

## **Base polimérica como alternativa de aditivo para fluidos de arrefecimento em países tropicais**

### **Polymeric base as alternative additive for cooling fluids in tropical countries**

DOI:10.34117/bjdv8n5-222

Recebimento dos originais: 21/03/2022

Aceitação para publicação: 29/04/2022

#### **Lucimar Venâncio Amaral**

Mestre em Engenharia Mecânica

Instituição: Universidade Federal de Minas Gerais

Endereço: Av. Pres. Antônio Carlos, 6627 - Pampulha, Belo Horizonte - MG,  
CEP: 31270-901

E-mail: lucimarvenancioamaral@gmail.com

#### **Aldinor Pereira de Andrade Junior**

Graduado em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Universitário de Belo Horizonte

Endereço: Av. Professor Mário Werneck, 1685 - Buritis, Belo Horizonte - MG,  
CEP: 30575-180

E-mail: aldinor.juniorccb2014@gmail.com

#### **Kelvin Rafael de Araújo**

Graduado em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Universitário de Belo Horizonte

Endereço: Av. Professor Mário Werneck, 1685 - Buritis, Belo Horizonte - MG,  
CEP: 30575-180

E-mail: kelvinrafaelaraujo@hotmail.com

#### **Leonardo Dias Silva**

Graduado em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Universitário de Belo Horizonte

Endereço: Av. Professor Mário Werneck, 1685 - Buritis, Belo Horizonte - MG,  
CEP: 30575-180

E-mail: leonardoengmec1@outlook.com

#### **André Guimarães Ferreira**

Doutor em Engenharia Mecânica

Instituição: Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais

Endereço: Av. Amazonas, 5253 - Nova Suíça, Belo Horizonte - MG, CEP: 30421-169

E-mail: agferreira@cefetmg.br

#### **RESUMO**

O motor a combustão interna é uma máquina térmica que evoluiu no decorrer dos anos, no qual o seu arrefecimento é realizado pelo radiador que executa a troca de calor deste sistema. Até a década de 70 os sistemas de arrefecimento eram abertos utilizando apenas

a água como fluido de arrefecimento, após este período os sistemas passaram a ser fechados permitindo aos motores operarem em temperaturas mais altas melhorando assim a sua eficiência. Portanto, nos sistemas utilizados atualmente a água não é mais um fluido de arrefecimento viável, tornando-se necessário a adição de aditivos à mesma. O presente artigo tem por objetivo demonstrar os aditivos utilizados, comparar diferentes tipos de fluidos destacando os benefícios, além de trazer metodologias testadas em laboratório. As análises experimentais foram baseadas nos testes de viscosidade e calorimetria entre três fluidos, sendo eles um aditivo concentrado à base de etilenoglicol, um fluido de arrefecimento concentrado de base polimérica e o último trata-se de um fluido também de base polimérica, mas pronto para uso, sem necessidade de diluição, com o intuito de verificar a resistência de cada um de escoar e verificar a eficiência no processo de transferência de calor. Através dos resultados experimentais foi possível comprovar que a utilização do fluido de base polimérica pronto para uso comparado ao fluido regulamentado que precisa ter obrigatoriamente etilenoglicol, pode ser uma alternativa eficaz em regiões tropicais, comprovando as expectativas iniciais e a viabilidade técnica. As grandes vantagens do fluido de base polimérica pronto para uso encontrado nos testes são relacionadas a sua atoxicidade, sua menor viscosidade, e a sua troca térmica mais rápida, proporcionando uma maior estabilidade térmica ao motor do carro.

**Palavras-chaves:** motor a combustão interna, máquinas térmicas, bases poliméricas, base de etilenoglicol.

## ABSTRACT

The internal combustion engine is a heat engine that has evolved over the years, in which its cooling is carried out by the radiator that performs the heat exchange of this system. Until the 70's, cooling systems were open using only water as a coolant, after this period the systems became closed allowing engines to operate at higher temperatures, thus improving their efficiency. Therefore, in the systems currently used, water is no longer a viable cooling fluid, making it necessary to add additives to it. This article aims to demonstrate the additives used, compare different types of fluids highlighting the benefits, in addition to bringing methodologies tested in the laboratory. The experimental analyzes were based on viscosity and calorimetry tests between three fluids, which are a concentrated additive based on ethylene glycol, a concentrated polymer-based cooling fluid and the last one is also a polymer-based fluid, but ready for use. use, without the need for dilution, in order to verify the resistance of each one to flow and verify the efficiency in the heat transfer process. Through the experimental results, it was possible to prove that the use of ready-to-use polymer-based fluid compared to the regulated fluid that must have ethylene glycol, can be an effective alternative in tropical regions, proving the initial expectations and technical feasibility. The great advantages of the ready-to-use polymer-based fluid found in the tests are related to its non-toxicity, its lower viscosity, and its faster thermal exchange, providing greater thermal stability to engine.

**Keywords:** internal combustion engine, thermal engines, polymeric bases, ethyleneglycol bases.

## 1 INTRODUÇÃO

Diante do grande avanço tecnológico ligado à evolução dos veículos de combustão interna, mudanças consideráveis foram ocasionadas, principalmente as ligadas

ao sistema de arrefecimento veicular. De acordo com Silva (2021) alguns proprietários de veículos modernos possuem um hábito errôneo que veio de décadas passadas, que é a utilização da água sem aditivos como fluido de arrefecimento.

