

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21-25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

DESENVOLVIMENTO DE PROCEDIMENTO DE MEDIÇÃO E ANÁLISE DA EMISSÃO DE GASES DOS SISTEMAS DE EXAUSTÃO DE MOTORES DIESEL, VISANDO O CONTROLE E REDUÇÃO DAS EMISSÕES

Juan Gabriel dos Reis Soares, juangrsoares@gmail.com¹

Eraldo Cruz dos Santos, eraldocs@ufpa.br¹

Mayron Pantoja Cardoso, mpc_cardoso@hotmail.com¹

Diego Lourenço da Costa Felipe, diego_felipe95@hotmail.com¹

Ederson Santos de Freitas, engmec.ederson@gmail.com¹

Tânia Cristina Alves dos Reis, tania@brentech.com.br²

Carlos Eduardo Alves da Costa, carlos@brentech.com.br²

Gonçalo Rendeiro, grendeiro2011@hotmail.com grendeiro2011@hotmail.com¹

¹Universidade Federal do Pará, Rua Augusto Corrêa, nº01, Guamá, Belém – Pará – Brasil, CEP: 66075-110,

²Brentech Energia S/A., Rua 24 de outubro, s/n - Qd/Área OS6B – Jardim Ipanema, Aparecida de Goiânia – GO – CEP: 74.984-290

Resumo: As Usinas Termelétricas - UTE's com motores Diesel, mais especificamente Unidades Diesel Geradoras - UDG's, desempenham um papel de extrema importância no cenário energético mundial. A introdução de novas metodologias de análise e monitoramento de motores Diesel ganha força, especialmente àquelas que atuam com características de manutenção preditiva. Por ser uma zona pouco explorada, as metodologias de análise e monitoramento se mostram muito favoráveis no âmbito sustentável e econômico, uma vez que sua descrição precisa ser bem fundamentada e é de grande interesse das UTE's que enfrentam sérios problemas de indesejada poluição ao meio ambiente e custosas manutenções corretivas. Tendo em vista esse cenário, este estudo foi desenvolvido visando o desenvolvimento de metodologias precisas e confiáveis para a análise de gases emitidos por UDG's, tendo por objetivo a descrição minuciosa de todo o procedimento de coleta e análise de gases em UTE's da Região Norte do Brasil. O analisador de gases OPTIMA 7 foi usado no estudo de desenvolvimento desta metodologia, recebendo uma parte exclusiva do trabalho à sua operação e manuseio, pois a fixação e posicionamento das sondas é de vital importância para a veracidade dos resultados. Com um prévio estudo dos sistemas componentes de motores Diesel e suas peculiaridades, mapeou-se motores em laboratório e em uma UTE nas proximidades de Belém utilizado como base do estudo e os melhores pontos de coleta de gases foram identificados, assim como as melhores condições e intervalos de análise. Com o auxílio de normas estipuladas por grupos governamentais de preservação ao meio ambiente e pelas próprias empresas fabricantes dos motores, compararam-se os resultados obtidos por meio desta metodologia a fim de validar a precisão e confiança de seus dados coletados. Como os resultados das medidas e suas análises espera-se obter dados satisfatórios, para controle da emissão de gases, garantindo a eficácia desta metodologia; o que desperta o interesse no desenvolvimento de novos métodos de manutenção preditiva em UDG's.

Palavras-chave: Usinas Termelétricas, Motores Diesel, Geração de Energia; Análise de Gases, Manutenção Preditiva.

1. INTRODUÇÃO

O consumo de óleo diesel no Brasil pode ser separado em três setores: o de transportes (75% do consumo total), o agropecuário (20% do consumo) e o de geração energética (5% do consumo) (MME, 2011). Em todas as regiões do Brasil existem um pouco mais de quinhentas usinas termelétricas, com motores Diesel, que operam em sistemas isolados de geração de energia e, em algumas regiões, estas usinas estão interligadas ao sistema elétrico nacional, operando segundo as normas e gerência do Operador Nacional do Sistema Elétrico – ONS (ANEEL, 2011).

