

SISTEMA DE LIMPEZA DE ARREFECIMENTO AUTOMOTIVO

Gabriel Vicente; Gustavo Simonelli; João Vitor; Rodrigo Destro; Wilson Oliveira
Orientador: Gustavo Caravita de Andrade

Resumo: O artigo tem como objetivo apresentar uma máquina para aprimorar o processo de limpeza (flush), teste de vazamento e diagnóstico do sistema de arrefecimento automotivo. O projeto tem como meta otimizar o tempo e evitar desperdício de água encontrados no sistema convencional de lavagem.

A principal característica da máquina é o uso da mesma água em diferentes limpezas, evitando assim, o desperdício. No processo de flush, utiliza-se uma mistura composta de água com um produto a base de ácido orgânico, desenvolvido especialmente para limpeza do sistema de arrefecimento.

Uma das funções da máquina é a realização de testes de estanqueidade. A máquina vai possuir uma bomba interna para que o líquido circule pelo sistema e realize a limpeza. Também haverá válvulas solenoides na entrada e saída dos reservatórios para que mude o processo entre limpeza ou inserir o líquido novo para dentro do sistema. Haverá também manômetros, para checar a pressão e resistência dentro do reservatório, mantendo o líquido aquecido e bóia de nível para quando o volume diminuir, não queimar a resistência e o filtro para limpeza.

Para a montagem da máquina utilizamos dois galões de vinte litros, cuja função é servir de reservatório para o líquido de arrefecimento. Realizamos a construção de um gabinete para armazenar os galões e fazer a ligação do sistema com o resultado de controle, após o término da construção seguimos com os testes práticos. Os resultados obtidos foram positivos, a máquina conseguiu executar as suas principais funções como a limpeza do flush e o teste de estanqueidade, que indica se existe vazamento no circuito, porém chegamos à conclusão que para melhor funcionamento da máquina, o carro precisa estar ligado durante o processo, para realizar o aquecimento da água ao invés de usar uma resistência externa.

Palavra-chave: Máquina, flush, diagnostico, teste, líquido de arrefecimento.

AUTOMOTIVE COOLING CLEANING SYSTEM

Abstract: The article aims to present a machine to improve the process of cleaning (flush), leak test and diagnosis of the automotive cooling system. The project aims to optimize the time and avoid wasting water, because in the conventional method there is a great waste of water and a long time to clean the system. With this optimization the productivity of cooling cleaning will increase.

The main feature of the machine is the use of the same water in different cleanings, thus avoiding waste. In the flushing process, a mixture composed of water and an organic acid-based product specially developed for cleaning the cooling system is used.

One of the functions of the machine is to perform leak tests. The machine will have an internal pump so that the liquid circulates through the system and performs the cleaning. There will also be solenoid valves at the inlet and outlet of the reservoirs to change the process for cleaning or inserting the new liquid into the system. There will also be a manometer to check the pressure, a resistance inside the reservoir to keep the liquid warm, a level float so that when the level drops it doesn't burn out the resistance and a filter for cleaning.

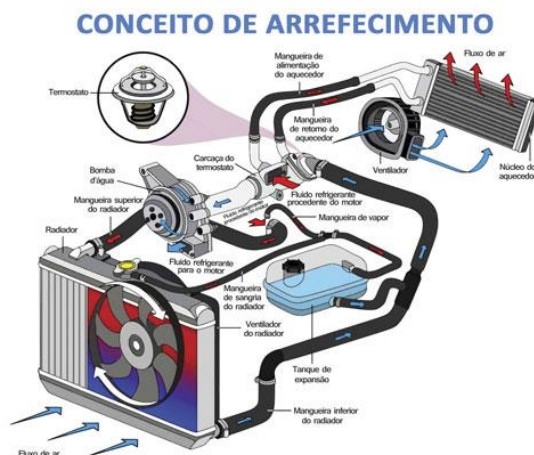
To assemble the machine we used two twenty liter containers whose function is to serve as a reservoir for the cooling liquid and we built a cabinet to store the containers and connect the system to the control panel. The results obtained were positive, the machine was able to perform its main functions such as cleaning the flush and the tightness test that indicates if there is leakage in the circuit, but we concluded that for a better functioning of the machine the car needs to be turned on during the process to heat the water instead of using an external resistance.

Keywords: machine, flush, diagnostics, test, coolant.

1. INTRODUÇÃO

O sistema de arrefecimento, como mostrado na figura 1, é responsável pelo controle de temperatura do motor, necessita de um fluido específico, desenvolvido para atender as necessidades térmicas através de suas propriedades químicas, elevação do ponto de ebulição, cavitação, reduz a temperatura de congelamento, lubrificação do sistema (bomba, mangueiras), aditivo anticorrosivo, anticoagulante e isolante elétrico (PARAFLU).

Figura 1 – Sistema de arrefecimento



Fonte: (Revista M&T - Ed. 240 - Dez/ Jan 2020 by Sobratema Publicações)

Dada essa informação, é importante manter a temperatura do motor estável para manter o bom funcionamento de outros componentes como, a injeção eletrônica, mantendo o alto desempenho do motor e um baixo consumo de combustível, visto que o motor tem a necessidade de temperatura de trabalho ideal e linear. Com isso, é necessário fazer corretamente as manutenções periódicas para manter a integridade, qualidade e pleno funcionamento, com objetivo de prevenir possíveis corrosões e superaquecimento.