Os sistemas de arrefecimento nos veículos antigos eram abertos, sendo utilizados durante bastante tempo até por volta década de 1970, cujo o arrefecimento do motor era feito apenas pela água, mas com a grande evolução dos motores a utilização de sistemas de arrefecimento fechados tornou-se mais eficiente permitindo com que os motores operem em temperaturas mais altas, como aborda Santana (2016).

Segundo Silva (2021) os novos motores necessitam de aditivos misturados a água para suportar o regime de trabalho, de forma que sem eles podem vir a ocasionar problemas futuros, como a perda de material metálico devido a corrosão, por consequência vem um desgaste prematuro nas peças, vazamentos capazes de danificar totalmente o motor ou em alguns casos na transmissão automática.

Outros pontos negativos causados pela água sem aditivo no sistema de arrefecimento também descritos por Silva (2021), podem ser exemplificados através da formação de camadas de depósitos que entopem a tubulação, ocasionando uma deficiência na troca térmica, levando ao superaquecimento e a diminuição de rendimento do circuito. Outro ponto destacado é que mesmo utilizando apenas a água desmineralizada, a temperatura de congelamento e de ebulição que é a nível do mar, fica em torno de 0°C e 100°C respectivamente, variando de acordo com a pressão atmosférica, gerando assim um risco de congelamento do líquido no motor em temperaturas abaixo desta faixa.

Segundo Medeiros (2012) líquido de arrefecimento deve ser um fluido capaz de armazenar e transferir o máximo de energia térmica, de fácil escoamento no sistema, deve ser quimicamente estável e não deteriorar os materiais em contato.

De acordo com Borges (2008), o líquido de arrefecimento deve seguir as especificações da norma brasileira, pois existe uma gama de produtos no mercado com finalidade de uso distintas, que podem ser confundidos pelo consumidor com o tipo normalizado porque são comercializados, nos pontos de venda, nas mesmas prateleiras e gôndolas, além de utilizarem embalagens similares.

A função do etilenoglicol é alterar os pontos de ebulição (fervura) e congelamento da água do motor. Os aditivos, por sua vez, equilibram o pH da água de modo que não fique nem alcalina nem ácida. Para cumprir adequadamente essas importantes funções

químicas, o produto deve atender às especificações normativas que estão diretamente relacionadas com a sua composição (BORGES,2008).

De acordo com a Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT) os veículos rodoviários automotores podem conter aditivos concentrados para arrefecimento de motor endotérmico, regulamentados pela norma técnica ABNT NBR 13705:2016 que especifica os requisitos e métodos de ensaio para a determinação das características dos aditivos concentrados dos tipos monoetilenoglicol, monopropilenoglicol e glicerina, destinados à preparação da solução refrigerante, para promover o arrefecimento do motor endotérmico e conferir proteção adequada contra o congelamento, fervura, cavitação e corrosão.

Este artigo tem por objetivo estudar e apresentar uma alternativa através da utilização de fluidos de arrefecimento a base de polímeros de alto desempenho térmico.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 FLUIDO DE ARREFECIMENTO**

Costa (2016) descreve que devido aos diferentes materiais que constituem o motor, as diferenças no coeficiente de dilatação do mesmo e o constante atrito durante o seu funcionamento, o motor precisa ter uma temperatura controlada. O fluido de arrefecimento do motor tem este objetivo, fazendo com que o motor mantenha e distribua a temperatura pelo motor, após atingir sua temperatura ideal de funcionamento.

Com a evolução dos motores e dos sistemas de arrefecimento, há a necessidade de adicionar à água aditivos. Esses aditivos, geralmente à base de etilenoglicol (um produto que entra em ebulição aos 197 °C), possuem qualidades antioxidantes que vão mantendo o sistema limpo, evitando a criação de crosta que dificulta a circulação do fluido, depositando-se nos sensores e interruptores térmicos, modificando as suas reações. Com a adição deste composto aditivo, o fluido entra em ebulição a cerca de 120 °C, reduzindo assim a possibilidade de formação de vapor no interior das galerias do sistema. Outra função do aditivo é atuar no ponto de congelamento da água (aos 0 °C). Quando a água congela o seu volume aumenta, criando problemas no sistema. Assim, consegue-se que a água agente em estado líquido até aos -25 °C (COSTA, 2016).

De acordo com o manual da Mte-Thomson (2010), os sistemas de arrefecimento em sua maioria utilizam entre 5 e 8 litros de líquido que varia com o tipo de motor. Devido a esta quantidade de líquido que é a água não ser suficiente para controlar a temperatura

do motor, são adicionados alguns aditivos que o transformam em um líquido de arrefecimento

## 2.2 DESCRIÇÃO DOS COMPÓSITOS ENCONTRADOS NO FLUIDO DE ARREFECIMENTO

O primeiro composto a ser destacado é um tipo de líquido utilizado para diluir o aditivo de radiador que deve ser a água destilada ou desmineralizada, como descreve a Revista do Carro (2018) a água convencional de torneira possui alta concentração de cloro e sais minerais que podem vir a ocasionar danos ao sistema de arrefecimento, como incrustações e corrosões nas partes metálicas. Tornando-se necessário diluir na proporção correta definida pela fabricante do veículo a água destilada e desmineralizada com o aditivo.