Usinas termelétricas a diesel são fontes estacionárias, e estão sujeitas às leis de controle de emissão de gases, para atender os limites. O controle das fontes fixas de emissão de gases pode ser feito por meio de medidas que promovam

redução dos poluentes em suas fontes: uso de matérias primas e insumos com menor impacto ambiental, uso de tecnologias de produção mais limpas, melhoria na eficiência dos processos industriais, (MMA 2009).

Neste contexto, a análise de gases é utilizada tanto para controle de poluente quanto para obter o estado de funcionamento do motor. A partir destes dados, podem-se definir planos de manutenção e controle, promovendo a melhoria na eficiência dos processos industriais.

Um teste para medição de emissões é composto basicamente de três itens: um conjunto de procedimento de preparação do objeto a ser testado e dos equipamentos de medição, de modo a diminuir a variabilidade de resultados; de um ciclo de condições ao qual o motor ou veículo será submetido; e dos limites máximo de missão de emissão de gases ou partículas que devem ser atendidos (Brunetti, 2012).

Em vista do que foi exposto, este trabalho visa à elaboração de uma metodologia de medição e análise da emissão de gases, de maneira bem fundamentada, garantindo a precisão e confiabilidade de todo o processo, fazendo-se valer das condições fornecidas pelos órgãos governamentais responsáveis e características dos motores Diesel em geral.

2. MATERIAIS E MÉTODOS

Este procedimento visa abranger os motores a Diesel em geral, de modo que se possa fazer a coleta e análise dos parâmetros relacionados a emissão de gases com confiança e garantia de que a amostra coletada seja representativa.

2.1. Analisador de Gases

Para a obtenção dos dados da análise de gases foi utilizado o instrumento de medição OPTIMA 7, do fabricante Confor, o qual é composto por: um analisador de dados, uma sonda, termopares e filtros, apresentados na Fig. 1. Os parâmetros de operação do analisador são:

- Os limites de temperatura de operação, sendo de 5 °C a 45 °C;
- Tempo de operação variando de 6 h até 15 h, dependendo do tipo de bateria utilizado;
- Peso aproximado de 750 g e dimensões de 110 mm x 225 mm x 52 mm.



Figura 1: Analisador de Gases OPTIMA 7, da Confor.

O analisador possui uma sonda termopar, desenvolvida para análise dos gases da combustão. Os limites operacionais da sonda termopar utilizada no equipamento disponível são de 100 °C a 1100 °C. Tem como acessórios uma mangueira flexível, para conduzir os gases até o analisador, um cabo termopar, um cone fixador e um porta filtro, itens apresentados na Fig.2. Para introduzir a sonda no motor, é recomendado a sua fixação o mais próximo possível da saída dos gases do escape, para captar as espécies logo após a combustão.



Figura 2: Sonda Termopar.

A sonda termopar é ligada a um tubo que no seu percurso contém um filtro, para evitar que qualquer tipo de condensado e particulado adentre no analisador, retendo as partículas de maior granulometria. Passado o pré-filtro, o tubo passa por outro filtro, também visando evitar a entrada de condensados e particulados no analisador, dessa vez realizando uma filtragem mais fina, para que o equipamento não danifique.

A figura 3 apresenta o conjunto porta filtro. Os dois termopares do analisador são para, respectivamente, medir a temperatura local e medir a temperatura dos gases analisados, informações que são mostradas no display do analisador, que será comentado a seguir.



Figura 3: Porta filtro utilizado no analisador de gases OPTIMA 7.

No display do analisador, exibido na Fig. 4, várias informações são obtidas no momento da aquisição de dados, sendo que as análises são baseadas no tipo de combustível selecionado no início do procedimento, o que será comentado na seção de execução da metodologia.

Tem-se como exemplos de parâmetros medidos: a temperatura ambiente, a temperatura dos gases, a quantidade de oxigênio (O_2) presente na análise, quantidade de monóxido de carbono (CO), quantidade de derivados do nitrogênio (NO_x), pressão e temperatura diferencial. Outras informações, como a quantidade de gás carbônico (CO_2), derivados do enxofre (SO_x), perdas de calor, excesso de ar e eficiência da combustão são calculados, e por conta disto não se recomenda confiar totalmente em tais informações, visto que o combustível utilizado nem sempre é o selecionado pelo analisador, uma vez que o analisador foi programado para análise de combustíveis puros e o combustível comercialmente vendido nunca será encontrado na forma pura.



