

TAXA DE EVAPORAÇÃO DA GASOLINA COMUM EM TANQUES DE POSTOS DE COMBUSTÍVEIS: UMA AVALIAÇÃO EM FUNÇÃO DA TEMPERATURA.

Thiago da Silva André, thiagoandreengmec@hotmail.com¹
Francisco de Assis Oliveira Fontes, franciscofontes@uol.com.br²
Ângelo Roncalli Oliveira Guerra, aroncalli@uol.com.br²
Cleiton Rubens Formiga Barbosa, cleiton@ufrnet.br²
Isaac Pércles Maia de Medeiros, isaacmedeiros.rn@gmail.com¹
Ramon Rudá Brito Medeiros, ramomruda@hotmail.com¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica/PPgEM - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/Rio Grande do Norte- Brasil.

²Departamento de Engenharia Mecânica/DEM, Laboratório de Energia da UFRN, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/Rio Grande do Norte- Brasil.

Resumo: Este artigo é resultado de um estudo de análises experimentais que mediram a taxa de evaporação da gasolina comum, realizados para seis valores de temperaturas diferentes, seguido de uma análise de custos das perdas por evaporação, aplicada a tanques subterrâneos de postos de combustíveis. A gasolina comum é formada por uma variada quantidade de elementos químicos, dentre esses o composto de nitrogênio, enxofre que destacam-se por sua volatilidade e, por isso, vapores desse combustível quando liberados para atmosfera podem causar danos ao meio ambiente. Em postos revendedores de combustíveis, esse vapor é liberado quando do abastecimento do veículo ou pelas linhas de respiro do Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustíveis - SASC. Quando o posto não possui proteções contra essas emissões fugitivas, elas atingem flora, rios, lençóis freáticos etc. Além da contaminação dos recursos naturais, a perda por evaporação atinge as finanças do posto de combustível, tanto pelas multas geradas pelas contaminações, quanto pela perda de ativo, a própria gasolina comum.

Palavras-chave: Taxa de evaporação, gasolina comum, emissões.

1. INTRODUÇÃO

O meio ambiente e o desenvolvimento sustentável, conceitos antes separados, têm se aliado a preocupação mundial em preservar e/ou manter as gerações futuras os recursos dela retiradas.

Dentre tantos focos para estudos, escolhemos os postos de combustíveis uma vez que apresentam potencial poluidor se não adequados às exigências ambientais legais (Dias *et al.*, 2012).

Em um posto revendedor de combustível as contaminações ao meio ambiente são provenientes devido a vazamentos, emissões de vapores provenientes dos combustíveis, derrames, má estocagem entre outros (Ferreira; Silva; Lima, 2015). Destaca-se neste artigo o estudo das emissões de vapores provenientes do Sistema de Abastecimento Subterrâneo de Combustíveis - SASC - em particular, os tanques subterrâneos.

Controlando essas emissões fugitivas o posto atua de forma sustentável, preservando tanto à natureza (Oliveira, *et al.*, 2008) quanto à saúde financeira do empreendimento.

Este trabalho apresenta o valor das emissões por evaporação, gerados pela gasolina comum, em diferentes gradientes de temperatura, seguido de uma análise de custos das consequências financeiras para o posto revendedor do não controle dessas emissões.

2. GASOLINA COMUM PETROBRAS

Neste artigo, para estudo da taxa de evaporação e, por conseguinte análise de custos das perdas por evaporação, tem-se a gasolina comum como objeto de estudo.

A gasolina pertence ao grupo dos LNAPL (*Light Non Aqueous Phase Liquids*) e PMOS (*Partially Miscible Organics Solubility*), líquido imiscível menos denso que a água, ou orgânico parcialmente imiscível em água Mindrisz, et al., (2006).

Derivada do petróleo, a gasolina é formada por inúmeros compostos químicos (*olefinas, hidrocarbonetos aromáticos etc.*) dentre os quais se destacam os contaminantes mais solúveis em água, os compostos BTEX, presentes em 18% no peso da gasolina.

Uma peculiaridade diferencia a gasolina brasileira das demais nações, a presença considerável de etanol, que atualmente corresponde a 27 % do volume (Portal G1, março de 2016). Este fator faz que estudos similares, envolvendo a gasolina, em outros países possam apresentar resultados diferentes quando realizados no Brasil.

A seguir a Tab. 1 apresenta as principais propriedades deste combustível.

