

ANÁLISE DO ADITIVO ETILENOGLICOL EM FLUIDO DE ARREFECIMENTO DE RADIADORES AUTOMOTIVOS

ANALYSIS OF ETHYLENE GLYCOL ADDITIVE IN COOLING FLUID OF AUTOMOTIVE RADIATORS

EDUARDA FREITAS DIOGO **JANUÁRIO**^{1*}, FELIPE HIDALGO **BATISTA**², KIM MARTINELI SOUZA **GONÇALVES**³

1. Engenheira Química pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos, Mestranda em Engenharia Química pela Universidade Estadual de Maringá; 2. Engenheiro Mecânico pelo Centro Universitário da Fundação Educacional de Barretos; 3. Mestre em Engenharia Mecânica pela Escola de Engenharia de São Carlos.

* Avenida Colombo, 5790, Bloco E46, Sala 09, Jardim Universitário, Maringá, Paraná, Brasil. CEP: 87020-900. eduardafjanuario@gmail.com

Recebido em 05/05/2019. Aceito para publicação em 24/06/2019

RESUMO

O sistema de arrefecimento é um componente fundamental para o funcionamento eficiente do motor. Normalmente, é fabricado em alumínio, por ser um material leve, barato e possuir uma boa condutividade térmica. Porém, quando não alimentado com o aditivo correto e água desmineralizada, tem-se problemas em todo o sistema, desde a bomba d'água até no bloco do motor. Diversas máquinas da indústria sucroalcooleira apresentam problemas de superaquecimento e corrosão. Principalmente as colhedoras com 150 ocorrências em carcaça, bomba d'água e radiadores. Assim, fez-se uma comparação entre três aditivos de radiadores a fim de definir o melhor custo-benefício. O custo de manutenção deste setor representa R\$ 286.182,16, sendo possível, com a utilização do aditivo C, obter uma economia de R\$ 103.067,09 no próximo ano safra. Com 273 equipamentos contendo radiadores, serão necessários 6.975,95 litros de aditivo para perfazer todo o sistema de arrefecimento dos motores. Para um maior controle da pureza do aditivo, um lacre adesivo na tampa do reservatório indicará se o compartimento foi violado ou não. O aditivo com maior benefício aos equipamentos possui em sua composição etilenoglicol, a fim de aumentar ponto de ebulição do fluido e, conseqüentemente, melhorar a eficiência dos motores.

PALAVRAS-CHAVE: Água desmineralizada, refratômetro, sistema de arrefecimento.

ABSTRACT

The cooling system is a fundamental component for an efficient operation of the engine. Usually, it is made of aluminum, as it is a lightweight, inexpensive material and has good thermal conductivity. However, when not used the correct additive in that system, cooling problems are faced, from the water pump to the engine block. Because of this, the sugar- alcohol industry's machines, particularly those that use radiators for cooling internal combustion engines, present issues as overheating and corrosion. In this study, the harvesters here considered had 150 problems at the housing, water pump and/or radiator. The main objective of this work was to compare three additives for the cooling system and define the best one, according to the cost-benefit ratio. The amount of maintenance cost of a specific sugar-alcohol industry in a particular crop year was R\$ 286,182.16. If the

additive C is used, it will be possible save R\$ 103,067,09 in the next crop year. For 273 units of those engines, 6,975.95 litres of additive are needed to fill up all the cooling systems. For a greater control of additive purity, an adhesive seal on the filler cap indicates whether the liquid has been tampered or not. The best additive for the engines considering its benefits, seemed to be the ethylene glycol based on due to the increase of the boiling point of the fluid, improving the efficiency of the engines.

KEYWORDS: Ethylene glycol, radiator, cooling system.