A AutoBC (2018) destaca que aditivos anticorrosivos geralmente utilizados com água têm como função diferencial evitar com que o motor venha a apresentar corrosão, seja por ferrugem ou por acúmulo de sujeira, de forma que este aditivo também contribui com a limpeza do motor, abaixo estão descritas as funções de cada tecnologia:

1. Tecnologia de Ácidos Inorgânicos (IAT) - O mais comum e antigo geralmente pode ser encontrado na cor verde brilhante e foi muito utilizado nos veículos produzidos nos Estados Unidos durante as décadas de 20 e 90. Este tipo de aditivo deve ser trocado a cada 50 mil quilômetros ou no prazo de dois anos. Ele contribui principalmente para evitar a corrosão, além da limpeza na parte interna do motor. Sua composição é de silicatos e inibidores corrosivos de fosfato.

2. Tecnologia de Ácidos Orgânicos (OAT) - Um forte aliado contra a corrosão, mas que também atua impedindo a ferrugem, este tipo de aditivo é ideal para motores mais potentes, devido a sua vida útil bem acima do IAT: são 250 mil quilômetros ou cinco anos para fazer a limpeza e troca do aditivo. Não contém silicato e fosfato.

3. Tecnologia de Ácidos Orgânicos Híbridos (HOAT) - Com uma variedade de cores, esta é a principal tecnologia em aditivos para motores com a ação de silicatos que contribuem contra a corrosão e oxidação. Assim como seu antecessor, o OAT, é recomendado para os mesmos 250 mil quilômetros ou cinco anos.

Existe também a presença de anticongelantes que são totalmente miscíveis em água. Os tipos mais comuns são as salmouras (sais de cloreto de cálcio, cloreto de sódio, cloreto de magnésio, carbonato de potássio) e os alcoóis (metanol, etanol, etilenoglicol, propilenoglicol, glicerol). Atualmente, os alcoóis estão tendo forte presença como soluto

para fluidos secundários a base de água por alguns terem baixa atividade corrosiva ou nenhuma corrosividade. As salmouras perderam o seu espaço devido ao seu forte poder de ionização, gerando processos eletrolíticos de corrosão. (MEDEIROS et. al., 2010).

A norma ABNT NBR 13705 especifica que o fluido de arrefecimento deve conter aditivos concentrados dos tipos etilenoglicol, propilenoglicol e glicerina. Os anticongelantes apresentam características que os diferem conforme descrito a seguir:

O primeiro é mais comum trata-se do etilenoglicol que segundo Medeiros (2010) o etilenoglicol (EG) é um anticongelante produzido a partir do óxido de etileno de origem petroquímica, que o torna não renovável, destaca-se pelo seu grande poder crioscópico e de razoáveis alterações termofísicas, apresentando assim uma boa eficiência térmica, um alto calor específico e uma alta condutividade térmica, mas possui um limite na sua utilização devido a sua toxicidade;

Medeiros (2012) afirma que não existem riscos relacionados ao contato com a pele ou inalação, mas se ingerido o etilenoglicol torna-se tóxico, no qual sistema digestivo absorve rapidamente causando danos ao sistema nervoso, podendo ocasionar a morte de animais e humanos. Em contrapartida ele possui boas propriedades físico-químicas, fazendo com que ele seja considerado o melhor aditivo em fluidos térmicos a base de água, além de ser totalmente solúvel em qualquer quantidade. Devido não ser volátil ele evita a liberação de vapores, melhorando a sua aplicação mesmo em altas temperaturas.

O segundo é o Propilenoglicol (PG) que se difere do etilenoglicol por ser um álcool atóxico, uma vantagem em relação ao do mesmo é que a sua produção se dá através da glicerina uma fonte renovável, como característica o propilenoglicol apresenta um alto calor específico entretanto tem baixa condutividade térmica com destacado por Medeiros (2010).

De acordo com Medeiros (2012) o propilenoglicol se transforma numa matéria-prima valiosa devido a sua grande aplicabilidade, destacando-se também na sua utilização como aditivo anticongelante em fluidos térmicos, por tratar-se de uma substância atóxica é muito aproveitado na refrigeração alimentícia, além de outras áreas na indústria cosmética é na fabricação de elastômeros, polímeros e solventes.

Por fim, Medeiros (2010) descreve que o último anticongelante permitido pela norma é o glicerol (GL), que assim como o propilenoglicol ele é um álcool atóxico, que possui uma alta efetividade química em se ligar às moléculas da água, apresentando boa condutividade térmica, porém possui um baixo calor específico.

O glicerol é proveniente de fontes renováveis, devido ao fato que os triglicerídeos são encontrados de forma natural através da sua presença nos animais e vegetais, como afirma Medeiros (2012), além disso sua aplicabilidade é diversificada, seja como matéria-prima ou na criação de produtos com grande importância para a indústria cosmética e alimentícia, na fabricação de borrachas, polímeros, espumas e lubrificantes.

### 2.3 BASE POLIMÉRICA COMO ALTERNATIVA NOS FLUIDOS TÉRMICOS

O polímero utilizado nos fluidos trata-se do carboxilato orgânico, que de acordo com a Hi Tech (2021) possui um ponto de ebulição no sistema de arrefecimento parecido com os a base de monoetilenoglicol, monopropilenoglicol ou glicerina, a diferença entre eles é relativamente baixa com a base polimérica suportando cerca de 3 à 5°C a menos.

