

TAXA DE EVAPORAÇÃO DO DIESEL S10 EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.

Thiago da Silva André¹; Francisco de Assis Oliveira Fontes²; Ângelo Roncalli Oliveira Guerra³; Cleiton Rubens Formiga Barbosa⁴

¹ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica - thiagoandreengmec@hotmail.com

² Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica - franciscofontes@uol.com.br

³ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica - aroncalli@uol.com.br

⁴ Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Departamento de Engenharia Mecânica - cleiton@ufrnet.br

RESUMO

Este artigo mostrará os resultados de análises experimentais que mediram a taxa de evaporação do diesel S10, realizados em seis níveis de temperatura e uma análise de custos das perdas por evaporação, com aplicação em postos de combustíveis. O diesel S10 combustível é conhecido por possuir enxofre em sua composição, elemento prejudicial ao meio ambiente e à saúde humana. Apresenta, quando submetido a diferentes temperaturas, variações na sua taxa de evaporação, o que ocasiona liberação de vapor de diesel S10 para a atmosfera, podendo contaminar solos, lençóis freáticos, vegetação entre outros. Em postos de combustíveis, esse vapor de diesel S10 é liberado ao ambiente ou através das linhas de respiro ou no momento do abastecimento de veículos, são as chamadas emissões fugitivas. O presente estudo aponta que, quando um posto não possui os dispositivos de proteção adequados, pode chegar a perder, aproximadamente, por emissões fugitivas, 5 (cinco) litros de diesel S10 por hora, isso para um tanque subterrâneo de 5.000 litros de combustível a uma temperatura de 40°C.

Palavras-chaves: Taxa de evaporação, diesel S10, emissões fugitivas, custos.

1. INTRODUÇÃO

No desenvolvimento de muitas nações vem sendo dada, cada vez mais, atenção a preocupação ambiental. Antes visto como um fator facilmente descartado, hoje assume a relevância que é devida. É o que denomina-se desenvolvimento sustentável.

Em várias setores da economia são observados o desenvolvimento sustentável não como alternativa, mas como obrigação imposta, se não pela consciência, mas pelas leis. E entre tantos locais que merecem essa prevenção ambiental, os pontos revendedores

de combustíveis, por serem potencialmente poluidores do meio ambiente, merecem a devida atenção. [FERREIRA; SILVA; LIMA, 2015].

Em particular o Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustíveis - SASC - é objeto de estudo desse trabalho. Formado pelas linhas que ligam tanques as bombas de abastecimentos, tanques entre outros elementos será delimitado, para estudo, o tanque de combustível. [PEREIRA, GOMES, & OLIVEIRA, 2008].

Além dos vazamentos possivelmente existentes em tanques de combustíveis, daí a relevância de periódicos testes de estanqueidade [FONTES et al., 2015] os combustíveis armazenados neles podem contaminar o meio ambiente simplesmente por efeitos de evaporação, as chamadas emissões fugitivas.

Quando essas emissões são controladas contribui-se para um desenvolvimento econômico-sustentável do empreendimento, uma vez que combustível evaporado é combustível não vendido. Some-se a isto as possíveis multas, através dos passivos ambientais, geradas pelas poluição/contaminação do meio ambiente [DIAS et al., 2012].

Este trabalho apresenta o valor das emissões por evaporação (realizadas de modo experimental), gerados pelo diesel, em diferentes níveis térmicos, seguido de uma análise de custos das consequências financeiras para o posto revendedor do não controle dessas emissões.

2. DIESEL S10 PETROBRAS

Neste trabalho, para estudo da taxa de evaporação e, por conseguinte análise de custos das perdas por evaporação, tem-se o diesel S10 como objeto de estudo.

O combustível diesel S-10 é o diesel com teor de enxofre máximo de 10 mg/kg. Essa recomendação é um atendimento a legislação nacional, o PROCONVE, Programa de Controle da Poluição do Ar por Veículos Automotores, vinculado ao

CONAMA, Conselho Nacional do Meio Ambiente.

