

9º CONGRESSO BRASILEIRO DE PESQUISA E DESENVOLVIMENTO EM PETRÓLEO E GÁS



9º CONGRESSO
Brasileiro de P&D em
PETRÓLEO E GÁS

Maceió, AL
de 09 a 11 de novembro
2017

Realização:



ABPG
ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE P&D EM
PETRÓLEO E GÁS



TÍTULO DO TRABALHO:

**ANÁLISE EXPERIMENTAL DA VARIAÇÃO DE MASSA DO ETANOL
COMERCIALIZADO NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE DEVIDO AOS
EFEITOS DA DILATAÇÃO TÉRMICA**

AUTORES:

João Manoel de Oliveira Neto¹; Marcelo Bezerra Grilo²

INSTITUIÇÃO:

¹ Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica –
joao_engmec@outlook.com

² Universidade Federal de Campina Grande, Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica –
griloufcg@yahoo.com.br

R E S U M O

O objetivo deste estudo é verificar a influência da dilatação térmica sobre o etanol, comercializado no município de Campina Grande (PB), tomando como referência o horário e a região da cidade onde ocorre o abastecimento. O universo pesquisado consistiu em coletar etanol do tipo hidratado nos postos de comercialização de combustível na cidade de Campina Grande. Vinte e quatro (24) postos foram visitados nos períodos noturno e diurno. Para avaliar os efeitos da dilatação térmica, no momento da coleta, em janeiro de 2016, foi realizado o teste do densímetro e feita a leitura da temperatura das amostras de combustível coletadas, para que o valor experimental obtido fosse confrontado com um valor obtido teoricamente. Os resultados foram expressivos, com uma variação média entre os períodos diurno e noturno de 0,004 g/ml, o combustível oriundo da região central da cidade apresentando uma maior variação de massa em relação ao da região periférica. Estes resultados mostram que a temperatura tem influência sobre os volumes comercializados. Este problema pode ser resolvido quando o combustível for comercializado em massa (kg) ao invés de volume (Litro).

Palavras-chave: Dilatação térmica, etanol hidratado, temperatura, densidade.

ANÁLISE EXPERIMENTAL DA VARIAÇÃO DE MASSA DO ETANOL COMERCIALIZADO NA CIDADE DE CAMPINA GRANDE DEVIDO OS EFEITOS DA DILATAÇÃO TÉRMICA

Abstract

The main purpose of this study is to diagnose the influence of thermal dilation on ethanol, which is commercialized within the city limits of Campina Grande, taking into account both the time and the area, where the fuel supply takes place. The researched universe consisted of collecting hydrated type ethanol sold at the filling stations in Campina Grande. Twenty-four (24) filling stations were visited during the day and night shifts. In order to evaluate the effects of thermal dilation during the moment of collecting, in January of 2016, a densimeter test was carried out and the collected samples fuel's temperature were read, so that the obtained experimental value was confronted with the one obtained theoretically. The results were expressive, with a rate variation between the day and the night shifts of 0.004 g/ml, the fuel originated from the city's central areas presented a greater mass variation comparing to the ones on the outskirts. These results show that the temperature has an influence on the sold volumes. This problem can be solved when the fuel is marketed in bulk (kg) rather than volume (liter).

Key words: Thermal dilation, hydrous ethanol, temperature, density.

Introdução

A diferença de temperatura entre o período mais quente e mais frio, ao longo do dia, faz com que o consumidor final acabe adquirindo quantidades diferentes de massa de combustível. (ALMEIDA SILVA, 2014). Isto acontece devido ao fenômeno da dilatação térmica dos líquidos. Fenômeno esse mais notável no município de Campina Grande-PB, caracterizado por dias quentes e noites frias, ou seja, com grande diferença térmica diária.

Motivado pelo crescimento da frota automotiva nas cidades e rodovias brasileiras e pelo respectivo aumento no preço e no consumo do etanol, faz-se necessário um estudo referente a influencia da variação de temperatura sob este biocombustível, de modo que a comercialização ocorra de modo que o usuário possa desfrutar de sua máxima eficiência energética.