Santana (2016) descreve que a base polimérica possui facilidade de receber e perder calor, além de já existirem produtos com este tipo de aditivo, para a maioria dos fabricantes, são mais vantajosos em relação à troca térmica e possibilitam uma proteção maior ao meio ambiente por serem biodegradáveis.

O Brasil por se tratar de um país com poucas incidências de temperaturas extremamente negativas, os aditivos poliméricos podem torna-se uma alternativa para algumas regiões. Segundo a Hi Tech (2021), a utilização do aditivo de base orgânica como o monoetilenoglicol no sistema de arrefecimento suporta cerca de -15°C.

## 3 MATERIAIS E MÉTODOS

### 3.1 MOTORIZAÇÃO ANALISADA

O motor a ser analisado é o do Volkswagen Jetta Tsi ano 2013.

O motor EA888, como representado na Figura 1, veio para o Brasil em 2008 sendo implementado nos Volkswagen Passat, Audi's TT e A3, utilizando o moderno conceito downsizing (alta performance com baixa cilindrada, baixo consumo de combustível e baixa emissão de CO<sub>2</sub>) respeitando as normas EES (European Emission Standards) ou Euro 4 como destaca Flatout (2019).

Figura 1. Motor EA888.

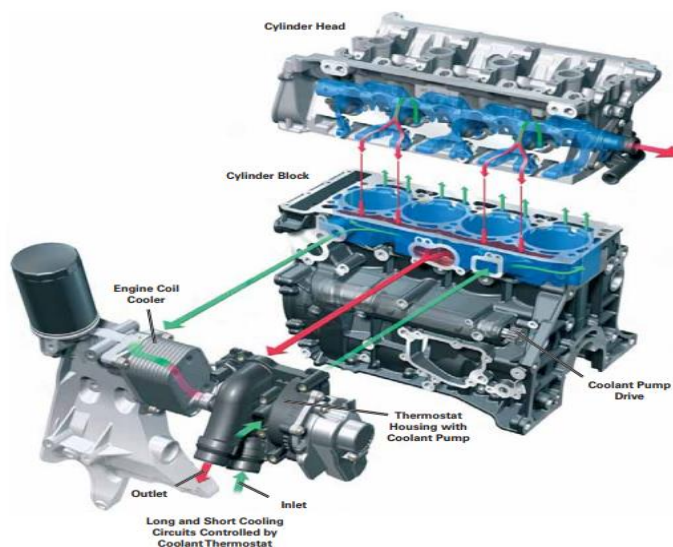


Fonte: Team-VAG (2021).

### 3.2 CARACTERÍSTICAS DO SISTEMA DE ARREFECIMENTO DO EA888

O manual da Volkswagen Service Training destacado em Tech Tips All Euro (2017), enfatiza que o motor utiliza um sistema de refrigeração de fluxo cruzado para uma melhor troca térmica como é demonstrado no modelo da Figura 2, o trocador de calor e o turbocompressor também fazem parte do circuito de refrigeração do motor, o resfriador do óleo entra em contato direto com a bomba d'água, trocando calor com a mesma. No EA888 existe também uma bomba d'água auxiliar chamada de *After-Run Coolant Pump* V51, que protege o turbocompressor de superaquecimento após o desligamento do motor, a bomba é acionada eletricamente pelo módulo de controle do motor (ECU).

Figura 2. Fluxo do Refrigerante.



Fonte: Tech Tips All Euro (2017).

Segundo o Tech Tips All Euro (2017) a válvula termostática começa sua abertura aos 95°C e se abre por completa aos 105°C sendo essa a faixa de temperatura do líquido de arrefecimento do EA888. O material empregado na fabricação da bomba d'água e as



demais conexões é o Bakelite PF 6510, específico para a implementação de sistema de arrefecimento e outros, enquadrando-se para a norma ISO 175:2011 -03, que avalia os efeitos da imersão do material sobre produtos químicos como destaca Cedric (2017).

### 3.3 PROCESSO DE ANÁLISE DOS FLUIDOS

#### 3.3.1 Viscosidade

O método utilizado como base para a realização do procedimento consiste nas análises de três fluidos de arrefecimento, foi utilizado um viscosímetro de vidro Cannon-Fenske, que segundo Barbosa (2013) ele pode ser utilizado para diversos métodos experimentais capazes de determinar a viscosidade de líquidos newtonianos. Os viscosímetros de vidro Cannon-Fenske são utilizados com líquidos newtonianos de viscosidade cinemática entre 0,4 e 20000 mm<sup>2</sup>/s, além de possuir um tubo capilar com o diâmetro interno, de 25 a 600 sendo esse constante, por onde se escoo o líquido.

O primeiro procedimento foi a realização da montagem do equipamento completo do viscosímetro, cujo o mesmo foi posicionado na base com a haste e preso com uma garra para vidraria como ilustrado na Figura 3.

Figura 3. Viscosímetro de Vidro Cannon-Fenske



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

De acordo com Silva (2013), os viscosímetros capilares como o do experimento são caracterizados pela fácil utilização, precisão nas medições, elevada repetibilidade e baixa manutenção do material. Porém, estes só podem ser usados para fluidos newtonianos que possuam baixa viscosidade. Outro ponto é que os viscosímetros, necessitam de calibração utilizando um fluido de viscosidade cinemática conhecida, além de que demanda de um banho termostatizado no qual estejam submersos.

