

COMPARAÇÃO DOS COMBUSTÍVEIS DÍESEL S10 E S500 PARA RESOLUÇÃO DE PROBLEMAS EM MOTORES DO CICLO DÍESEL

Jefferson Renan Santos da Silva¹, Marcos Dantas dos Santos^{2*}, Joyce Kimberlly Santos da Silva³, Sandro Lino de Moreira Queiroga⁴, José Costa de Macêdo Neto⁵

¹Bacharel em Engenharia mecânica – UEA. e-mail: eng.jeffersonrenan@gmail.com;

²Professor MSc. do curso de Engenharia de Controle e Automação – IFAM.
email:marcosdantas73@hotmail.com;

³Bacharel em Engenharia Química – UFAM. e-mail: joyce.silva9@yahoo.com.br;

⁴Professor MSc. do curso de Engenharia Controle e Automação – IFAM.
e-mail:linoqueiroga@gmail.com;

⁵Professor Dr. do curso de Engenharia de Materiais – UEA. e-mail: jotacostaneto@gmail.com

Apresentado no

Congresso Técnico Científico da Engenharia e da Agronomia – CONTECC'2017
8 a 11 de agosto de 2017 – Belém-PA, Brasil

RESUMO: Este trabalho retrata um problema atual relacionado a motores do ciclo Diesel, onde após a substituição do combustível S500 para o S10 sofreu inúmeros problemas com relação a desempenho, falhas mecânicas, desgaste de peças e até a quebra de componentes do sistema de injeção do motor como a bomba injetora, bicos injetores, tubulações e filtros. Uma discussão se abre quando se trata da utilização do novo diesel S10 em motores fabricados antes P7 do PROCONVE - Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, onde foram estabelecidos novos parâmetros de emissão de poluentes para os veículos, pois o mesmo vem acarretando problemas repetidamente. Assim fez-se uma análise para possíveis causas e explicações a respeito deste assunto que causa transtornos a proprietários de veículos antigos e esclarece um pouco mais o assunto para proprietários de motores novos. Também foi realizado, neste trabalho, um estudo de caso de análise de falhas em um bico injetor utilizado em motor de alta que utilizou diesel S10.

PALAVRAS-CHAVE: Diesel S10, Motores diesel, Diesel S500.

COMPARISON OF DIESEL S10 and S500 FOR SOLVING PROBLEMS IN CYCLE DIESEL ENGINES

ABSTRACT:This work depicts a current problem related to Diesel cycle engines, where after the replacement of S500 fuel S10 suffered a number of problems regarding performance, mechanical failures, wear parts and even the breaking of the engine injection system components and the injection pump, nozzles and pipes. A discussion opens when it comes to the use of new diesel engines manufactured in S10 before the P7 PROCONVE- Control Program of Air Pollution from Motor Vehicles, which were established new pollutant emission parameters for vehicles, because it has been causing problems repeatedly. So did an analysis for possible causes and explanations about this matter that causes inconvenience to owners of older vehicles and clarify a bit more the issue for new engine owners.It was also carried out in this work, a study of failure analysis case in a nozzle used in high engine that used diesel S10.

KEYWORDS: S10 diesel, diesel engines, diesel S500.

INTRODUÇÃO

Com o aumento das emissões de poluentes e da degradação da camada de ozônio, criada em 1997 pela lei nº 9.478 uma agência para fiscalizar e controlar os gases emitidos pelos motores de combustão interna, a Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP). Com a criação da mesma, estimativas e diretivas a cerca da produção e utilizações de combustíveis derivados