Figura 4: Analisador de Gases OPTIMA 7, com display em funcionamento.

A Tabela 1 contém os dados dos parâmetros medidos pelo analisador OPTIMA 7, os limites de medição e a precisão dos dados adquiridos. Todos estes dados e os valores calculados podem ser visualizados no display do analisador, ao utilizar as teclas de navegação.

Tabela 1: Limites e precisão dos parâmetros medidos pelo analisador de gases OPTIMA7.

Sensores	Limites	Precisão
Oxigênio (O_2)	0~21,0 Vol - %abs.	+ - 0,2 Vol - %abs.
Monóxido de Carbono (CO)	0~4000 ppm até 10000 ppm	+ - 20 ppm ou 5% < 4000 ppm / 5% > 10000 ppm
Monóxido de Carbono (baixo) (software e calibração especial)	0~300 ppm (0,1 ppm resolução)	
Monóxido de Carbono CO (alto)	0~4000 ppm até 10000 ppm	+ - 100 ppm ou 5% < 4000 ppm / 5% > 4000 ppm
Monóxido de Carbono CO (muito alto)	0~4% até 10,00 %	+ - 0,02% ou 5% < 0,4% / 10% > 0,4%
Óxido Nitroso NO	0~1000 ppm até 5000 ppm	+ - 5 ppm ou 5% < 1000 ppm / 10% > 1000 ppm
Óxido Nitroso NO (baixo) (software e calibração especial)	0~300 ppm (0,1 ppm resolução)	
Dióxido de Nitrogênio NO_2	0~200 ppm até 1000 ppm	+ - 5 ppm ou 5% < 200 ppm / 10% > 200 ppm
Temperatura do Gás - T. Gas	0~650°C (aço inoxidável) 0~1 100°C (Inconel)	+ - 2°C < 200°C / 1% > 200°C + - 2°C < 200°C / 1% > 200°C
Temperatura Diferencial	Até 650°C ou até 1 100°C (sonda adequada à temperatura)	
Temperatura do Ar de Combustão	0~100°C	+ - 1°C
Pressão Diferencial	- 100 hPa ~ +100 hPa	+ - 0,02 hPa

Com posse dos dados adquiridos no momento da medição, o analisador começa a calcular os parâmetros citados anteriormente. Tais valores são mostrados na Tab. 2. Em relação aos parâmetros da combustão, as informações necessárias para este cálculo são: combustível selecionado, quantidade de CO₂ calculada, quantidade de ar, perdas térmicas, ponto de orvalho de gases e relação de CO/CO₂. Enquanto que para o cálculo das emissões, os parâmetros necessários são: quantidade de NO_x da análise e a quantidade de O₂ de referência, que pode ser configurada pelo operador.

Tabela 2: Limites e precisão dos parâmetros calculados pelo analisador de gases OPTIMA 7.

Parâmetros	Limites	Precisão
Dióxido de Carbono CO ₂	0....20%	+ - 0,3 Vol-% abs.
Perda de Calor q _A	0....99,9%	
Eficiência η	0....120%	
Excesso de Ar	1....9,99%	

2.2. Motores Diesel

Os motores utilizados foram: motor YANMAR - 4TNV88 – GGE de 20kVA e o motor Caterpillar C18-MEUI. O primeiro está localizado na baia 1 do Laboratório de Motores da Universidade Federal do Pará, enquanto que o segundo, na UTE de Cotijuba.

O motor YANMAR é um motor Diesel de pequeno a médio porte, acoplado a um alternador (gerador elétrico); o que juntos constituem a unidade geradora (Fig.5a). O motor Caterpillar é de grande porte, com potência nominal total de 2250 kVA, em kW de 1800 e potência efetiva total de 1635 kW (Fig.5b).