1. INTRODUÇÃO

Nos dias atuais, a constante preocupação das empresas em proporcionar aos seus consumidores produtos com alta qualidade levou as mesmas a adotarem medidas que permitissem a redução da oxidação durante o processamento e armazenagem dos produtos. A maioria dos motores de combustão interna possuem radiadores, tendo como função principal o arrefecimento. Estes motores são compostos por diversos canais estreitos com formato de tubos ou colmeias, onde o fluido percorre e troca calor com o ambiente. Um ventilador auxilia no processo, força o ar ambiente contra os canais, retirando calor do fluido para que sua temperatura final seja inferior que a de entrada. Uma bomba d'água mantém constante o fluxo dentro do sistema fechado e mangueiras de conexão liga todo o processo¹.

Segundo Ferreira (2015)², o sistema de arrefecimento é responsável por manter o motor do carro a uma temperatura próxima de 90 °C, que é ideal para o seu funcionamento, melhorando assim sua eficiência e evitando superaquecimento das peças internas. Em dias frios, o termostato bloqueia a saída do radiador, aquecendo o motor até a temperatura ideal de trabalho³.

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. 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 mecânicos⁴. Além da otimização da durabilidade e confiabilidade, o sistema de arrefecimento é capaz de resfriar esse fluido, assim o motor se torna mais eficiente, tornando possível reduzir custos com a manutenção do radiador, com isso a engenharia automotiva busca soluções com desempenhos cada vez melhores¹.

Dentro do escopo da manutenção automotiva, a conservação das peças e aplicação de produtos recomendados geram uma economia que condizem com o investimento proposto. Se não houver uma manutenção eficiente, além de deteriorar o bem material, a empresa gera um prejuízo decorrente do equipamento danificado, não atendendo a demanda mínima da empresa. Resultando ainda a ocorrência de acidentes, sendo a falta de manutenção, responsável por 30% dos acidentes de trânsito⁵.

A utilização de aditivos para aumentar o ponto de ebulição também evita a cavitação e corrosão. É necessário a utilização de água desmineralizada nos reservatórios, entretanto utilizam água da torneira e/ou potável, que por serem ricas em sais minerais e cloro, danificam as peças metálicas dos radiadores^{6,7}.

Muitos aditivos possuem em sua composição etilenoglicol (etano-1,2-diol), por ser não volátil, higroscópico, incolor e praticamente sem odor. É um composto químico amplamente utilizado como anticongelante automotivo por aumentar a temperatura de ebulição e diminuir a temperatura de congelamento^{8,9}. É solúvel em qualquer quantidade de água conforme a tabela a seguir:

Tabela 1. Propriedades físico-químicas do etilenoglicol.

Propriedades	Etilenoglicol
Fórmula	C ₂ H ₆ O ₂
Massa molecular	62 kg/kmol
Ponto de ebulição	197°C
Ponto de fusão	-13,4°C
Calor específico a 25°C	2,428 kJ/kg.K
Densidade	1,11 g/cm ³
Viscosidade dinâmica a 25°C	16,9 cp
Solubilidade em água	Infinita

Fonte: CETESB, 2017.¹⁰

Quando não alimentado o sistema de arrefecimento com o aditivo correto, tem-se problemas em todo o sistema, desde a bomba d'água até no bloco do motor. Água potável possui um ponto de ebulição de 100°C, fazendo com que boa parte dessa água saia pela válvula da tampa do reservatório. Além de diminuir o nível da água, podendo ocorrer a cavitação, a formação de bolhas de vapor, que danifica a bomba d'água. Água potável, contendo sais minerais e cloro é altamente corrosiva, causando danos no radiador e no próprio bloco do motor, onde passam as galerias de resfriamento, em casos mais críticos causando danos irreparáveis nos blocos¹¹.

Diversas máquinas da indústria sucroalcooleira

apresentam problemas de superaquecimento e corrosão, sendo necessário um estudo do caso. Levando em consideração esta informação, o presente trabalho visa avaliar radiadores que fazem utilização de aditivos com o etilenoglicol e anticorrosivos, analisar possíveis problemas relacionados ao superaquecimento do radiador e a melhora do desempenho dos motores.

