

INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE  
MINAS GERAIS - *CAMPUS* BETIM  
BACHARELADO EM ENGENHARIA MECÂNICA

Marconi de Souza Schiara

**TESTE DE CORROSÃO POR ADITIVOS DE ARREFECIMENTO EM  
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**

Betim  
2023

MARCONI DE SOUZA SCHIARA

**TESTE DE CORROSÃO POR ADITIVOS DE ARREFECIMENTO EM  
MOTORES DE COMBUSTÃO INTERNA**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado à banca examinadora do curso de Engenharia Mecânica do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais *Campus* Betim, como parte dos requisitos para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

**Orientador:** Prof. Me. Bruno de Souza Baptista

Betim  
2023

## FICHA CATALOGRÁFICA

S329t Schiara, Marconi de Souza  
Teste de corrosão por aditivos de arrefecimento em motores de combustão Interna / Marconi de Souza Schiara. – 2023.

34 f. : il.

Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) - Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais, Câmpus Betim, 2023.

Orientador: prof. Me. Bruno de Souza Baptista

1. Motores de combustão interna. 2. Corrosão. 3. Arrefecimento. 4. Engenharia mecânica. I. Schiara, Marconi de Souza. II. Título.

CDU: 621.43



**MINISTÉRIO DA EDUCAÇÃO**  
**SECRETARIA DE EDUCAÇÃO PROFISSIONAL E TECNOLÓGICA**  
**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DE MINAS GERAIS**  
**Campus Betim**  
**Diretoria de Ensino**  
**Docentes Mecânica**  
Rua Itamarati - CEP 32677-564 - Betim - MG  
3135976360 - www.ifmg.edu.br

## **ATA DE DEFESA DO TCC**

Ao 1o dia do mês de **novembro** do ano de **2023**, às **19:00** horas, sob a presidência de Bruno de Souza Baptista, o discente Marconi de Souza Schiara do Curso de **Engenharia Mecânica**, R.A nº **0024695** do IFMG – Campus Betim, defendeu o Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) intitulado “**Teste de Corrosão por Aditivos de Arrefecimento em Motores de Combustão Interna**” e foi **APROVADO** com a nota **90**, que está condicionada ao cumprimento dos procedimentos pós-defesa do TCC.

Caso seja aprovado, deverá apresentar o trabalho com as devidas modificações em formato pdf, em **01/12/2023** (20 dias corridos após a data da defesa) à Coordenação de TCC. O não cumprimento dos procedimentos pós-defesa de TCC até a data estipulada, implica em atribuição de nota ZERO e consequente **REPROVAÇÃO**.

Alterações sugeridas pela banca examinadora e outras observações pertinentes à defesa foram entregues ao discente no dia da defesa.

Betim, 14 de dezembro de 2023.



Documento assinado eletronicamente por **Bruno de Souza Baptista, Professor**, em 14/12/2023, às 14:40, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Felipe Augusto Rocha da Silva, Professor Visitante**, em 15/12/2023, às 08:24, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



Documento assinado eletronicamente por **Evanilton Jose Alves Barbosa, Professor**, em 18/12/2023, às 22:06, conforme Decreto nº 10.543, de 13 de novembro de 2020.



A autenticidade do documento pode ser conferida no site <https://sei.ifmg.edu.br/consultadocs> informando o código verificador **1773172** e o código CRC **C97AD75C**.

23792.001754/2023-16

1773172v1

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço primeiramente a Deus por ter me permitido chegar até aqui. Aos meus pais Alfredo e Odete por serem cada um à sua maneira a fundamentação do que sou hoje, obrigado por tudo! À Letícia Fernandes e toda sua família, de algum modo vocês me fazem sentir mais próximo de Deus. Agradeço também às pessoas que me inspiraram nos estudos: Cleberson, Natália e meu irmão Leandro, vocês certamente merecem todo o sucesso do mundo. Meu muito obrigado ao professor Bruno Baptista pela enorme paciência e a todos e todas que fazem o IFMG Betim acontecer, especialmente à pessoa responsável pela Coordenação de Estágio, sua dedicação e comprometimento com o trabalho me inspiram.

## RESUMO

Este trabalho buscou analisar comparativamente se um fluido de arrefecimento para motores de combustão interna poderia acelerar processos corrosivos em componentes do sistema de arrefecimento. O ensaio baseou-se em um dos testes de corrosão presentes na norma ABNT NBR 13705:2016 que trata de classificação e requisitos necessários para os aditivos comercializados no Brasil. O método consiste basicamente na confecção e preparação de corpos de prova, desenvolvimento de uma bancada de testes capaz de controlar a temperatura da água e garantir o fluxo contínuo da solução de arrefecimento através das peças sob ensaio, posterior limpeza das amostras e criação de uma tabela para analisar se e em qual intensidade ocorre a perda de massa. Foram utilizados três tipos diferentes de fluidos, sendo um considerado original, o outro de reposição (que se tratava do produto alvo da análise) e o terceiro água de torneira. Dos 06 corpos de prova ensaiados somente um não apresentou comportamento previsto, os demais, nos três tipos de fluidos apresentaram perda de massa relativamente similar, o que fez com que a hipótese de que o aditivo de reposição acelerasse o processo de corrosão fosse a princípio descartada.

**Palavras-chave:** Corrosão; Aditivo; Arrefecimento; Motor; Ensaio.

## **ABSTRACT**

This work sought to comparatively analyze whether a coolant for internal combustion engines could accelerate corrosive processes in components of the cooling system. The test was based on one of the corrosion tests present in the ABNT NBR 13705:2016 standard, which deals with the classification and necessary requirements for additives sold in Brazil. The method basically consists of making and preparing test specimens, developing a test bench capable of controlling the water temperature and ensuring the continuous flow of the cooling solution through the test pieces, subsequent cleaning of the samples and creation of a table to analyze if and at what intensity the mass loss occurs. Three different types of fluids were used, one being considered original, the other replacement (which was the target product of the analysis) and the third tap water. Of the 06 test specimens tested, only one did not show expected behavior, the others, in the three types of fluids, showed relatively similar mass loss, which made the hypothesis that the replacement additive accelerated the corrosion process to be discarded at first.

**Keywords:** Corrosion; Additive; Cooling; Engine; Test.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Rendimento térmico do ciclo Otto em função da relação de compressão. . . . .	11
Figura 2 – Sistema de arrefecimento motor. . . . .	12
Figura 3 – Corrosão na lateral do cabeçote utilizando água pura como fluido de arrefecimento. . . . .	14
Figura 4 – Corrosão em cabeçote que utilizava líquido de arrefecimento suspeito. . . . .	14
Figura 5 – Passagem de líquido de arrefecimento para câmara de combustão (direita, em vermelho) e mancha de coloração característica de uso de aditivo (esquerda, em amarelo). . . . .	14
Figura 6 – Materiais utilizados na fabricação de um automóvel em 2018 no mercado Norte Americano. . . . .	16
Figura 7 – Distribuição alumínio em um automóvel e projeção futura. . . . .	17
Figura 8 – Comparação entre uma liga de alumínio 99,5% com ligas aplicadas na indústria automobilística . . . . .	18
Figura 9 – Bomba d’água utilizada na bancada de testes. . . . .	19
Figura 10 – Controlador de temperatura. . . . .	20
Figura 11 – Resistência de aquecimento. . . . .	20
Figura 12 – Construção da bancada de testes. . . . .	21
Figura 13 – Bancada de testes em operação. . . . .	21
Figura 14 – Cabeçote de motor VW EA111 1.0 litro com pontos de corrosão. . . . .	22
Figura 15 – Equipamentos para limpeza dos corpos de prova. . . . .	22
Figura 16 – Verificação de massa dos corpos de prova. . . . .	23
Figura 17 – Corpo de prova antes de ensaio para referência visual. . . . .	25
Figura 18 – Corpo de prova após o ensaio utilizando aditivo A. . . . .	26
Figura 19 – Corpo de prova após o ensaio utilizando aditivo B. . . . .	26
Figura 20 – Corpo de prova após o ensaio utilizando água de torneira. . . . .	27