Após a montagem do equipamento, foram separados os fluidos a serem analisados no processo. O primeiro fluido é um aditivo concentrado a base etilenoglicol da empresa TechBio como destacado na Figura 4.

Figura 4. Aditivo Concentrado Para Radiadores a base de Etilenoglicol TechBio.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O segundo é um fluido da empresa Radiex sendo ele o Bio Coolant Concentrado Azul de 1 Litro (R-1922) como apresenta a Figura 5.

Figura 5. Fluido Bio Coolant Concentrado Azul 1 Litro - RADIEX-R-1922



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O último fluido analisado também pertence a Radiex e trata-se do Bio Coolant pronto uso Amarelo, também de 1 Litro (RAD1897), ilustrado na Figura 6.

Figura 6. Fluido Bio Coolant Pronto Uso Amarelo 1 Litro - RADIEX-R-1897



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Em um recipiente foram reservados uma proporção de 50 ml de cada fluido concentrado para a realização de uma mistura, o fluido amarelo é especificado pela fabricante como pronto uso, com isso não havendo a necessidade de realizar este procedimento de diluição. Em béqueres diferentes como demonstra a Figura 7, foi realizada a mistura do fluido azul e do fluido rosa com 50 ml de água destilada.

Figura 7. Porções de Fluido e Água destilada para análise.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Para que o experimento obtivesse sucesso era necessário criar um vácuo, devido ao fato deste procedimento visar transportar o fluido para uma marca destacada no tubo do viscosímetro. Este vácuo foi criado com uma seringa e um tubo de vinil, no orifício de diâmetro menor ( $d$ ) como destacado na Figura 8, enquanto no tubo de diâmetro maior ( $D$ ), foi utilizado uma seringa para inserir a medida correta do fluido aquecido.

Figura 8. Porções de Fluido e Água Destilada para Análise.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Após gerado vácuo, foram cronometrados três tempos para cada fluido em temperatura ambiente, de forma que ao final era possível determinar a média de tempo

destes escoamentos. A metodologia para medição dos tempos de escoamento dos fluidos aquecidos aconteceu do mesmo modo que à anterior com temperatura ambiente, no qual foram separadas outras porções dos fluidos com as mesmas proporções. A diferença fica por conta do aquecimento do fluido antes da medição, no qual reservou-se nos cadinhos de porcelana o líquido levando os mesmo para a mufla, que estava a uma temperatura de 500°C. O fluido ficou dentro de uma mufla, por um tempo de aproximadamente cinco minutos, que foi o tempo necessário para atingir a temperatura de simulação do sistema de arrefecimento. Para constatar que o fluido estava na temperatura simulada, foi utilizado um termômetro digital.

Este procedimento com o fluido aquecido teve como princípio simular o comportamento da temperatura do sistema de arrefecimento de um veículo, usamos como base o motor do Volkswagen Jetta Tsi que trabalha entre 95°C a 105°C.

### *3.3.2 - Calorimetria*

Denomina-se calorímetro um sistema fechado que não permite trocas de calor com o ambiente, todas as trocas de calor ocorrem no interior do calorímetro. Para fins de isolamento térmica, o calorímetro deve ser construído ou revestido por um material com característica térmica isolante, para evitar que ocorram perdas de calor para o meio externo (SILVA, 2015).

Para iniciar o procedimento foram diluídos em um recipiente 50% do fluido a base de etilenoglicol com 50% de água destilada, em outro recipiente foram reservados e diluídos a mesma proporção do anterior com o fluido com base polímeros de alto desempenho, por fim o último fluido também a base polímeros de alto desempenho, não foi necessário fazer a diluição, pois ele é descrito como pronto uso.

A quantidade total dos fluidos com a diluição foi de 100ml adicionados a um béquer, o pronto uso também foi adicionado os 100ml sem a diluição. Para iniciar o teste foi posicionado sobre a bancada um bico de bunsen, que trata-se do dispositivo utilizado para aquecer estes fluidos até alcançarem a temperatura de 103°C, como ilustra a Figura 9.

Figura 9. Aquecimento do Fluido.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Prosseguindo os testes houve a adição de 40 ml de cada fluido em três pré-formas diferentes como destaca-se na Figura 10.

Figura 10. Fluidos de Arrefecimento na Pré-Forma.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Para simular um calorímetro, a pré-forma foi inserida dentro de uma garrafa térmica com a quantidade de 197,407g (200ml) de água destilada em temperatura ambiente (22.7°C) medido tanto com um termômetro digital quanto com um termômetro analógico como apresentado na Figura 11.

Figura 11. Garrafa Térmica com o Fluido.



Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Para calcular a troca de calor dos fluidos foi feita a aferição dos valores das temperaturas ao decorrer do tempo até que seja alcançado o equilíbrio térmico destas temperaturas.

A Tabela 1 apresenta os valores das temperaturas medidas do fluido a base de etilenoglicol.

