

ANÁLISE DE CARACTERÍSTICAS INDICADORAS DE QUALIDADE DO ÓLEO DIESEL MARÍTIMO

Carlos Cleoton Xaxá da Silva Lima¹; Monique Murielle de Araújo Silva ²; Dandara Martins Monteiro³; Ana Catarina Fernandes Coriolano⁴; Regina Célia de Oliveira Brasil Delgado⁵

¹Universidade Federal Rural do Semi-Árido, carloslimac@gmail.com

²Universidade Federal Rural do Semi-Árido, monike_murielle@hotmail.com

³Universidade Federal Rural do Semi-Árido,

⁴Universidade Potiguar – Laureate International Universities, catarina.coriolano@unp.br

⁵Universidade Federal Rural do Semi-Árido – Centro de Engenharias, regina.brasil@ufersa.edu.br

Resumo

O principal meio de transporte para variados tipos de mercadorias em todo o mundo é o marítimo, e o óleo diesel é o combustível utilizado nas embarcações que possuem motores de grandes dimensões. Como consequência do crescimento do comércio mundial, verifica-se um aumento do transporte marítimo e, também maior demanda por combustível aquaviário, além do aumento nos impactos ambientais causados pela queima desses combustíveis. Com a elevada exigência do mercado por produtos que atendam aos padrões de qualidade, além do forte apelo pela redução de poluição causada pelos derivados de petróleo, é de extrema importância o conhecimento das características físico-químicas indicadoras de qualidade dos combustíveis para sua melhor utilização. No Brasil, a qualidade dos combustíveis é verificada através de um conjunto de características empregando Normas da ABNT e da ASTM, de acordo com a legislação em vigor, que visam garantir que cada produto apresente condições de suprir todas as exigências dos motores e, permitir que a emissão de poluentes seja mantida em níveis aceitáveis. O presente trabalho teve como objetivo avaliar características físico-químicas de diesel marítimo e comparar com as especificações estabelecidas pela ANP. Foram realizados ensaios de aspecto, cor, massa específica a 20° C, enxofre total, destilação atmosférica, ponto de fulgor, índice de cetano e viscosidade em três amostras de óleo diesel marítimo tipo A. Os resultados obtidos nos ensaios estão em conformidade com as especificações estabelecidas pela legislação vigente.

Palavras-chave: Combustíveis, Óleo diesel marítimo, Especificações, Qualidade.

1. Introdução

O transporte marítimo é uma das indústrias pilares do comércio mundial, transportando mais de 8,0 bilhões de toneladas e com um crescimento anual de 5% segundo a Organização Mundial do Comércio, esta indústria gera uma importante quantidade de poluentes (Sardinha, 2013). Existem opções claras para a redução das emissões causadas pelo transporte aquaviário, que são a realização de melhorias tecnológicas, aperfeiçoando os motores dos navios de modo a reduzir a resistência à propulsão e o consumo de combustível.

Segundo a Petrobras (2014), os óleos combustíveis marítimos são utilizados em motores principais, de grandes dimensões, nos sistemas de propulsão de navios de grande porte. São motores de combustão interna que operam segundo o ciclo Diesel e, por isso, apresentam requisitos de qualidade diversos daqueles necessários aos óleos combustíveis industriais. O diesel marítimo é utilizado principalmente nos sistemas auxiliares de geração de energia ou de emergência destas embarcações. Entretanto pode ser utilizado em motores principais, de propulsão, em embarcações de médio e pequeno porte.

No Brasil, os combustíveis devem ser produzidos para atender requisitos de qualidade definidos, que visam garantir que cada produto apresente condições de suprir todas as exigências dos motores e, permitir que a emissão de poluentes seja mantida em níveis aceitáveis (Domingos *et al.*, 2016). Diante disso, torna-se importante analisar características indicadoras de qualidade dos combustíveis marítimos.

As características de qualidade dos combustíveis comercializados no Brasil e as atividades econômicas integrantes da indústria de petróleo são controladas pela Agência Nacional de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. As especificações dos combustíveis aquaviários são estabelecidas pela Resolução ANP nº 52 de 29 de dezembro de 2010. No Brasil é vedada a comercialização de combustível aquaviário que não se enquadre nas especificações estabelecidas no Regulamento Técnico nº 5/2010 parte integrante da Resolução, que classifica esses combustíveis em:

- Óleos residuais: óleos oriundos de corrente intermediária do refino ou aqueles agregados ao diesel marítimo B;
- Óleo diesel marítimo A (DMA): combustível destilado médio, para uso aquaviário;
- Óleo diesel marítimo B (DMB): combustível predominantemente composto de destilados médios, podendo conter pequenas quantidades de óleos de processo do refino, para uso aquaviário;
- Óleo combustível marítimo (OCM): composto de óleo combustível e diluente na quantidade suficiente para ajuste da viscosidade, para uso aquaviário.