2. MATERIAL E MÉTODOS

O processo de arrefecimento utiliza um fluido para controlar a temperatura ideal de trabalho do motor. Normalmente, utiliza-se somente água, ocasionando problemas como corrosão e cavitação.

Outra opção a ser utilizada seria um aditivo composto por:

- Água desmineralizada, livre de sais minerais e cloro, que não corroem as partes metálicas do motor;
- Etilenoglicol que aumenta a temperatura de ebulição da água, evitando a vaporização da mistura;
- Nanofluidos, partículas de escala nanométricas, que aumentam a condutividade térmica e viscosidade;
- Anticorrosivos que reforçam a proteção das partes metálicas.

A utilização de um aditivo é fundamental para uma preservação e eficiência do sistema de arrefecimento. A maioria dos motores operam na faixa de 115°C a 135°C, portanto a utilização de água pura que evapora a 100°C não é apropriada¹².

O ideal é que um aditivo para radiadores possua em sua formulação:

- Anticorrosivos, para evitar que ocorra corrosão;
- Tensoativos, também conhecidos como antiespumantes, para evitar a formação de depósitos e espumas;
- Corantes, para pigmentar a mistura.

A opção utilizada foi um aditivo pronto para uso a base de etilenoglicol, a fim de elevar o ponto de ebulição, evitar problemas com corrosão e intensificando a troca térmica, melhorando a eficiência do sistema. É um produto mais caro que o utilizado atualmente, tornando a avaliação periódica indispensável.

Para um melhor controle e assertividade nos testes do refratômetro, um lacre adesivo na tampa do reservatório indicará se o compartimento foi violado ou não. Se aberto, aponta que possivelmente foi adicionado água, alterando as propriedades do aditivo, então a densidade da mistura será verificada pelo refratômetro, como exemplificado na Figura 1.

Conhecendo a densidade do etilenoglicol, de acordo com a Tabela 1, é possível utilizar o refratômetro como instrumento de medição. Logo, a Figura 1 demonstra que se o operador precisou adicionar água pura para chegar até o seu destino, o lacre será rompido e a densidade do aditivo será verificada pelo o refratômetro, que evidenciará a necessidade de drenagem do fluido.

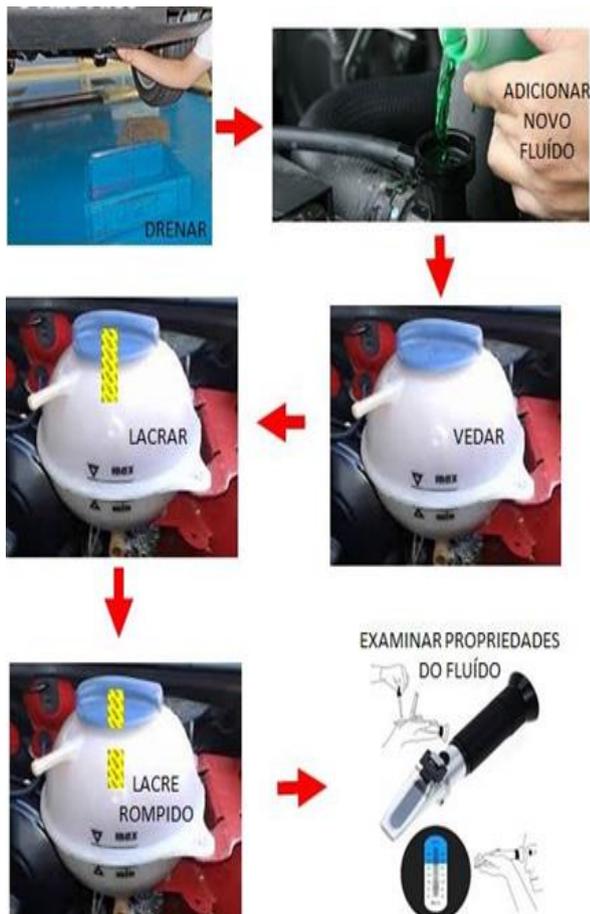


Figura 1. Fluxograma da substituição. Fonte: Autores, 2017.