1.1. JUSTIFICATIVA

O processo de limpeza (flush), teste de vazamento e diagnóstico do sistema de arrefecimento automotivo, é realizado há muito tempo, porém, sem muita atualização e modernidade. A realização do processo da maneira tradicional demanda um tempo elevado e um gasto demasiado de água. Com o intuito de automatizar esse processo, otimizar tempo e matéria prima desenvolvemos uma máquina que denominamos de TecnoFlush.

No mercado atual existem algumas máquinas desenvolvidas para a mesma função, porém o sistema da máquina é semelhante ao modo convencional, na qual é composta por válvulas e manômetro mantendo assim um grande desperdício de tempo e matéria. O modo convencional dessa limpeza, consiste em conectar uma mangueira na entrada do sistema e assim jogando água para fora pelo retorno, essa água não é reutilizada gerando um grande desperdício para o profissional.

Temos como público alvo desde o micro empreendedor que é o proprietário de uma oficina, até as grandes empresas especializadas em mecânica automotiva. A ideia é

mostrar para esses profissionais que a automatização no processo, além de gerar economia também auxilia na limpeza do espaço.

1.2. OBJETIVO GERAL

A máquina tem como objetivo modernizar o processo e trazer maior economia. A ideia de atualizar o método da troca de fluido de arrefecimento com uma máquina automatizada agiliza a limpeza, troca do fluido e teste de estanqueidade. Podendo também verificar por meio de pressão no sistema, se há algum vazamento na linha de arrefecimento (motor, mangueiras e radiador).

Não será necessário que o operador fique 100% do tempo operando a máquina, pois com seu sistema automatizado, não precisa fechar as válvulas manualmente para a entrada do fluido no processo de limpeza ou saída dele, pois no lugar das válvulas convencionais, utilizamos válvulas solenoides, as quais controlam a entrada e saída do fluido no sistema, assim restando ao operador apenas a função de controlar as mesmas pelo painel principal da máquina.

A máquina irá funcionar como um sistema fechado, o objetivo é a realização do teste de estanqueidade. Utilizaremos uma bomba hidráulica para pressurizar o sistema do líquido de arrefecimento e assim manter a pressão no sistema. Com esse processo conseguimos identificar possíveis vazamentos no sistema.

1.2.1. Objetivos Específicos

- Dimensionar a bomba, sistema hidráulico e sistema elétrico;
- Criar o protótipo para testar os conceitos estudados;
- Testar o equipamento para certificar-se de que o mesmo será capaz de realizar a limpeza do sistema de arrefecimento e teste de estanqueidade.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Atualmente existem máquinas parecidas, como na figura 2, onde realizam a limpeza de sistema de arrefecimento e troca do fluido de arrefecimento, mas os processos são totalmente mecânicos com válvulas e registros, como mostrado na figura 3. São máquinas totalmente manuais, que necessitam de um técnico presente a todo momento para operar o sistema e acompanhar o processo de perto, como nos exemplos a seguir: (KITEST EQUIPAMENTOS AUTOMOTIVO)

Figura 2 – Máquina de limpeza de arrefecimento.



Fonte: (Manual do Fabricante Kitest Equipamentos Automotivo)

Figura 3 – Registros manuais usados na limpeza de arrefecimento.

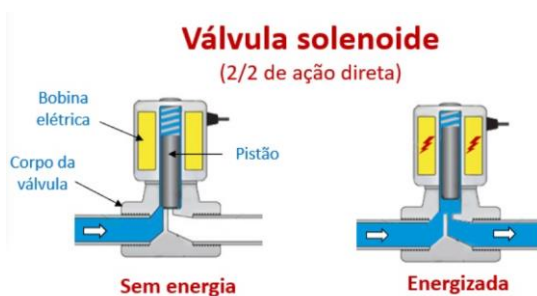


Fonte: (Kitest Equipamentos Automotivos)

A ideia central é desenvolver uma máquina que seja mais eficiente, econômica e rápida do que o método convencional. O diferencial do projeto é a parte automatizada e a resistência para o aquecimento do líquido que vai entrar no carro, tanto para a limpeza e posteriormente para a troca por um novo.

Referente a parte da automatização da máquina, foram substituídos os registros manuais por válvulas solenoides, cujo seu funcionamento está demonstrado na figura 4, controlados pelo painel de comando, dando mais conforto e segurança no manuseio da máquina, caso alguma situação fora do esperado aconteça, pode-se desligar a máquina pelo painel, na chave geral de segurança.

Figura 4 – Funcionamento da válvula solenoide.



Fonte: (Válvula solenoide – MTIBrasil.com.br)

A resistência foi implementada nesse projeto para não haver a necessidade de deixar o carro ligado enquanto o procedimento é feito. Atualmente, para troca do líquido de arrefecimento é necessário deixar o veículo ligado, para que ele atinja uma temperatura de trabalho que fique entre 80°C e 100°C (MOURA) abrindo a válvula termostática, permitindo que o fluido passe pelo radiador, fazendo a troca de calor e retornando com a temperatura mais baixa para o motor, resfriando o mesmo e evitando o superaquecimento. É de suma importância que na hora da limpeza e troca do fluido, que a válvula esteja aberta para

realizar a limpeza completa de todo sistema, evitando que o líquido que estava anteriormente fique na linha e contamine o novo que será colocado.

