

CONEM 2016
CONGRESSO NACIONAL DE
ENGENHARIA MECÂNICA

21 - 25
AGOSTO DE 2016
FORTALEZA - CEARÁ

ANÁLISE DAS PROPRIEDADES FÍSICO-QUÍMICAS DOS FLUIDOS DE ARREFECIMENTO AUTOMOTIVO A BASE DE ETILENOGLICOL

Rony Oliveira de Sant'ana, rony_oliveirasantana@hotmail.com¹

Ramon Rudá Brito Medeiros, ramonruda@hotmail.com¹

Cleiton Rubens Formiga Barbosa, cleiton@ufrnet.br¹

Pedro Samuel Gomes Medeiros, falecom-pedro@hotmail.com¹

Fábio Augusto da Silva Oliveira, fabioaugusto_2006@yahoo.com.br¹

Rafael Lucas da Costa Carrilho, rafaelcarrilho1206@hotmail.com¹

Felipe Diego Dantas da Silva, diego_epilef@hotmail.com¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Campus Universitário Lagoa Nova, Natal - RN

Resumo: Um sistema de arrefecimento automotivo é usado para manter a temperatura ideal de funcionamento do motor e evitar sobreaquecimento, através de um fluido térmico, também chamado fluido de arrefecimento, e um trocador de calor, radiador. Os fluidos de arrefecimento são normalmente compostos por uma solução de água e um aditivo, além de inibidores de corrosão e corantes. O etilenoglicol é um tipo de álcool amplamente utilizado como aditivo por ser totalmente solúvel, com baixa ou nenhuma atividade corrosiva e quimicamente estável, além de reduzir a pressão de vapor da água. A redução da pressão de vapor da solução garante aumento do ponto de ebulição (ebulioscopia), e a diminuição do ponto de congelamento da água (crioscopia), permitindo uma maior eficiência de troca térmica do fluido em temperaturas mais elevadas sem mudança de fase, ou seja, potencializa a transferência de calor. A adição do etilenoglicol provoca redução da pressão de vapor da água que evita o processo de cavitação. No estudo para sistemas de arrefecimento automotivos, incluindo propriedades dependentes da temperatura, mais especificamente, a viscosidade dinâmica foi analisada para distribuições da temperatura entre 30°C, 40°C e 50°C, com concentrações do fluido de arrefecimento entre 40%, 50%, 60% e 100%. Este trabalho também desenvolveu análises das propriedades físico-químicas como pH, umidade (teor de água presente no fluido de arrefecimento) e a perda de massa por termogravimetria.

Palavras-chave: etilenoglicol, arrefecimento automotivo, propriedades térmicas, propriedades físico-químicas.

1. INTRODUÇÃO

A otimização dos sistemas de arrefecimento em veículos é um aspecto importante no processo de tornar os motores de combustão interna compatíveis com os requisitos cada vez mais severos de emissões de gases e consumo de combustível (Calin, 2008). A maior parte da energia gerada pela queima do combustível é convertida em calor (cerca de 70%), ficando o sistema de arrefecimento do motor responsável pelo controle da temperatura dos fluidos e componentes mecânicos, evitando danos por superaquecimento. Além da otimização da durabilidade e confiabilidade do sistema, a engenharia automotiva busca reduzir o custo de produtos com desempenhos cada vez melhores (Calin, 2008).

Durante muito tempo os sistemas de arrefecimento eram abertos, com a água neles em circulação sendo reposta regularmente, esse tipo de sistema de arrefecimento foi utilizado até a década de 1970 (Calin, 2008). Com a evolução dos motores passou-se a usar sistemas de arrefecimento fechados, com reservatórios intermediários de expansão e válvulas termostáticas, visando permitir a operação dos motores nas temperaturas mais altas possíveis.

Com o novo sistema, a retirada de calor do motor somente acontece se a temperatura ultrapassa um determinado valor limite, quando se abre a válvula termostática e o fluido é circulado pelo sistema. Com isso, a água deixou de ser viável como fluido refrigerante para estes sistemas. O novo fluido aplicado nos sistemas de arrefecimento de motores de combustão interna é constituído por uma mistura de água e etilenoglicol, onde o último tem a função de aumentar a temperatura de ebulição e baixar a temperatura de congelamento da mistura (Bizarrias, 2008).

Os maiores problemas para um sistema de arrefecimento estão relacionados com a vaporização do líquido no seu interior e a potencial ocorrência de cavitação. Esta será consequente às baixas pressões em regiões definidas do circuito

de arrefecimento (Bizarrias, 2008). A bomba do sistema de arrefecimento funcionando somente com água pura pode sofrer o processo de cavitação quando bombeado a altas temperaturas, sempre que a pressão local é menor do que a pressão de vapor saturado (Çengel, 2007). As bolhas de vapor geradas irão implodir junto ao rotor e corpo da bomba do sistema de arrefecimento, sendo submetidos a um grande impulso de pressão e, possivelmente, enormes danos para o interior do sistema de arrefecimento (Heinz, 1995).