Este trabalho tem como objetivo geral avaliar características indicadoras da qualidade de amostras de óleo diesel marítimo e comparar com as especificações estabelecidas pela ANP de acordo com a legislação em vigor.

Metodologia

Foram analisadas 3 (três) amostras de óleo diesel marítimo tipo A (DMA), obtidas através de doação.

As amostras foram submetidas à análise de cor, aspecto, massa específica a 20°C, ponto de fulgor, teor de enxofre, viscosidade a 40°C e destilação atmosférica, além do cálculo do índice de cetano de acordo com as Normas Brasileiras e Métodos Brasileiros da ABNT, e as normas da *American Society for Testing and Material* – ASTM. As normas, equipamentos e vidraria usados nas análises são descritas a seguir:

- **Aspecto e Cor:** analisadas pelo método visual, utilizando proveta de vidro de 500mL.
- **Massa específica a 20°C:** realizado de acordo com a norma ASTM D 4052, utilizando-se um densímetro digital de bancada.
- **Ponto de fulgor:** foi utilizado como referência às normas ASTM D93 e NBR 14598, e os ensaios foram feitos em um equipamento Pensky-Martens, modelo HFP 380.
- **Teor de enxofre:** foi realizada de acordo com as normas ASTM D4294 e NBR 14533, no equipamento de Fluorescência de Raios X, por energia dispersiva (EDX), modelo EDX-800, sendo realizadas em ambiente de gás Hélio (pressão: 700 a 800 KPa, pureza: 99,995%).
- **Viscosidade a 40°C:** analisada obedecendo às normas NBR 10441 e ASTM D 445, no equipamento viscosímetro automático modelo AKV-202, com tubo viscosimétrico capilar do tipo Lanz- Zeirfuchs modificado de fluxo reverso e banho térmico a 40 °C.
- **Destilação atmosférica:** adicionalmente o ensaio da destilação atmosférica foi realizado de acordo com a norma ASTM D86, para auxiliar no cálculo do índice de cetano.
- **Índice de cetano:** calculado por uma equação (Equação 1) de quatro variáveis de acordo com as normas NBR 14759 e ASTM D4737, sendo determinado a partir da densidade a 15 °C e temperaturas da curva de destilação de 10%, 50% e 90% de evaporados.

$$ICC = -386,26D + 0,1740T_{10} + 0,1215T_{50} + 0,01850T_{90} + 297,42 \quad (01)$$

Onde:

D = densidade a 15°C, é obtida por correção em software específico da densidade a 20°C.

T₁₀ = temperatura na qual 10% da amostra destilou (°C).

T₅₀ = temperatura na qual 50% da amostra destilou (°C).

T₉₀ = temperatura na qual 90% da amostra destilou (°C).

3. Resultados e Discussão

Os resultados obtidos das amostras nas análises de destilação atmosférica e que foram utilizados para o cálculo do índice de cetano estão descritos na Tabela 1.

Tabela 01. Resultados dos ensaios da destilação das amostras de óleo diesel marítimo.

DESTILAÇÃO	AMOSTRA 01	AMOSTRA 02	AMOSTRA 03
10% do Evaporado (°C)	204,6	206,6	242,2
50% do Evaporado (°C)	275,4	276,0	292,4
90% do Evaporado (°C)	345,4	345,2	337,6

Os resultados obtidos na caracterização físico-química das amostras estão expressos na Tabela 2. Esses resultados foram comparados com as especificações estabelecidas pelo Regulamento Técnico ANP N°5/2010, em vigor atualmente.

Tabela 1. Resultados obtidos das amostras de óleo diesel marítimo

Ensaio	Especificações ANP (DMA)	Amostra 1	Amostra 2	Amostra 3
Aspecto	Límpido e isento de impurezas			
Cor	máximo 3	Amarelo (1)	Amarelo (1)	Marrom (2)
Massa específica 20°C (kg/m³)	máximo 876,8	842,1	842,2	873,3
Ponto de fulgor (°C)	mínimo 60	65	65	85
Teor de enxofre (%massa)	máximo 0,5	0,060	0,062	0,166
Viscosidade a 40 °C (mm²/s)	1,5 – 6	3,1	3,1	4,7
Índice de cetano	mínimo 40	49,6	49,8	44,4

As amostras analisadas pelo método visual apresentaram aspecto em conformidade com as especificações atuais, ou seja, estavam límpidas e isentas de impurezas. A resolução especifica o uso da norma ASTM D 1500 para análise da cor do diesel marítimo, que determina através de uma escala numérica valores variando entre 1 a 3 para amostras conformes. As amostras foram analisadas alternativamente pelo método visual e apresentaram cores amarela e marrom em tons claros que são correspondentes a valores entre 1 e 2 na escala numérica da cor ASTM, e, portanto, os resultados foram considerados satisfatórios para essa característica.