Metodologia

A metodologia empregada neste trabalho é exemplificada no fluxograma da Figura 1.

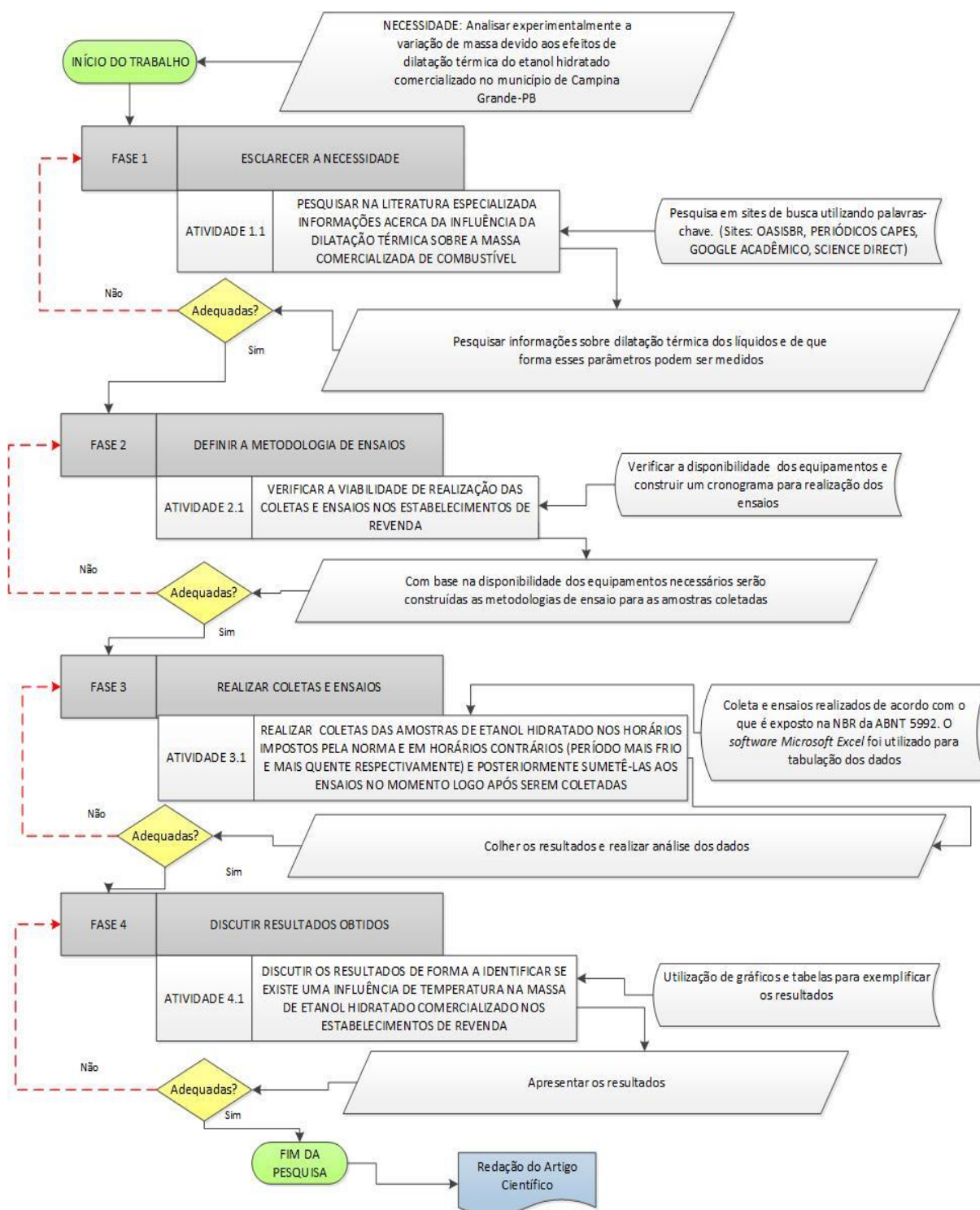


Figura 1: Fluxograma metodológico para a pesquisa.