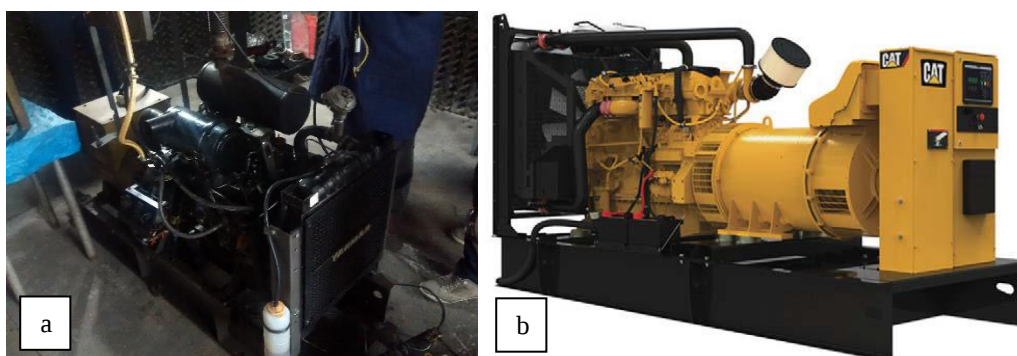


Figura 5. Motor YANMAR - 4TNV88 – GGE de 20kVA (a) e motor Caterpillar C18-MEUI (b).

2.3. Metodologia de medição

A metodologia servirá para o desenvolvimento de novos métodos de manutenção preditiva. O fato de ter sido adquiridas todas as informações necessárias para a coleta de dados, tal como as características dos equipamentos utilizados, o melhor posicionamento do aparato e condições mais favoráveis, resulta em uma alta confiabilidade e precisão desta metodologia, não correndo riscos de coleta de dados não representativos.

De acordo com a Resolução CONAMA (Conselho Nacional do Meio Ambiente) N° 5, responsável por descrever as regras e realizar o controle de poluição atmosférica emitida por fontes fixas do tipo “fim de tubo”, e a Resolução CONAMA N° 382, que estabelece os limites máximos de emissão de poluentes atmosféricos para fontes fixas, algumas situações devem ser estabelecidas para a realização de uma medição confiável.

Primeiramente, para a realização da coleta do tipo descontínua (monitoramento com intervalos e pausas), será necessária a análise em plena carga, isto é, nas condições de operação em que se utilize pelo menos 90% da capacidade nominal. Em seguida, o processo industrial deve ser estabilizado, o que irá garantir um resultado representativo (CONAMA n° 382, Art. 5°, §1°, 2012).

Todos os equipamentos responsáveis por realizar medição devem estar previamente calibrados e em condições normais de funcionamento. Por fim, deve-se checar a eficácia do sistema de exaustão, garantindo que não haja a presença vazamentos de gases no sistema de ventilação.

Ao fim destas etapas, segue-se para o procedimento de coleta de dados. Como dito anteriormente, o analisador utilizado será o OPTIMA 7, enquanto que o motor usado como base será o YANMAR - 4TNV88 – GGE. Sendo assim, faz-se necessário o entendimento do *software* usado pelo analisador, antes da montagem do aparato de medição.

O analisador OPTIMA 7 possui um software baseado em funções (F1, F2 e F3) que auxiliam no armazenamento dos dados e na própria coleta deles. A cada opção selecionada, a ação das funções muda, de modo a facilitar a operação do analisador (o entendimento quanto às funções se torna simples ao manusear o equipamento). Os dados são salvos em *SITES* no próprio dispositivo, que são convertidos em arquivos no formato *.xls (Planilha no Excel) no momento de transferência de dados para um computador via USB ou cartão SD.

O analisador vem com 3 programas de medição, com parâmetros de análise pré-definidos (Ex. ppm de CO, CO₂, NOx, etc.); porém, o *software* do OPTIMA 7 nos permite ajustar um desses programas conforme nossas exigências/necessidades, alterando tais parâmetros.

Para a coleta de dados, o operador deve estar munido de seus EPI's em bom estado, pois os gases emitidos pela combustão são prejudiciais ao sistema respiratório humano, causam ardor nos olhos, além de sujarem as vestimentas por conta da fuligem.

O furo no escapamento do motor deve ser feito o mais próximo possível do escape de gases, para a aquisição mais verídica e representativa do parâmetro temperatura dos gases, uma vez que quanto mais distante da fonte de emissão de gases, mais trocas de calor acontecem, resfriando os gases. Deve-se respeitar os limites de segurança e conforto do operador.