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 – Comparação massa sem limpeza. . . . .	28
Tabela 2 – Comparação massa após limpeza . . . . .	29

## **LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS**

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
IFMG	Instituto Federal de Minas
NBR	Normas Técnicas Brasileiras
TCC	Trabalho de Conclusão de Curso
PIB	Produto Interno Bruto
ECU	Unidade de Controle Eletrônico
PWM	Modulação Por Largura de Pulso
OAT	Tecnologia de Ácidos Orgânicos
ASTM	Sociedade Americana de Testes e Materiais
PVC	Policloreto de Vinila

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO . . . . .</b>	<b>11</b>
<b>1.1</b>	<b>Justificativa . . . . .</b>	<b>13</b>
<b>1.2</b>	<b>Colocação do problema . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>1.3</b>	<b>Objetivos . . . . .</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA . . . . .</b>	<b>16</b>
<b>2.1</b>	<b>Caracterização da corrosão nos componentes automotivos . . . . .</b>	<b>17</b>
<b>2.2</b>	<b>Aditivos do sistema de arrefecimento automotivo . . . . .</b>	<b>18</b>
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA . . . . .</b>	<b>19</b>
<b>3.1</b>	<b>Projeto e construção da cuba de ensaios. . . . .</b>	<b>19</b>
<b>3.2</b>	<b>Aquisição e preparação dos corpos de prova. . . . .</b>	<b>21</b>
<b>3.3</b>	<b>Desenvolvimento de tabela comparativa entre amostras. . . . .</b>	<b>23</b>
<b>3.4</b>	<b>Execução e coleta de dados dos testes. . . . .</b>	<b>24</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>4.1</b>	<b>Análise visual . . . . .</b>	<b>25</b>
<b>4.2</b>	<b>Apresentação tabelas de resultados . . . . .</b>	<b>27</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE FUTUROS TRABALHOS . . . . .</b>	<b>30</b>
	<b>REFERÊNCIAS . . . . .</b>	<b>31</b>
	<b>ANEXO A – RECOMENDAÇÕES FCA SOBRE APLICAÇÃO DE ADITIVO . . .</b>	<b>33</b>
	<b>ANEXO B – RISCO FORMAÇÃO DE CRISTAIS E CALCÁRIOS POR APLICAÇÃO INCORRETA . . . . .</b>	<b>34</b>

## 1 INTRODUÇÃO

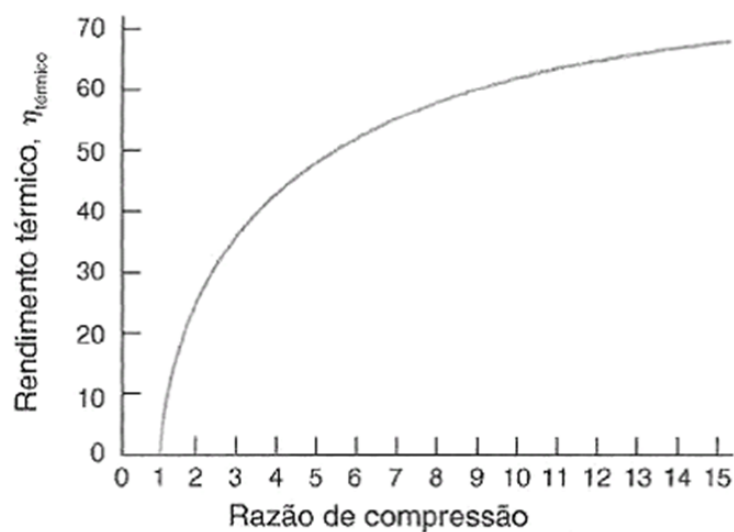
A corrosão é a responsável pela degradação dos materiais, sendo mais conhecida nos materiais metálicos. Ela pode ocorrer nas mais variadas estruturas e de diferentes formas, incorrendo em custos com reposição de peças, risco de acidentes, paradas de produção, derramamento de fluidos no meio ambiente, contaminação de produtos, danos em próteses odontológicas e ortopédicas, dentre outros.

De acordo com (GENTIL, 2018) os custos gerados pela corrosão correspondem aproximadamente a 3,5% do PIB anual, o que em 2019 representou para o Brasil um montante em torno de R\$255 bilhões de reais. O livro Ciência e engenharia de materiais (CALLISTER; RETHWISCH, 2012) afirma que em metais existe uma efetiva perda de material quer por dissolução (corrosão) quer pela formação de carepa ou filme não metálico (oxidação).

A evolução dos motores de combustão interna é marcada pelo desenvolvimento de novas ligas metálicas, melhoria dos combustíveis, redução de massa e aumento de desempenho aliado à eficiência energética. Tais características têm elevado continuamente a solicitação dos fluidos como óleo lubrificante e aditivos para o sistema de arrefecimento.

Em Fundamentos da Termodinâmica Clássica (WYLEN; SONNTAG; BORGNAKKE, 1994) o rendimento térmico de um motor ciclo-padrão Otto se deve apenas em função do aumento da taxa de compressão, conforme verifica-se na Figura 1. Esta relação vem aumentando através dos anos devido ao desenvolvimento de combustíveis com melhores características antidetonantes. De acordo com o manual do proprietário FIAT, temos por exemplo, para os motores 1.4 8V Flex uma taxa de compressão de 12,35:1 já para os motores Etorq 1.6L 16V Flex 10,5:1.

Figura 1 – Rendimento térmico do ciclo Otto em função da relação de compressão.



Fonte: WYLEN; SONNTAG; BORGNAKKE, 1994.