Atualmente, as formulações de água-etilenoglicol são os fluidos de arrefecimento preferidos, pois, além do seu baixo custo, se mostrou como o mais eficiente na proteção térmica do motor.

O funcionamento do sistema de arrefecimento pode ser descrito da seguinte maneira, como representado na Fig. 1.

1. O FDA (Fluido de Arrefecimento) é bombeado desde a parte inferior do radiador e forçado a circular ao redor das paredes do bloco e do cabeçote.
2. Depois de trocar calor com o bloco de cilindros, o FDA circula através da mangueira superior do radiador e chega até o tanque superior.
3. O FDA é resfriado pelo ar que atravessa a colmeia do radiador e desce até a mangueira inferior do radiador.
4. Finalmente, o FDA a baixa temperatura que circula da mangueira inferior à bomba para começar um novo ciclo.

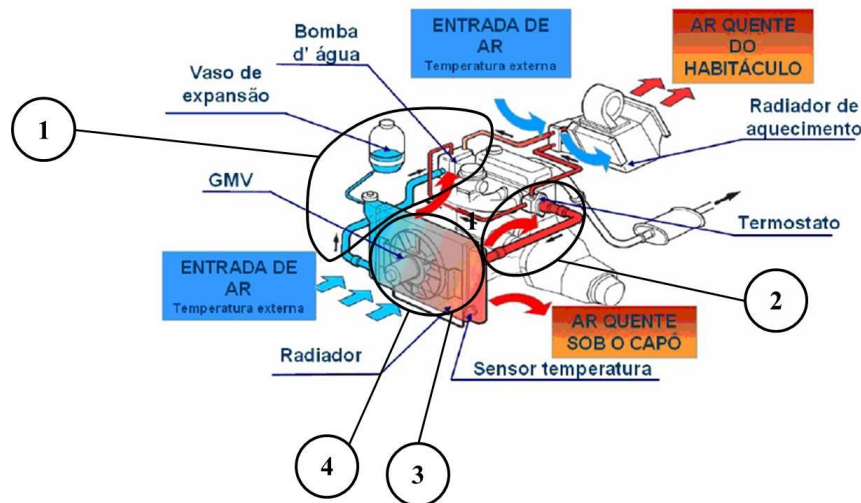


Figura 1. Componentes do sistema de arrefecimento de um veículo de passeio. Fonte: Adaptado de Nomoto (2006).

Portanto, o presente trabalho é encarregado de verificar um dos aditivos de arrefecimento mais produzidos hoje no mercado brasileiro através de análises laboratoriais. Promovendo um estudo científico sobre aditivos de arrefecimento a base de etilenoglicol. No âmbito da pesquisa, verificou-se uma propriedade termofísica (viscosidade dinâmica) e análises das propriedades físico-químicas dos fluidos de arrefecimento a base de etilenoglicol, para diferentes níveis de concentração e temperatura.

2. METODOLOGIA

As análises em laboratório submetidas ao fluido arrefecedor a base de etilenoglicol produziram resultados em termos de temperatura, viscosidade, pH, teor de umidade (teor de água presente na composição) e termogravimetria.

2.1. Estudo da viscosidade

A importância da viscosidade tem sido no dimensionamento de bombas e tubulações, agitadores, trocadores de calor, homogeneizadores, etc. Para os fluidos Newtonianos a viscosidade é independente da taxa de deformação a que o fluido está submetido. Um fluido newtoniano mostra um único valor de viscosidade, a uma dada temperatura.

A viscosidade pode ser descrita como a força por unidade de área que uma camada de fluido exerce sobre outra camada adjacente, a uma distância ínfima Δy , quando há uma diferença de velocidade, Δu , entre elas, onde τ é a tensão exercida pela camada de fluido. Assim, pode-se obter o coeficiente de viscosidade absoluta, μ , através desta relação, como mostrado na Eq. (1).

$$\mu = \frac{\tau}{\Delta u / \Delta y} \quad (1)$$

As análises da viscosidade foram realizadas no reômetro rotacional Brookfield. Esse equipamento é baseado no funcionamento rotacional de um sensor, por medida de cisalhamento estacionário e dinâmico, imerso em um fluido.

Para a obtenção dos resultados da viscosidade foram necessários 60 mL da amostra nas concentrações de 40%, 50%, 60% e 100% do fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol, ver Fig. 2. Este volume foi inserido no cilindro, o sensor foi imerso na amostra para ser aplicada a taxa de cisalhamento.



Figura 2. Concentrações analisadas do fluido de arrefecimento 40%, 50%, 60% e 100%. Fonte: Próprio Autor.