Com o analisar OPTIMA 7 em mãos e com o motor já estabilizado. Para esta estabilização conta-se, em geral, com um funcionamento entre 0,5 h até 2 h (ABNT, NBR – 06396, 1976). Após isto, o operador deve seguir as seguintes etapas:

- a) Primeiramente o equipamento é ligado e o processo de zeragem inicia automaticamente. Caso não, o processo deve ser iniciado por meio de uma opção chamada “Auto-Zero”. Vale lembrar que nesta etapa a sonda e o termopar da sonda devem ser retirados do analisador, para que ele possa coletar informações importantes, como temperatura ambiente.
- b) Após a zeragem, é escolhido o programa desejado para medição, ou personalizar um programa específico. A sonda e o termopar da sonda devem ser introduzidos no analisador.
- c) Após a escolha do programa, será mostrado na tela uma lista de combustíveis, no qual devemos escolher aquele que iremos realizar a medição (no nosso caso, o combustível que o motor YANMAR estiver usando), podendo ser óleo leve, óleo pesado, biodiesel, etc. Essas 3 etapas concluem o processo de Inicialização do OPTIMA 7.
- d) Após a Inicialização, posicionamos a sonda no furo do escapamento (não no canal de escape em si, mas sim no furo feito para a sonda) e a coleta de dados começa. O visor muda, exibindo uma tabela com os valores percentuais das amostras dos gases detectados pelas células, temperatura de escape dos gases, perda de calor, excesso de ar, entre outros dados. Pressionando o direcional para direita das teclas de navegação são exibidos alguns dados calculados, de acordo com aqueles anteriormente detectados, como eficiência da combustão, quantidades percentuais de NOx, etc.
- e) Após cerca de um minuto, a medição estabiliza, os valores detectados variam dentro de uma curta faixa, indicando que esse é o melhor momento para salvar a medição. Seleciona-se a função “Armazenar” ou “Gravar”. Em seguida, o visor mostrará os *SITES* disponíveis para a gravação, no qual devemos selecionar um destes. Vale lembrar que salvar mais de uma medição no mesmo *SITE* não fará com que os dados se sobrescrevam, apenas será adicionada uma nova linha de dados na planilha que será gerada. A Figura 6 mostra a medição das emissões de gases na tubulação de escape do LabMotor;
- f) Por fim, com os dados já gravados na memória do OPTIMA 7, as sondas devem ser retiradas e o equipamento deve ser deixado em repouso e em condições ambientes por cerca de 30 segundos, até que o sensor de O₂ indique em torno 20,9% (porcentagem normal de O₂ na atmosfera). Após esta indicação o analisador pode ser desligado com total segurança.



Figura 6: Medição das espécies de gases na tubulação de escape motor YANMAR.

3. RESULTADOS

A metodologia descrita foi testada durante uma visita técnica realizada na UTE de Cotijuba, conforme mostrado na Fig. 7, localizada em uma ilha nos arredores da capital do Pará.

É importante ressaltar que a UTE Cotijuba opera, durante o dia, para atender a demanda da ilha, com apenas duas unidades geradoras, havendo, portanto, o revezamento periódico entre os motores.



Figura 7. Usina Termelétrica de Cotijuba.

Entretanto, no dia da visita técnica à UTE de Cotijuba não possível ter acesso ao furo para introdução da sonda, desse modo, foi necessário uma adaptação no posicionamento da sonda. Ela foi colocada imediatamente na saída do escapamento, coletando dados dos gases o mais rápido possível após a combustão, de modo a adquirir o parâmetro temperatura do gás o mais próximo possível do real.

Apesar da adaptação, os resultados se aproximaram muito do esperado, descartando um possível erro de medição ocasionado por condições de coleta inapropriadas. A mesma adaptação foi utilizada nas três UDGs aos quais as análises foram realizadas.

Efetou-se um total de 05 (cinco) análises; 02 (duas) com a programação para o combustível Óleo Pesado (nos dois primeiros motores) e 03 (três) com a programação para Biodiesel (uma para cada unidade geradora), conforme mostrado na Fig. 8.