3. METODOLOGIA

3.1 INTRODUÇÃO AO TÓPICO

Neste tópico será abordado a fundamentação teórica em relação à escolha de materiais para o dimensionamento do projeto, tais como, dimensionamento das tubulações e bombas, cálculos das perdas de carga, cálculo da altura manométrica total (AMT), seleção do conjunto moto-bomba visando o BEP (Best Efficiency Point) melhor ponto de eficiência e a verificação sobre a cavitação da bomba. Todos estes pontos serão demonstrados os cálculos comprovando as escolhas. Para isso foram utilizados dados iniciais para o circuito:

- Fluido: Água ($\rho = 1000 \text{ kgf/m}^3$)
- Vazão: $1.1 \text{ m}^3/\text{h}$
- Temperatura: 90°C
- Tubulações: Aço – Schedule 40
- Rugosidade do tubo de aço: $e = 0,15 \text{ mm}$
- Viscosidade Cinemática: $\nu = 0,326 \cdot 10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

3.2 REALIZANDO OS CÁLCULOS PARA DIMENSIONAMENTO DO SISTEMA HIDRÁULICO

3.2.1. Tubulação e Descarga

Vazão é o volume em que um determinado fluido passa por um determinado tubo, livre ou sob pressão por unidade de tempo, ou seja, é a velocidade na qual o volume flui.

3.2.2. Velocidade do Fluido

A norma ABNT 16.401-1 – item 12.1.4 define algumas velocidades recomendadas para sistemas hidráulicos:

Velocidade sucção: $1,2$ à $2,1 \text{ m/s}$.

Velocidade de descarga: $2,4$ à $3,6 \text{ m/s}$.

A importância de considerar a velocidade do fluido dentro das normas é, facilitar o escoamento do fluido para que não haja ruídos nas tubulações.

3.2.3. Área interna

De posse da velocidade, calcular a área interna do tubo através da equação:

$$V = v \cdot A_{Int} \rightarrow A_{Int} \rightarrow \frac{V}{v} \quad (1)$$

Onde:

V = Vazão

v = Velocidade

A_{int} = Área interna

3.2.4. Escolha da Tubulação

Escolher a tubulação conforme diâmetros comerciais, com valor da área interna do tubo em mm², utilizar a tabela de tubulação e considerar a mais próxima da área interna encontrada no cálculo, conforme os diâmetros comerciais no mercado.

3.2.5. Recalculo da Velocidade

Com a tubulação selecionada através da área interna e a tabela, recalculer a velocidade do fluido para certificar-se de que a tubulação selecionada está dentro da velocidade, conforme a norma.

3.2.6. Calcular Número de Reynolds.

Reynolds tem uma grande importância no cálculo, pois, é Reynolds que determina a estabilidade do fluxo do fluido, sendo possível determinar se está fluindo de forma laminar ou turbulenta. Em um tubo cilíndrico considerando fluxo de água, admite-se os valores de 2.100 e 4.000 como limites, sendo os valores encontrados abaixo de 2.100 e laminar e para os valores maiores que 4.000 será fluxo turbulento.

$$Re = \frac{\rho \cdot \vec{v} \cdot D_{int}}{\mu} \qquad Re = \frac{\vec{v}}{\vartheta} \qquad (2)$$

Sendo:

Re = número de Reynolds;

$\vec{v}$ = velocidade do escoamento do fluido;

D_{int} = diâmetro interno da tubulação;

ϑ = viscosidade cinemática do fluido;

μ = viscosidade dinâmica do fluido;

ρ = densidade do fluido.

3.2.7. Coeficiente da Perda de Carga Distribuída ou Fator de Atrito (f)

O fator de atrito é calculado, pois é necessário saber a perda de carga através de atritos na tubulação.

Para calcular perda de carga através do atrito, é necessário a rugosidade do tubo, diâmetro interno do tubo e o número de Reynolds.

$$f = 0.11 \times \left(\frac{\varepsilon}{D_i} + \frac{68}{Re} \right)^{0.25} \qquad (3)$$

Onde:

ε = rugosidade do tubo

D_i = diâmetro interno do tubo

Re = número de Reynolds

3.2.8. Calcular o Comprimento Equivalente (Leq)

Leq total = Trechos retos de tubulação + singularidades

Além dos trechos retos, as singularidades (tudo aquilo presente na tubulação que oferece perda de carga sendo elas: curva, válvula, filtro, etc). Todas as perdas de carga encontradas nos trechos são somadas.

3.2.9. Calcular a perda de Carga (ΔP)

Para o cálculo da perda de carga será utilizada a equação de Darcy-Weisback. No cálculo de perda de carga é preciso considerar todos os equipamentos que estão instalados e que possam interferir.

$$\Delta P = f \cdot \frac{Leq \cdot v^2}{Di \cdot 2 \cdot g} \quad (4)$$

Δp = perda de carga na tubulação (m);
 f = fator de fricção ou coeficiente de atrito (adimensional);
 Leq = comprimento equivalente(m);
 v = velocidade (m/s)
 g = aceleração da gravidade (9,8 m/s²);
 Di = diâmetro interno da tubulação (m);
 2 = constante

Aplicação da Equação da Energia para o cálculo da Altura Manométrica Total (AMT ou HTotal) do sistema:

$$HTotal = HGeos + \Delta PSuc + HGeod + \Delta PDesc \quad (5)$$

Onde:

HTotal = Altura total do sistema (mca);

HGeos = Altura geométrica de sucção (m);

$\Delta PSuc$ = Perda de carga na tubulação de sucção (mca).