Tabela 1. Propriedades físico-químicas da gasolina comum. Fonte: FISPQ

ASPECTO (ESTADO FÍSICO, FORMA E COR)	LÍQUIDO LÍMPIDO E AMARELADO (ISENTO DE MATERIAIS EM SUSPENSÃO)
Odor e limite de odor	Forte e característico.
pH	Não aplicável
Ponto de fusão/ponto de congelamento	Não disponível.
Ponto de ebulição inicial e faixa de temperatura de ebulição	>35°C.
Ponto de fulgor	< - 43 °C.
Taxa de evaporação	> 1 (acetato de n-butila = 1).
Inflamabilidade (sólido e gás)	Não aplicável.
Pressão de vapor	Não disponível.
Densidade de vapor	79 kPa @ 37,8 °C (máximo).
Densidade relativa	Não disponível
Solubilidade	Não disponível
Coefficiente de partição – noctanol/água	Insolúvel em água. Solúvel em solventes orgânicos
Temperatura de decomposição	Não disponível
Viscosidade	Não disponível.
Outras informações	Densidade: 0,73 – 0,77 Parte volátil: 100% (v/v) Faixa de destilação: 27 - 220 °C a 101,325 kPa (760 mmHg)

3. METODOLOGIA

3.1 Análise Experimental

O experimento foi montado com o intuito de calcular a taxa de evaporação, avaliando a porcentagem mássica evaporada durante o ensaio. Para tanto foram utilizados os seguintes equipamentos: banho termostático, balança de precisão (resolução de 0,0001 g), proveta de 25 ml, termômetro de mercúrio, suporte para fixação da proveta e garras.

A gasolina comum (25 ml) era despejada dentro da proveta. Após isso o peso do conjunto proveta mais base da proveta mais gasolina eram pesados na balança de precisão. De posse desses valores, a proveta com o combustível era colocada no banho até que a temperatura fosse atingida. Chegada à temperatura do ensaio, o conjunto era novamente pesado, anotava-se o valor e a partir daí iniciava a contagem do tempo, uma vez que a taxa de evaporação foi calculada tendo como referência a temperatura em que se desejava. O período de aquecimento até a chegada da temperatura do experimento e sua respectiva perda volumétrica (mássica) não foram o objeto de estudo deste trabalho. Portanto, quando o combustível atingia a temperatura em que se pretendia realizar a análise, os dados (peso) eram anotados, tendo-os como referência inicial.

Os ensaios duravam quatro horas para cada nível térmico e, de meia em meia hora, a proveta com o combustível era retirada para pesagem. A razão para tanto foi construir um gráfico que detalhasse bem o processo de evaporação. Oito pontos, resultados das pesagens, construíram os gráficos que serão apresentados na seção seguinte.

Para controle da temperatura foi colocado em outra proveta com a mesma quantidade de combustível e semelhante à outra um termômetro de mercúrio para verificação da temperatura da gasolina comum. Esse termômetro ficava em contato direto com o combustível, apresentado a temperatura do mesmo; além disto, o banho termostático apresentava em seu painel digital a temperatura do banho, que nesse caso, foi realizado em água comum.

Dessa forma, com duas provetas no banho termostático em água, uma para controle do nível térmico desejado e outra que era pesada no intervalo de tempo apresentado, é que foi conduzido o experimento.

3.2 Equações

O valor do peso do conjunto proveta mais gasolina comum, quando estabilizado na temperatura de estudo, foi a referência. Partindo daí, o valor da primeira pesagem era diminuído do valor de referência, obtendo assim α_1 ; α_2 era resultado da subtração do valor pesado na meia hora seguinte menos o valor de α_1 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):

$$\alpha_{média} = \frac{\sum_{i=1}^8 \alpha_i}{4} \quad (1)$$

Na equação (1), α_i é dado em gramas. Como foram oito pesagens do decorrer das quatro horas, o quatro aparece no denominador da equação acima, para que a taxa de evaporação seja expressa por unidade de hora.

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

$$\beta = \left(\frac{\alpha_{média}}{\omega_{\alpha} - \omega_{\theta}} \right) \times 100\% \quad (2)$$

Onde ω_{α} é o peso do conjunto proveta mais combustível após o aquecimento necessário para se atingir a temperatura do ensaio e ω_{θ} é o peso da proveta mais seu suporte (sem combustível).