Esse programa instituiu que, no Brasil, veículos fabricados a partir de 2012, teriam que ter diminuir a quantidade de emissões veiculares. Para isso, as montadoras e distribuidoras de combustíveis tiveram que realizar mudanças tanto no motor, quanto nos combustíveis [JOHNSON, 2009].

A seguir a Tabela 1 apresenta as principais propriedades do Diesel S10.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas do diesel S10. Fonte: FISPQ, 2015.

O diesel S10 Petrobras reduz a quantidade de enxofre em sua composição, contribuindo assim para uma menor emissão desse particulado e, por conseqüente, diminuição da fumaça branca.

O Diesel S10 apresenta maior número de cetano (48) que seus antecessores, o diesel S1800 e o S500, melhorando a qualidade da ignição.

3. METODOLOGIA

3.1. Análise Experimental

As análises experimentais foram realizadas utilizando os seguintes equipamentos: balança digital, termômetro de mercúrio, provetas de 25 ml, suportes para fixação das provetas, base para fixação dos suportes e banho termostático.

Primeiramente o conjunto era montado de modo a manter a temperatura do experimento constante. Para isso a proveta era fixada por meios de suportes de modo a permanecer mergulhada (quase que por completa) no banho de água, promovido pelo banho termostático, fazendo assim tinha-se o combustível na temperatura desejada para ensaio.

A temperatura era medida de duas maneiras: Uma pelo termostato digital do banho; a outra, pelo termômetro de mercúrio que era inserido não na proveta que estava

Diesel S10

Aspecto (Estado Físico, Forma E Cor)	Líquido límpido.
Odor e limite de odor	Característico.
pH	Não aplicável
Ponto de fusão/ponto de congelamento	-40 - 6 °C
Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição	150 - 471 °C
Ponto de fulgor	38 °C
Taxa de evaporação	Não disponível.
Inflamabilidade (sólido e gás)	Não aplicável.
Pressão de vapor	0,4 kPa a 40 °C
Densidade de vapor	Não disponível.
Densidade relativa	0,82 – 0,865 a 20°C
Solubilidade	Insolúvel em água
Temperatura de autoignição	225 °C
Temperatura de decomposição	400 °C
Viscosidade	2,5–5,5 cSt a 40 °C
Outras informações	Faixa de destilação: 100 – 400°C a 760 mmHg

sendo medida sua taxa de evaporação, mas sim em outra proveta, colocada também no banho só para avaliação e controle da temperatura. Ambas as provetas possuíam a mesma quantidade de diesel S10 e eram colocadas no mesmo tempo.

Foram analisados seis diferentes níveis térmicos, a saber: 30 °C, 35 °C, 40 °C, 45 °C, 50 °C e 55 °C. Os ensaios seguiam a seguinte seqüência:

- 25 ml de diesel S10 eram colocados na proveta;
- Esse conjunto era pesado na balança digital;
- Em seguida, a proveta com o diesel S10 era colocada no banho termostático até atingir a temperatura desejada;
- Quando atingida a temperatura, era retirado o conjunto e, novamente, pesado. Após a segunda pesagem, já com o combustível na temperatura a ser analisada, era iniciado o tempo do ensaio.

Convém ressaltar que a primeira pesagem era necessária para que fosse calculada a quantidade evaporada durante o aquecimento do combustível até a temperatura de ensaio. Após isto, o valor tomado servia de referência (ponto de partida) para cálculos da taxa de evaporação.

O tempo total de realização de cada ensaio foi de 4 horas, isto para cada nível térmico. A cada meia hora o combustível era pesado e foi procedido assim para que os gráficos da taxa de evaporação mostrassem mais pontos, ou seja, fossem mais detalhados.