Figura 8. Adaptação para o posicionamento da sonda.

Não se obteve nenhum dado fora do esperado; o único imprevisto foi o fato de uma coleta ter sido realizada em uma unidade geradora que estava em fim de operação (motor 01), portanto, emitindo muito mais CO, com uma taxa de O₂ maior e uma de CO₂ menor. Tal fato justifica a necessidade do tempo de estabilização do motor, pois a coleta realizada fora dessa condição, como nesse motor em fim de operação, resulta em dados não representativos da unidade geradora. Em seguida foi realizada outra medição e os valores normalizaram, aproximando-se do esperado.

Após a coleta de dados, obtida no procedimento descrito, foram separados as características de maior relevância, para confrontar com os valores que o fabricante disponibiliza e com os dados coletados por outro grupo de pesquisadores.

Nas Tabelas 3, 4 e 5 são mostrados os dados coletados pela outra equipe. A equipe realizou três medições nos motores escolhidos. O tipo de combustível selecionado em todos os casos é do tipo biodiesel.

Tabela 3. Dados coletados do motor 01.

Medições	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NOx (ppm)	T-GAS (°C)	T-AR (°C)	CO (ppm/0%)
Med. 1	11,2	6,83	863	355,6	34	197
Med. 2	11,2	6,81	853	330,3	35,5	195
Med. 3	11,5	3,26	746	323,8	35,5	82

Tabela 4. Dados coletados do motor 02.

Medições	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	T-GAS (°C)	T-AR (°C)	CO (ppm/0%)
Med. 1	11,1	6,83	821	361,2	39,1	272
Med. 2	11,2	5,53	770	330,3	39,8	188
Med. 3	11,2	3,38	715	360	37,4	187

Tabela 5. Dados coletados do motor 03.

Medições	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	T-GAS (°C)	T-AR (°C)	CO (ppm/0%)
Med. 1	11,0	6,98	814	334,8	32,7	184
Med. 2	11,1	6,96	814	383,3	33,2	178
Med. 3	10,9	6,21	792	384,9	34	173

Os dados coletados pela equipe de pesquisadores da UFPA foram obtidos nos três motores, utilizando o óleo combustível biodiesel. A Tabela 6 mostra os resultados obtidos.

Tabela 6. Dados coletados nos 3 motores.

Motor	O ₂ (%)	CO ₂ (%)	NO _x (ppm)	T-GAS (°C)	T-AR (°C)	CO (ppm/0%)
Motor 01	17,4	2,6	232	202,3	36,9	1095
Motor 02	11,7	6,9	731	330	36,6	325
Motor 03	11,7	6,9	763	350,3	34,3	280

Analisando os dados da Tabela 6, percebe-se que no parâmetro temperatura dos gases de escape, para o motor 01, foi realizada a medida em uma temperatura muito abaixo das demais, 202,3 °C. Isto pode ser explicado pelo fato de que, no momento da medição, o motor estava entrando em processo de desligamento para que outro pudesse ser ligado, para atender a demanda.

A mais alta foi a de 384,9 °C do motor 03. Tal fato é incomum, pois o motor estava em um momento onde não era exigido o máximo de sua capacidade, e lembrando que geralmente a demanda é atendida por dois dos quatro motores disponíveis na usina.

As outras temperaturas foram em torno de 330 °C a 380 °C, muito distante dos quase 500 °C informados pelo fabricante. Isto se deve pelo fato da análise ter sido realizada já na saída do escape, sendo que o correto seria a introdução da sonda próxima à saída do turbocompressor dos motores, pois até o escape já ocorreram várias trocas térmicas.

Vale lembrar que o local de medição (mais próximo ou mais afastado da saída do turbocompressor) não interfere nas espécies de gases coletados, apenas altera o parâmetro temperatura do gás, que é igualmente importante para a realização de uma análise completa.

A temperatura ambiente no local da medição ficou em torno dos 36 °C, com limites entre os 34 °C e 39 °C, que são temperaturas esperadas na região, principalmente no momento das coletas dos dados.