4. RESULTADOS E DISCUSSÕES

São apresentados a seguir os resultados das análises experimentais para a gasolina comum Petrobras. Os gráficos mostram a taxa de evaporação e o peso evaporado no decorrer do tempo.

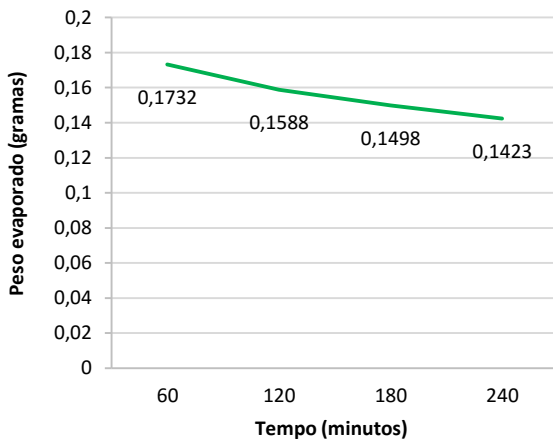


Figura 1. Taxa de evaporação (grama/hora). Gasolina Comum a T=30 °C.

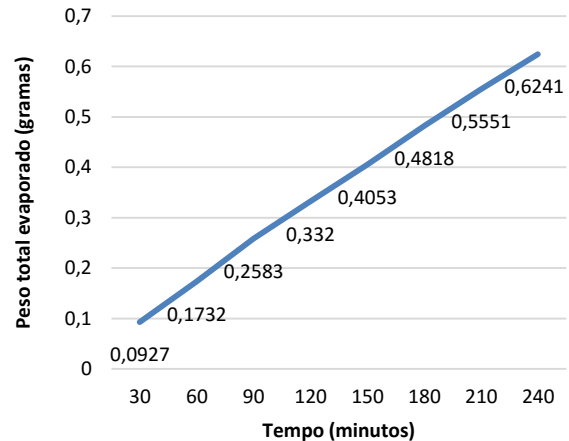


Figura 2. Peso total evaporado no decorrer do tempo. Gasolina Comum a T=30 °C.

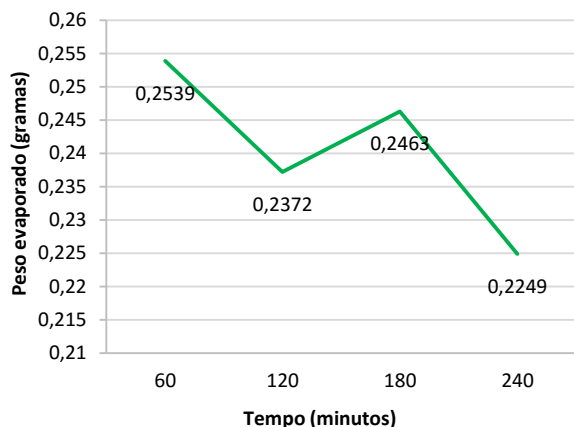


Figura 3. Taxa de evaporação (grama/hora). Gasolina Comum a T=35 °C.

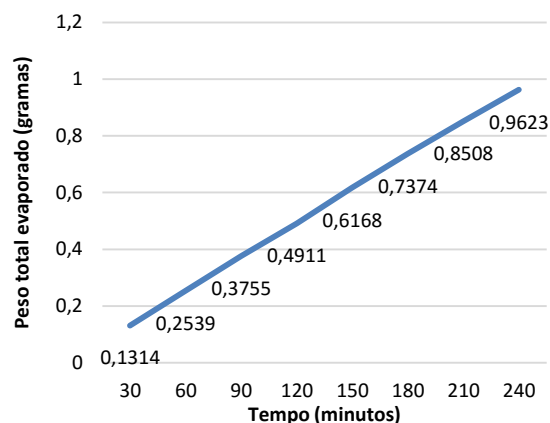


Figura 4. Peso total evaporado no decorrer do tempo. Gasolina Comum a T=35 °C.

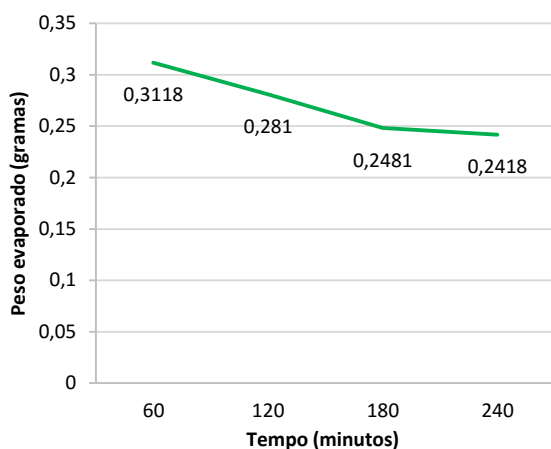


Figura 5. Taxa de evaporação (grama/hora). Gasolina Comum a T=40 °C.