Para manter a temperatura desejada na análise da viscosidade, o reômetro utilizado está conectado a um banho termostático, com variação de temperatura possível, ou seja, com range de 0°C a 100°C e um computador responsável pela transferência de dados. O aparato experimental do reômetro é mostrado na Fig. 3.



Figura 3. Reômetro Brookfield. Fonte: Próprio Autor.

Esse parâmetro permite avaliar o comportamento da viscosidade do fluido de arrefecimento no sistema. O fluido foi submetido à taxa de cisalhamento variando até 3000 s^{-1} , durante 100 segundos, nas temperaturas de 30°C, 40°C e 50°C, como verificado na Fig. 4. Para garantir que as três temperaturas estudadas e informadas no banho termostático estavam sem variação foi colocado um termômetro digital imerso no banho termostático para comparar as temperaturas.

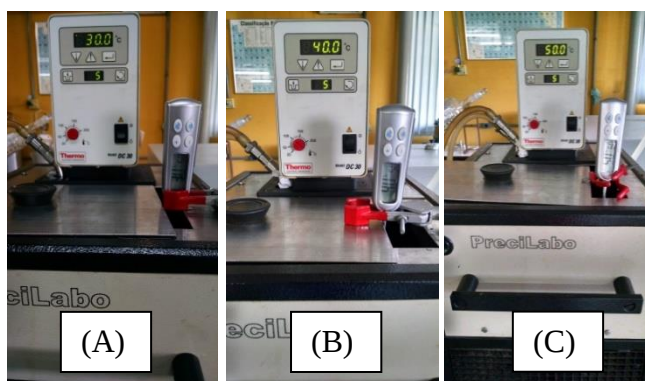


Figura 4. Comparando a temperatura do banho termostático com um termômetro digital (A) temperatura de 30°C, (B) temperatura de 40°C e (C) temperatura de 50°C. Fonte: Próprio Autor.

2.2. Análise do pH

O pH ou potencial de hidrogénio iónico, é um índice que indica a acidez, neutralidade ou alcalinidade de um meio. O "p" deriva do alemão potenz, que significa poder de concentração, e o "H" é para o íon de hidrogénio (H^+) (Amanda,

2016). Às vezes é referido do latim pondus hydrogenii. O "p" equivale ao simétrico do logaritmo de base 10 da atividade dos íons a que se refere, como visualizado na Eq. (2).

$$\text{pH} = -\log_{10} [\text{H}^+] \quad (2)$$

A análise do pH é fundamental para o monitoramento da estabilidade de soluções, visto que grandes alterações nessa medida indicam a ocorrência de reações químicas que podem afetar a qualidade do produto final. As análises foram realizadas na temperatura de aproximadamente 30°C. O pHmetro utilizado foi da marca Digimed, modelo DM—22, como mostrado na Fig. 5.

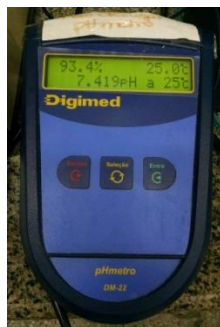


Figura 5. pHmetro da Digimed. Fonte: Próprio Autor.

2.3. Ensaio de termogravimetria

A Termogravimetria é um ensaio que permite medir a perda de massa de uma determinada substância ou material em função do aquecimento controlado e do tempo, caracterizando assim o comportamento térmico dos materiais. A metodologia básica da termogravimetria consiste em uma balança eletrônica de precisão acoplada a um forno que tenha o aumento controlado da temperatura de forma linear com o tempo (Mota, 2010).

O analisador termogravimétrico utilizado foi o TGA-60, marca SHIMADZU, Fig. 6. A atmosfera utilizada foi a do ar ambiente, pois refletem as condições reais, o cadinho é de platina e o gradiente de temperatura foi de 28°C a 500°C, a uma taxa de aquecimento de 10°C por minuto. Foram colocados 2 mg da amostra, menos do que uma gota, para serem determinadas as temperaturas de degradação para a concentração de 100% do fluido de arrefecimento.

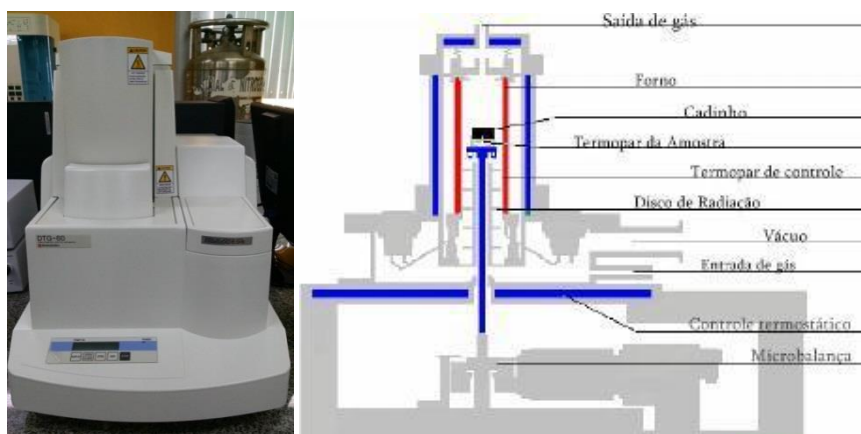


Figura 6. Analisador termogravimétrico, TGA-60, marca SHIMADZU (à direita), fonte: próprio grupo. Esquema do analisador termogravimétrico (à esquerda), fonte: Adaptado de Machado (2008).