O valor de massa específica a 20°C obtido para as amostras foi de 842,1 a 873,3 kg/m³, estando portando em conformidade com as especificações vigentes para o óleo diesel marítimo tipo A, que é no máximo de 876,8 kg/m³.

Os resultados obtidos para ponto de fulgor indicaram que as amostras analisadas estão de acordo com o estabelecido pelo regulamento, que é no mínimo de 60°C, pois apresentaram valores entre 65 e 85 °C.

O teor de enxofre total máximo aceito no óleo diesel marítimo é de 0,5% em massa, logo os resultados obtidos, indicam que as amostras estão em conformidade com a legislação em vigor para essa característica, pois apresentaram valores menores que o máximo permitido.

Os resultados obtidos nos ensaios da viscosidade a 40°C, demonstram que as amostras de diesel marítimo analisadas apresentaram viscosidade em conformidade (3,1 a 4,7 mm²/s) com as especificações estabelecidas atualmente (1,5 a 6,0 mm²/s).

Os valores do índice de cetano estão em conformidade com o limite estabelecido para diesel marítimo tipo A, pois todas as amostras são superiores ao valor mínimo, que é 40 atualmente.

Conclusões

Os ensaios realizados nas amostras de óleo diesel marítimo são de extrema importância para segurança no armazenamento do combustível, menor desgaste dos motores, controle de emissões de gases tóxicos, economia, potência dos motores de embarcações, entre outros fatores, servindo também para indicar possíveis adulterações sofridas pelo combustível.

As amostras analisadas de óleo diesel marítimo A, estão em conformidade com as

especificações atuais para todas as características avaliadas.

Agradecimentos

Ao Laboratório de Combustíveis e Lubrificantes – LCL do Instituto de Química da Universidade Federal do Rio Grande do Norte – UFRN e a Universidade Federal Rural do Semi-Árido – UFERSA.

Referências

AGÊNCIA NACIONAL DO PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS - Resolução ANP Nº 52, de 29.12.2010 - Dou 30.12.2010: Estabelece as especificações dos combustíveis aquaviários comercializados pelos diversos agentes econômicos em todo o território Nacional.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D86: Standard Test Method for Distillation of Petroleum Products at Atmospheric Pressure, 2012.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 93: Flash Point by Pensky-Martens Closed Cup Tester, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 445: Kinematic Viscosity of Transparent and Opaque Liquids (and Calculation of Dynamic Viscosity), 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 4052: Standard Test Method for Density and Relative Density of Liquids by Digital Density Meter, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 4294: Standard Test Method for Sulfur in Petroleum Products by Energy Dispersive X-Ray Fluorescence Spectroscopy, 2003.

AMERICAN SOCIETY FOR TESTING AND MATERIALS. ASTM D 4737: Calculated Cetane Index by Four Variable Equation, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Brasileiras – NBR 14533 Produtos de Petróleo – Determinação do Enxofre por Espectrometria de Fluorescência de Raios X (Energia Dispersiva), 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Brasileiras – NBR 10441 Produtos de petróleo - Líquidos transparentes e opacos – Determinação da viscosidade cinemática e cálculo da viscosidade dinâmica, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Brasileiras – NBR 14598

Produtos de Petróleo - Determinação do ponto de fulgor pelo vaso fechado Pensky Martens, 2003.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. Normas Brasileiras – NBR 14759 Produtos de Petróleo - Combustíveis Destilados - Índice de Cetano calculado pela equação de quatro variáveis, 2003.

DOMINGOS, I. S.; DELGADO, R. C. O. B; CORIOLANO, A. C. F.; ARAÚJO, A. S. Análise de Corrosividade ao Cobre em Misturas de Gasolina C e Etanol Hidratado Combustível para Tecnologia Flex-fuel. Anais do II CONEPETRO, 2016.

PETROBRÁS. Combustíveis Marítimos: Informações Técnicas. 2014. Disponível em: <http://sites.petrobras.com.br/minisite/assistenciatecnica/public/downloads/Combustiveis-Maritimos-InfoacoesTecnicas-v15-29.pdf> Acesso em: 30 de junho de 2018.

SARDINHA, A. Poluição e o Transporte Marítimo. 2013. Disponível em: <http://transportemaritimoglobal.files.wordpress.com/2013/08/poluic3a7c3a3o-e-o-transporte-marc3adtimo.pdf>. Acesso em: 12 jun. 2018.