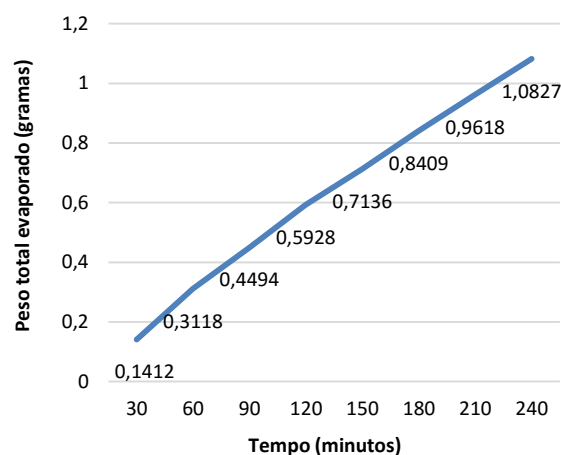


Figura 6. Peso total evaporado no decorrer do tempo. Gasolina Comum a T=40 °C.

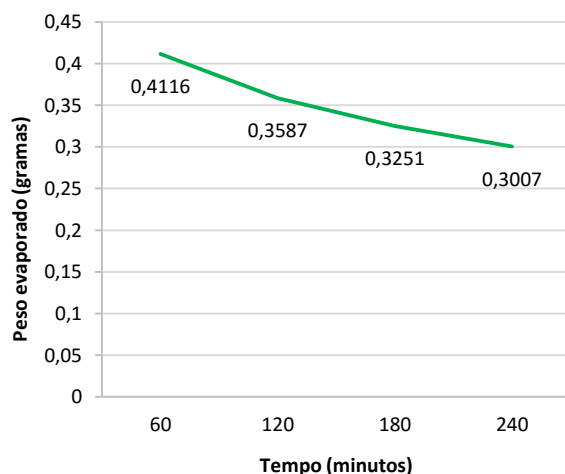


Figura 7. Taxa de evaporação (grama/hora). Gasolina Comum a T= 45 °C.

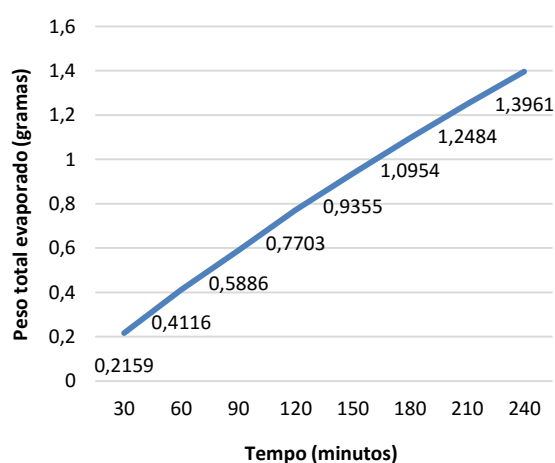


Figura 8. Peso total evaporado no decorrer do tempo. Gasolina Comum a T= 45 °C.

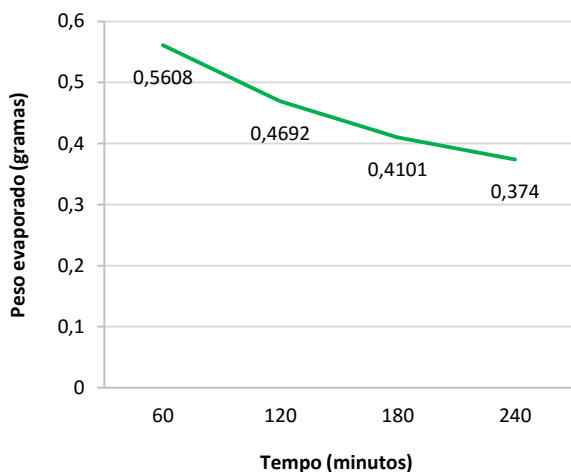


Figura 9. Taxa de evaporação (grama/hora). Gasolina Comum a T= 50 °C.

