.

5. DISPOSITIVO (PROTÓTIPO)

O dispositivo redutor de gases e ruídos é mostrado na Fig. 11, a qual evidencia somente a parte externa.

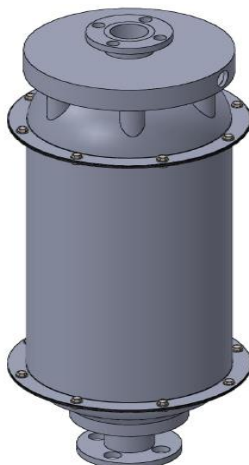


Figura 11. Dispositivo purificador de gases e redutor de ruído proposto.

Com relação a redução de gases, o seu funciona é semelhante a um lavador de gases convencional, na qual o gás passa por uma determina região do dispositivo e uma fluido, geralmente agua na forma de gotículas, é pulverizada no sentido oposto do fluxo, para essas gotículas capturarem as impurezas do gás e por gravidade cair no fundo do dispositivo em que será coletada e descartada adequadamente a cada um determinado período de tempo. Já em relação a redução de ruídos, seu princípio de funcionamento é semelhante aos atenuadores reativos, popularmente conhecidos como “silenciadores”, que dentro de uma câmara lacrada, possuem um ou vários tubos, com diversos furos na parede destes, visando reduzir os ruídos provenientes da passagem do fluxo de gás.

6. CONCLUSÕES

A partir dos dados coletados de emissões de gases e ruídos do motor ensaiado, poderá ser dimensionado o dispositivo almejado, visando posterior medições com e sem o dispositivo instalado no motor para comparar se houve de fato as reduções pretendidas, aproximadamente 5% com relação aos ruídos gerados.

Com tais dados e a geometria preliminar do dispositivo, também será possível em trabalhos futuros realizar simulações computacionais visando aprimorar os parâmetros inicialmente adotados.

Dessa forma, o presente trabalho é de grande importância, uma vez que a partir dos resultados e dados essenciais levantados será realizado o prosseguimento do desenvolvimento do dispositivo purificador de gases e redutor de partículas, tendo em vista que, tal dispositivo não é encontrado com ambas funções no mercado, pois se trata de um produto inovador.

7. REFERÊNCIAS

- Bastos, L. P. 2007. “Controle de ruído em instalações de grupos geradores: um estudo de caso” Trabalho de conclusão de curso. Belém, Brasil, 114 p.
- Barros, M. M. 2009. “O problema da geração a diesel”. Disponível em: <<http://www.oeco.org.br/colunas/colunistas-convidados/22041-o-problema-da-geracao-a-diesel/>>. Acesso em: 28 de março de 2016.43
- Barros, M. A. T. M. 2007. “Emissões atmosféricas de grupos motogeradores na região metropolitana de São Paulo”. Dissertação de mestrado. São Paulo, Brasil. 135 p.
- Empresa de Pesquisa Energética – EPE. 2015. “Balanço Energético Nacional 2015 – Ano base 2014: Relatório Síntese”. Rio de Janeiro, Brasil. 61 p.

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

“Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo deste trabalho”.

DEVELOPMENT OF A DEVICE FOR CLEANSING GASES AND REDUCTION OF NOISE IN STATIONARY INTERNAL COMBUSTION DIESEL ENGINES

Eraldo Cruz dos Santos, eraldoc@ufpa.br¹

Rene Francisco Boschi Gonçalves, renefbg@gmail.com¹

Francisco Machado de Assis Bentes Neto, francisco.bentes@yahoo.com.br¹

Jivago Vieira Muniz da Silva, jivago_next@hotmail.com¹

Leandro Rafael de Moraes Figueiredo, rafaelmoraes00@gmail.com¹
Carlos Eduardo Alves da Costa, carlos@brentech.com.br²
Tânia Cristina Alves dos Reis, tania@brentech.com.br²

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, 01, Guamá, 66075-110. Belém – Pará - Brasil

²Brentech Energia S.A., Rua 24 de Outubro, 74984-290. Aparecida de Goiânia – Goiás - Brasil

Abstract. *The generation of local power has been a growing concern on the part of large establishments, companies or isolated locations. This occurs for many reasons, either to avoid a high rate of electricity at certain times, either to provide electricity to an isolated community or to decentralize the Brazilian energy matrix in which historically predominant generation through hydro, which it is subject to events beyond human control as a sudden drop in the reservoir water level. To meet this need, the use of diesel generator sets comes as a very practical option. However, these systems, especially when grouped in thermoelectric power plants, often generate high levels of noise and a high rate of emission of particles and pollutants in the atmosphere, both, in many cases, outside environmental standards and regulations established for this activity. In view of the current environmental situation in which there is a particular concern with the accumulation of pollutants in the air, this work proposes the development of an innovative device, which will be designed to purify exhaust diesel generators, as well as reducing the level of noise emitted in the exhaust line of the same. The device is compact, easy to maintain and provide relatively simple operation, based on the principles of industrial launderers and silent gas engines. This apparatus, unprecedented in the market, should act with the use of a charge fluid by coalesce solid particles and "wash" the harmful gases to the environment by reducing emissions of particulates, while its geometry should reduce the energy contained in the sound waves from combustion engine, reducing the sound level of the exhaust gas in dB to 5.0%*

Keywords: *diesel stationary engines, exhaust noise reduction, exhaust gas purification, reduction of particulate emission.*