3.2. Equações

O valor de referência era o peso inicial, o peso do conjunto proveta mais diesel S10 combustível, valor este obtido após a primeira pesagem, quando o combustível encontrava-se na temperatura desejada.

De posse do valor inicial, a cada meia hora era obtido, por meio de pesagem, os valores do peso evaporado parcial (α_i). O valor de α_i era resultado da subtração com o valor inicial; α_2 era resultado da subtração com na meia hora seguinte e assim as taxas de evaporação parciais (α_i) foram alcançadas.

Para o cálculo da taxa de evaporação média ($\alpha_{média}$), em gramas por hora, foi utilizado a Eq. (1):

$$\alpha_{média} = \frac{\sum_{i=1}^8 \alpha_i}{4 \text{ horas}} \quad [1]$$

Na equação (1), α_i é dado em gramas. Como o objetivo era expressar a taxa de evaporação por unidade de hora, no denominador aparece o número quatro que é resultado das oito pesagens, realizadas de meia em meia hora.

A porcentagem de volume vaporado (β) foi obtida com a Eq. (2).

$$\beta = \left(\frac{\alpha_{média}}{\delta_a - \delta_e} \right) \times 100 \quad [2]$$

Onde δ_a é o peso do conjunto proveta mais o diesel S10 (valor de referência) e δ_e é o peso da proveta sem o combustível.

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1. Resultados – Diesel S10

A seguir são apresentados aos resultados das análises experimentais para o diesel S10 da Petrobras. Para cada nível térmico os gráficos foram construídos: o peso total evaporado no decorrer do tempo, a taxa de evaporação média (grama/hora) e o percentual (médio) por hora de volume evaporado em função da temperatura.

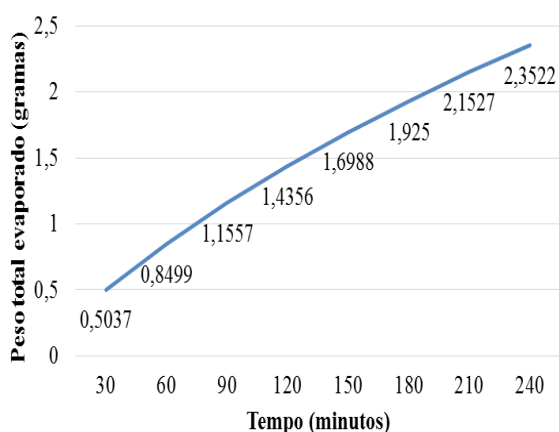


Figura 1. Peso evaporado (grama/hora).
 Diesel S10 a T = 55 °C.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

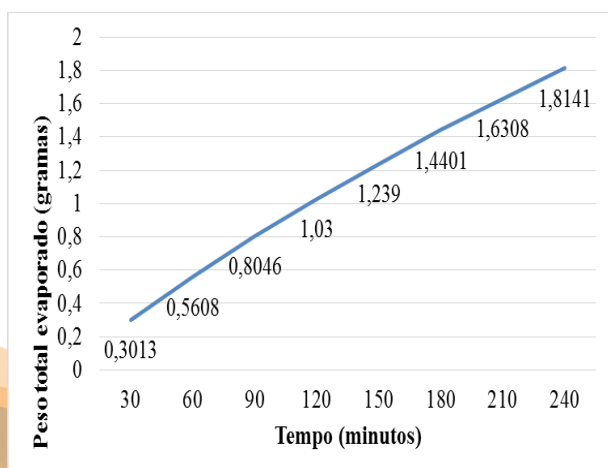


Figura 2. Peso evaporado (grama/hora).
 Diesel S10 a T = 50 °C.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