HGeod = Altura geométrica de descarga (m);

$\Delta PDesc$ = Perda de carga na tubulação de descarga (mca);

3.2.9. Altura manométrica total

Este parâmetro é, a altura entre a sucção da bomba e o reservatório que bomba irá succionar a água, é considerada a altura, o DP de sucção, a descarga e o DP do equipamento.

3.2.10. Cálculo de NPHS disponível

NPSH é a quantidade de energia que existe em forma de pressão na sucção da bomba, o NPSH é um parâmetro que é responsável por mensurar a pressão atmosférica e a pressão da coluna de líquido para evitar a cavitação.

$$NPSH_{disp} = H_{atm} \pm H_{suc} - H_{vapor} - \Delta P_{suc} \quad (6)$$

Onde:

H_{atm} = Pressão atmosférica local em mca;

H_{suc} = Altura da sucção em mca;

H_{vapor} = Pressão do Vapor do Fluido em mca;

ΔP_{suc} = Perda de Carga na Sucção em mca.

3.2.11. Seleção da bomba

Selecionar a bomba através da vazão e da perda de carga total do sistema. Verificar se a bomba no ponto de operação atende a condição BEP (Best Efficiency Point – Ponto de Máximo Rendimento Hidráulico).

3.2.12. Cavitação da bomba

Após o cálculo do NPSH disponível da instalação e verificação do NPSH requerido pela bomba, temos que verificar se a bomba irá cavitatar.

Se o $NPSH_{Disp} \geq NPSH_{Req}$ não irá cavitatar (a cavitação nas bombas ocorre quando a pressão de um líquido a uma temperatura constante desce abaixo do ponto de pressão de vapor saturado (ou do ponto de ebulição). Quando ocorre cavitação, as bolhas de ar formam-se continuamente e colapsam (implodem) no líquido. Isto gera ruído e pode provocar danos na instalação).

Feito isso deve-se confirmar NPSH calculado e verificar o NPSH da bomba selecionada no catálogo do fabricante.

3.2.13. Seleção do motor elétrico

Para a seleção do motor elétrico, deve existir uma diferença entre a potência solicitada N_{Bomba} (potência na ponta do eixo) e a potência nominal do motor elétrico N_{Nom} , que na prática pode variar de 10% à 20%. Podemos descrever como:

$$N_{Nom} = (1,1 \text{ à } 1,2) * N_{Bomba} \quad (7)$$

Onde:

Até 2 cv - 20%

De 3 à 20 cv - 15%

Acima de 20 cv - 10%

3.2.14. Verificação de potência

Deve-se verificar qual a potência obtida na ponta do eixo do motor, desse modo:

$$N_{Bomba} = X \text{ cv} \quad (8)$$

Onde:

N_{Bomba} = Potência na ponta do eixo

X = Potência do motor a ser calculado

Após o passo acima, se deve aplicar o percentual em função de N_{Bomba} , desse modo:

$$NNom = X * 1,15 \rightarrow 1,15 * X \text{ cv} \quad (9)$$

Onde:

N_{Nom} = Potência nominal

X = Potência do motor a ser calculado

Logo após os cálculos necessários, e a potência (CV) ideal encontrada, o próximo passo é verificar no catálogo do fabricante o motor ideal. Para verificação o motor ideal, a potência obtida tem que ser igual ou aproximada a potência encontrada.

3.2.15. Conversão da vazão volumétrica

Considerando a vazão selecionada de $1.1 \text{ m}^3/\text{h}$ e convertendo m^3/h para m^3/s , obtem-se:

$$V = \frac{1.1 \text{ m}^3/\text{h}}{3600} \quad V = 0,00030 \text{ ou } 3,0 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s} \quad (10)$$

Onde:

V = Vazão

3.2.16. Velocidade do fluido

A norma ABNT 16.401-1 – item 12.1.4 define algumas velocidades recomendadas para sistemas hidráulicos:

Velocidade sucção: 1,2 à 2,1 m/s;

Velocidade de descarga: 2,4 à 3,6 m/s;

3.3 DIMENSIONAMENTO DO CIRCUITO

O dimensionamento será destrinchado em 9 passos:

- Dimensionamento hidráulico de sucção;
- Dimensionamento hidráulico de descarga;
- Altura Manométrica Total;
- Cálculo NPSH;
- Seleção da bomba;
- Verificação ponto BEP;
- Verificação de cavitação na bomba;
- Seleção de motor elétrico;
- Dimensionamento resistência elétrica.