Após esclarecida a necessidade da análise da variação de massa do etanol hidratado comercializado na cidade de Campina Grande-PB devido aos efeitos da dilatação térmica, na Fase 1, realizou-se a pesquisa na literatura especializada para um melhor embasamento no conteúdo referente ao presente trabalho. Ainda na Fase 1 foi realizada uma pesquisa acerca da influência da dilatação térmica nos líquidos, especialmente no etanol hidratado.

A dilatação térmica ou expansão volumétrica é o nome que se dá ao aumento do volume de um corpo ocasionado pelo aumento de sua temperatura, resultando em um aumento no grau de agitação de suas moléculas e consequentemente aumento na distância média entre as mesmas.

Termicamente, os líquidos se comportam como os sólidos, sofrendo uma dilatação volumétrica quando submetidos a uma variação de temperatura. (GONÇALVES, 1979). A dilatação aumenta o seu volume, mas mantém a sua massa constante, ou vice e versa.

O etanol possui um coeficiente de dilatação térmica de $\beta = 1,12 \cdot 10^{-4} \text{ } ^\circ\text{C}^{-1}$. O cálculo da variação em volume é expresso de acordo com a equação [1].

$$\Delta V = V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \quad [1]$$

Onde:

ΔV : O quanto o combustível aumentou seu volume;

V_0 : Volume inicial do combustível;

β : Coeficiente de dilatação volumétrica do etanol;

ΔT : Variação de temperatura ($T_F - T_I$).

Sendo " V_0 " o volume inicial do biocombustível com coeficiente de dilatação volumétrica igual a " β ". Após sofrer uma variação de temperatura " ΔT ", seu volume final será " V_F ":

$$V_F = V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T \quad [2]$$

Considerando a densidade específica inicial " ρ_0 " de uma determinada amostra com massa " m " e volume inicial " V_0 ", tem-se:

$$\rho_0 = \frac{m}{V_0} \quad [3]$$

Substituindo a equação [3] na equação [2], e admitindo a massa constante, obtém-se a densidade específica final " ρ_F ".

$$\rho_F = \frac{m}{V_F} = \frac{m}{(V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T)} \quad [4]$$

Por fim, a variação da densidade específica será:

$$\Delta \rho = \rho_F - \rho_0 = \frac{m}{(V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T)} - \frac{m}{V_0} = - \frac{m \cdot \Delta T \cdot \beta}{(V_0 + V_0 \cdot \beta \cdot \Delta T)} \quad [5]$$

Então, de acordo com a equação [5], observa-se que quanto maior for a temperatura, menor será a densidade específica, e consequentemente menor será a massa do biocombustível mantendo-se fixo o volume. Aqui é importante lembrar que o consumidor final paga pelo volume abastecido e não pela massa dos combustíveis adquiridos nos estabelecimentos de revenda.

Na Fase 3, Foram coletadas amostras de etanol hidratado no volume padrão de um (1) L, por envase em um recipiente plástico com capacidade de 5 litros, próprios para o uso de emergência na aquisição de combustíveis. Para seguir os procedimentos recomendados pela NBR ABNT 5992, as

coletas para o período noturno ocorreram no horário após 18:00 h, e para o período diurno, o horário de coleta foi entre as 14:00 e 16:00 h, períodos de menor e maior temperatura respectivamente.

Na sequência, as amostras coletadas foram acondicionadas em vidros âmbar (cor marrom) de um (1) L, tamponados com batoques, e etiquetadas com o código numérico para identificação da amostra referente ao posto, de acordo com a relação previamente registrada no LEMT. Sendo identificados por códigos alfa numéricos de P1, P2,, P24.