A Figura 2, apresentada a seguir, demonstra que foram especificados 273 equipamentos que contém radiadores para a troca do fluido de arrefecimento, com o intuito de melhorar a eficiência dos motores.

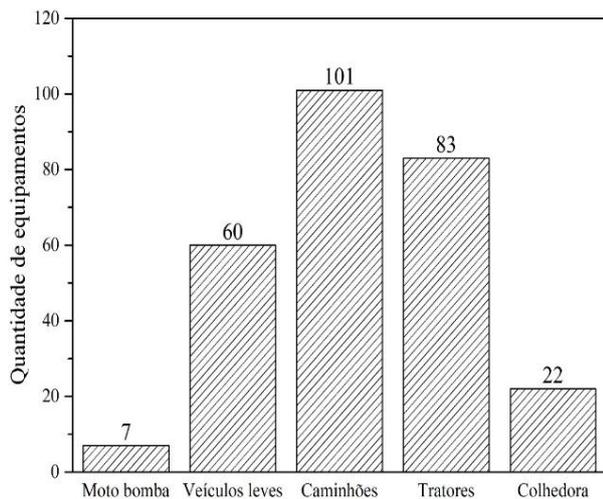


Figura 2. Equipamentos da frota. Fonte: Autores, 2017.

As peças que mais influenciam o gasto com manutenção no sistema de arrefecimento são: carcaças, bomba d’água e radiadores. Sendo necessários alguns reparos serem feitos com terceiros por falta de recurso. A Tabela 2 mostra a utilização dessas peças por classe mecânica.

Tabela 2. Quantidade de peças trocadas.

Classe Mecânica	Carcaça	Bomba d’água	Radiador Interno	Radiador Terceiro
Moto bomba	-	-	1	5
Veículos leves	-	17	8	36
Caminhões	20	16	10	72
Trator	-	16	22	49
Colhedora	13	17	27	93

Fonte: Autores, 2017.

A substituição do fluido em todos os equipamentos da usina ocorrerá progressivamente para não impactar a distribuição de tempo dos colaboradores, seguindo um planejamento organizado conforme a Figura 3, abaixo.

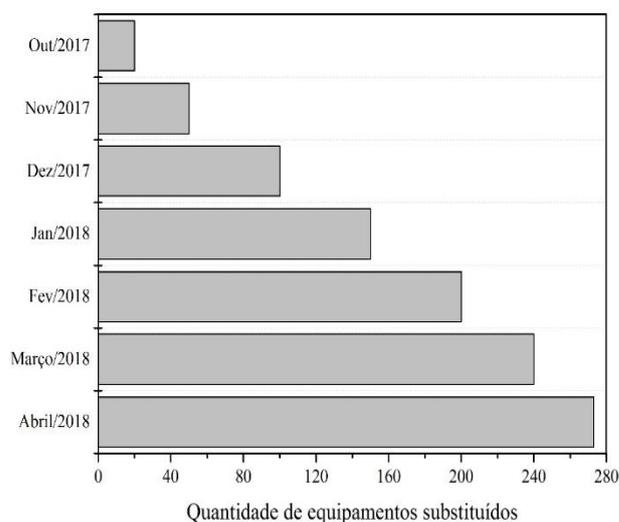


Figura 3. Cronograma de troca do fluido. Fonte: Autores, 2017.

A entressafra é caracterizada pela reforma e manutenção dos equipamentos. Tornando conveniente a substituição do fluido nesse período. E tornando possível que os equipamentos estejam rodando com o aditivo mais eficiente para safra 2018/2019.

3. RESULTADOS

Gerando um investimento inicial de R\$ 41.297,62 a substituição do fluido de arrefecimento pretende gerar uma economia de aproximadamente R\$ 100.000,00 por ano safra.