A quantidade de oxigênio medida foi satisfatória, pois em quase todos os casos foram obtidos valores próximos de 11%, que é um valor esperado da quantidade desse elemento nos gases da combustão (Turns, 2012). Porém, o motor 01 mostrou uma quantidade maior de oxigênio, da ordem de 17,4%, visto que no momento da aquisição de dados o mesmo já estava entrando em regime de parada de operação.

Em relação à quantidade de CO, a maioria das medições foi satisfatória, pois os motores estudados estavam em plena carga (de acordo com o procedimento que a metodologia descreve), com exceção do motor 01, que no momento da medição começou a ser desligado. No caso, motores Diesel em plena carga emitem CO na ordem de 300 ppm, pois funcionam com excesso de ar (Brunetti, 2012).

Por fim, a medição dos NO_x foi outro ponto onde o motor 01 mostrou a maior diferença entre os demais, com 232 ppm. As demais medições mostraram uma média de 791,75 ppm de NO_x emitidos.

Mais uma vez a quantidade medida no motor 01 mostra que no momento do desligamento do motor, a quantidade de emissão de NO_x diminuiu, porque as reações para formação de tais compostos ocorrem em altas temperaturas, da ordem 1000 K ~ 2000 K. Estas temperaturas são a média do centro da câmara de combustão e mantidas, por consequência, da alta temperatura no interior de cada cilindro, e uma provável chama remanescente de uma combustão incompleta (Turns, 2012).

Por fim, as medições apresentaram a maioria dos dados próximos entre si e com os valores fornecidos pelo fabricante. Logo, pode-se afirmar que os motores da UTE de Cotijuba estão em condições normais de funcionamento, pois, a emissão de gases é um dos primeiros parâmetros a sofrer alterações com o surgimento de problemas ou defeitos no motor Diesel, sendo um dos pilares da manutenção do tipo preditiva, um exemplo disto, foi à detecção de falhas no comportamento do motor 01.

Quando se identifica, dentro do programa de manutenção preditiva, alterações nas emissões de gases de motores de combustão interna, iniciam-se os processos de investigações do comportamento do motor, com o uso de, por exemplo,

análises termográficas, de vibração, de óleo lubrificante, de forma que seja possível identificar o momento da parada do motor para a realização de manutenções.

4. CONCLUSÃO

A análise dos gases de escape é hoje uma, dentre outras ferramentas, importante no diagnóstico e prognóstico das condições operacionais de motores de combustão interna, o que torna relevante este trabalho, pois o mesmo comparou os procedimentos realizados em laboratório, com a coleta de dados reais em uma usina termelétrica com motores diesel de forma satisfatória.

Após a finalização deste trabalho, pode-se perceber a importância de uma descrição detalhada do procedimento de coleta e análise da emissão de gases, uma vez que uma simples alteração na metodologia resulta em dados não representativos.

É importante que sejam consideradas as condições e os pontos de medições de forma que seja possível avaliar os diversos parâmetros de funcionamento de uma unidade diesel geradora, isto porque, com o regime de operação ocorrem desgastes e degradações nos componentes das UDGs, o que pode ser analisado e avaliado por procedimento de manutenção preditiva, como por exemplo, através de um programa de análise de emissão de gases.

Por fim, após toda a revisão na resolução do CONAMA referente à emissão de gases, no PRONAR e nas normas da ABNT que tratam a respeito, foi possível construir esta metodologia precisa e confiável.

Os testes realizados na UTE de Cotijuba apresentaram resultados satisfatórios, tal como o esperado, mostrando assim, a eficácia desta metodologia. Enfatiza-se que a correta obtenção das condições operacionais das UDGs, fornece informações para a tomada de decisões, por parte dos responsáveis pela manutenção das usinas termelétricas, o que, consequentemente, contribui para a redução dos custos de operação e de manutenção das usinas.

Vale lembrar que novas análises e testes com este procedimento se mostrarão igualmente satisfatórios, desde que sejam respeitadas as condições explicitadas. Visando a redução de impactos ambientais, o desenvolvimento sustentável e a viabilidade econômica, esta metodologia certamente servirá como estímulo para a criação, desenvolvimento ou aperfeiçoamento de novos métodos de manutenção preditiva.

