



INFORMAÇÕES GERAIS DO TRABALHO

Título do Trabalho: Análise da viscosidade de óleo lubrificante novo e usado utilizando o viscosímetro copo Ford.

Autor (es): Arthur Kennedy Duarte, Meiriane Cristina Faria Soares Lima, Fernando Mota de Oliveira.

Palavras-chave: Óleos lubrificantes; Viscosidade; Copo Ford.

Campus: Betim.

Área do Conhecimento (CNPq): Química / Físico-Química.

Bolsa: PIBIC Jr.

Órgão Financiador: Instituto Federal de Minas Gerais

RESUMO

A capacidade de lubrificação de óleos lubrificantes depende, entre outros fatores, da viscosidade. Neste sentido, a análise desta característica física é uma necessidade no ramo dos lubrificantes. Neste trabalho a viscosidade cinemática do óleo lubrificante 5W30 foi determinada por meio de um viscosímetro simples, o copo Ford. O óleo usado apresentou menor viscosidade com relação ao óleo sem uso devido, provavelmente, à contaminação por combustível durante o uso no motor do automóvel.

INTRODUÇÃO:

Toda máquina desgasta-se com o tempo, pelo funcionamento e pelos inúmeros agentes contaminantes com os quais é posta em contato. Os lubrificantes exercem múltiplas funções devido ao acesso a vários pontos da máquina, e por isso é um agente de extrema importância na redução de elementos de desgaste e contaminação dos equipamentos (SOUZA, 2000). Atualmente os lubrificantes modernos podem também controlar a formação de depósitos, contaminantes suspensos, proteger contra a corrosão, limpar componentes e manter a temperatura de operação correta (AZEVEDO, 2005).

O óleo base dos lubrificantes pode ser sintético ou originado do refinamento do petróleo (base mineral). De forma geral, esta base é formada por hidrocarbonetos contendo de 18 a 40 carbonos e apresentando ponto de ebulição de 300 a 565 °C (SPEIGHT e EXALL, 2014). Os tipos de óleos são classificados segundo o seu índice de viscosidade e teor de enxofre. Quanto maior esse índice, melhor é a qualidade do produto. O índice de viscosidade é a propriedade que mede a variação de viscosidade de um óleo de acordo com a variação da temperatura em comparação com outros óleos (ZAMBONI, 2008). Os óleos lubrificantes são demandados a temperatura e a pressão frequentemente altas o que leva a sua degradação sob condições de operação, um problema que envolve significativas perdas econômicas (HSU, 2004). Nesse sentido faz-se importante entender o comportamento do óleo lubrificante a diferentes temperaturas. CARRETEIRO (1989) afirma que a viscosidade é uma das principais características físicas a ser caracterizada nos óleos lubrificantes, uma vez que ela determina a capacidade de carregamento de carga, bem como de características como fluidez e fluxo de calor.



A determinação da viscosidade é de grande importância em diferentes seguimentos industriais como: alimentícios (chocolates), cosméticos (shampoo, hidratantes, batons), automobilísticos (óleo motor) e petroquímicos (extração de petróleo) (GALLEGOS e FRANCO, 1999; BAIR e QURESHI, 2002; PIERRE et al., 2004; AGOSTON, ÖTSCH e JAKOBY, 2005; GLICERINA et al., 2016; VISWANATH et al., 2007). A viscosidade de um fluido é uma grandeza que representa o inverso da fluidez. Ela mede a resistência interna oferecida ao movimento relativo de diferentes partes desse líquido, ou seja, mede a resistência de um líquido em fluir (escoar) (MACHADO 2002). A unidade da viscosidade cinemática é dada no SI por (m^2/s), já no sistema CGS é o *stokes* (S ou St), em homenagem ao físico irlandês George Gabriel Stokes. Por convenção se utiliza os termos *centistokes* (cS ou cSt). Sendo assim:

$$1 \text{ stokes} = 100 \text{ centistokes} = 1 \text{ cm}^2/\text{s} = 0,0001 \text{ m}^2/\text{s}.$$