Os resultados são apresentados em forma de curvas termogravimétricas (TG), em que a variação do peso é constatada em relação ao aumento controlado da temperatura ou do tempo. Assim sendo, qualquer mudança na massa que venha a ocorrer em temperaturas próximas logo será identificada (Mota, 2010). Os fatores que podem afetar o resultado de um ensaio termogravimétrico são: efeitos instrumentais (velocidade do forno, atmosfera, forma e material do cadinho), características da amostra (peso e umidade), entre outros (Mota, 2010).

Parâmetros:

- Detector – TGA – 60
- Célula – Platinum

- Atmosfera – Nitrogênio
- Taxa – 50.00ml/min.
- Taxa temperatura – 10°C/min.
- Faixa de ensaio – 0° ate 500°C
- Peso – 1,0 mg

2.4. Umidade (Teor de água no fluido utilizando o titulador Karl Fischer)

O teor de umidade do fluido de arrefecimento na concentração de 100% foi determinado através do método de titulação pelo equipamento Karl Fischer.

As medidas foram realizadas em um titulador Karl Fischer da Mettler e Toledo, modelo DL 39, com precisão de 98% e erro permitido de 2%. ver Fig. 7. O princípio deste método é a titulação de um reagente convencional Karl Fischer (Solução de iodo, dióxido de enxofre e imidazol) em um solvente metanol anidro P.A. em presença do fluido de arrefecimento em análise.

Na determinação do teor de umidade, foi utilizado 0,04g do fluido de arrefecimento, aproximadamente quatro gotas. Inicialmente foram adicionados alguns mililitros de solvente da amostra no frasco de titulação, o suficiente para cobrir as pontas do eletrodo (Rodrigues, 2005). O mesmo procedimento foi realizado em triplicata. As amostras do fluido foram pesadas em balança analítica, com auxílio de vidraria específica. Os valores são expressos em % de umidade.

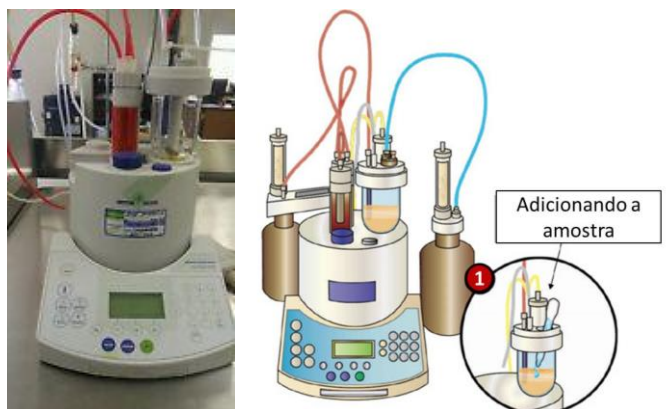


Figura 7. Karl Fischer da Mettler e Toledo, modelo DL 39 (à direita), fonte: Próprio autor. Esquema da adição da amostra no Karl Fischer (à esquerda), fonte: Adaptado de Science Info World (2012).

3. RESULTADOS E DISCUSSÕES

O presente trabalho possui resultados obtidos das análises para o fluido do sistema de arrefecimento automotivo fazendo uso do fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol. É compreendido que os sistemas atuais de arrefecimento não mais utilizem água pura.

Foram testadas diferentes concentrações volumétricas do fluido de arrefecimento, para, assim, avaliar a influência desta variável sobre os parâmetros de desempenho do sistema. As concentrações foram testadas e estiveram nas faixas de 40%, 50%, 60% e 100%; respeitadas as faixas de operação das correlações recomendadas pelo fabricante do fluido de arrefecimento estudado.

3.1. Resultados dos ensaios da viscosidade

Os resultados são apresentados nas Tabs. 1, 2 e 3, as análises da viscosidade em três temperaturas para as quatro concentrações do fluido de arrefecimento. O gráfico da Fig. 8 mostra o comportamento assumido da viscosidade dinâmica [cP] versus as concentrações [%] adotadas.

Tabela 1. Resultado da viscosidade pela concentração à temperatura de 30°C. Fonte: Próprio Autor.