Após a coleta de cada amostra, logo em seguida, o combustível foi despejado em um recipiente graduado em 500 ml. Foi feita a leitura da temperatura do combustível com o auxílio de um termômetro de mercúrio e realizado o teste do densímetro em uma superfície plana por mais ou menos dois minutos, foi obtida a leitura da densidade específica real, similar ao que é exigido pela NBR ABNT 5992. Os valores obtidos foram confrontados, logo em seguida, com os valores teóricos. Os valores de massa (m) utilizados para a obtenção dos valores teóricos, foram os obtidos das amostras coletadas no período noturno, pelo fato dos efeitos da dilatação térmica serem menores, para, por fim calcular quanto em massa o consumidor final deixou de adquirir de acordo com as condições de temperatura no horário e região do abastecimento.

Na Fase 4, os resultados foram apresentados e discutidos de forma a identificar a que ponto a variação de temperatura, e consequentemente os efeitos da dilatação térmica, influenciam na massa do etanol hidratado comercializado nos estabelecimentos de revenda.

Resultados e Discussões

Neste trabalho, foi analisada a variação de massa devido à expansão volumétrica causada pela dilatação térmica do etanol comercializado no município de Campina Grande. Foi confrontada a variação da densidade específica do combustível de acordo com a equação [5] ($\Delta\rho_{\text{teórico}}$), baseando-se na leitura da temperatura do combustível no momento do abastecimento, com os dados obtidos de acordo com os testes experimentais ($\Delta\rho_{\text{real}}$). Estas variações também foram analisadas levando em consideração o horário e região em que foram coletadas as amostras. As coletas e ensaios foram realizados em janeiro de 2016, 24 amostras de etanol foram colhidas, visando verificar a variação de massa deste biocombustível, como mostrado na Tab. 1.

Tabela 1: Variação da densidade específica (g/ml) do etanol comum em função da variação da temperatura, com as coletas simulando o abastecimento noturno e diurno, nas regiões central e periférica. – janeiro 2016.

Posto	T (°C) (noturno)	Densidade (noturno)	T (°C) (diurno)	Densidade (diurno)	Região	$\Delta\rho$ (g/ml) (real)	$\Delta\rho$ (g/m) (teórico)
P1	26,1	0,802	30,9	0,798	Periférico	0,004	0,004
P2	26,2	0,802	30,4	0,798	Central	0,004	0,004
P3	25,7	0,804	32,2	0,798	Central	0,006	0,006
P6	26,0	0,802	30,3	0,798	Central	0,004	0,004
P7	26,4	0,802	31,8	0,798	Central	0,004	0,005
P8	26,3	0,802	30,2	0,799	Central	0,003	0,003
P9	26,2	0,802	32,1	0,798	Periférico	0,004	0,005
P10	27,3	0,800	30,3	0,798	Central	0,002	0,003
P11	27,1	0,802	31,2	0,798	Central	0,004	0,004
P12	27,1	0,802	31,3	0,798	Periférico	0,004	0,004
P13	26,6	0,802	30,1	0,798	Central	0,004	0,003
P14	27,2	0,802	31,3	0,798	Central	0,004	0,004
P15	27,0	0,800	31,5	0,796	Central	0,004	0,004
P18	26,3	0,802	30,2	0,798	Periférico	0,004	0,003
P19	27,8	0,802	32,4	0,798	Periférico	0,004	0,004
P22	26,4	0,802	31,1	0,798	Periférico	0,004	0,004
P23	27,2	0,800	30,2	0,798	Periférico	0,002	0,002

P24	27,8	0,802	32,7	0,798	Periférico	0,004	0,004
P26	27,1	0,802	31,4	0,798	Periférico	0,004	0,004
P27	26,4	0,800	30,9	0,796	Periférico	0,004	0,004
P30	27,1	0,802	32,2	0,798	Periférico	0,005	0,004
P31	26,5	0,802	31,0	0,798	Periférico	0,004	0,004
P32	27,7	0,802	32,8	0,798	Central	0,004	0,005
P47	26,2	0,802	31,9	0,796	Periférico	0,006	0,005

De acordo com a Tabela 1, observa-se uma variação média de temperatura e densidade específica de 4,55°C e 0,004 g/ml entre os períodos diurno e noturno. As regiões central e periférica apresentaram a mesma variação de 0,004 g/ml, ambas obtiveram variações médias de temperatura muito próximas, de 4,46°C e 4,63°C. Os valores reais médios obtidos foram os mesmos obtidos de acordo com a equação [5].