Tabela 1. Temperaturas do Fluido de Arrefecimento a Base de Etilenoglicol

Tempo (min)	Dados Coletados no Testes de Calorimetria	
	Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)	
	Temperatura da Água (Ambiente)	Temperatura da Água (Troca Térmica)
INICIAL	22.7 °C	
2		29.4 °C
4		32.1 °C
6		32.4 °C
8		33.3 °C
10		33.3 °C
11		33.3 °C
12		33.3 °C
13		
14		
15		
Temperatura Inicial dos Fluidos:		103 °C

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Na Tabela 2 foram destacadas todas temperaturas medidas relacionadas ao RADIEX-R-1922 a base de polímeros.

Tabela 2. Temperaturas do Fluido de Arrefecimento a Base de Polímero

Tempo (min)	Dados Coletados no Testes de Calorimetria		
	Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)		
	Temperatura da Água (Ambiente)	Temperatura da Água (Troca Térmica)	
INICIAL	22.7 °C		
2		27.9 °C	
4		29 °C	
6		29.9 °C	
8		30.4 °C	
10		31.6 °C	
11		31.6 °C	
12		31.7 °C	
13		31.8 °C	
14		31.8 °C	
15		31.4 °C	
Temperatura Inicial dos Fluidos:		103 °C	

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O último fluido a passar pelos testes foi RADIEX-R-1897 destacado na Tabela 3 também descrito pela fabricante a base de polímeros.

Tabela 3. Temperaturas do Fluido de Arrefecimento a Base de Polímero

Tempo (min)	Dados Coletados no Testes de Calorimetria		
	Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)		
	Temperatura da Água (Ambiente)	Temperatura da Água (Troca Térmica)	
INICIAL	22.7 °C		
2		31.2 °C	
4		34.1 °C	
6		34.6 °C	
8		35.5 °C	
10		35.9 °C	
11		36.1 °C	
12		36.1 °C	
13		35.9 °C	
14			
15			
Temperatura Inicial dos Fluidos:		103 °C	

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

## 4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

### 4.1 VISCOSIDADE

Após gerado vácuo, foram cronometrados três tempos para cada fluido em temperatura ambiente, de forma que ao final foi possível determinar a média de tempo de escoamento como demonstra a Tabela 4.

Tabela 4. Tempos de Escoamento em Temperatura Ambiente

Tempos (s)	Dados Coletados no Teste de Viscosidade		
	Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)	Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)	Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)
1	10,26	7,36	7,87
2	10,28	7,34	7,78
3	10,27	7,45	7,77
Média:	10,27	7,383333333	7,806666667
Temperatura Ambiente: 24.3°C			

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Em seguida foram cronometrados três tempos para cada fluido agora aquecidos a uma temperatura de 105°, de forma que ao final foi possível determinar a média de tempo de escoamento como demonstra a Tabela 5.

Tabela 5. Tempos de Escoamento Temperatura do Fluido Aquecido

Tempos (s)	Dados Coletados no Teste de Viscosidade		
	Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)	Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)	Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)
1	7,46	5,56	5,96
2	7,08	5,45	5,69
3	7,04	5,35	5,11
Média:	7,193333333	5,453333333	5,586666667
Temperatura Ambiente: 105°C			

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Após as medições dos tempos de escoamento dos fluídos, utilizou-se a equação da viscosidade intrínseca (Eq. 1) com o intuito de analisar a dificuldade ou facilidade em escoar em temperatura ambiente como demonstra a Tabela 6.

$$\eta = K \times t \quad (1)$$

Tabela 6. Cálculo da Viscosidade Intrínseca em Temperatura Ambiente

Formúla	Cálculo da Viscosidade Intrínseca (Temp. Ambiente)		
	Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)	Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)	Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)
$\mu = K * t$	0,02054	0,014766667	0,015613333
<b>Legenda</b>		<b>Unidades de Medidas</b>	
$\mu$ - Viscosidade	cts		Valor do K (Tabelado): 0,002 cts/s
K - Constante K	cts/s		
t - Média dos Tempos	s		

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).



A Tabela 7 apresenta os dados relacionados ao cálculo da viscosidade intrínseca relacionado ao fluido aquecido.

Tabela 7. Cálculo da Viscosidade Intrínseca com o Fluido Aquecido

Formúla	Cálculo da Viscosidade Intrínseca (Temp. Fluido Aquecido)		
	Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)	Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)	Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)
$\mu = K * t$	0,014386667	0,01090667	0,011173333
<b>Legenda</b>		<b>Unidades de Medidas</b>	
$\mu$ - Viscosidade	cts	Valor do K (Tabelado): 0,002 cts/s	
K - Constante K	cts/s		
t - Média dos Tempos	s		

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

#### 4.2 CALORIMETRIA

Na Tabela 8 foram destacados as temperaturas iniciais e as finais de cada fluido com o intuito de se obter o delta de temperatura ( $\Delta T$ ).

Tabela 8. Temperaturas da Água destilada (Pós Troca de Calor)

Temperaturas da Água Destilada (Pós Troca de Calor)					
Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)		Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)		Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)	
Temperatura Inicial	Temperatura Final	Temperatura Inicial	Temperatura Final	Temperatura Inicial	Temperatura Final
22.7 °C	33.3 °C	22.7 °C	31.8 °C	22.7 °C	36.1 °C

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

O último procedimento destacado na Tabela 9 foi a utilização da equação fundamental da calorimetria, para calcular a quantidade de calor absorvida pela água.