Os sistemas de arrefecimento acompanham a evolução dos motores, sendo indispensável a utilização dos fluidos de arrefecimento adequados para garantir longa vida útil ao motor, alcançar

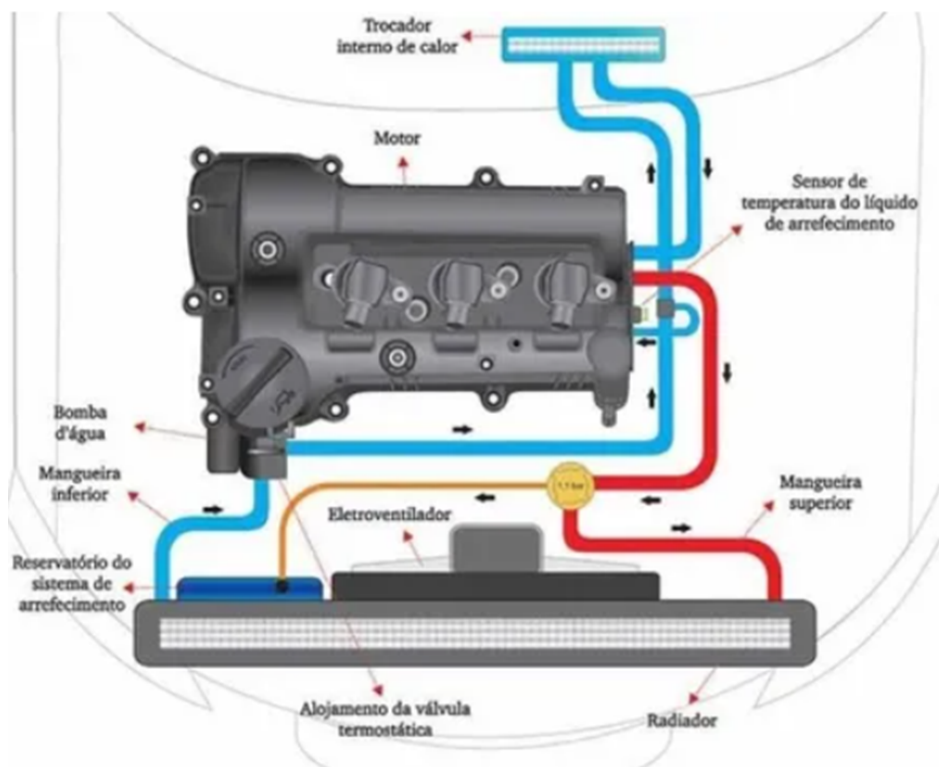
o desempenho projetado e corroborar para o controle de emissões de poluentes, haja vista que motores operando fora da faixa de temperatura correta podem apresentar avarias como: cavitação em bombas de água (SANTANA, 2016), alterações no volume de emissões de gases como CO, HC e NO<sub>x</sub> (CORRADINI; TRIELLI, 2006) e redução de eficiência volumétrica (NEWTON; STEEDS; GARRETT, 1996).

Infelizmente muitos reparadores e alguns consumidores desconhecem tais informações e acabam por realizar alterações indevidas no sistema, como por exemplo a remoção da válvula termostática (muito comum), utilização de água pura, aplicação incorreta do interruptor do eletro-ventilador alterando a faixa temperatura de acionamento do mesmo (usual em veículos mais antigos).

O sistema de arrefecimento de um veículo da década de 90, se comparado com os veículos modernos, sofreu poucas alterações nos fundamentos dos principais itens como eletro-ventilador, válvulas termostáticas e mangueiras, a maior inovação se faz presente na capacidade da central eletrônica do veículo, ECU, em ter um controle mais refinado da operação dos itens mencionados, como abertura e fechamento eletrônico das válvulas, eletro-ventilador com controle PWM e aditivos mais eficientes.

Na figura 2 pode-se verificar os fluxos do líquido e principais componentes do sistema de arrefecimento de um veículo moderno.

Figura 2 – Sistema de arrefecimento motor.



Acerca de todos os fatores supracitados os problemas começam a surgir com a variada gama de produtos para cada motor, montadora ou combustível do veículo. O acesso a informações e especificações técnicas para o consumidor ou oficinas independentes nem sempre é claro e diversas vezes o consumidor possui apenas a norma de referência da montadora. No anexo A pode-se verificar uma recomendação emitida à rede de concessionárias FIAT sobre o risco de erro de aplicação entre aditivos orgânicos ou inorgânicos tendo como consequência a ocorrência de reações químicas que podem permitir a corrosão ou formação de cristais e calcários, conforme verificado no anexo B que trata de recomendações do Grupo SKF para instalações de bomba d'água.

Embora o assunto corrosão seja tratado com afinco nas mais diversas áreas do conhecimento, principalmente onde os riscos de acidentes ou falhas críticas são proeminentes, temos no mercado brasileiro de reposição automotiva uma infinidade de produtos vendidos que não são capazes de atingir a composição química mínima recomendada pela norma ABNT NBR 13705 (ABNT, 2016) “Veículos rodoviários automotores – Aditivos concentrados para arrefecimento de motor endotérmico, tipos A,B e C – Requisitos e métodos de ensaio”.

De acordo com o programa de análise de produtos do Inmetro: “RELATÓRIO SOBRE ANÁLISE EM ADITIVOS PARA RADIADORES” (BORGES *et al.*, 2008) 4 de 16 marcas de produtos não possuem o etilenoglicol em sua composição, componente este normalizado para os aditivos, cujas principais funções são promover tanto o aumento da temperatura de ebulição quanto reduzindo a temperatura de congelamento do fluido (BIZARRIAS, 2008). A partir dos problemas relatados, propõe-se a construção de uma bancada para simular o comportamento dos componentes do sistema de arrefecimento, buscando condições como temperatura nominal de trabalho e fluxo constante do líquido arrefecedor, realizando os testes com diferentes tipos de líquido de arrefecimento.

## 1.1 Justificativa

A corrosão de componentes em contato direto com o líquido de arrefecimento dos motores, mesmo utilizando aditivos protetores na proporção adequada é um assunto recorrente no meio prático, como oficinas mecânicas, centros automotivos e entusiastas da área, porém pouca informação técnica se encontra disponível sobre este tipo de situação.

Os componentes mais afetados pela corrosão são usualmente cabeçote, bombas d'água, selos de bloco e radiadores, conforme figuras 3, 4 e 5. A falha prematura destes componentes em função de aplicação inadequada do líquido protetivo, ou de líquido fora dos padrões técnicos exigidos, impossibilita o uso do veículo por períodos de tempo consideráveis além de acarretar elevados custos de reparo e mesmo situações de risco para os usuários.

Figura 3 – Corrosão na lateral do cabeçote utilizando água pura como fluido de arrefecimento.



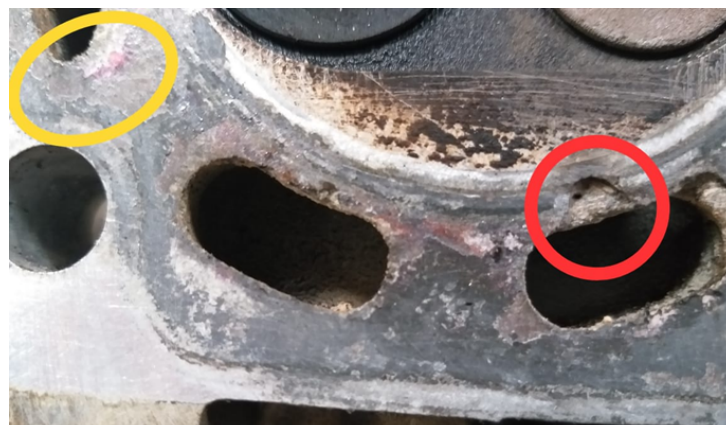
Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 4 – Corrosão em cabeçote que utilizava líquido de arrefecimento suspeito.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Figura 5 – Passagem de líquido de arrefecimento para câmara de combustão (direita, em vermelho) e mancha de coloração característica de uso de aditivo (esquerda, em amarelo).



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

## **1.2 Colocação do problema**

Em face a todos os argumentos, imagens e polêmicas apresentadas que envolvem o assunto, este trabalho busca elucidar uma pequena parte de um conjunto tão complexo de variáveis que se trata a manutenção automotiva, validando ou não a suspeita que determinado fluido de arrefecimento presente no mercado brasileiro pode danificar os componentes em contato.