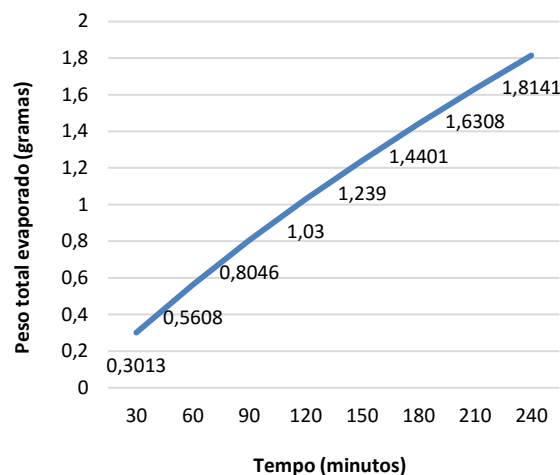


Figura 10. Peso total evaporado no decorrer do tempo. Gasolina Comum a T= 50 °C.

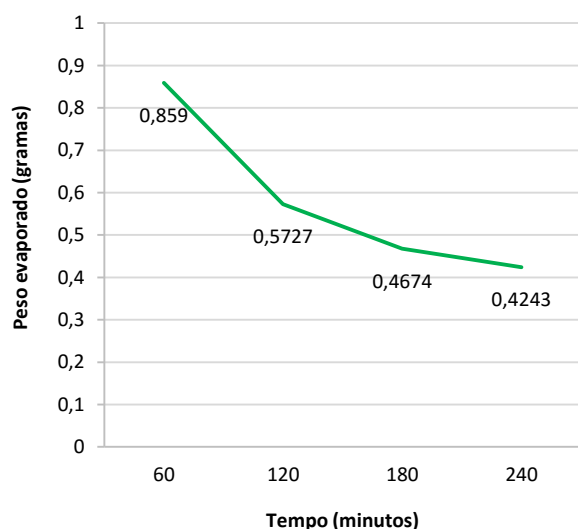


Figura 11. Taxa de evaporação (grama/hora). Gasolina Comum a T= 55 °C.

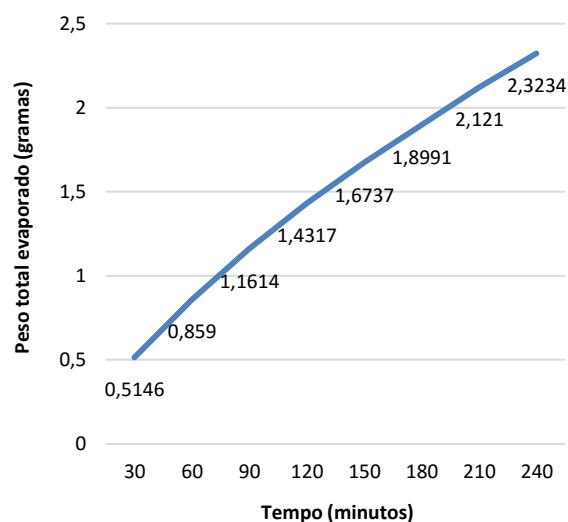


Figura 12. Peso total evaporado no decorrer do tempo. Gasolina Comum a T= 55 °C.

Com os resultados expostos observa-se que, para a gasolina comum, quanto maior a temperatura, maior será a taxa de evaporação e o peso total evaporado.

Importante ressaltar que, em todos os gráficos da taxa de evaporação (grama/hora) e o peso evaporado diminui com o passar do tempo. Isso é devido à evaporação dos hidrocarbonetos mais leves (Okamoto *et al.*, 2009). Resultados similares também foram obtidos por (Zhu *et al.*, 2012).

Durante os ensaios realizados, para todas as temperaturas, ocorreu uma dilatação volumétrica da gasolina comum, proporcionando um ligeiro aumento no volume (análise visual) e diminuição do peso (conferido pela balança). Após a finalização do ensaio observou-se com o abaixamento da temperatura a condição ambiente, em torno de 26 °C, o peso total evaporado condizia com o volume apresentado no menisco da proveta, ou seja, apesar de não aparentar visualmente evaporação, a mesma estava ocorrendo durante o ensaio.

De posse dos dados dos estudos experimentais, consegue-se obter a taxa média de evaporação da gasolina comum Petrobras em função da temperatura.