3.3.1 Dimensionamento hidráulico sucção

3.3.1.1 Conversão da vazão volumétrica

Conversão da vazão volumétrica: m³/h para m³/s

Como a equação (10), temos:

$$V = 3,0 * 10^{-4} \frac{m^3}{s}$$

3.3.1.2 Definição de velocidade para sucção

A norma ABNT 16.401-1 – item 12.1.4 define algumas velocidades recomendadas para sistemas hidráulicos:

Velocidade sucção: 1,2 à 2,1 m/s Definido para projeto 1,6 m/s

De posse da velocidade, calcular a área interna do tubo (A_{Int}):

Como na equação (1), temos:

$$A_{Int} = 0,0001875 \text{ m}^2 = 187,5 \text{ mm}^2$$

3.3.1.3 Seleção de tubulação de sucção conforme diâmetros comerciais

Para área interna de 187,5 mm², (encontramos na Tabela 1) que o tubo comercial mais próximo deste valor é de ½ polegadas – schedule 40,

$$A_{\text{Int}} = 196 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diâmetro Interno} = 15,80 \text{ mm} = 0,0158 \text{ m}$$

$$\text{Diâmetro Externo} = 21,34 \text{ mm} = 0,02134 \text{ m}$$

Tabela 1 – Dimensionamento de Tubos de Aço

Diâmetros				Espessura da parede do tubo mm	Peso por metro de tubo Kg/m	Área interna do tubo mm ²	Área superficial por metro de comprimento	
Diâmetro Nominal in	mm	Sd	Diâmetro externo mm	Diâmetro interno mm			Externa m ²	Internam ²
1/4	8	40 80	13.73	9.25 7.67	2.24 3.02	67.1 46.2	0.043 0.043	0.029 0.024
3/8	10	40 80	17.14	12.52 10.74	2.31 3.20	84.4 90.7	0.054 0.054	0.039 0.034
1/2	15	40 80	21.34	15.80 13.87	2.77 3.73	126.5 151.1	0.067 0.067	0.050 0.044
3/4	20	40 80	26.67	20.93 18.85	2.87 3.91	168.2 219.0	0.084 0.084	0.066 0.059
1	25	40 80	33.41	26.64 24.31	3.38 4.55	250.6 323.0	0.105 0.105	0.084 0.076
1. 1/4	32	40 80	42.16	35.05 32.46	3.56 4.85	338.0 445.0	0.132 0.132	0.110 0.102
1. 1/2	40	40 80	48.25	40.89 38.10	3.68 5.08	405.0 540.0	0.152 0.152	0.128 0.120
2	50	40 80	60.33	52.51 49.25	3.91 5.54	543.0 747.0	0.190 0.190	0.165 0.155
2. 1/2	65	40 80	73.02	62.71 59.00	5.16 7.01	862.0 1140.0	0.229 0.229	0.197 0.185
3	80	40 80	89.91	77.93 73.66	5.49 7.62	1127.0 1525.0	0.279 0.279	0.245 0.231
4	100	40 80	114.30	102.26 97.18	6.02 8.56	1604.0 2228.0	0.359 0.359	0.321 0.305
6	150	40 80	168.27	154.05 146.33	7.11 10.97	2822.0 4249.0	0.529 0.529	0.484 0.460

Fonte: ASHRAE HANDBOOK – HVAC System–Ref.: AST M B36.10

3.3.1.4. Recálculo da velocidade de sucção conforme tubo selecionado

Como na equação (1), temos:

$$v = \frac{3,0 \times 10^{-4} \frac{\text{m}^3}{\text{s}}}{1,96 \times 10^{-4} \text{m}^2}$$

$$v = 1,5 \text{ m/s}$$

3.3.1.5. Cálculo do número de Reynolds

Como na equação (2), temos:

$$R_e = 1,5 * \frac{0,0158}{1*10^{-6}} \rightarrow R_e = 23.700 \text{ (Turbulento)}$$

3.3.1.6. Coeficiente de perda de carga distribuída ou fator de atrito (f)

Como na equação (3), temos:

Cálculo:

$$f = 0,11 * ((0,15/15,8) + (68/23.700)) * 0,25$$

$$f = 0,07191$$

3.3.1.7 Cálculo do comprimento equivalente (Leq)

$$Leq \text{ total} = \text{Trechos retos de tubulação} + \text{singularidades}$$

Trechos retos de tubulação= 0,5 m

Singularidades:

- 01 Válvula Gaveta diâmetro 1/2" = 0,1 m
- 01 Válvula solenoide 1/2 = 0,1m
- 01 Filtro y= 1,1 m

$$Leq \text{ total} = 0,5 + 0,1+0,1+1,1= 1,8\text{m}$$

3.3.1.8 Cálculo de perda de carga (Δp)

Para o cálculo da perda de carga será utilizada a equação de Darcy-Weisback :

Como na equação (4), temos:

$$\Delta P = 0,0791 * \frac{1,8 * 1,52}{0,0158 * 2 * 9,8}$$

$$\Delta P = 1,03 \text{ M}$$

3.3.2 Dimensionamento Hidráulico Descarga

3.3.2.1. Conversão da vazão volumétrica

Conversão da vazão volumétrica: m³/h para m³/s

Como na equação (10), temos:

$$V = 3,0 * 10^{-4} \text{ m}^3/\text{s}$$

3.3.2.2. Definição de velocidade para descarga

A norma ABNT 16.401-1 – item 12.1.4 define algumas velocidades recomendadas para sistemas hidráulicos:

Velocidade descarga: 2,4 a 3,6 m/s → Definido para projeto 3,0 m/s

De posse da velocidade, calcular a área interna do tubo (A_{Int}):