As indústrias utilizam diversos instrumentos para a medida de viscosidade com grande precisão. Os aparelhos destinados à medição da viscosidade dos líquidos chamam-se viscosímetros. A viscosidade cinemática (ν), que é a relação entre a viscosidade dinâmica (μ) e a densidade (ρ) (equação 1), pode ser medida através do Copo Ford (Figura 1). O método baseia-se na medida do tempo que um volume fixo de líquido (tintas, óleos lubrificantes, etc.) gasto para escoar através de um orifício, que são escolhidos de acordo com a viscosidade de cada material.

$$\nu = \frac{\mu}{\rho} \quad (01)$$



Figura 1. Imagem do Viscosímetro Copo Ford. Fonte: Disponível em <https://i.ytimg.com/vi/sYjghwPXeiM/maxresdefault.jpg>.

Nesse trabalho avaliou-se o comportamento reológico de um óleo lubrificante sob variação de temperatura.

METODOLOGIA:



As medidas de viscosidade foram feitas utilizando um viscosímetro do tipo copo Ford (QUIMIS modelo Q280). Neste sentido foi necessário avaliar o orifício adequado para as medidas bem como a necessidade de calibração do viscosímetro. O viscosímetro Copo Ford possui diferentes orifícios que são utilizados de acordo com a faixa de viscosidade do material a ser analisado. O tamanho do orifício foi determinado e estabelecido de forma que o tempo de escoamento ocorresse em um intervalo de tempo adequado para a medida de viscosidade. No manual do viscosímetro é possível obter uma equação relacionada a cada orifício. Contudo, pela mudança das condições experimentais foi necessário calibrar o aparelho. No procedimento de calibração foram utilizados óleo de soja e glicerina como fluidos devido a fácil obtenção e por terem viscosidade cinemática conhecida. Após verificar a calibração do viscosímetro, o mesmo foi utilizado na determinação da viscosidade do óleo lubrificante 5W30 API SN novo e usado em motor de automóvel por 5.000 km (mesma marca).

RESULTADOS E DISCUSSÕES:

- Verificação da calibração do viscosímetro

A viscosidade cinemática da glicerina foi calculada utilizando a equação do copo Ford (equação 2) apresentada abaixo. Escolheu-se o orifício 4 por permitir a medida em um tempo adequado, isto é, o escoamento não foi muito rápido, o que poderia causar erros na determinação do tempo, nem muito lento, de forma a demandar tempo desnecessário para uma determinação precisa de tempo. Sendo as condições experimentais semelhantes o suficiente da calibração de fábrica (temperatura), esta equação deve gerar valores de viscosidade com exatidão, caso contrário o aparelho deve ser calibrado. Esta hipótese foi testada comparando o valor de ν para a glicerina obtido a partir da equação 2, igual a $3,91 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$, e o valor tabelado de ν em 30 °C (temperatura ambiente), igual a $5,232 \times 10^{-4} \text{ m}^2 \text{ s}^{-1}$ (CIMBALA, 2015). Dessa forma, o valor obtido possui um erro de 25,3%.

$$\nu(\text{cS}) = 3,85 t(\text{s}) - 17,3(2)$$

Portanto, percebeu-se a necessidade de calibrar o viscosímetro a fim de obter uma nova equação que permitisse calcular valores de ν com melhor exatidão.

- Calibração do Viscosímetro

Neste trabalho utilizou-se como alternativa de baixo custo e de fácil obtenção os fluidos óleo de soja e glicerina. Sendo assim, foram feitas medidas de tempo de escoamento em triplicata para cada fluido e os valores médios foram utilizados para obtenção da equação para cálculo da viscosidade em 30 °C. Os tempos observados se encontram na tabela 1.

Tabela 1. Tempo de escoamento até formação da primeira gota para os fluidos utilizados na calibração.