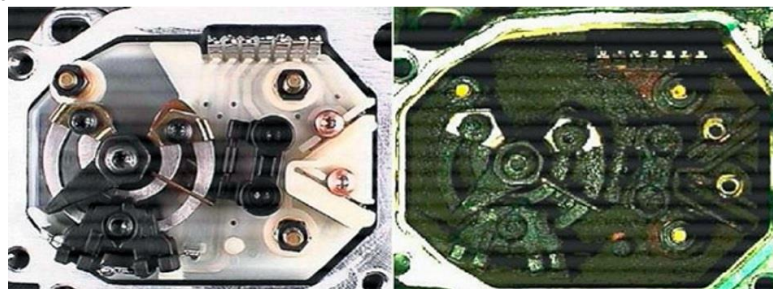
de petróleo foram crescendo e tornando cada vez menos poluente a composição química dos combustíveis. A principal realização foi a diminuição na presença de enxofre na composição, onde no diesel S10 é cerca de 10 mg/kg que equivale a 10 p.p.m. e no diesel S500 cerca de 500 mg/kg que equivale a 500 p.p.m. Com tudo, os combustíveis apresentam características, de acordo com fabricantes, bem parecidas, onde poderemos ver no decorrer deste trabalho, fazendo-nos refletir no que pode estar causando os sérios danos aos motores do ciclo diesel fabricados antes do P7. Pode-se verificar problemas comuns ocorrendo em motores do ciclo diesel, assim buscamos associá-los a características específicas dos combustíveis. O problema de corrosão em componentes de motores do ciclo diesel é de certa forma comum, já que a água está sempre presente em óleos diesel. A água que pode estar presente no diesel nas formas de água livre, água emulsificada e água dissolvida. Devido ao processo de refinamento, estocagem e manuseio incorreto que são as causas mais prováveis para presença de água nos óleos diesel, deve-se buscar uma forma de eliminá-la antes de chegar ao componente principal de um sistema de alimentação de combustível, ou seja, a bomba injetora. A (Figura 1) mostra falhas em um bico injetador causado pelo combustível biodiesel.

Figura 1. Problema de corrosão (coqueamento) ocorrido em bicos injetores de motores diesel



A bomba injetora é responsável por injetar combustível com a pressão correta diretamente nos bicos injetores localizados no cabeçote do motor. Estes componentes são extremamente sensíveis à água, podendo sofrer desgastes prematuros ocasionando falhas e perda de rendimento ou até a quebra completa destes componentes. (A Figura 2) mostra outra falha em uma bomba injetora causada pelo combustível biodiesel.

Figura 2. Bomba rotativa de alta pressão – Mecanismo de comando após funcionamento com biodiesel de baixa qualidade



Outros componentes como filtros e tubulações sofrem com o aparecimento de impurezas geralmente desenvolvidas no diesel S10.

Neste trabalho foram utilizados métodos padronizados para análise de combustíveis de acordo com normas da Associação Brasileira de Normas Técnica (ABNT) e *American Society Test of Materials* (ASTM) conforme regulamento técnico da Agencia Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (ANP N° 4) e testes reais em motores fabricados tanto antes da P7 como após. Também foi realizado um estudo de caso de análise de falhas em um bico injetor utilizado com motores-geradores de alta potência ocasionada por impurezas como partículas sólidas e água no óleo diesel S10 utilizado.

MATERIAIS E MÉTODOS

As características dos combustíveis podem ser vistas na (Tabela 1) de comparação abaixo onde podemos ver que os combustíveis não se diferenciam muito, porém ainda resta saber os reais

motivos para os problemas estarem acontecendo quando se utilizam o diesel S10 em veículos fabricados antes de 2012.

Tabela 1. Comparação das propriedades dos combustíveis diesel S10 e S500.