Tabela 9. Cálculo da Troca de Calor

Formúla	Cálculo da Troca de Calor										
	Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)	Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)	Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)								
$Q = m * c * \Delta t$	2092,5142	1796,4037	2645,2538								
<b>Legenda</b>		<b>Valores Obtidos/Tabelados</b>									
Q - Calor Trocado	cal	<table border="1"> <tr> <td colspan="2">Transformar cal para J</td> </tr> <tr> <td>Rosa</td> <td>8755,079413</td> </tr> <tr> <td>Azul</td> <td>7516,153081</td> </tr> <tr> <td>Amarelo</td> <td>11067,7419</td> </tr> </table>		Transformar cal para J		Rosa	8755,079413	Azul	7516,153081	Amarelo	11067,7419
Transformar cal para J											
Rosa	8755,079413										
Azul	7516,153081										
Amarelo	11067,7419										
m - Massa do Corpo	g	197,407 g									
c - Calor específico da Substância	cal/g.°C	1,00 cal/g.°C									
$\Delta t$ - Variação de Temperatura	°C	Tf - Ti									

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

Através do cálculo pela equação fundamental da calorimetria foi possível determinar qual o fluido de base polimérica apresenta a melhor relação de troca de calor quando comparado ao aditivo a base de etilenoglicol, como representado na Tabela 10.

Tabela 10. Porcentagem de Melhora Térmica aplicado no Motor EA888

Porcetagem de Melhora na Troca Térmica aplicado no motor EA888		
	Fluido de Arrefecimento Azul (Polímero)	Fluido de Arrefecimento Amarelo (Polímero)
Fluido de Arrefecimento Rosa (Etilenoglicol)	-16,48%	26,41%

Fonte: Elaborado pelos Autores (2021).

## 5 CONCLUSÕES.

As propriedades investigadas através das análises laboratoriais indicaram que um dos fluidos de base polimérica no caso carboxilato orgânico possuem polímeros capazes de suprir de forma efetiva as características do etilenoglicol em países no qual a temperatura raramente ultrapassa 0°C, o fluido em questão foi o Bio Coolant Pronto Uso Amarelo (RADIEX-R-1897) que além de ser um produto biodegradável que não impacta em problemas ambientais, pode ser descartado em uma rede de esgoto qualquer, pois não acarreta problemas diferentemente do etilenoglicol que é um derivado do petróleo e tóxico.

Com realização do teste de viscosidade entre os fluidos, o Bio Coolant Pronto Uso Amarelo da Radiex a base de polímeros demonstrou-se mais vantajoso em relação ao aditivo a base de etilenoglicol, devido à sua a sua viscosidade ser menor possibilita uma maior facilidade no seu escoamento em um sistema de arrefecimento, gerando assim uma melhor troca térmica comparada aos demais.

Para atestar a proposta da utilização do fluido RADIEX-R-1897 realizou-se de teste de calorimetria, evidenciando que o fluido polimérico mesmo não sendo homologado, ele possui propriedades que beneficiam veículos em países tropicais com temperaturas mais elevadas, pois a sua troca térmica ocorre de maneira mais rápida, gerando assim uma maior estabilidade térmica do motor.

Como os recursos eram limitados, não foi possível simular as condições de um motor devido o equipamento utilizado ser uma mufla que por princípio funcionamento não é capaz de acumular pressão. Vale ressaltar que o calorímetro não é o ideal para este procedimento e as medições possuem uma margem de erro humana.

## REFERÊNCIAS

ABNT Catálogo, 2016, “Norma Técnica”. Disponível em: <<https://www.abntcatalogo.com.br/norma.aspx?ID=365011>>. Acesso em: 10 de agosto de. 2021.

APS Distribuidora, 2017, “Saiba tudo sobre o eletroventilador do radiador”. Disponível em: <<https://www.apsdistribuidora.com.br/noticias/Saiba-tudo-sobre-o-eletroventilador-do-radiador>>. Acesso em: 18 de agosto de. 2021.

AUTO BC, 2018, “SAIBA DIFERENCIAR OS TIPOS DE ADITIVOS IDEAIS PARA CADA TIPO DE MOTOR”. Disponível em: <<http://autobc.com.br/noticia/6/saiba-diferenciar-os-tipos-de-aditivos-ideais-para-cada-tipo-de-motor>>. Acesso em: 11 de agosto de. 2021.

BALL, Cedric. Phenolic molding compounds in automotive powertrain applications. In: Proceedings of the 17th Annual Automotive Conference & Exhibition, Novi, MI, USA. 2017. p. 6-8.

BARBOSA, Jean Andrade et al. Laboratório de Ensino de Graduação em Engenharia de Petróleo (LEGEP). 2013.

BORGES, Marcos André et al. Programa de análise de produtos: relatório sobre análise em aditivos para radiadores. 2008.

CELSO, CENTRO FEDERAL DE EDUCAÇÃO TECNOLÓGICA. Projeto do Sistema de Arrefecimento para um Motor de um Protótipo de Fórmula SAE. 2018.

COSTA, Diogo Manuel Ferreira Machado. FluidUM: análise de fluidos de um automóvel. 2016. Tese de Doutorado.

Delphi Technologies, 2021, “Qual a diferença entre aditivo e fluido de radiador?”. Disponível em: <<https://www.delphiautoparts.com/bra/pt/resource-center/qual-diferenca-entre-aditivo-e-fluido-de-radiador>>. Acesso em: 13 de agosto de. 2021.