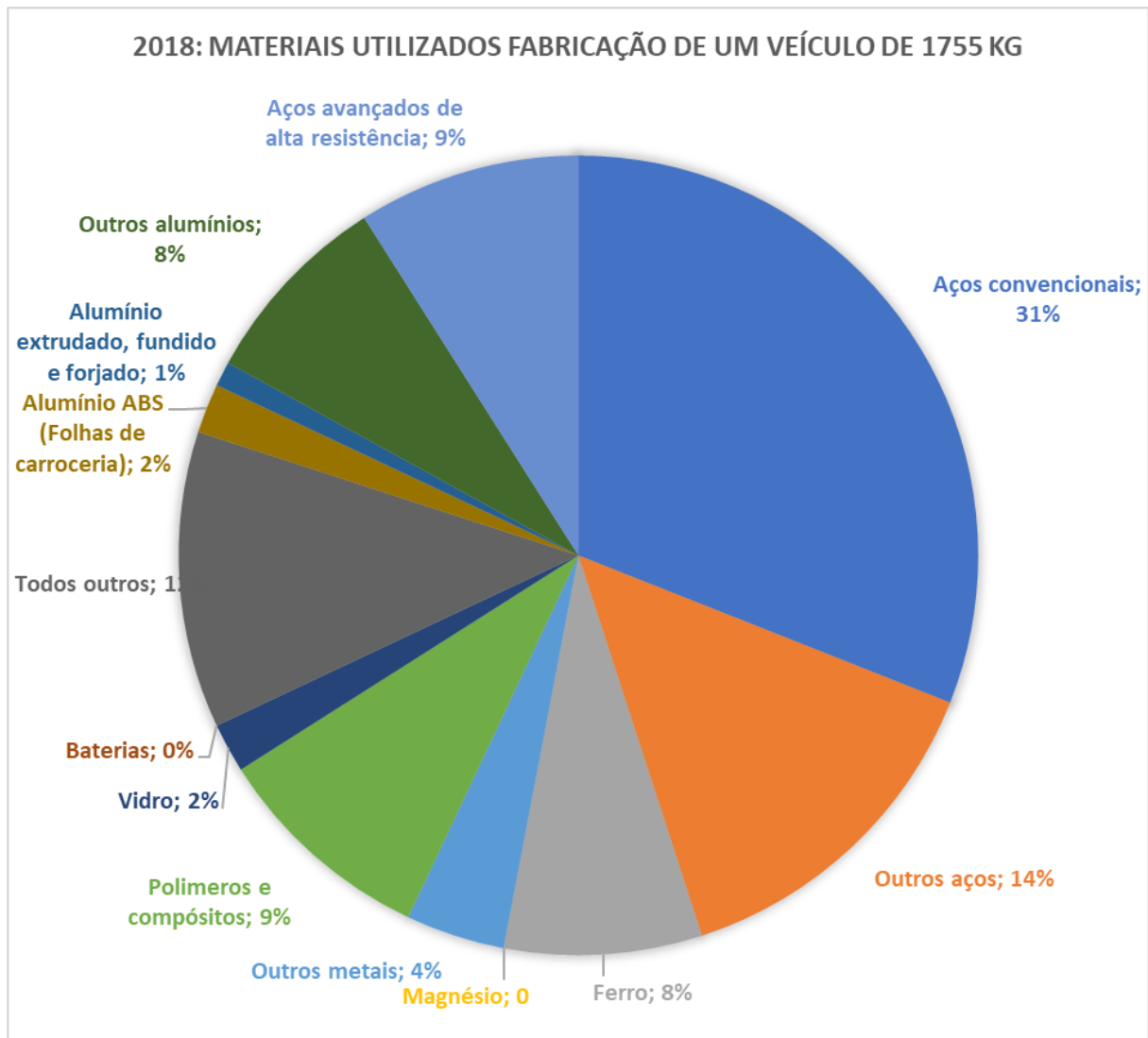
## **1.3 Objetivos**

Produzir um relatório comparativo de ocorrência ou não de perda de massa de corpos de prova imersos em três diferentes combinações de soluções, sendo elas: aditivo A diluído em água desmineralizada, na qual o produto cita atender a especificação ASTM D 1384, diz respeito ao teste de corrosão contemplado pela norma brasileira, aditivo B diluído em água desmineralizada (não referência nenhuma norma) e por último, água de torneira.

## 2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

O alumínio e suas ligas são amplamente utilizados na indústria automotiva, pois apresentam propriedades úteis como baixa densidade, boa resistência à corrosão, alta fusibilidade e bom acabamento em processos como fundição, usinagem e laminação. Embora seu uso se amplie ano após ano de maneira global, os países emergentes ou subdesenvolvidos apresentam um volume inferior de utilização. Segundo em estudo sobre liga de alumínio empregada para cabeçote de motor flex (CUNHA, 2012) um dos fatores que impedem seu uso em maior escala é o custo, que se mantém entre o dobro ou o triplo do preço do aço. Fazendo com que aproximadamente somente 7% do peso de um veículo nacional seja constituído de alumínio.

Figura 6 – Materiais utilizados na fabricação de um automóvel em 2018 no mercado Norte Americano.



Fonte: HUETTER, 2020.

A Figura 7 a seguir, apresenta a distribuição do alumínio e suas ligas nos componentes do automóvel, além de projeções de utilização no futuro.

Figura 7 – Distribuição alumínio em um automóvel e projeção futura.

Aplicações	2016	2020	2022	2026
Motor	49,89	47,17	46,71	46,26
Transmissão	37,64	38,55	39,00	39,00
Rodas	29,48	32,65	32,65	33,11
Trocadores de calor	14,51	13,61	13,61	13,15
Paredes isolantes	2,72	2,72	2,72	2,72
Suspensão/ suportes/sub- chassis	9,52	11,34	12,24	16,78
Componentes de direção	3,63	3,63	3,63	3,63
Freios	3,63	3,63	3,63	3,63
Painéis de fechamento	18,59	26,76	28,12	33,11
Crash boxes	3,17	4,08	4,99	5,90
Estruturas estampadas	4,99	9,07	10,43	14,97
Outras estruturas	6,35	12,70	14,06	18,59
Outras aplicações	2,27	2,27	2,27	2,27
<b>Total</b>	<b>186,39</b>	<b>208,16</b>	<b>214,06</b>	<b>233,11</b>

Fonte: ALUMÍNIO, 2020.

O foco deste trabalho se encontra nas ligas de alumínio utilizadas no motor, especificamente as que possuem contato direto com a solução arrefecedora.

## 2.1 Caracterização da corrosão nos componentes automotivos

A fim de melhorar as propriedades mecânicas e de processamento são adicionados elementos de liga no alumínio, acarretando, usualmente em redução da sua capacidade de resistir à corrosão (SILVA, 2010). Este tipo de ataque é conhecido por corrosão intergranular, consiste em um ataque seletivo dos contornos de grão ou regiões adjacentes devido a diferenças de potencial entre alumínio e os elementos de liga.