| Propriedades | S10 | S500 |
|---|---|--|
| Aspecto (estado físico, forma e cor): | Líquido límpido (isento de materiais em suspensão) | Líquido límpido (isento de material em suspensão) |
| Odor e limite de odor: | Característico. | Característico |
| pH: | Nãoaplicável. | Nãoaplicável. |
| Ponto de fusão/ponto de congelamento: | -40 – 6°C | - 40 – 6°C |
| Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição: | 150 – 471°C | 150 – 471°C |
| Ponto de fulgor: | 38°C mín. (Método: NBR-7974) | 38 °C Mín.;Método NBR 7974. |
| Taxa de evaporação: | Nãodisponível. | Nãodisponível. |
| Inflamabilidade (sólido, gás): | Nãoaplicável. | Nãoaplicável. |
| Limite inferior/superior de inflamabilidade ou explosividade: | Nãodisponível. | Não disponível. |
| Pressão de vapor: | 0,4 kPa a 40°C | 0,4 kPa a 40°C |
| Densidade de vapor: | Não disponível. | Não disponível. |
| Densidade relativa: | 0,820 – 0,865 a 20°C (Método NBR-7148) | 0,820-0,865 a 20 °C (Método NBR-7148) |
| Solubilidade(s): | Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos. | Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos. |
| Coefficiente de partição – n-octanol/água: | Log kow: 7,22 (dado estimado). | Log kow: 7,22 (dado estimado). |
| Temperatura de auto-ignição: | > 225°C | ≥ 225°C |
| Temperatura de decomposição: | 400°C | 400°C |
| Viscosidade: | 2,5–5,5 cSt a 40°C (Método: ASTM D-445) | 2,5–5,5 cSt a 40°C (Método: ASTM D-445) |
| Outras informações: | Faixa de destilação: 100 – 400°C a 760 mmHg (Método NBR-9619) | 100 - 400 °C @ 101,325 kPa (760 mmHg); Método: NBR-9619. |

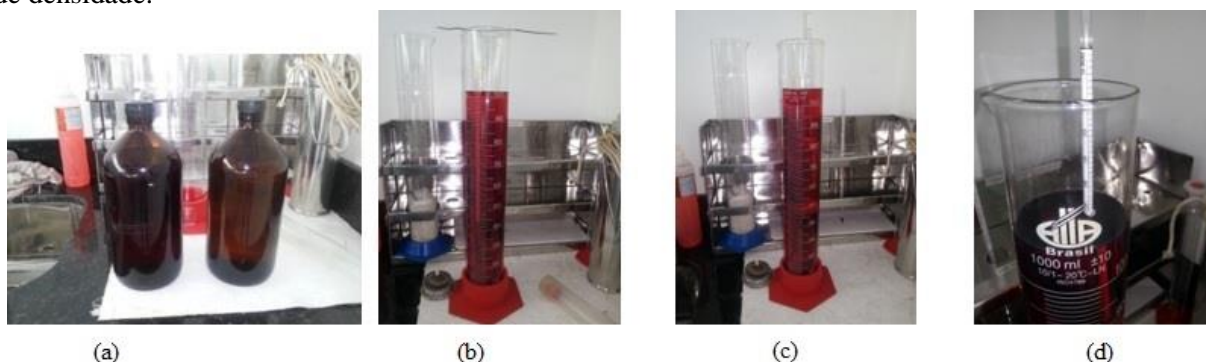
Na análise dos combustíveis foram utilizadas quantidades padrões estabelecidas pelas normas técnicas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), mais especificamente a NBR 7148. Com a utilização de equipamentos de laboratório como termômetro de mercúrio de imersão total tipo “I” aprovado pelo Instituto Nacional de Metrologia, Qualidade e Tecnologia (INMETRO) segundo a portaria nº 71 de 28 de Abril de 2003, com escala de -10°C a 50°C e subdivisões de 0,5°C. Densímetro de vidro de escala de 0,800g/mL a 0,850g/mL com menor divisão de 0,0005g/mL.

Ensaio de Densidade de combustível

Os objetivos deste ensaio são: determinar experimentalmente o valor da densidade relativa de um combustível derivado de petróleo, mais especificamente os óleos diesel S10 e S500, através da leitura direta no equipamento densímetro e termômetro. As amostras foram coletadas em recipiente próprio diretamente no posto de distribuição de combustível. Em um laboratório de análise de combustíveis foram utilizados uma proveta de 1000 mL, densímetro de vidro e termômetro de imersão. É necessário inserir o termômetro na proveta e aguardar a estabilização da temperatura do combustível, em seguida introduz-se o densímetro e coletam-se os resultados experimentais. Após os

procedimentos experimentais, faz-se a conversão dos valores para os padrões, considerando a temperatura de 20° C. As (Figuras 3a, 3b, 3c e 3d) mostram os aparatos utilizados nos procedimentos instrumentais.