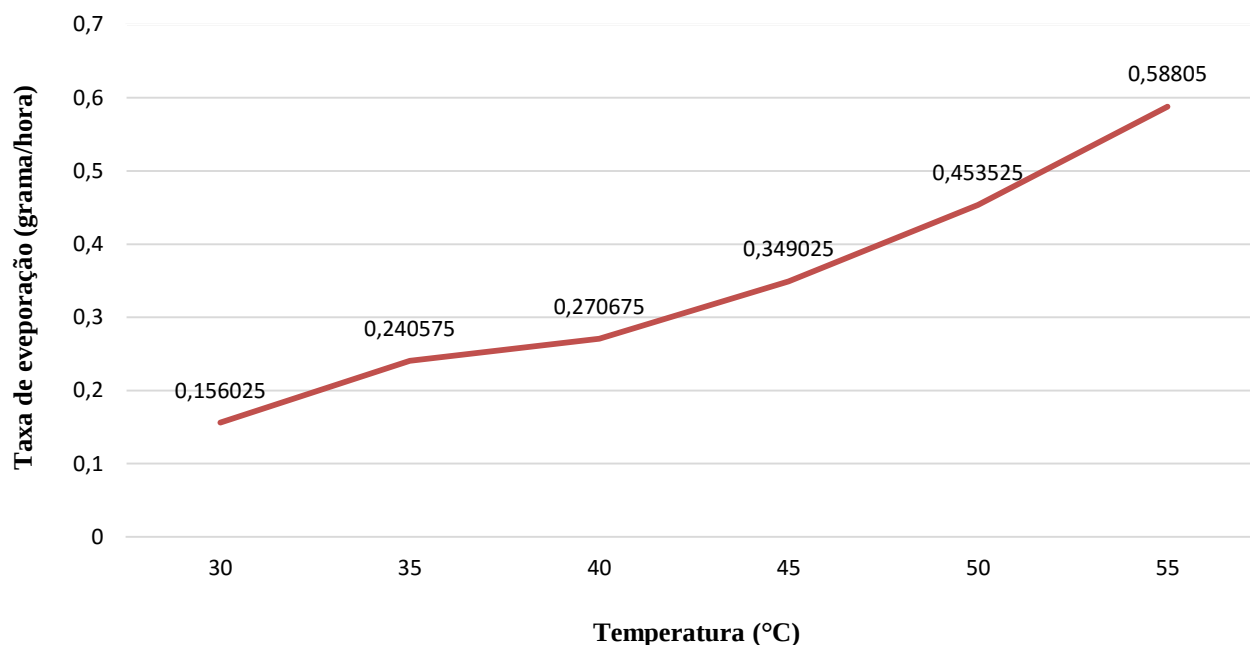


Figura 13. Taxa de evaporação média (grama/hora). Gasolina Comum.

Considerando como volume de controle o tanque de combustível, é possível realizar uma análise de custos, tendo como parâmetro de avaliação o volume evaporado (médio) por hora.