O alumínio pode, além da corrosão intergranular, sofrer corrosão galvânica, uniforme, por pites, por fadiga e corrosão microbológica (FREITAS; ROMANO, 2019). As ligas utilizadas são das famílias 2xxx como a 2024 e 2099 utilizando-se de tratamento térmico T3 – Solubilização, trabalho a frio e envelhecimento natural (FIORAVANTI, 2008).

A tabela da figura 8 mostra a composição química de algumas ligas:

Figura 8 – Comparação entre uma liga de alumínio 99,5% com ligas aplicadas na indústria automobilística .

Liga	Cu	Mg	Zn	Mn	Cr	Si	Fe
AA1050	0,05	0,05	0,05	0,05	-	0,25	0,4
AA2024	3,8-4,9	1,2-1,8	0,3	0,9	0,1	0,5	0,5
AA7075	1,2-2,0	2,1-2,9	5,1-6,1	0,3	0,2-0,3	0,4	0,5

Fonte: SILVA, 2010.

A presença do cobre em maior quantidade na liga AA2024 favorece a corrosão ao formar um par galvânico entre o alumínio e o cobre (GENTIL, 2018) p85.

## 2.2 Aditivos do sistema de arrefecimento automotivo

Os aditivos para motores são classificados como “Protetivos temporários contra corrosão” (GENTIL, 2018), aplicados por diluição em água, ou seja, estes aditivos precisam ser renovados num determinado intervalo de tempo que pode variar em decorrência do tipo de uso do veículo, quilometragem rodada ou tempo de uso no sistema.

Os aditivos podem ser classificados em orgânicos, inorgânicos e híbridos, e dos tipos A,B ou C. De acordo com esta classificação os tipos fazem referência ao agente inibidor utilizado, sendo tipo A monoetilenoglicol, B monopropilenoglicol e tipo C a glicerina, devendo possuir no mínimo 33% de algum destes compostos, responsáveis por prover proteção adequada contra congelamento, fervura, cavitação e corrosão (ABNT, 2016).Atualmente, nos veículos de linha leve, a maioria das aplicações se concentra na utilização dos aditivos orgânicos, pois se trata de um produto biodegradável que não exige cuidados especiais ao ser descartado.

O rótulo do aditivo A apresenta a seguinte descrição: “possui uma formulação balanceada à base de glicóis e inibidores de corrosão orgânicos com tecnologia OAT (Organic Acid Technology)” e cita a norma ASTM D1384 que é o ensaio 5.12 da norma brasileira ABNT NBR 13705:2016, porém não cita a norma brasileira.

O rótulo do aditivo B apresenta a seguinte descrição: “é um composto químico concentrado desenvolvido com matérias primas de alta performance. Com um poderoso anticorrosivo concentrado formulado na proporção adequada para a proteção do sistema de arrefecimento e todos os metais que o compõe” não especificando seu tipo e não referenciando nenhuma norma.

Diante do exposto a estrutura de testes desenvolvida se baseia majoritariamente no capítulo 5.12 – Desempenho simulado para determinação das taxas de corrosão, da norma técnica que trata do assunto, a ABNT NBR 13705:2016. No entanto devido a questões de custos e disponibilidade de equipamentos alguns parâmetros foram alterados para viabilizar a execução do teste, tais alterações serão devidamente expostas na seção de metodologia.

### 3 METODOLOGIA

Neste tópico serão abordados todos os materiais utilizados e as metodologias adotadas para realização dos objetivos do trabalho.

#### 3.1 Projeto e construção da cuba de ensaios.

A cuba de testes foi utilizada para imersão dos corpos de prova com os fluidos refrigerantes nas condições de trabalho exigidas pelo ensaio, visando tornar os testes mais próximos das condições às quais os componentes estão expostos na prática e ainda mantendo o custo de execução dos testes em patamares toleráveis.

Após pesquisa entre vidro, policarbonato e acrílico o material selecionado foi o vidro, pois este apresenta grande estabilidade dimensional quando aquecido, sendo capaz de resistir à faixa de temperatura do teste. As junções da cuba foram vedadas por silicone Loctite 598 capaz de resistir a temperaturas entre  $-54$  até  $+260^{\circ}\text{C}$ , a opção por este vedante decorre de seu uso já comum como vedação em bombas d'água. As dimensões da cuba foram de  $250 \times 200 \times 200 \text{mm}$ , volume com capacidade para alojar os corpos de prova e os acessórios requeridos.

Foi instalada uma bomba d'água de recirculação para água quente da marca ASKOLL, figura 9, com potência de  $32\text{W}$ , vazão aproximada de  $0,25 \text{ l/s}$  e temperatura de trabalho de até  $90^{\circ}\text{C}$ .

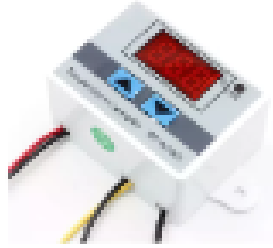
Figura 9 – Bomba d'água utilizada na bancada de testes.



Fonte: BREWSHOP, 2023.

O controlador de temperatura utilizado foi o modelo XH-W3001 presente na figura 10, possuindo potência de saída de  $1500\text{W}$ , precisão de medição de temperatura de  $\pm 0,2^{\circ}\text{C}$  e faixa de controle de  $-50^{\circ}\text{C}$  até  $+110^{\circ}\text{C}$  alimentando uma resistência elétrica residencial do tipo “mergulhão” conforme observado na figura 11, de  $1000\text{W}$  de potência.

Figura 10 – Controlador de temperatura.



Fonte: ROBOTICA, 2023.

Figura 11 – Resistência de aquecimento.



Fonte: AMAZON, 2023.

O maior desafio encontrado na confecção da bancada vista na figura 12 foi promover a circulação da água pela bomba, por se tratar de uma bomba de recirculação era necessário que a mesma estivesse posicionada abaixo da cuba. Para tanto foi realizada a confecção de uma placa de vidro com a devida furação no centro, onde um tubo de PVC foi instalado seguido de um joelho 90° rosqueado numa espiga e uma mangueira transparente de 3/4" conectando a bomba à cuba. Para a saída da bomba utilizou-se mangueira transparente 3/4" acoplada a um tubo com joelho galvanizado na extremidade visando garantir estabilidade ao conjunto. Na figura 13 pode-se ver a bancada de testes em operação.

Figura 12 – Construção da bancada de testes.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 13 – Bancada de testes em operação.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

### 3.2 Aquisição e preparação dos corpos de prova.

Para confecção dos corpos de prova foi adquirido um cabeçote abaixo da altura mínima aceitável para utilização (sucata), do modelo que equipa os propulsores VW EA111, dos veículos Fox, Gol e Voyage conforme visto na figura 14. A escolha deste modelo se deu pela maior suspeita

de suscetibilidade de corrosão em contato com fluidos de arrefecimento fora de padrão vivenciada na oficina mecânica.

Figura 14 – Cabeçote de motor VW EA111 1.0 litro com pontos de corrosão.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Com a utilização de serra sabre o cabeçote foi inicialmente seccionado em seis partes de dimensões similares e posteriormente submetidas ao procedimento de limpeza por jateamento de material abrasivo e limpeza por imersão em solução desengraxante, estes equipamentos podem ser vistos na figura 15.