5. AGRADECIMENTOS

Os autores deste trabalho agradecem às empresas Brentech Energia S.A. e Agência Nacional de Energia Elétrica pelo incentivo e apoio financeiro.

6. REFERÊNCIAS

- MME-Ministerio de Minas Energia, 2011. "Balanço Energetico Nacional" Rio de Janeiro: Empresa de Pesquisa Energetica- EPE
- MMA-Ministerio de Meio Ambiente, 2009. "Compromisso pela Qualidade do Ar e Saúde Ambiental" Brasília: Secretari de Mudanças Climaticas e Qualidade Ambiental
- Brunetti, F., 2012, "Motores de combustão interna", Vol. 1, 1. ed. São Paulo: Blucher.
- Brunetti, F., 2012, "Motores de combustão interna", Vol. 2, 1. ed. São Paulo: Blucher.
- Ministério do Meio Ambiente., 2012, "Resoluções do Conama: Resoluções vigentes publicadas entre setembro de 1984 e janeiro de 2012". Brasília: MMA.
- Associação Brasileira de Normas Técnicas. Motores alternativos de combustão interna, não veiculares: NBR 6396. Rio de Janeiro, 1976.
- Turns, S. R., 2012, "An Introduction to Combustion - Concepts and Applications", 3. ed. Nova Delhi: McGraw Hill Education.

DEVELOPMENT OF MEASUREMENT PROCEDURE AND ANALYSIS OF GASES OF DIESEL ENGINES EXHAUST SYSTEMS, AIMING CONTROL AND REDUCING EMISSIONS

Juan Gabriel dos Reis Soares, juangrsoares@gmail.com¹

Eraldo Cruz dos Santos, eraldocs@ufpa.br¹

Mayron Pantoja Cardoso, mpc_cardoso@hotmail.com¹

Diego Lourenço da Costa Felipe, diego_felipe95@hotmail.com¹

Ederson Santos de Freitas, engmec.ederson@gmail.com¹

Tânia Cristina Alves dos Reis, tania@brentech.com.br²

Carlos Eduardo Alves da Costa, carlos@brentech.com.br²

Gonçalo Rendeiro, grendeiro2011@hotmail.com grendeiro2011@hotmail.com¹

¹University Federal of Pará, St. Augusto Corrêa, nº01, Guamá, Belém – Pará – Brasil, CEP: 66075-110,

²Brentech Energia S/A., St. 24 de outubro, s/n - Qd/Área OS6B – Jardim Ipanema, Aparecida de Goiânia – Goiânia – Brasil, CEP: 74.984-290

Abstract. *The thermoelectric plants - TPPs with diesel engines, specifically Units Diesel Generators - UDG's, play an extremely important role in the global energy scenario. The introduction of new methods of analysis and monitoring of diesel engines gaining strength, especially those who work with predictive maintenance features. Being a little-explored area, the methods of analysis and monitoring are very favorable to sustainable and economic context, since their description must be well grounded and is of great interest UTE's facing serious unwanted pollution problems to the environment and costly corrective maintenance. Given this scenario, this study was developed aiming at the development of accurate and reliable methodologies for the gases emitted by UDG's analysis, with the purpose of the detailed description of the entire collection procedure and gas analysis in UTE's Region Northern Brazil. The OPTIMA 7 gas analyzer was used in the development of this study methodology, getting an exclusive part of the work to its operation and handling, because the fixation and positioning of the probes are of vital importance to the veracity of the results. In a previous study of the components of diesel systems and their peculiarities, mapped to engines in the laboratory and in a UTE near Belém used as the basis of the study and the best gas collection points have been identified, as well as the best conditions and analysis intervals. With the aid of standards set by government groups to preserve the environment and the engine manufacturers own companies, compared the results obtained by this method to validate the accuracy and reliability of your data collected. The results of measurements and analyzes are expected to obtain satisfactory data, to control gas emissions, ensuring the effectiveness of this methodology; which arouses interest in developing new predictive maintenance methods UDG's.*

Keywords: *Thermal Power Plants, Diesel Engines, Power Generation; Gas Analysis, Predictive Maintenance.*