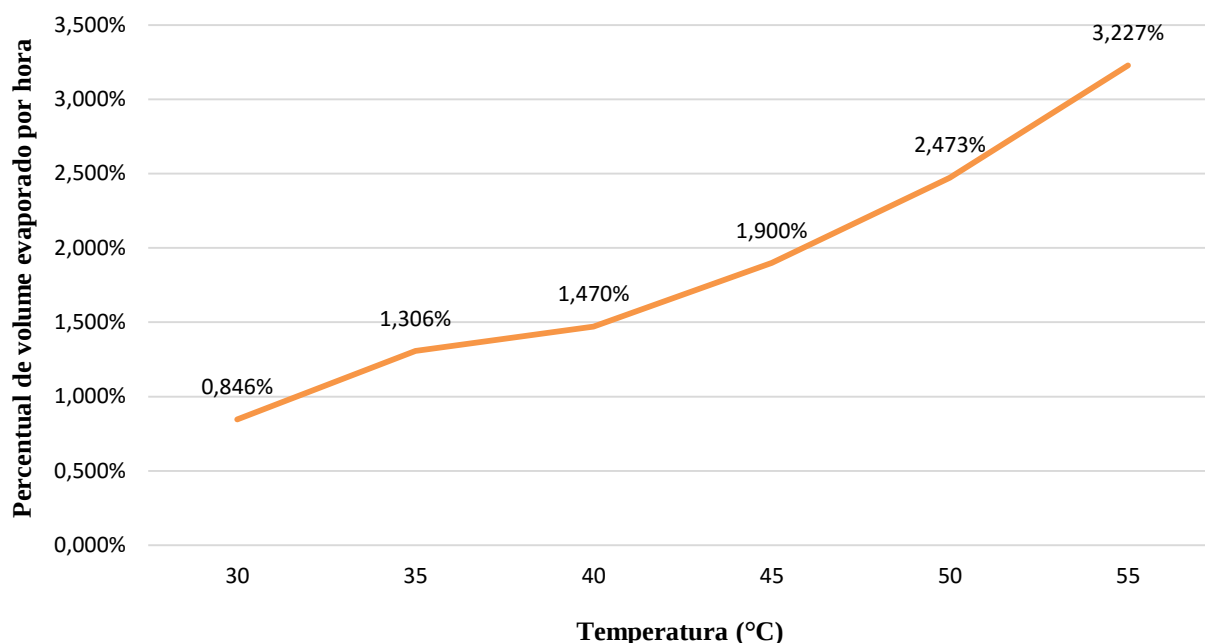


Figura 14. Percentual (médio) por hora de volume evaporado em função da temperatura. Gasolina Comum.

Para um posto que não possua equipamentos e dispositivos que impeçam ou atenuem as emissões por evaporação, pode ocorrer, por exemplo, em um tanque de 5.000 litros, para a temperatura de 35 °C, uma perda de aproximadamente 65 litros de gasolina comum por hora, isso considerando apenas as emissões fugitivas.

Em valores monetários, tomando a referência o valor médio estimado pela *Global Pretol Prices*, o litro da gasolina comum no Brasil custa R\$ 3,69 (março de 2016). Logo a perda diária é de R\$ 239,85, chegando a R\$ 7.198,5 em um mês. Esses valores serão maiores quanto maior for o tempo de evaporação.

Além do prejuízo financeiro, esses vapores não contidos contaminam o meio ambiente, poluindo fauna e flora, ocasionando sérios danos à natureza e a população em geral (Oliveira, *et al.*, 2008).

Segundo a NBR 13787, o posto quando perde tais valores mensais está enquadrado na condição de não estanque, ou seja, com vazamentos, podendo ter sua licença de operação suspensa ou cancelada e também sofrer a abertura de passivo ambiental.

5. CONCLUSÃO

Esse estudo vem reforçar a importância de adotar medidas mitigadoras das perdas por evaporação. Economicamente o posto está perdendo ativo, diminuindo assim seus lucros.

Além dos prejuízos financeiros, os ambientais causados pelas perdas evaporativas da gasolina comuns são graves. Vapores são levados pelos ventos para locais distantes como plantações e rios, poluindo esses ecossistemas. No estado do Rio Grande do Norte (RN) adotam-se, obrigatoriamente, medidas para controle de tais emissões, ideia essa resistida, muitas vezes, por parte dos proprietários que acham desnecessário realizar tal investimento. No RN, se a consciência ambiental não resolve, a lei o faz.

Entretanto observa-se, em vários estados da nação, o não controle de tais emissões, basta observarmos os postos de beira de estradas e rodovias. Esse descaso com o meio ambiente trará danos à natureza e os cofres do posto. Recomenda-se uma lei nacional que obrigue os proprietários de posto de combustível a adotarem as proteções ambientais necessárias a se reduzir tais inconvenientes. O modelo adotado no RN (Projeto Selo Verde) pode servir como modelo para elaboração dessa iniciativa (Dias *et al.*, 2012).

Para evitar tais transtornos financeiros e ambientais devem-se adotar medidas que evitem ou minimizem tais efeitos, dentre eles o uso de sistemas de recuperação de vapores, localizadas nas linhas de respiros dos tanques ou nas bombas de abastecimento. Com a flutuação térmica sofrida pelo combustível o mesmo irá evaporar, entretanto, com a diminuição da temperatura, caso esse vapor não seja emitido, o combustível condensará, voltando ao estado de líquido, evitando assim todo o transtorno mencionado.

Outra alternativa é o uso de válvulas de pressão e vácuo que minimizam as perdas por evaporação, principalmente no momento do abastecimento dos tanques subterrâneos, que é o período onde o SASC fica com pressão maior que a atmosfera, fazendo com que os vapores provenientes no sistema subterrâneo seja liberados à atmosfera.

Sugere-se também o estudo de tecnologias nacionais para o controle das emissões fugitivas.