R-1822_30°C						
Concentração	Viscosidade [Pa.s]	Viscosidade [cP]	Média Viscosidade [Pa.s]	Média Viscosidade [cP]	Desvio Padrão Viscosidade [Pa.s]	Desvio Padrão Viscosidade [cP]
100%	0,0195	1,950	0,0190	1,9033	0,0003	0,0340
	0,0189	1,890				
	0,0187	1,870				
60%	0,0050	0,500	0,0050	0,5033	0,0000	0,0047
	0,0051	0,510				
	0,0050	0,500				
50%	0,0043	0,430	0,0041	0,4133	0,0002	0,0170
	0,0042	0,420				
	0,0039	0,390				
40%	0,0034	0,340	0,0032	0,3233	0,0001	0,0125
	0,0032	0,320				
	0,0031	0,310				

Tabela 2. Resultado da viscosidade pela concentração à temperatura de 40°C. Fonte: Próprio Autor.

R-1822_40°C						
Concentração	Viscosidade [Pa.s]	Viscosidade [cP]	Média Viscosidade [Pa.s]	Média Viscosidade [cP]	Desvio Padrão Viscosidade [Pa.s]	Desvio Padrão Viscosidade [cP]
100%	0,0128	1,280	0,0125	1,2500	0,0002	0,0216
	0,0124	1,240				
	0,0123	1,230				
60%	0,0039	0,390	0,0039	0,3900	0,0000	0,0000
	0,0039	0,390				
	0,0039	0,390				
50%	0,0035	0,350	0,0034	0,3433	0,0000	0,0047
	0,0034	0,340				
	0,0034	0,340				
40%	0,0028	0,280	0,0029	0,2933	0,0001	0,0125
	0,0029	0,290				
	0,0031	0,310				

Tabela 3. Resultado da viscosidade pela concentração à temperatura de 50°C. Fonte: Próprio Autor.

R-1822_50°C						
Concentração	Viscosidade [Pa.s]	Viscosidade [cP]	Média Viscosidade [Pa.s]	Média Viscosidade [cP]	Desvio Padrão Viscosidade [Pa.s]	Desvio Padrão Viscosidade [cP]
100%	0,0096	0,960	0,0095	0,9467	0,0001	0,0094
	0,0094	0,940				
	0,0094	0,940				
60%	0,0034	0,340	0,0034	0,3367	0,0000	0,0047
	0,0034	0,340				
	0,0033	0,330				
50%	0,0029	0,290	0,0031	0,3100	0,0002	0,0163
	0,0031	0,310				
	0,0033	0,330				
40%	0,0029	0,290	0,0030	0,2967	0,0000	0,0047
	0,0030	0,300				
	0,0030	0,300				

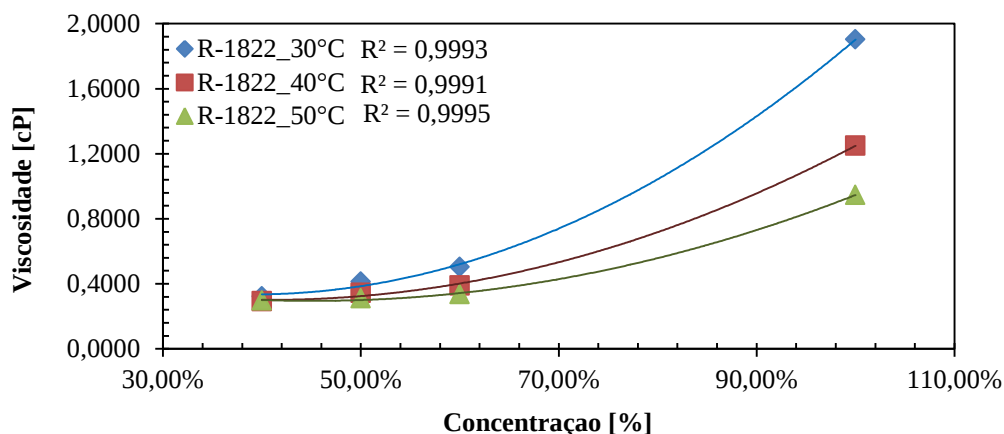


Figura 8. Viscosidade [cP] versus concentração [%] do fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol R-1822 nas temperaturas de 30°C, 40°C e 50°C. Fonte: Próprio autor.

As Tabelas (4) e (5) apresentam os resultados das análises da viscosidade em três temperaturas para as quatro concentrações do fluido de arrefecimento, o gráfico da Fig. 9 mostra o comportamento assumido da viscosidade dinâmica [cP] versus as temperaturas [°C] adotadas.

Tabela 4. Resultado da viscosidade pela temperatura nas concentrações de 100% e 60%. Fonte: Próprio Autor.