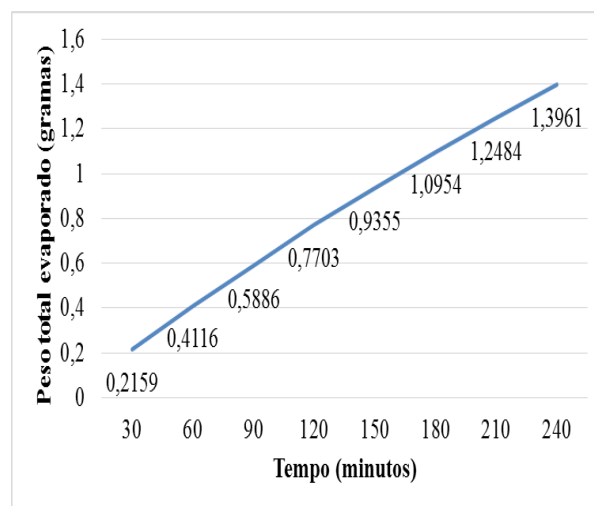


Figura 3. Peso evaporado (grama/hora).
 Diesel S10 a T = 45 °C.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

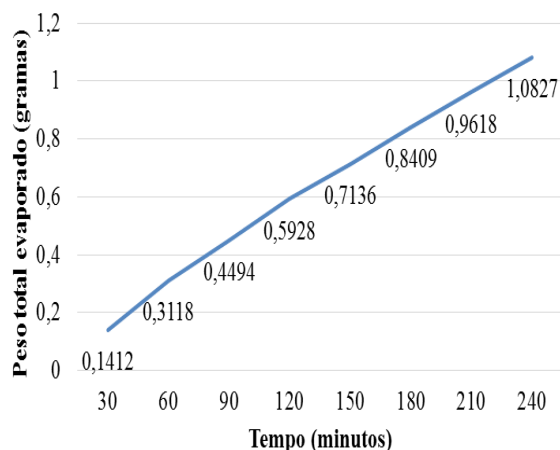


Figura 4. Peso evaporado (grama/hora).
 Diesel S10 a T = 40 °C.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

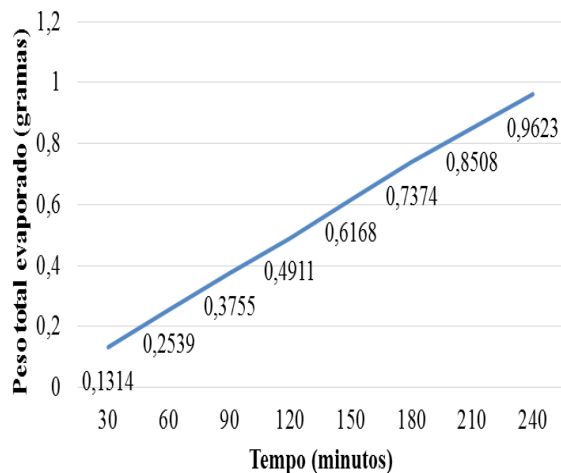


Figura 5. Peso evaporado (grama/hora).
 Diesel S10 a T = 35 °C.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

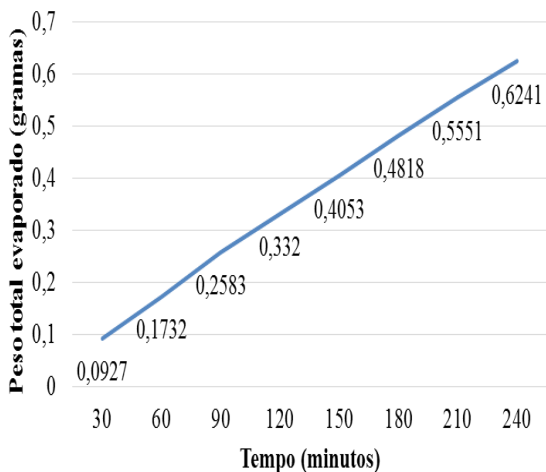


Figura 6. Peso evaporado (grama/hora).
 Diesel S10 a T = 30 °C.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

O peso total evaporado do diesel S10 é diretamente proporcional a temperatura, em todos os níveis térmicos estudados, fato esse facilmente observável nos gráficos acima (figuras 1 a 6).