Conclusões

De acordo com os dados obtidos quanto a variação da densidade específica do etanol, foi obtido uma média real e teórica de 0,004 g/ml para uma variação média de temperatura de 4,55°C, entre os períodos diurno e noturno. A variação da densidade específica entre a região central e periférica para o etanol manteve-se constante.

No momento da compra do etanol, o mesmo é vendido em volume (Litros). Como a massa varia em função da temperatura, o consumidor final, acaba levando uma maior quantidade em massa (kg) para um volume fixo de combustível, quando realiza o abastecimento no período noturno. Essa variação é significativa quando é comprado combustível em grandes quantidades. Para uma logística mais eficiente, gerando maior satisfação ao consumidor final e máxima eficiência energética dos combustíveis, os fatores explanados no presente trabalho devem ser levados em consideração, ou seja, o combustível deveria ser vendido em massa, e não em volume. Enquanto forem vendidos em volume, preferencialmente realizar o abastecimento no período noturno, onde os efeitos da dilatação térmica são menores.

Agradecimentos

Sou grato ao Programa de Recursos Humanos (PRH-42) e ao Laboratório Experimental de Máquinas Térmicas da UFCG, a ANP e Petrobrás pelos recursos que foram disponibilizados para o desenvolvimento desta pesquisa.

Referências Bibliográficas

ALMEIDA SILVA, Felipe Augusto. **Estudo sobre a Qualidade da Gasolina Comercializada em Campina Grande e da Variação de sua Massa Específica em função do Horário de Abastecimento**. Trabalho de Conclusão de Curso (Monografia), Unidade Acadêmica de Engenharia Mecânica, Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, PB. 2014.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5992: Álcool etílico e suas misturas com água - Determinação do teor de álcool etílico anidro combustível (AEAC) – Método do densímetro**, Rio de Janeiro, 2008.

CASULO DE ARAÚJO, Helder Giuseppe. **Estudo experimental sobre a qualidade da gasolina comercializada no estado da Paraíba com o uso da norma ABNT 13992:2008 e do planejamento**

fatorial. 2013. 91 p. Dissertação de Mestrado. Programa de Pós-Graduação em Engenharia Mecânica (PPGEM), Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande. 2013.

DOMINGOS, I. S. *et. al.*, **Determinação do aspecto, massa específica e teor de etanol de amostras de gasolina tipo C comum, comercializadas em Patu-RN**. In: I CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, número 1. 2015, Campina Grande, PB. *Anais...* Campina Grande: Editora Realize, 2015. 7p.

GONÇALVES, Dalton. **Física: Termologia, ótica, ondas**. Vol. 1, 3ª edição. Capítulo 2: dilatação térmica, São Paulo: editora moderna, 1979.

OLIVEIRA NETO, J. M., EMERENCIANO, L. F., GRILO, M. B., **Análise experimental da gasolina comercializada em Campina Grande, incluindo a influência do horário de abastecimento e a localização do posto de combustível**. In: I CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, número 1. 2015, Campina Grande, PB. *Anais...* Campina Grande: Editora Realize, 2015. 8p.

OLIVEIRA NETO, J. M., GRILO, M. B., **Análise experimental da variação de massa da gasolina comercializada na cidade de Campina Grande-PB devido os efeitos da dilatação térmica**. In: II CONGRESSO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PETRÓLEO, GÁS NATURAL E BIOCOMBUSTÍVEIS, número 2. 2016, Natal, RN. *Anais...* Natal: Editora Realize, 2016. 8p