Como na equação (1), temos:

$$\rightarrow A_{Int} = 0,00030 \text{ m}^3/\text{s}$$

$$A_{INT} = 0,0001 \text{ M}^2 = 100 \text{ MM}^2$$

3.3.2.3. Seleção de tubulação de sucção conforme diâmetros comerciais

Para área interna de 100 mm², o tubo comercial mais próximo deste valor é de 3/8 polegadas – schedule 40:

$$A_{Int} = 123,2 \text{ mm}^2$$

$$\text{Diâmetro Interno} = 12,52 \text{ mm} = 0,01252 \text{ m}^3.$$

3.3.2.4. Recálculo da velocidade de sucção conforme tubo selecionado

Como na equação (1), temos:

$$V = 2,4 \frac{\text{m}}{\text{s}}$$

3.3.2.5. Cálculo do número de Reynolds

Como na equação (2), temos:

$$R_e = 30.048 \text{ (TURBULENTO)}$$

3.3.2.6. Coeficiente de perda de carga distribuída ou fator de atrito (f)

Como na equação (3), temos:

$$f = 0,0625$$

3.3.2.7. Cálculo do comprimento equivalente (Leq)

$$\text{Leq total} = \text{Trechos retos de tubulação} + \text{singularidades}$$

Trechos retos de tubulação = 4 m

Singularidades:

- 02 cotovelo 90° raio médio = 0,4 m
- 1 válvula gaveta diâmetro 1/2 = 0,1m
- 1 válvula solenoide diâmetro 1/2 = 0,1m
- 1 filtro 1/2 = 2,5
- 1 válvula globo aberto (item substituído pelo motor pois não temos a perda de carga do sistema do carro = 11,1 m

$$\text{Leq total} = 4 + 0,4 + 0,1 + 0,1 + 2,5 + 11,1 = 18,2$$

$$\text{Leq total} = 18,2 \text{ m}$$

3.3.2.8. Cálculo de perda de carga (Δp)

Para o cálculo da perda de carga será utilizada a equação de Darcy-Weisback:

Como na equação (4), temos:

$$\Delta P = 26,7 \text{ M}$$

3.3.3. Altura Manométrica Total

Aplicando a equação da Energia, temos:

Como na equação (5), temos:

$$H_{Total} = 30 \text{ mca}$$

3.3.4 Cálculo do NPSH

Como na equação (4), temos:

$H_{atm} \rightarrow$ Local São Paulo $\rightarrow P_{atm}$: 700 mmHg $\rightarrow$ 9,54 mca

$$H_{suc} = 0 \text{ m}$$

$$H_{vapor} = 7,18 \text{ mca} - 90^{\circ}\text{C} \text{ – (ver na tabela 2)}$$

$$\Delta p_{suc} = 1,8 \text{ mca (calculado)}$$

Tabela 2 – Temperatura por pressão de vapor

Temperatura	Pressão de vapor
°C	m
15	0,17
20	0,25
25	0,33
30	0,44
40	0,76
50	1,26
60	2,03
70	3,20
80	4,96
90	7,18
100	10,33

Fonte: (www.vaportec.com.br)

$$NPSH_{disp} = 9,54 + 0 - 3,20 - 1,03$$

$$NPSH_{disp} = 5,31 \text{ mca}$$

3.3.5 Seleção da bomba

De posse dos dados de vazão e Altura Manométrica Total, podemos realizar a seleção da bomba:

Vazão = 1,1 m³/h

H_{total} = 30 m

Dados selecionados:

Fabricante: KSB

Modelo: 21-150

Rotação: 3500 rpm

Diâmetro do Rotor: 147 mm

Rendimento da Bomba: 30%

NPSH requerido: 1,4 m

Potência na Ponta do Eixo BHP (BkW): 1,6 hp (1,19 kW)

3.3.6 Verificação do ponto BEP

Deve-se verificar se a bomba, no ponto de operação, atende a condição BEP (Best Efficiency Point – Ponto de Máximo Rendimento Hidráulico).

Ponto BEP para o Rotor Selecionado:

- Rendimento: 30%
- Vazão: 3 m³/h
- Condição de Operação da Bomba: 1,1 m³/h
- Faixa Preferencial (30% à 110% da Vazão BEP): 0,9 à 3,3 m³/h
- Faixa Admissível (20 à 120% da Vazão BEP): 0,6 à 3,6 m³/h

3.3.7 Verificação se sofrerá cavitação

Após cálculo do NPSH disponível (NPSH_{disp}) da instalação e verificação do NPSH requerido (NPSH_{req}) pela bomba, é realizada a verificação:

$$NPSH_{disp} \geq NPSH_{req}$$

$$5,31 > 1,4$$

Foi concluído que não haverá cavitação na bomba.

3.3.8 Seleção do Motor Elétrico

Para a seleção do motor elétrico, deve existir uma diferença entre a potência solicitada N_{Bomba} (potência na ponta do eixo) e a potência nominal do motor elétrico N_{Nom} , que na prática pode variar de 10 à 20%. Podemos descrever como:

$$N_{Nom} = (1,1 \text{ à } 1,2) * N_{Bomba}$$

Onde:

Até 2 cv	20%
De 2 à 20 cv	15%
Acima de 20 cv	10%

Verificar qual a potência na ponta do eixo do motor

Como na equação (8), temos:

$$N_{Bomba} = 6,0 \text{ cv}$$

Devemos aplicar o percentual em função do N_{Bomba} . Neste caso temos:

Como na equação (9), temos:

$$N_{Nom} = 1,84 \text{ cv}$$

Tabela 3 – Potência nominal

Potência Nominal	
cv ou HP	kW
1,0	0,75
1,5	1,1
2,0	1,5
3,0	2,0
4,0	3,0
5,0	3,7
6,0	4,5
7,5	5,5
10	7,5
12,5	9,2
15	11
20	15
25	18,5
30	22
40	30
50	37
60	45
75	55
100	75

Fonte: (www.weg.net)

Conforme catálogo do fabricante e informações encontradas na tabela 3 o motor selecionado para o nosso projeto será o motor de 2 cv de potência.