Dreamstime, 2021, “Radiador”. Disponível em: <<https://pt.dreamstime.com/imagens-de-stock-royalty-free-radiador-image15191109>>. Acesso em: 18 de agosto de. 2021.

EncyCARpedia, 2021, “Volkswagen Jetta 1.4 TSI 160 - Specifications (2011-2014)”. Disponível em: <<https://www.encycarpedia.com/us/volkswagen/11-jetta-1-4-tsi-160-sedan>>. Acesso em: 20 de Setembro de. 2021.

Flatout, 2019, “Volkswagen 2.0 TSI: conheça as diferentes versões do motor EA888”. Disponível em: <<https://flatout.com.br/volkswagen-2-0-tsi-conheca-as-diferentes-versoes-do-motor/>>. Acesso em: 08 de Setembro de. 2021.

Haynes, 2021, “What is an expansion tank and what does it do?”. Disponível em: <<https://haynes.com/en-gb/tips-tutorials/what-expansion-tank-and-what-does-it-do>>. Acesso em: 30 de agosto de. 2021.

Hi Tech Produtos Automotivos, 2021, “Quais as diferenças entre os aditivos para radiadores?”. Disponível em: <<http://hitech.ind.br/quais-as-diferencas-entre-os-aditivos-para-radiadores/>>. Acesso em: 28 de outubro de 2021.

MEDEIROS, Pedro Samuel Gomes; BARBOSA, Cleiton Rubens Formiga; FONTES, Francisco de Assis Oliveira. Estudos das Propriedades Termofísicas de Fluidos Secundários Aplicados a Sistemas de Refrigeração com Termoacumulação. In: VI Congresso Nacional de Engenharia Mecânica. ABCM, São Paulo. sn, 2010.

MEDEIROS, Pedro Samuel Gomes. Desenvolvimento e caracterização de soluções ternárias água-glicerol-propilenoglicol como fluido refrigerante secundário. 2012. Dissertação de Mestrado. Universidade Federal do Rio Grande do Norte.

Mte-Thomson, 2010 “Manual do Sistema de Arrefecimento”. Disponível em: <<https://pt.slideshare.net/35Carlos/manual-de-arrefecimento-mtethomson>>, Acesso em: 10 de agosto de 2021.

Motor 1, 2021, “Avaliação - Volkswagen Jetta 2.0 TSI Highline 2011”. Disponível em: <<https://motor1.uol.com.br/news/107166/avaliacao-volkswagen-jetta-20-tsi-highline-2011-veja-detalhes-em-fotos/>>. Acesso em: 16 de Setembro de. 2021.

MotorReviewer, 2021, “2.0 TSI/TFSI EA888 Gen 1/2/3 Engine”. Disponível em: <[https://www.motorreviewer.com/engine.php?engine\\_id=119](https://www.motorreviewer.com/engine.php?engine_id=119)>. Acesso em: 16 de Setembro de. 2021.

Notícias Automotivas, 2011, “Avaliação (completa) do Novo Jetta 2.0 2011”. Disponível em: <<https://www.noticiasautomotivas.com.br/avaliacao-completa-do-novo-jetta-2011/>>. Acesso em: 16 de Setembro de. 2021.

Onsales, 2021, “IEG - El sensor de temperatura en motores diesel y gasolina”. Disponível em: <<https://pt.onlinesales2021.ru/content?c=detector%20de%20temperatura%20de%20resistencia&id=25>>. Acesso em: 18 de agosto de. 2021.

Revista do Carro, 2018, “Líquido de arrefecimento: Não pode falhar!”. Disponível em: <<https://revistacarro.com.br/liquido-de-arrefecimento-nao-pode-falhar/>>. Acesso em: 10 de agosto de. 2021.

SANTANA, Rony Oliveira de. Análise da transferência de calor de fluidos térmicos aditivado com etilenoglicol e polímeros. 2016. Dissertação de Mestrado. Brasil.

SILVA, Ana Sofia de Campos Paquito da. Caracterização de novas tipologias de fibras sintéticas. 2013. Tese de Doutorado.

SILVA, Danilo. “Características e funções do fluido de arrefecimento - Motul Expert”. Disponível em: <<https://motulexpert.com.br/caracteristicas-e-funcoes-do-fluido-de-arrefecimento/>>. Acesso em: 15 de julho de 2021.

SILVA, Marcos Douglas; DA COSTA, Ivanilson Sousa; DA SILVA, Márcio Bacci. PROJETO E CONSTRUÇÃO DE CALORÍMETRO PARA MEDIÇÃO DE TEMPERATURA E CALOR EM USINAGEM.

Team Vag, 2021, “Motor EA888 GEN 2”. Disponível em: <<https://www.team-vag.nl/en/blog/motor-ea888-gen-2-b11.html>>. Acesso em: 20 de Setembro de. 2021.

Tech Tips All Euro, 2017, “The Volkswagen 2.0 Liter Chain-Driven TSI Engine”. Disponível em: <<https://techtips.alleuro.com/wp-content/uploads/2017/09/vw-ccta-engine-technical-info.pdf>>. Acesso em: 16 de Setembro de. 2021.

Veluplast Centro Automotivo, 2021, “Quais são os componentes do sistema de arrefecimento e quando trocar?”. Disponível em: <<https://www.veluplast.com.br/componentes-do-sistema-de-arrefecimento/>>. Acesso em: 18 de agosto de 2021.