Com base nos gastos com radiadores, bomba d’água e carcaça, que no ano safra (Abril/2016 – Março/2017) totalizaram R\$ 192.486,30, e estimando que 25% dos gastos continuem por erro operacional (por exemplo, quebra de máquinas, vazamento do aditivo, acidentes) obteve-se uma economia de R\$ 103.067,09 no próximo ano safra, devido a eficiência do fluido responsável pela troca de calor com o ar ambiente, resultando em um menor desgaste das peças estudadas.

O custo com peças e mão de obra do sistema de arrefecimento, conforme tabela 3 justifica o investimento necessário para a substituição do aditivo.

Tabela 3. Custos com peças e mão de obra.

	Abril/16 – Março/17	Abril/17 – Setembro/17	Total
Radiador Terceiro	R\$ 88.416,50	R\$ 42.276,00	R\$ 130.692,50
Radiador Interno	R\$ 44.900,67	R\$ 5.732,15	R\$ 50.632,82
Bomba d'água	R\$ 49.095,17	R\$ 28.022,61	R\$ 77.117,78
Carcaça	R\$ 10.073,96	R\$ 17.665,10	R\$ 27.739,06
	R\$ 192.486,30	R\$ 93.695,86	R\$ 286.182,16

Fonte: Autores, 2017.

Dentre os equipamentos, a colhedora é a que apresenta a maior quantidade de ocorrências no sistema de arrefecimento, como mostrado na Figura 4.

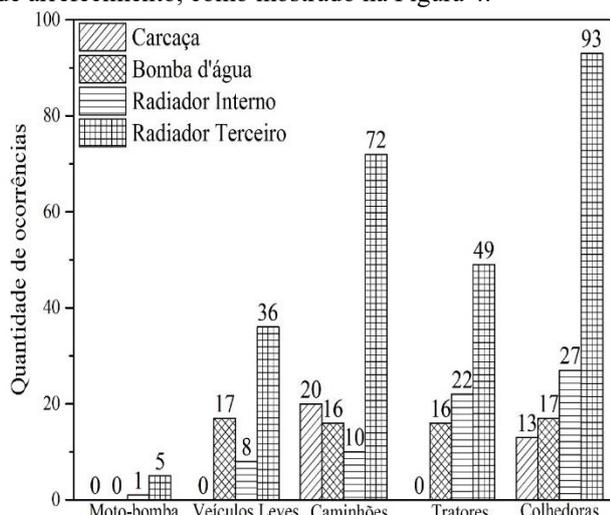


Figura 4. Reparos por classe mecânica. Fonte: Autores, 2017.

4. DISCUSSÃO

O clima severo contribui para o desgaste das peças do sistema de arrefecimento, somado com sua utilização quase interrompida durante a safra.

Como é possível ver na tabela 4, o aditivo C é o que apresenta as melhores características em comparação aos outros dois aditivos. Perdendo apenas em tempo de substituição.

		G	R	C
pH		7,8 – 9,0	8,5	8,5
Reserva alcalina	mL	7	10	10
Água	%	47,0 – 49,0	40	50
Ponto de ebulição	°C	129	120	125
Custo	R\$/L	24,49	3,7	5,92
Anticorrosivo	% em peso	3,0 – 6,0		3,0 – 6,0
Substituição do produto (O que vier primeiro)	Anos	6	1	2
	Km			30.000
	Horas	6.000		2.000
Etilenoglicol	% em peso	45,0 – 51,0	0	50,0

Tabela 4. Comparativo entre aditivos do sistema de arrefecimento. Fonte: Ficha Técnica dos produtos G, R e C.

Os resultados apresentados acima indicam que além de surgirem alguns tipos de manutenções que involuntariamente drenam o sistema de arrefecimento, o custo de C multiplicado por três, (tempo de substituição

de G é 3 vezes maior em comparação ao C) não chega no custo de G. Tornando assim o C a melhor opção.