3.3.9 Dimensionamento da Resistência Elétrica

Para realizar o cálculo de energia necessária para aquecimento de um determinado volume de água utilizamos:

$$Q = \frac{c \cdot v \cdot (T_f - T_i)}{3600} \quad (11)$$

Onde:

Q= Energia necessária para aquecimento

V= Volume de água

Tf= Temperatura final

Ti= Temperatura inicial

C= Calor específico (4,2 água)

Temos:

$$Q=(4,2*20*(100-20))/360$$

$$Q=1,876 \text{ Kw}$$

Com este dado, podemos realizar o cálculo do tempo necessário para aquecimento do volume de água, de acordo com a potência da resistência conforme fórmula abaixo:

$$T = \frac{Q}{P} \quad (12)$$

Onde:

T= Tempo necessário para aquecimento

Q= Energia

P= Potência

Logo para o sistema ter mais produtividade de aquecimento de água do que o veículo, que aquece em 15 minutos, foram utilizados os dados para simular aquecimento em T=10 minutos, T=0,17 (décimo de hora):

$$0,17=1,876/P$$

$$P=11,03 \text{ KW}$$

Devido à alta potência necessária para aquecimento em 10 minutos, tivemos dificuldade de encontrar resistências similares no mercado, com dimensões para adaptar no sistema, além do alto consumo e custo de investimento que inviabilizaria o projeto.

Para nosso sistema foi escolhido uma resistência de 3 KW, apresentando os seguintes resultados:

$$T=1,876/3$$

$$T=0,62\text{h}$$

T= 38 minutos para aquecimento do reservatório com 20L de água

Este dado nos faz concluir que a utilização de uma resistência é inviável se comparada com a alternativa da utilização do carro com a motorização ligada, senão for pelo alto investimento e consumo de uma resistência mais potente, será pela baixa eficiência e produtividade ao utilizar uma resistência de menor potência.

3.4 CONSTRUÇÃO DA MÁQUINA

Será abordado de forma detalhada as etapas de construção do projeto, envolvendo materiais, construção mecânica e montagens.

3.4.1 Construção do Sistema Hidráulico

Com os cálculos realizados de dimensionamento da vazão necessária para a escolha da bomba, pressão na tubulação e conexões foi aplicado na prática para a execução da construção da parte hidráulica do projeto, para definir quais seriam as dimensões das mangueiras, onde devem aguentar a pressão, vazão e temperatura necessária, de modo que não haja falha no sistema.

Foram utilizadas conexões em latão, conforme figura 5, pois são próprias para essa aplicação, onde exige um material que aguente altas temperaturas (acima de 90°C). Essas conexões serão utilizadas em todo o circuito hidráulico, onde passará pela bomba, válvulas solenoides, reservatórios e no próprio circuito do veículo.

Figura 5 – Conexões de latão



Fonte: (Imagem de autoria própria)

O controle das válvulas solenoides será feito pelo painel central de controle, onde terão luzes indicando qual processo (1, 2 ou 0) a máquina realizará naquele momento. Possuem quatro válvulas solenoides (uma válvula controlada por corrente elétrica, onde possui um êmbolo que realizará a abertura ou o fechamento da válvula), e uma válvula seletora com três posições. A máquina contém dois galões, sendo um para realizar a limpeza e o outro para adicionar o aditivo.

Para que o líquido dos galões não se misture, existem válvulas solenoides nas entradas e saídas de cada galão. Quando estiver no processo 1, as válvulas do galão de limpeza estarão abertas e as duas válvulas do galão do aditivo, fechadas. No processo 2

será ao contrário, as válvulas do aditivo estarão abertas. Já no processo 0, todas as válvulas estarão fechadas.

3.4.2 Construção do Projeto

Para construção da estrutura da máquina, foram feitas as medições dos galões com a capacidade de 20 litros cada, mostrado na figura 6, os mesmos se tornaram os reservatórios do líquido de arrefecimento. Realizamos os cálculos de altura e largura do gabinete, para que não houvesse erro na construção.

Figura 6 – Medição da altura do galão



Fonte: (Imagem de autoria própria)

Cada galão possui 36 cm de altura, portanto com os dois galões, temos 72 cm de altura. Após inúmeras tentativas e conversas, chegamos à conclusão de que precisaríamos de uma altura de 80 cm para ter uma folga, conforme figura 7.