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

- 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. DE. "Diagnóstico Ambiental de um Posto Revendedor de Combustíveis (PRC) na Cidade de Natal/RN". CONEPETRO, 2015.
- Mindrisz, A. C. "Avaliação da contaminação da água subterrânea de poços tubulares, por combustíveis fósseis, no município de Santo André, São Paulo: uma contribuição à gestão ambiental." p. 254, 2006.
- Katsuhiro Okamoto, Norimichi Watanabe, Yasuaki Hagimoto, Koji Miwa, Hideo Ohtani, Changes in evaporation rate and vapor pressure of gasoline with progress of evaporation, Fire Safety Journal, Volume 44, July 2009, p. 756-763. dx.doi.org/10.1016/j.firesaf.2009.03.004.
- Oliveira, V. B. P; Gomes, P. L.; Nascimento, E. A. Estratégias ambientais em postos de combustíveis: O caso de posto de combustível ecológico. In: IV Congresso Nacional de Excelência Em Gestão. Responsabilidade Socioambiental das Organizações Brasileiras Niterói, Rio de Janeiro, Brasil. 2009.
- Zhu, L; Chen, J; Liu, Y; Yu, R. G. J. Experimental analysis of the evaporation process for gasoline, Journal of Loss Prevention in the Process Industries, Volume 25, November 2012, p. 916-922, dx.doi.org/10.1016/j.jlp.2012.05.002.
- Petrobras Distribuidora S.A. Ficha de Informação de Segurança de Produto Químico – FISPQ. Gasolina Comum. Nº FISPQ: BR0051 v. 7, 2015.
- Global Petrol Prices. Brasil - preços da gasolina: Demonstramos os preços. Disponível em: <http://pt.globalpetrolprices.com/Brazil/gasoline_prices>. Acesso: 02 abr. 2016.
- Associação Brasileira De Normas Técnicas. NBR 13784: Armazenamento de líquidos inflamáveis e combustíveis — Procedimento de controle de estoque dos sistemas de armazenamento subterrâneo de combustíveis (SASC). Rio de Janeiro, 2013.
- Amato, F.; Matoso, F. (Mistura de Etanol na gasolina sobe hoje) Disponível em: <<http://g1.globo.com/economia/noticia/2015/03/mistura-de-etanol-na-gasolina-sobe-hoje.html>>. Acesso: 28 mar. 2016.

8. RESPONSABILIDADE AUTURAL

Os autores são os únicos responsáveis pelo conteúdo do material impresso incluídos no seu trabalho.

EVAPORATION RATE OF COMMON GASOLINE IN TANKS OF FUEL STATIONS: AN EVALUATION ON FUNCTION OF TEMPERATURE

Thiago da Silva André, thiagoandreengmec@hotmail.com¹

Francisco de Assis Oliveira Fontes, franciscofontes@uol.com.br²

Ângelo Roncalli Oliveira Guerra, aroncalli@uol.com.br²

Cleiton Rubens Formiga Barbosa, cleiton@ufrnet.br²

Isaac Pércles Maia de Medeiros, isaacmedeiros.rn@gmail.com¹

Ramon Rudá Brito Medeiros, ramomruda@hotmail.com¹

¹Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica/PPgEM - Universidade Federal do Rio Grande do Norte - UFRN, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/Rio Grande do Norte- Brasil.

² Departamento de Engenharia Mecânica/DEM, Laboratório de Energia da UFRN, Caixa Postal 1524 - Campus Universitário Lagoa Nova, CEP 59078-970 | Natal/Rio Grande do Norte– Brasil.

Abstract. This article is the result of a study of experimental tests that measured the rate of evaporation of ordinary gasoline, made for six different temperature values, followed by a cost analysis of the evaporative losses, applied an underground fuel station tanks. The regular gas is made up of a varied amount of chemical elements, among these the nitrogen compounds, sulfur that stand out for their volatility and, therefore, that fuel vapors when released into the atmosphere can cause damage to the environment. Fuel dealers stations, this vapor is released when the supply of the vehicle or the vent lines of Underground Fuel Supply System-UFSS. . When the post does not have protections against these fugitive emissions, they reach flora, rivers, groundwater and do on. In addition to the contamination of natural resources, the loss by evaporation reaches the finances of the gas station, both by the fines generated by the contamination, and the loss of active, regular gasoline itself.

Keywords: *Evaporation rate, common gasoline, emissions.*