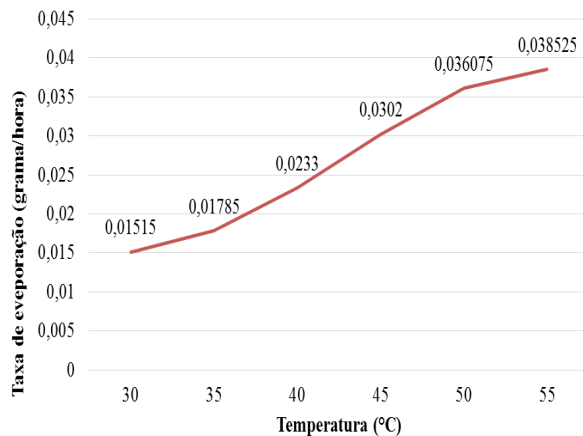


Figura 7. Taxa de evaporação média (grama/hora). Diesel S10.
 Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

Do gráfico apresentado pela figura 7, conclui-se que a taxa de evaporação média (grama/hora) aumenta com o aumento da temperatura. Esses valores foram obtidos em ensaios com duração de quatro horas.

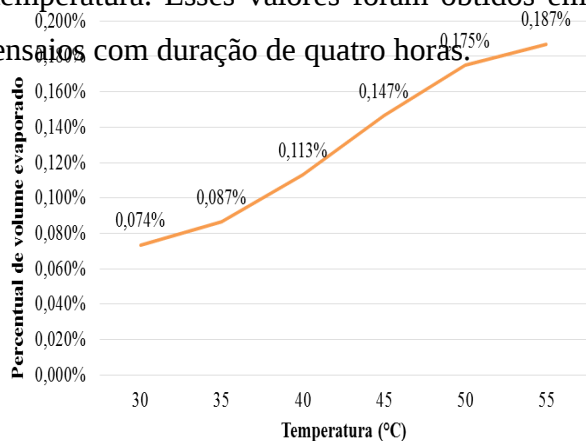


Figura 8. Percentual (médio) por hora de volume evaporado em função da temperatura. Diesel S10.

Fonte: Elaborada pelo autor, 2016.

A figura 8 apresenta que o percentual de volume evaporado é maior com o aumento da temperatura. Quanto maior a temperatura a que está exposto o combustível, maior será o volume evaporado, tendo como referência o volume inicial.

A legislação brasileira, especificamente na ABNT NBR 13787 (1997) - Controle de estoque de sistemas de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC) – estabelece que as perdas diárias não podem exceder 0,6 % do volume.

Importante destacar que, para todas as temperaturas estudadas do diesel S10, as perdas por evaporação, em um posto que não possua dispositivos que atenuem ou evitem as emissões fugitivas, estão dentro do estabelecido pela norma nacional.

Entretanto convém ressaltar que, mesmo com os valores das perdas estando

dentro do permissível, o combustível evaporado contamina o meio ambiente e o posto pode ser autuado por questões de contaminação, o que gera multas graves, podendo levar ao fechamento do posto revendedor.

4.2. Análise de custos – Diesel S10

É conveniente realizar uma análise de custos das perdas por evaporação. Essa avaliação foi aplicada em um tanque de combustível - volume de controle -subterrâneo, com capacidade de 5.000 litros, local onde é armazenado o diesel combustível.

Além das já citadas, outras variáveis foram selecionadas para aplicação da análise termoeconômica, são elas: temperatura de 35 °C e valor de R\$ 3,161 para levantamento aponta valor do combustível e o preço de revenda médio nacional do diesel S10, referenciado Sistema de levantamento de Preços – SLP pela Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis – ANP.

As perdas por evaporação, para postos de combustíveis que não possuem equipamentos e dispositivos de proteção contra evaporação, para o caso em destaque é de aproximadamente 4,35 litros de diesel S10 por hora. Em valores monetários, R\$13,75 por hora.