R-1822_100%				R-1822_60%			
Temperatura [°C]	Viscosidade [cP]	Média	Desvio Padrão	Temperatura [°C]	Viscosidade [cP]	Média	Desvio Padrão
30	1,950	1,9033	0,0340	30	0,500	0,5033	0,0047
	1,890				0,510		
	1,870				0,500		
40	1,280	1,2500	0,0216	40	0,390	0,3900	0,0000
	1,240				0,390		
	1,230				0,390		
50	0,960	0,9467	0,0094	50	0,340	0,3367	0,0047
	0,940				0,340		
	0,940				0,330		

Tabela 5. Resultado da viscosidade pela temperatura nas concentrações de 50% 40%. Fonte: Próprio Autor.

R-1822_50%				R-1822_40%			
Temperatura [°C]	Viscosidade [cP]	Média	Desvio Padrão	Temperatura [°C]	Viscosidade [cP]	Média	Desvio Padrão
30	0,430	0,4133	0,0170	30	0,340	0,3233	0,0125
	0,420				0,320		
	0,390				0,310		
40	0,350	0,3433	0,0047	40	0,280	0,2933	0,0125
	0,340				0,290		
	0,340				0,310		
50	0,290	0,3100	0,0163	50	0,290	0,2967	0,0047
	0,310				0,300		
	0,330				0,300		

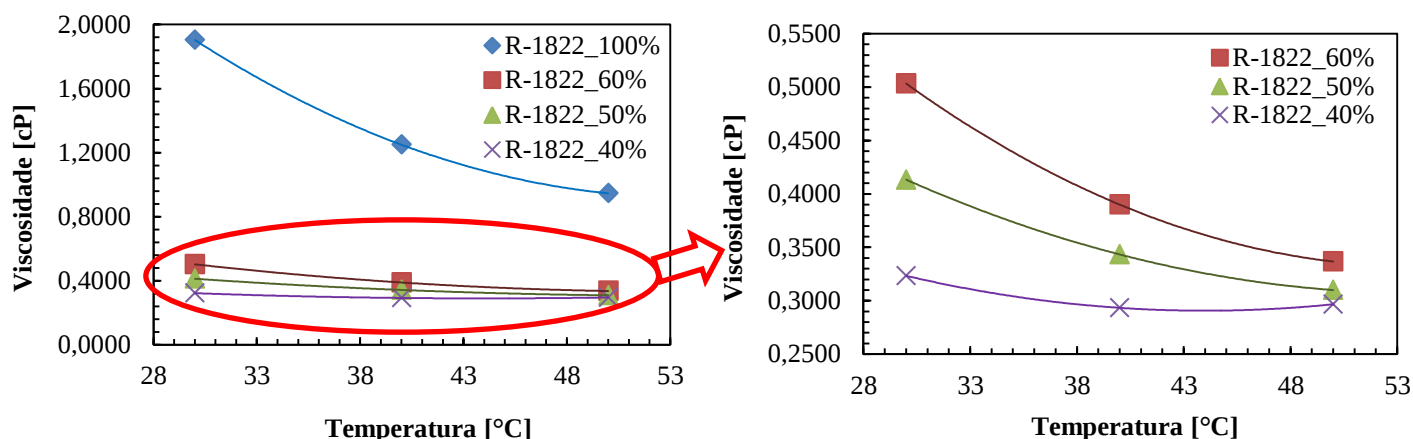


Figura 9. Viscosidade [cP] versus temperatura [°C] do fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol R-1822 nas concentrações de 40%, 50%, 60% e 100%. Fonte: Próprio autor.

3.2. Resultados das análises do pH

A análise foi realizada utilizando apenas a temperatura de 30°C. A concentração de 100%, apresenta o menor pH, já a concentração de 40% teve o maior valor de pH. O pH foi verificado para saber se o produto tem caráter ácido, básico ou neutro. Índices de acidez ou alcalinidade além dos especificados podem provocar corrosão nas partes metálicas do sistema de arrefecimento. Para a determinação desta propriedade, procedeu-se de acordo com a norma ABNT NBR 7353. Os resultados mostraram um ótimo desvio padrão nas análises realizadas. Como apresentado na Tab. 6 e demonstrado graficamente na Fig. 10.

Tabela 6. Resultado da concentração versus pH. Fonte: Próprio Autor.