Fluido	Tempo 1 (s)	Tempo 2 (s)	Tempo 3 (s)	Tempo médio (s)
Óleo de soja	12,0	11,0	11,0	11,3
Glicerina	106	106	106	106



Os valores de ν tabelados, utilizados na calibração, para o óleo de soja e para a glicerina foram 32,5 cSt e 523,2 cSt (CIMBALA, 2015), respectivamente. O valor do óleo de soja foi calculado pela razão entre a viscosidade dinâmica, $29,5 \times 10^{-3} \text{ N m}^{-2} \text{ s}^{-1}$ (BROCK et al., 2008), e a densidade, 907 kg m^{-3} (CANCIAM, 2008), a $30 \text{ }^\circ\text{C}$. Logo, foram obtidas as seguintes equações, considerando uma relação linear entre viscosidade cinemática e tempo de escoamento:

$$\text{Óleo de soja: } 32,5(\text{cSt}) = a + b \times 11,3(\text{s})$$

$$\text{Glicerina: } 523,2(\text{cSt}) = a + b \times 106(\text{s})$$

Resolvendo este sistema encontrou-se os valores dos coeficientes “a” e “b” os quais foram -26,0 cSt e $5,18 \text{ cSt s}^{-1}$, respectivamente. A partir destes valores foi estabelecida a relação entre viscosidade cinemática e tempo a $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (equação 3).

$$\nu(\text{cSt}) = 5,18 t(\text{s}) - 26,0(T = 30 \text{ }^\circ\text{C})(3)$$

- Medida de viscosidade dos óleos

A partir da equação de calibração determinada avaliou-se a viscosidade do óleo lubrificante 5W30 API SN novo e utilizado em motor de automóvel. A tabela 2 mostra os resultados obtidos.

Tabela 2. Tempo de escoamento até formação da primeira gota para os óleos lubrificantes analisados.

Óleo	Tempo 1 (s)	Tempo 2 (s)	Tempo 3 (s)	Tempo médio (s)	Viscosidade (cSt)
5W30 API SN (novo)	18	20	19	19	72,4
5W30 API SN (usado)	18	18	18	18	67,2

De acordo com a tabela 2, o uso do óleo lubrificante modifica sua viscosidade tornando-a mais baixa. O óleo analisado é utilizado no motor do automóvel e com o tempo de uso possivelmente seja contaminado com combustível. A viscosidade cinemática da gasolina é 0,39 cSt em $30 \text{ }^\circ\text{C}$ (SANTANA; TÔRRES; LACERDA, 2004). Portanto, se há gasolina no óleo usado sua viscosidade cinemática deve diminuir alterando sua capacidade lubrificante. Todavia, esta hipótese precisa ser avaliada com cuidado. Outras explicações precisam ser avaliadas, como a possibilidade de o óleo usado ter metais provenientes do desgaste da máquina, ou promoção do cisalhamento entre as cadeias, causando quebra das mesmas devido à alta temperatura de operação dos óleos.

CONCLUSÕES:

A utilização do copo Ford para medidas de viscosidade cinemática exige o cuidado sobre a necessidade de calibração. Os líquidos óleo de soja e glicerina possibilitaram a obtenção da equação que relaciona viscosidade e tempo de escoamento numa dada temperatura ($30 \text{ }^\circ\text{C}$ neste caso), o que demonstra



uma vantagem já que são fluidos de baixo custo e fácil obtenção. A análise do óleo lubrificante 5w30 novo e usado evidenciou que após o uso há uma diminuição da viscosidade, provavelmente uma consequência da contaminação do óleo por combustível na medida em que lubrifica o motor, por metais ou ainda o próprio cisalhamento e quebra das cadeias. Portanto, com o tempo de uso, o óleo lubrificante tem sua capacidade lubrificante modificada gerando a necessidade de troca ou recuperação. Como perspectiva, pretende-se avaliar a dependência da viscosidade de ambos os óleos, novo e usado, com respeito à temperatura. Neste estudo, serão obtidas equações de calibração para cada valor de temperatura utilizado. Em seguida, os comportamentos experimentais observados serão comparados a modelos teóricos com o objetivo de aprofundar as conclusões sobre a modificação do lubrificante por sua utilização.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS:

AGOSTON, A.; ÖTSCH, C.; JAKOBY, B. **Viscosity sensors for engine oil condition monitoring – Application and interpretation of results**. Sensors and Actuators A, v. 121, p.327-332, 2005.