Figura 15 – Equipamentos para limpeza dos corpos de prova.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

Posteriormente, conforme recomendado, os corpos de prova foram lavados com água, enxaguados com acetona e secados com ar quente (ABNT, 2016). No momento de se medir a massa das amostras constatou-se que a balança analítica do laboratório de química do IFMG Betim possui capacidade máxima de 500g, sendo então necessário realizar um novo trabalho de ajuste nas amostras, haja vista que superavam a capacidade do instrumento. Após os novos cortes e limpeza as amostras foram devidamente medidas, com resolução de 0,001g, conforme figura 16.

Figura 16 – Verificação de massa dos corpos de prova.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2022.

### 3.3 Desenvolvimento de tabela comparativa entre amostras.

Visando organizar os resultados obtidos no teste de maneira clara e objetiva a tabela constituiu dos seguintes pontos a serem analisados:

- Número da amostra;
- Fluido utilizado na amostra;
- Massa da amostra antes do teste;
- Massa da amostra após teste antes e depois de receber limpeza;
- Perda de massa final;
- Descrição do aspecto visual dos corpos de prova antes e pós testes;
- Foto comparativa dos corpos de prova antes e após teste.

Partindo das comparações entre resultados dispostos nesta tabela será possível afirmar se houve ou não corrosão, qual sua intensidade nos corpos de prova e qual mais agressivo para os componentes em relação à corrosão.

### 3.4 Execução e coleta de dados dos testes.

Algumas alterações nos parâmetros do ensaio foram realizadas para reduzir os custos, uma vez que se optou em realizar os ensaios na residência do autor pois seria preciso verificar com certa frequência o nível de fluido e devido a questões de segurança, por se tratar de um equipamento operando em elevada temperatura. As alterações foram as seguintes:

- Redução do tempo de ensaio 1064 horas para 336 horas por amostra, afim de reduzir o consumo de energia;
- Alteração da temperatura de trabalho fixa em 88 °C para uma temperatura variável de 35°C a 70°C com arme e desarme automático pelo controlador, simulando uma condição de uso em trajetos curtos do veículo;
- Redução da vazão de 1,3 l/s para 0,25 l/s.

Após o término do ensaio as peças foram devidamente secas e realizou-se a primeira medição de massa, posteriormente foi realizada a limpeza e efetuada nova medição, todas realizadas na mesma balança.

Ressalta-se que, embora o procedimento adotado busque se aproximar da realidade, existem uma série de variáveis ausentes, que podem implicar em resultados diferentes se comparados a um cenário de uso real do motor e seus componentes.

"Embora o ensaio de desempenho simulado permita fazer uma avaliação mais aperfeiçoada quando comparado aos métodos de ensaio em vidraria de laboratório, ele não leva em consideração os efeitos de rejeição de calor do motor, quilometragem extensiva, excesso de inatividade, depósitos residuais de corrosão etc. Portanto, é recomendável que se realizem ensaios mais rigorosos de escala completa de motores e operação real para se obterem evidências adicionais da estabilidade da composição de aditivo, eficácia do inibidor e tempo de operação.(ABNT, 2016)

Findado a realização dos ensaios em todos os corpos de prova, foi gerado o relatório com a tabela de dados comparativos. Estes resultados foram analisados para validar ou não a hipótese levantada sobre a corrosão por aditivos irregulares no sistema de arrefecimento.

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Neste tópico serão abordados os resultados encontrados e se os mesmos foram condizentes com a proposição inicial de que o aditivo B seria capaz de acelerar a perda de massa dos componentes testados.

### 4.1 Análise visual

Através da observação das peças antes e depois dos ensaios, observa-se os seguintes aspectos visuais para cada tipo de amostra:

- Aditivo A: os corpos de prova apresentaram produtos de corrosão em regiões pontuais conforme figura 18;
- Aditivo B: os corpos de prova apresentaram produtos de corrosão de maneira mais intensa nas partes internas das peças, que possuem acabamento menos refinado além de sofrerem forte pigmentação devido o corante aplicado no aditivo, podendo ser observado na figura 19;
- Água de torneira: os corpos de prova apresentaram produtos de corrosão de maneira severa ao longo de toda superfície, observado na figura 20.

Imagens comparativas antes x depois dos corpos de prova, tendo como referência o corpo de prova antes do ensaio presente na figura 17:

Figura 17 – Corpo de prova antes de ensaio para referência visual.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 18 – Corpo de prova após o ensaio utilizando aditivo A.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 19 – Corpo de prova após o ensaio utilizando aditivo B.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Figura 20 – Corpo de prova após o ensaio utilizando água de torneira.



Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

## 4.2 Apresentação tabelas de resultados

Abaixo temos a primeira tabela 1 de resultados, comparando as massas antes e depois do ensaio sem limpeza:

Tabela 1 – Comparação massa sem limpeza.

Massa dos corpos prova antes do ensaio							
Fluido	Corpo prova	Massa (g)			MÉDIA (g)	Desvio padrão (g)	
ADITIVO A	1A	345.809	345.809	345.803	345.807	0.003	
	1B	381.534	381.525	381.529	381.529	0.005	
ADITIVO B	2A	488.581	488.586	488.586	488.584	0.003	
	2B	194.924	194.922	194.923	194.923	0.001	
ÁGUA DE TORNEIRA	3A	299.519	299.516	299.516	299.517	0.002	
	3B	36.736	36.734	36.737	36.736	0.002	
Massa dos corpos de prova após ensaio (sem limpeza)							
ADITIVO A	1A	345.823	345.827	345.823	345.824	0.002	
	1B	381.56	381.561	381.555	381.559	0.003	
ADITIVO B	2A	488.576	488.576	488.577	488.576	0.001	
	2B	195.005	195.004	195.002	195.004	0.002	
ÁGUA DE TORNEIRA	3A	300.542	300.543	300.545	300.543	0.002	
	3B	36.911	36.912	36.913	36.912	0.001	
Comparação antes e depois sem limpeza (g)							
	Corpo prova	Média pré ensaio	Média pós ensaio	Resultado (pós - pré)	Variação de massa %	Desvio padrão(g)	
ADITIVO A	1A	345.807	345.824	<b>0.017</b>	<b>0.005</b>	0.012	
	1B	381.529	381.559	<b>0.029</b>	<b>0.008</b>	0.021	
ADITIVO B	2A	488.584	488.576	<b>-0.008</b>	<b>-0.002</b>	0.006	
	2B	194.923	195.004	<b>0.081</b>	<b>0.041</b>	0.057	
ÁGUA DE TORNEIRA	3A	299.517	300.543	<b>1.026</b>	<b>0.343</b>	0.726	
	3B	36.736	36.912	<b>0.176</b>	<b>0.48</b>	0.125	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Pode-se verificar que sem a limpeza das peças houve ganho de massa em todos os corpos de prova, com uma única exceção para o Aditivo B. Este ganho de massa se explica pela formação de cristais iônicos e formação de óxidos de alumínio nas superfícies das amostras conforme verifica-se nas imagens 16,17 e 18.