R-1822				
Temperatura [°C]	Concentração [%]	pH	Média	Desvio Padrão
30 °C	100%	6,231	6,216	0,011
		6,214		
		6,204		
	60%	7,441	7,449	0,007
		7,458		
		7,449		
	50%	7,668	7,648	0,014
		7,639		
		7,638		
	40%	7,765	7,768	0,002
		7,768		
		7,771		

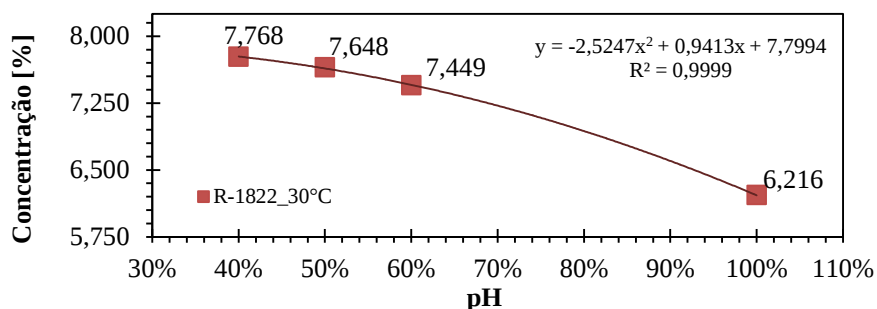


Figura 10. Concentração [%] versus pH do fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol R-1822 na temperatura de 30°C. Fonte: Próprio autor.

3.3. Gráfico termogravimétrico

O gráfico da Fig. 11 apresenta o comportamento assumido pela amostra no ensaio termogravimétrico para a concentração de 100%, ou seja, o fluido o qual é encontrado no mercado na forma concentrada.

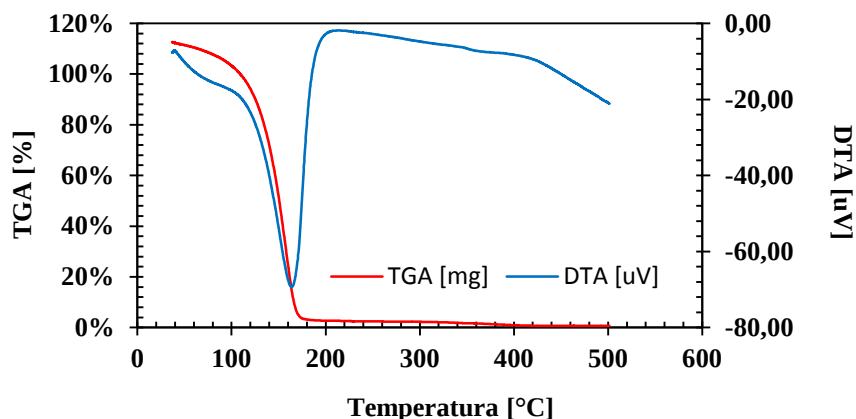


Figura 11. Gráfico termogravimétrico do fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol R-1822 na concentração de 100%. Fonte: Próprio autor.

Observou-se que o fluido começou a perder massa a partir de 40°C para a concentração de 100%. A partir deste ponto aconteceu um decréscimo lento, porém contínuo da massa até a perda de aproximadamente 90% do total a uma temperatura média de 120°C. Isso demonstrou que este material pode trabalhar numa faixa de temperatura de 35°C sem comprometer a segurança e nem suas propriedades.

3.4. Resultado da umidade (Teor de água)

A Tabela 7 mostra o resultado do teor de umidade do fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol, ou seja, a quantidade de água presente no fluido estudado, para a concentração de 100%, a qual essa concentração é encontrada a venda no mercado na forma concentrada. As análises seguiram de acordo com procedimentos especificados segundo a norma ABNT NBR 5758. Os resultados mostram que o teor de água presente no fluido estudado está dentro dos valores estabelecidos da norma que é de no máximo 5%.

Tabela 7. Resultado do teor de umidade presente no fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol R-1822. Fonte: Próprio Autor.

Amostra R-1822	Resultado [ppm]	Resultado [%]
Concentração 100%	49.429,23	4,94

4. CONCLUSÕES

Apresentam-se, a seguir as conclusões oriundas da análise dos resultados encontrados nesta pesquisa.

- O fluido de arrefecimento possui um comportamento de fluido Newtoniano, o que permite uma análise experimental sem maiores complicações.
- Observou-se que a concentração do fluido de arrefecimento com maior viscosidade nas três temperaturas 30°C, 40°C e 50°C foi o fluido com concentração de 100% e a que obteve a menor viscosidade foi a concentração de 40%. À medida que a temperatura aumentava a viscosidade diminuía. Os resultados mostram um ótimo desvio padrão nas análises realizadas.
- O ensaio de pH verifica e controla a função do pH no fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol, não permitindo que se torne alcalina ou ácida demais. O valor para o pH nas concentrações de 40%, 50% e 60% está entre 7,5 e 11,5 de acordo com a norma ABNT NBR 7353. Uma não conformidade neste item significa que o produto pode não ser eficaz na proteção contra a corrosão. Ainda segundo essa norma os aditivos e soluções arrefecedoras Tipos A, ou seja, que contenham etilenoglicol na sua composição, só irão apresentar valores de pH na faixa de 7,5 e 11,5 se estiverem em solução na concentração a partir de 33%.
- O fluido de arrefecimento possui boa estabilidade térmica, conforme resultado da termogravimetria obtida na análise de TGA para a concentração de 100%. O que possibilita aplicação em temperaturas até 120°C.