5. CONCLUSÃO

O desenvolvimento do presente estudo, possibilitou uma análise da utilização de anticorrosivos e etilenoglicol no fluido de arrefecimento, proporcionando a conservação das partes metálicas e o aumento do ponto de ebulição para intensificar a troca térmica, respectivamente. A partir dos resultados obtidos e a compreensão do funcionamento dos componentes do sistema de arrefecimento, concluiu-se que a substituição do aditivo de arrefecimento do motor apresenta características favoráveis em relação aos custos de manutenção de uma usina, podendo gerar uma economia de R\$ 100.000,00 por ano safra. Logo, com a utilização do aditivo à base de etilenoglicol, o custo de manutenção das peças danificadas será reduzido.

Algumas recomendações para trabalhos futuros podem ser feitas, conforme a seguir:

- Realizar um experimento de corrosão com água potável e desmineralizada;
- Acompanhar o custo da manutenção das peças após a troca do fluido;
- Analisar o comportamento do radiador com diferentes fluidos de arrefecimento.

REFERÊNCIAS

- [1] Callin T. Desenvolvimento e aplicação de juntas em EPDM auto-lubrificadas para radiadores de resfriamento, em tecnologia mecânica, para veículos de passeio. Dissertação (Mestrado). Universidade de São Paulo. São Paulo, São Paulo, 2008
- [2] Ferreira M. Autoajuda: Sistema de Arrefecimento. Disponível em: <<http://revistaautoesporte.globo.com/Servico/autoajuda/noticia/2015/05/autoajuda-sistema-de-arrefecimento.html>> Acesso em: 21 Setembro 2017.
- [3] O que é um radiador automotivo? Disponível em: <<https://www.industriahoje.com.br/radiador-automotivo>> Acesso em: 21 Setembro 2017.
- [4] Barbosa C. Um sistema de refrigeração baseado em Water Coolers e Peltier para o gerenciamento da temperatura para computadores desktop. Acta Kariri Pesquisa e Desenvolvimento. Crato/CE, 2016;1(1):88-94.
- [5] Pereira FR, Dos Santos LPC, Falandes TG. Painel de Monitoramento e Detecção de Falhas Automotivas. Revista Saber & Ciência, 2011;1(2):45-50.
- [6] Merçon F, Guimarães PIC, Mainier FB. Sistemas experimentais para o estudo da corrosão em metais. Química Nova na Escola, 2011;33(1):57-60.
- [7] Instituto Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – INMETRO. Programa de análise de produtos: Relatório sobre análise em aditivos para radiadores. Rio de Janeiro, 2007.
- [8] Probst LFD. Formação de micelas de cloreto de laurilcarnitina em soluções aquosas de etilenoglicol. Dissertação (mestrado). Universidade Federal de Santa Catarina. Santa Catarina, 1982.
- [9] Sant'ana R. O. Análise da transferência de calor de fluidos térmicos aditivado com etilenoglicol e polímeros.

- Dissertação (Tese de mestrado). Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal, Rio Grande do Norte, 2016.
- [10] CETESB - Companhia Ambiental do Estado de São Paulo. Ficha de Informação de Produto Químico: Etilenoglicol. São Paulo. Governo do Estado de São Paulo, Secretaria do Meio Ambiente. 2017.
- [11] Ferreira M. Autoajuda: Sistema de Arrefecimento. Disponível em: <<http://revistaautoesporte.globo.com/Servico/autoajuda/noticia/2015/05/autoajuda-sistema-de-arrefecimento.html>> Acesso em: 21 Setembro 2017.
- [12] Entenda a dinâmica dos anticongelantes, líquidos de arrefecimento e aditivos. Disponível em: <<http://www.professoresdeplanta.com.br/blog/post/84/entenda-a-dinamica-dos-anticongelantes-liquidos-de-arrefecimento-e-aditivos>> Acesso em: 3 Setembro 2017.