O valor máximo obtido como percentual médio evaporado foi de 0,187 % do volume inicial (valor alcançado na temperatura de 55 °C), o que, de acordo com a NBR 13787, o sistema de abastecimento subterrâneo de combustível - SASC - subterrâneo de está enquadado com estanque, ou seja, não apresenta vazamentos em suas instalações.

Apesar de parecer confortável essa informação, o fato é que o posto está perdendo ativo, o diesel S10, some-se a isto o fato de estar contribuindo para degradação do meio ambiente.

5. CONCLUSÃO

Do presente estudo, conclui-se que:

1. Esse estudo vem reforçar a importância de adotar medidas mitigadoras contra as perdas por evaporação de combustíveis;

2. O peso total evaporado do diesel S10 é proporcional ao aumento da temperatura;

3. A taxa de evaporação média do diesel S10 é proporcional ao aumento da temperatura;

4. A perda de volume médio por hora do diesel S10 é proporcional ao aumento da temperatura;

5. Em todas as temperaturas estudadas, as perdas por evaporação do diesel S10, estão abaixo do limite de perda permitido pela legislação nacional.

6. Prejuízos financeiros são observados quando o proprietário do posto revendedor não controla ou elimina essas perdas evaporativas. Por exemplo, para o diesel S10, exposto a uma temperatura de 35 °C, a perda por hora de combustível evaporado é de, aproximadamente, R\$ 13,75.

7. Mesmo com valores de perdas evaporativas toleráveis, o meio ambiente, em um posto de combustível que não possuía dispositivos de proteção ambiental, está sendo poluído, e as consequências dessa contaminação são incalculáveis.

6. AGRADECIMENTOS

Os autores agradecem a CAPES e a UFRN (Universidade Federal do Rio Grande do Norte) pelo suporte financeiro concedido a esta pesquisa.

7. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Agência Nacional do Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis - ANP. *Síntese dos preços praticados no Brasil*. Disponível em <http://www.anp.gov.br/preco/prc/Resumo_Mensal_Combustiveis.asp>. Acesso: 13 jun. 2016.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS - ABNT. *NBR 13787: Armazenamento de líquidos inflamáveis e*

combustíveis - Procedimento de controle de estoque dos sistemas de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC). Rio de Janeiro, 2013. X

Dias, G. DA M. **Adequação Ambiental.** Ministério Público do Estado do Rio Grande do Norte, v. 1, p. 169, 2012.

Ferreira, C. R. L.; Silva, D. C.; Lima, E. M. **Diagnóstico Ambiental de um Posto Revendedor de Combustíveis (PRC) na Cidade de Natal/RN.** In: Congresso Nacional de Engenharia de Petróleo, Gás Natural e Biocombustíveis (CONEPETRO). Campina Grande: Brasil, 2015.

Fontes, F.A.O , Guerra, A.R.O. , Queiroz, W. F., Fontes, L. A.O. , Mendes, J. U. L, André, T. S. , Medeiros, I. P. M. , Barbosa, C. R. F. **Análise da Perda de Vácuo em Testes de Estanqueidade de Posto de Combustível: NBR-13784 (revisão 2014).** In: VIII Congresso Brasileiro de Termodinâmica. Aracaju: Brasil, 2015.

Johnson, T. V. (2009). **Review of diesel emissions and control.** SAE International Journal of Fuels and Lubricants, v. 1, p. 16-29, 2010.

PEREIRA, V. B. DE; GOMES, P. L.; OLIVEIRA, E. A. D. N. **Estratégias ambientais em postos de combustíveis: o caso de posto de combustível ecológico.** In: IV Congresso Nacional de Excelência em Gestão. Niterói: Brasil, 2008.

Petrobras Distribuidora S.A. **Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ. Diesel S10 Combustível.** Nº FISPQ: BR0119, versão 6, 2015.