- A análise utilizando o método com o equipamento Karl Fischer verifica que o fluido de arrefecimento a base de etilenoglicol, mostra um percentual de umidade em torno de 4,94%, esse valor está dentro dos padrões estabelecidos na norma ABNT NBR 5758 que é de no máximo 5%.

5. REFERÊNCIAS

- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 5758, 2010, "Líquidos e sólidos orgânicos e inorgânicos - Determinação do teor de água - Método geral por reagente Karl Fischer". Rio de Janeiro, Brasil.
- ABNT, Associação Brasileira de Normas Técnicas, NBR 7353, 1989, "Soluções aquosas - Determinação do pH com eletrodos de vidro". Rio de Janeiro, Brasil.
- Amanda, 2011, "Quimicamente falando". Disponível em: <<http://amanda-quimicamente falando.blogspot.com.br/2011/09/tabela-de-ph-e-como-funciona.html>>. Acesso em: 10 abril de 2016.
- Bizarrias, Weber Melo, 2008, "Efeitos da pressão do sistema de arrefecimento e da concentração de etilenoglicol sobre as características de cavitação de uma bomba d'água automotiva". 136 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Calin, Thiago, 2008, "Desenvolvimento e aplicação de juntas em EPDM auto lubrificadas para radiadores de resfriamento, em tecnologia mecânica, para veículos de passeio". 111 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Automotiva). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, São Paulo.
- Çengel, Y. A., 2007, "Heat and Mass Transfer: A Practical Approach". Ed. McGraw-Hill, 3rd edition, New York, United States.
- Heinz, H., 1995, "Advanced engine-technology". London, UK, p. 719 – 22.
- Machado, M. E. S., 2008, "Análise térmica diferencial e termogravimétrica". 21 f.
- Mota, Rui Carlos Sousa, Mendes, José Ubiragi Lima, 2010, "Análise de viabilidade técnica de utilização da fibra de bananeira com resina sintética em compósitos". 10 f, Anais do VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica, Campina Grande, Paraíba, Brasil.
- Nomoto, E. A. 2006, "Powertrain efficiency domain". 188 f. Valeo Térmico Motor Ltda. Apresentação comercial, Itatiba.
- Rodrigues, Jucélia Maria Emerenciano, 2005, "Preparação de poliuretana à base de óleo de mamona". 142 f. Tese (Doutorado em Engenharia Química). Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal.
- Science Info World, 2012, "Karl Fischer titration". Disponível em: <<http://scienceinfoworld.blogspot.com.br/2012/11/karl-fischer-titration.html>>. Acesso em: 11 de abril de 2016.

6. DIREITOS AUTORAIS

ANALYSIS OF PHYSICO-CHEMICAL PROPERTIES OF COOLING FLUID AUTOMOTIVE ETHYLENE GLYCOL BASE

Rony Oliveira de Sant'ana, rony_oliveirasantana@hotmail.com¹

Cleiton Rubens Formiga Barbosa, cleiton@ufrnet.br¹

Pedro Samuel Gomes Medeiros, falecom-pedro@hotmail.com¹

Fábio Augusto da Silva Oliveira, fabioaugusto_2006@yahoo.com.br¹

Rafael Lucas da Costa Carrilho, rafaelcarrilho1206@hotmail.com¹

Felipe Diego Dantas da Silva, diego_epilef@hotmail.com¹

¹Universidade Federal do Rio Grande do Norte (UFRN) – Campus Universitário Lagoa Nova, Natal - RN

Abstract. The automotive cooling system is used to maintain the optimum temperature for the engine to operate and to prevent overheating. This system makes use of heat transfer fluid, also known as coolant, and a heat exchanger, the radiator. Cooling fluids are typically composed of a solution of water and an additive, in addition to corrosion inhibitors and dyes. Ethylene glycol is a widely used type of alcohol as an additive to be fully soluble, with low or no corrosive and chemically stable activity and reduce the vapor pressure of water. The reduction of the solution vapor pressure ensures higher boiling point (ebulioscopia) and reducing the water freezing point (freezing point), allowing greater efficiency of thermal fluid exchange at higher temperatures without phase shift, or, enhances the heat transfer. The addition of ethylene causes a reduction of vapor pressure of water which avoids the cavitation process. In this study, temperature dependent properties, more specifically, the dynamic viscosity was analyzed for the temperature distributions of 30 °C, 40 °C and 50 °C with cooling fluid concentrations of 40%, 50 %, 60% and 100%. This work also develop analyzes of the physico-chemical properties such as pH, moisture (water content present in the coolant) and the weight loss by thermogravimetry.

Keywords: ethylene glycol, automotive cooling, thermal properties, physico-chemical properties.