Um dos maiores obstáculos para realização da limpeza das amostras se diz respeito às suas diversas geometrias e cavidades que por vezes impossibilitam a remoção completa do particulado aderido, o que pode representar uma diferença relevante nos resultados finais, abaixo segue a tabela 2 com os resultados obtidos após a limpeza dos componentes:

Tabela 2 – Comparação massa após limpeza

Massa corpos prova antes do ensaio							
Fluido	Corpo prova	Massa (g)			MÉDIA (g)	Desvio padrão (g)	
ADITIVO A	1A	345.809	345.809	345.803	345.807	0.003	
	1B	381.534	381.525	381.529	381.529	0.005	
ADITIVO B	2A	488.581	488.586	488.586	488.584	0.003	
	2B	194.924	194.922	194.923	194.923	0.001	
ÁGUA DE TORNEIRA	3A	299.519	299.516	299.516	299.517	0.002	
	3B	36.736	36.734	36.737	36.736	0.002	
Resultados obtidos com limpeza (g)							
ADITIVO A	1A	345.7	345.696	345.706	345.701	0.005	
	1B	381.541	381.545	381.542	381.543	0.002	
ADITIVO B	2A	488.463	488.469	488.457	488.463	0.006	
	2B	194.878	194.887	194.885	194.883	0.005	
ÁGUA DE TORNEIRA	3A	299.447	299.453	299.448	299.449	0.003	
	3B	36.709	36.707	36.704	36.707	0.003	
Comparação resultados obtidos							
	Corpo prova	Média pré ensaio	Média pós ensaio	Resultado (pós - pré)	Variação de massa %	Desvio padrão	
ADITIVO A	1A	345.807	345.701	<b>-0.106</b>	<b>-0.031</b>	0.075	
	1B	381.529	381.543	<b>0.013</b>	<b>0.003</b>	0.009	
ADITIVO B	2A	488.584	488.463	<b>-0.121</b>	<b>-0.025</b>	0.086	
	2B	194.923	194.883	<b>-0.04</b>	<b>-0.02</b>	0.028	
ÁGUA DE TORNEIRA	3A	299.517	299.449	<b>-0.068</b>	<b>-0.023</b>	0.048	
	3B	36.736	36.707	<b>-0.029</b>	<b>-0.079</b>	0.021	

Fonte: Elaborado pelo autor, 2023.

Do total das 06 amostras somente a 1B pertencente ao grupo do aditivo A não apresentou comportamento esperado de perda de massa, apresentando uma variação positiva de 0,013 gramas, por se tratar de uma das amostras de maior simplicidade geométrica, é provável que a causa do resultado não esperado seja alguma interferência na medição de massa antes da execução do teste, haja vista que foi a amostra que apresentou maior desvio padrão. Desconsiderando esta amostra pode-se dizer que os resultados de perda de massa foram relativamente similares nos três fluidos testados, embora o terceiro caso apresente maior degradação visual dos componentes.

Considerando os resultados obtidos, não podemos afirmar que o aditivo B acelera a corrosão nos componentes do motor, embora esta hipótese ainda não possa ser totalmente refutada, pois, conforme cita a norma, somente um teste de funcionamento em escala completa e funcionamento real poderia trazer dados irrefutáveis.

## **5 CONCLUSÕES E SUGESTÕES DE FUTUROS TRABALHOS**

Para a realização deste trabalho 06 amostras de um cabeçote que equipa os motores Volkswagen EA111 foram ensaiadas em três tipos diferentes de líquidos de arrefecimento, o aditivo A considerado original, o aditivo B produto de reposição e terceiro sendo água de torneira. Os ensaios foram baseados no teste 5.12 Desempenho simulado para determinação das taxas de corrosão presente na ABNT NBR 13705:2016. A hipótese inicial baseada em vivências práticas do dia-a-dia de oficina, apontava que o aditivo B poderia acelerar o processo de corrosão nos componentes expostos ao líquido de arrefecimento no motor, o que ao final do trabalho não foi comprovado, haja vista que os percentuais de perda de massa entre os dois aditivos foram similares. Como houve um lapso temporal relativamente longo entre a época que ocorreram as anomalias de desgaste prematuro em alguns veículos e a realização deste trabalho, não se pode descartar a possibilidade de que o produto tenha sofrido alterações em sua composição durante este período, ou até mesmo que alguma variável relevante não seja abarcada por este ensaio. O assunto de corrosão é amplamente discutido nas mais variadas áreas, porém especificamente para condições similares às que aqui foram expostas existe pouco conteúdo disponível.

Poderiam ser realizados novos ensaios com diferentes marcas de produtos, ou, caso disponíveis, os ensaios com motores em situação de funcionamento real permitiriam uma análise ainda mais criteriosa sobre a corrosão nos motores e demais componentes do sistema de arrefecimento. As amostras também poderiam ser analisadas em microscópio visando maior entendimento dos possíveis danos causados e dos produtos de corrosão gerados.

## REFERÊNCIAS

- ALUMÍNIO, R. **Distribuição de alumínio**. 2020. Disponível em: <<https://revistaaluminio.com.br/pesquisa-estima-aumento-de-24-no-uso-de-aluminio-em-veiculos-leves-na-america-do-norte-ate-2030/>>. Acesso em: 21 fev 2023. Citado na página 17.
- AMAZON. **Resistência Aquecimento**. 2023. Disponível em: <<https://www.amazon.com.br/Mergulh%C3%A3o-Ebulidor-El%C3%A9trico-Aquecedor-Quente/dp/B07M67GQ6D>>. Acesso em: 21 fev 2023. Citado na página 20.
- ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 13705**: Veículos rodoviários automotores – aditivos concentrados para arrefecimento de motor endotérmico, tipos a,b e c – requisitos e métodos de ensaio”. [S.l.], 2016. Citado 4 vezes nas páginas 13, 18, 22 e 24.
- BIZARRIAS, W. M. **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. Tese (Doutorado) — Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica). Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2008. Citado na página 13.
- BORGES, M. A. *et al.* Programa de análise de produtos: relatório sobre análise em aditivos para radiadores. 2008. Citado na página 13.
- BREWSHOP, L. **Bomba d’água**. 2023. Disponível em: <<https://www.lamasbrewshop.com.br/bomba-de-recirculacao-com-cabos-110v-bomba-askoll-110v.html>>. Acesso em: 2 fev 2023. Citado na página 19.
- CALLISTER, W. D.; RETHWISCH, D. G. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 8<sup>ed.</sup> 8. ed. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2012. Citado na página 11.
- CORRADINI, F.; TRIELLI, M. A. **Efeito da temperatura do líquido de arrefecimento na produção de emissões poluentes de motor de ignição por faísca**. São Paulo: EPUSP, 2006. 71 p. Citado na página 12.
- CUNHA, R. P. d. **Caracterização mecânica e metalográfica de uma liga de alumínio empregada para cabeçote de motor flex**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2012. Citado na página 16.
- FIORAVANTI, A. S. Soldagem por fsw de ligas de alumínio alcalad aa2024-t3 e aa7075-t6. 2008. Citado na página 17.
- FREITAS, E. J. d.; ROMANO, M. A. Processo de corrosão e passivação do alumínio. **Centro de Pós-Graduação Oswaldo Cruz**, 2019. Disponível em: <[https://oswaldocruz.br/revista\\_academica/content/REVISTA%2037/FREITAS,%20Elias%20Junior%20de;%20ROMANO,%20Martin%20Anibal.pdf](https://oswaldocruz.br/revista_academica/content/REVISTA%2037/FREITAS,%20Elias%20Junior%20de;%20ROMANO,%20Martin%20Anibal.pdf)>. Acesso em: 21 sep 2023. Citado na página 17.
- GENTIL, V. **Corrosão**. 6<sup>ed.</sup> 6. ed. Rio de Janeiro: Grupo Gen-LTC, 2018. Citado 2 vezes nas páginas 11 e 18.
- HUETTER, J. Duckerfrontier: Auto aluminum content to grow 12 **Repairer Driven News**, 2020. Disponível em: <<https://www.repairerdrivennews.com/2020/10/16/duckerfrontier-auto-aluminum-content-to-grow-12-by-2026-expect-more-closures-fenders/>>. Acesso em: 21 dez 2022. Citado na página 16.