Figura 3. (a) Material para análise do diesel S500 e S10 (b) Verificação da temperatura (c) e (d) Teste de densidade.



RESULTADOS E DISCUSSÃO

O ensaio de densidade pode revelar alguma alteração relacionada ao líquido que está sendo testado. Em um combustível a presença de água pode influenciar significativamente na densidade, fazendo com que esse combustível traga prejuízo para o sistema onde irá atuar.

As (Tabelas 2 e 3) mostram os resultados obtidos. Pelas tabelas observam-se que diferenças em uma das características em comum dos dois óleos diesel, dessa forma sabemos que o óleo diesel S10 tem maior densidade que o óleo diesel S500, isso pode ser influência de água, em uma das formas mencionadas neste artigo, presente na sua composição. Com isso, os problemas existentes geralmente são causados pelo diesel S10, pois o mesmo permite que a água se agregue mais devido suas características na sua composição.

Tabela 2. Dados utilizados para ensaio de Densidade Relativa.

| Dados | Diesel S10 | Diesel S500 |
|-----------------|------------|-------------|
| Volume Ensaiado | 1000 mL | 1000 mL |
| Temperatura | 27,5 °C | 30,5°C |
| Fator | 0,9938 | 0,9913 |
| Volume Real | 994 mL | 991 mL |

Tabela 3. Resultados EXPERIMENTAIS versus PADRÃO À 20°C do diesel na análise de densidade.

| Densidade | Diesel S10 | Intervalo Tolerância Padrão | | Diesel S500 | Intervalo Tolerância Padrão | |
|---------------|------------|-----------------------------|--------|-------------|-----------------------------|--------|
| | | Min | Máx | | Min | Máx |
| Experimental | 0,8300 | Min | 0,8149 | 0,8260 | Min | 0,8128 |
| Padrão à 20°C | 0,8350 | Máx | 0,8752 | 0,8330 | Máx | 0,8732 |

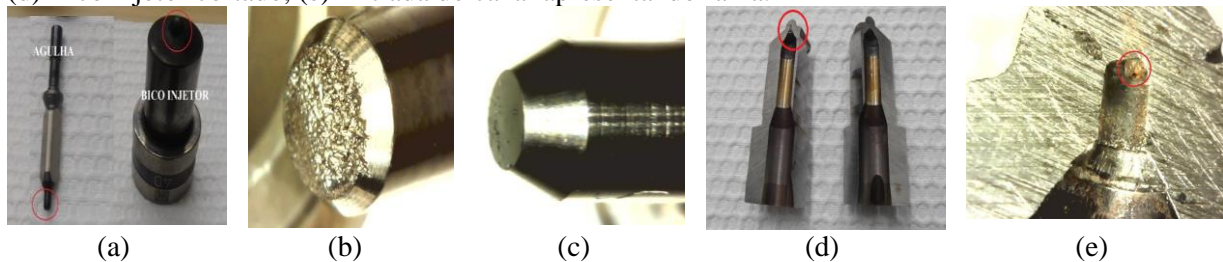
Estudo de caso

O objetivo deste estudo de caso foi verificar as possíveis causas de uma alta vazão de retorno ocorrida em uma unidade injetora e relacionar a alta vazão com do óleo combustível (S10) utilizado bem como os defeitos nos componentes da unidade injetora (agulha e bico injetores). Neste estudo de caso, utilizou-se uma unidade injetora modelo ADEC S4000 do fabricante L'Orange, o motor gerador diesel utilizado foi da marca MTU. Esta unidade injetora ficou sendo utilizada aproximadamente 3.000 horas.