AZEVEDO, J. B.; CARVALHO, L. H.; FONSECA, V. M. **Propriedades reológicas de óleos lubrificantes minerais e sintéticos com degradação em motor automotivo**. 3o Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005 Salvador BA.

BAIR, S.; QURESHI, F. **Accurate Measurements of Pressure-Viscosity Behavior in Lubricants**. Tribology Transactions, v.45, p.390-396, 2002.

BROCK, J.; NOGUEIRA, M. R.; ZAKRZEWSKI, C.; CORAZZA, F. C.; CORAZZA, M. L.; OLIVEIRA, J. V. **Determinação experimental da viscosidade e condutividade térmica de óleos vegetais**. Ciência e Tecnologia de Alimentos, v. 28, p. 564-570, 2008.

CANCIAM, C. A. **Predição do coeficiente de expansão térmica do óleo de soja (Glicine max)**. Revista Tecnológica v. 17, p. 13-18, 2008.

CARRETEIRO, R. P.; MOURA, C. R. S. **Lubrificantes e Lubrificação**, Makron Books, 1989.

CIMBALA, J. M. **Mecânica dos fluidos**. Tradução por Fábio Saltara, Jorge Luis Baliño, Karl Peter Burr, 3ed., Porto Alegre: AMGH, 2015.

GALLEGOS, C.; FRANCO, J.M. **Rheology of food, cosmetics and pharmaceuticals**. Current Opinion in Colloid & Interface Science v.4, p.288-293, 1999.

HSU, S. M. **Nano-lubrication: concept and design**. Tribology International v.37, p.537-545, 2004.

GLICERINA, V.; BALESTRA, F.; ROSA, M.D.; ROMANI, S. **Microstructural and rheological characteristics of dark, milk and white chocolate: a comparative study**. Journal of Food Engineering, 2015.

MACHADO, J. C. V. **Reologia e escoamento de fluidos - Ênfase na Indústria de Petróleo**. 1ª edição, Editora Interciência, 2002.

PIERRE, C.; BARRÉ, L.; PINA, A.; MOAN, M. **Composition and Heavy Oil Rheology**. Oil & Gas Science and Technology, v.59, p.489-501, 2004.

SANTANA, C. W. S.; TÔRRES, E. G.; LACERDA, I. S. **Ajuste de equações para a viscosidade cinemática de produtos de petróleo em função da temperatura**. Trabalho apresentado no 3º Congresso Brasileiro de P&D em Petróleo e Gás, 2005.



SOUZA, M. S. M. **Métodos analíticos para lubrificantes e isolantes**. Química e Derivados, n 382, p. 20-28, 2000.

SPEIGHT, J.G.; EXALL, D.I. **Refining Used Lubrication Oils**. CRC Press, 2014.

VISWANATH, D.S.; GHOSH, T.K.; PRASAD, D.H.L.; DUTT, N.V.K. **Viscosity of Liquids – Theory, Estimation, Experiment, and Data**. Springer, 2007.

ZAMBONI, G.E. **Óleos básicos**. Revista Lubes em foco, Rio de Janeiro, n. 5, p.13-19 ,2008. Disponível em:< <http://www.lubes.com.br/edicoes/edicao05/index.html>> Acesso em: 16 de Outubro de 2016.

Participação em Congressos, publicações e/ou pedidos de proteção intelectual:

O trabalho descrito teve início em fevereiro de 2017 e ainda não foi apresentado em algum evento.