HYUNDAI. **Manual De Serviços Reparação Hyundai Hb20 1.0 3 Cilindros**: Manual técnico para serviços mecânicos. Rio de Janeiro, 2013. 1-188 p. Citado na página 12.

NEWTON, K.; STEEDS, W.; GARRETT, T. K. **The Motor vehicle**. 12. ed. [S.l.]: Society of Automotive Engineers, U.S, 1996. Citado na página 12.

ROBOTICA, C. da. **Controlador de Temperatura**. 2023. Disponível em: <<https://www.casadarobotica.com/sensores-modulos/modulos/termostatos/controlador-de-temperatura-digital-termostato-110-220v-ac-xh-w3001>>. Acesso em: 21 fev 2023. Citado na página 20.

SANTANA, R. O. d. **Análise da transferência de calor de fluidos térmicos aditivado com etilenoglicol e polímeros**. Dissertação (Mestrado) — Universidade Federal do Rio Grande do Norte, 2016. Citado na página 12.

SILVA, D. P. B. d. **Desenvolvimento de estruturas do tipo bi-camada baseadas em camadas auto-organizadas e polianilina para a proteção contra a corrosão de ligas de alumínio**. Tese (Doutorado) — Universidade de São Paulo, 2010. Citado 2 vezes nas páginas 17 e 18.

WYLEN, G. V.; SONNTAG, R. E.; BORGNAKKE, C. **Fundamentos da termodinâmica clássica**. [S.l.]: Editora Blucher, 1994. Citado na página 11.

## ANEXO A – RECOMENDAÇÕES FCA SOBRE APLICAÇÃO DE ADITIVO



PV – 2020 / SET / 124

À Rede de Concessionárias  
Att: Titular, Diretor, Gerente Pós Vendas, Peças e Serviços. CC: ABRACAF

São Paulo, 23 de Setembro de 2020

### Ref.: Fluido de Arrefecimento - Coolant

Prezada Concessionária,

Informamos que os líquidos de arrefecimento abaixo são os recomendados para os veículos Fiat (todos os tipos), de acordo com o especificado para cada modelo. Esses líquidos de arrefecimento são fornecidos via DFS (diretamente do fornecedor) e devem ser solicitados diretamente aos assessores Petronas.



A especificação do fluido recomendado deve ser sempre consultada no Manual de Uso e Manutenção de cada veículo. Além disso, esse fluidos são do tipo **concentrado** e devem ser diluídos previamente em água na proporção: **50% ÁGUA PURA + 50% FLUIDO**. Desta forma, deve-se sempre aplicar um fluido de especificação correta e na proporção correta e não se deve misturar os tipos de fluidos orgânico (Petronas Coolant Up LL) com inorgânico (Petronas Coolant 11).

O uso de um líquido de arrefecimento não homologado ou que não atenda às normas do fabricante irá diminuir a eficiência e a proteção contra corrosão do sistema, além de aumentar os riscos de dano ao radiador do veículo. Além disso, as **peças que forem danificadas devido ao uso de um produto não homologado e/ou com a diluição incorreta, terão garantia negada.**

Cordialmente,

ALEXANDRE GALVÃO  
Assessoria Técnica Mopar

LARISSA BARRETO  
Marketing de Peças

LATAM  
REGION

Fiat Chrysler Automóveis do Brasil  
Av. Engenheiro Luis Carlos Berrini, 105  
6º Andar – Brooklin – São Paulo – SP CEP  
04561-970 Ph. +55 11 4949-3900

## ANEXO B – RISCO FORMAÇÃO DE CRISTAIS E CALCÁRIOS POR APLICAÇÃO INCORRETA

### PROCEDIMENTOS DE INSTALAÇÃO DE PRODUTOS SKF Recomendações para instalação da bomba d'água

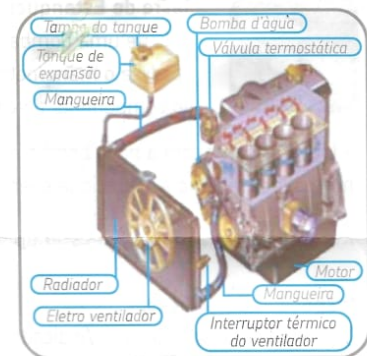
CTA/VKPC001

Para uma vida longa do motor do seu veículo, a bomba d'água deve ser corretamente instalada. As falhas prematuras mais comuns em bombas d'água podem ser causadas por: solução de arrefecimento vencida, contaminada por partículas residuais, emprego de água comum, uso de aditivo de qualidade fora do especificado pela montadora do veículo, aplicação equivocada de cola em juntas e a falta de revisão periódica do sistema de arrefecimento.

- Esvazie o sistema de arrefecimento desconectando as mangueiras, limpe com rigor todos os volumes armazenados na galeria do bloco do motor, a cavidade onde é assentado a bomba d'água, bem como a superfície da junta.



Inspecione e teste a tampa (válvula) do tanque de expansão, quanto ao seu perfeito funcionamento, no caso de haver oxidações/incrustações, faça a sua substituição.



- A Válvula Termostática deve ser limpa e testada quanto ao seu perfeito funcionamento e substituída no caso de não atender o controle da temperatura do motor, indicado pelo sensor.
- Monte a junta à seco entre as faces do corpo da bomba. Evite o uso de graxa, óleo ou cola, pois este último provoca irregularidades no assento da junta.
- Não desmonte a flange ou rotor do eixo da bomba e utilize os reparos apenas uma vez.
- Não aplique golpes no eixo da bomba, pois causam danificação no rolamento e em outros componentes.
- Após montagem, inspecione o giro livre manual do rolamento da bomba.
- Após montagem da polia, certifique-se que os parafusos de fixação estão apertados por igual, do contrário, vibrações poderão ser percebidas com o motor em funcionamento.
- Tensione a correia com a tensão correta indicada pelo fabricante, observando que o excesso pode provocar desgaste prematuro ao rolamento da bomba.
- Nunca ligue o motor com o sistema de arrefecimento vazio.
- Aplique somente aditivo com especificações do fabricante do veículo, que geralmente é à base de Monoetilenoglicol, conforme ABNT NBR 13.705 (aditivo inorgânico); Utilize a proporção indicada pelo fabricante de aprox. 40% de aditivo para 60% de água - Destilada/Desmineralizada.

**Atenção:** Quando o aditivo indicado pelo fabricante do veículo for "tipo orgânico" de longa duração, seguir rigorosamente essa indicação, substituindo o aditivo usado por outro "orgânico", pois caso contrário, ocorrerá reações químicas formando cristais e calcários, comprometendo todo o sistema de arrefecimento.

- Purgue o sistema, ou seja, elimine totalmente a presença de ar, evitando assim o aquecimento do motor e a cavitação na bomba d'água.