Pelas (Figuras 4a,4b e 4c) observa-se o bico injetor e a agulha. Na (Figura 4a) observa-se a agulha e o bico injetor mostrando as regiões analisadas. Essas regiões são as que mais falham durante o uso. A (Figuras 4b) mostra a ponta da agulha com desgaste. A (Figura 4d), mostra a região interna do bico injetor com a ponta do bico apresentando a entrada do canal de pulverização com desgaste.

A (Figura 4b) mostra a ponta da agulha do bico injetor com presença de falha causada pelo desgaste por erosão com partículas sólidas que estavam no óleo diesel S10. A falha por erosão com partículas sólidas foi causada por contaminação do combustível conforme Asi (2006) e Galle et al.(2012). A (Figura 4e) mostra a região interna do bico injetor apresentando desgaste por erosão e cavitação segundo Godefroid et al.(2010) e He et al.(2013). Uma das causas da cavitação em bicos injetores é devido a presença de água presente no óleo combustível que submetido a altas pressões. Pela (Figura 4e) também é observado desgaste por atrito e abrasão no acento da agulha e na região circunvizinha. Também observa-se uma camada dura e escura que são depósitos orgânicos causados por impurezas do combustível (Yu e Xu, 2009). Os desgastes apresentados na ponta da agulha e na região interna do bico injetor também contribuíram para o aumento da vazão de retorno.

Figura 4.(a) Agulha e bico injetor, (b) Ponta da agulha apresentando falha, (c) Ponta da agulha nova, (d) Bico injetor cortado, (e) Entrada do canal apresentando falha.



CONCLUSÕES

1. O óleo diesel S10 possui propriedades que o tornam mais propício a gerar problemas em motores do ciclo diesel se não houver um acompanhamento do equipamento onde está sendo usado.
2. Faz-se necessário buscar mecanismos para diminuir as ações prejudiciais do diesel S10 em sistemas de alimentação de combustível dos motores, bem como também para diminuir a necessidade da constante presença de um profissional para eliminar estes problemas.
3. Mediante as análises feitas na ponta do bastão, agulha e bico injetor verificou-se que o desgaste ocorrido nos componentes foi contaminação do óleo combustível S10 por partículas sólidas e água.

REFERÊNCIAS

- ASTM. American Society for Testing and Material. D6079-99: Standard Test Method for Evaluating Lubricity of Diesel Fuels by the High-Frequency Reciprocating Rig (HFRR). West Conshohocken, 1999. 4p.
- FISPQ. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos, Óleo Diesel S10, PETROBRAS, 2015.
- FISPQ. Ficha de Informações de Segurança de Produtos Químicos, Óleo Diesel S500, PETROBRAS, 2015.
- Asi, O. Failure of a diesel engine injector nozzle by cavitation damage. *Engineering Failure Analysis*, v. 13, p. 1126–1133, 2006.
- Godefroid, L.; Cândido, L. C.; Moraes, W. A. Curso: Análise de Falhas. Editora: Associação Brasileira de Metalurgia, Materiais e Mineração-ABM, 2010.
- Galle, J. et al.. Failure of fuel injectors in a medium speed diesel engine operating on bio-oil. *Biomass and bioenergy*, v. 40, 27-35, 2012.
- He, Z. et al. *Applied Thermal Engineering*, v. 54, p. 56-64, 2013.
- Negrin, D. et al. *Medios Auxiliares y Equipos de Laboratorio de Resistencia de Materiales*, Universidade Central de Las Villas, PP. 01-80. 1987.
- Pisarenko, G. S.; Yakovlev, A. P.; Matveev, V. V. *Manual de Resistencia de Materiales*, Editora MIR MOSCÚ, 1979.
- Yu, Z.; Xu, X. Cracking damage of diesel engine injector nozzles. *Engineering Failure Analysis*, v. 16, p. 112–118, 2009.