Figura 7 – Cálculo de dimensões de altura e largura

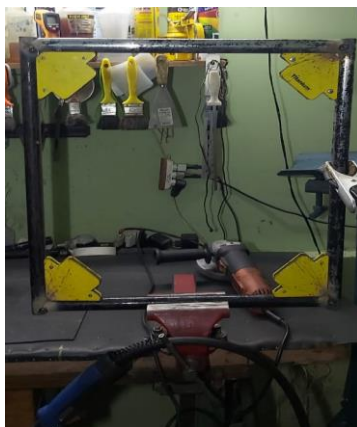


Fonte: (Imagem de autoria própria)

Após as medidas tiradas, foram realizados os cortes nas barras de ferro que foram utilizadas para a construção da estrutura da máquina (Gabinete). Concluindo a etapa de corte, as barras foram alinhadas nas posições determinadas para estrutura do gabinete da máquina, como mostra a figura 8, para ter a noção de como ficaria e alinhar as próximas medidas e posições para futuras etapas do posicionamento dos equipamentos.

A estrutura começou a ser soldada pela base, pois é a parte onde irá ficar sustentado todo o peso da máquina e por esse motivo é a parte mais importante da estrutura. Foram tomados os devidos cuidados para que não houvesse desalinhamento em relação as outras partes e até mesmo nos tubos de sustentação.

Figura 8 – Alinhamento e posicionamento da base



Fonte: (Imagem de autoria própria)

Com a base montada e soldada iniciamos a construção do corpo estrutural do gabinete, o qual é responsável pelo fechamento da máquina.

Outra parte importante foi a confecção de uma segunda base localizada no meio da estrutura, figura 9, feita para suportar o segundo reservatório de líquido de arrefecimento, essa parte da estrutura conta com canos cortados e soldados para suportar o peso do reservatório cheio, que chegaria a pesar até 30 kg na base secundária.

Figura 9 – Construção da estrutura e segunda base



Fonte: (Imagem de autoria própria)

Com a conclusão das etapas anteriores, foi finalizada toda parte estrutural da montagem e solda da estrutura, sendo assim temos o gabinete pronto, como mostra a figura 10, para receber o painel de controle e os reservatórios do líquido de arrefecimento.

Figura 10 – Estrutura do gabinete concluída



Fonte: (Imagem de autoria própria)

3.5 DIMENSÃO DA MÁQUINA

O dimensionamento da máquina foram divididos em 3 partes, dimensionamento externo (tabela 4), dimensionamento interno (tabela 5) e por fim as dimensões do painel (tabela 6).

Tabela 4 – Dimensões externas

Dimensões externas	
Altura	1118 mm
Largura	530 mm
Comprimento	500 mm

Fonte: (autoria própria)

Tabela 5 – Dimensões internas

Dimensões internas	
Altura	1076 mm
Largura	475 mm
Comprimento	430 mm

Fonte: (autoria própria)

Tabela 6 – Dimensões do painel

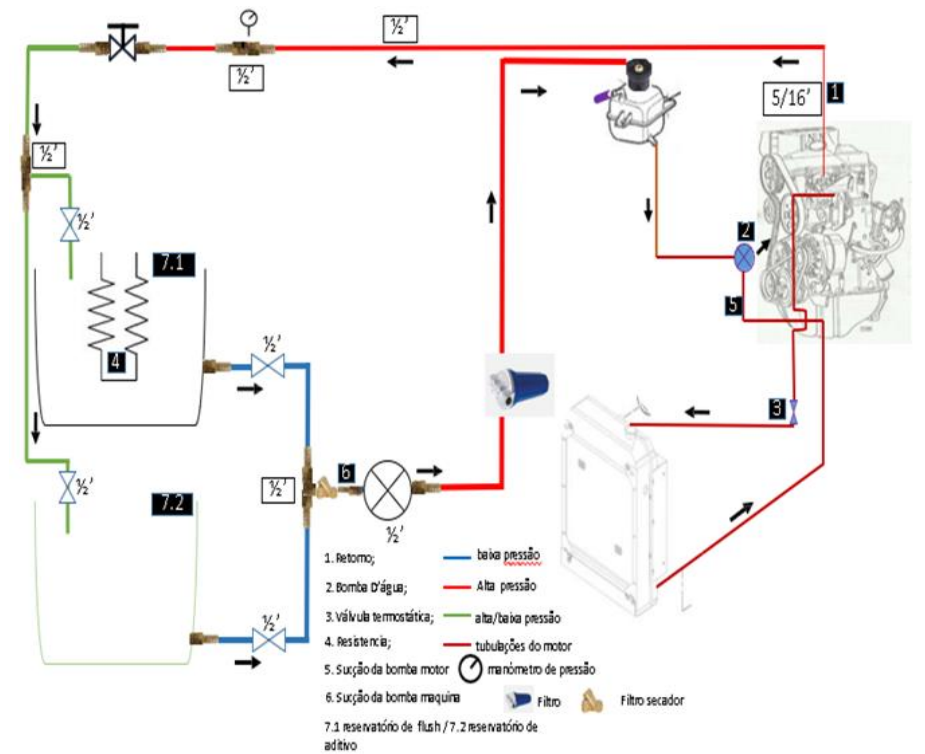
Dimensão do painel	
Altura	200 mm
Largura	200 mm
Comprimento	100 mm

Fonte: (autoria própria)

3.6 ESQUEMA HIDRÁULICO

O esquema hidráulico, apresentado na figura 11, foi desenvolvido para facilitar o funcionamento da máquina e garantir que a mesma desempenhe suas funções com êxito.

Figura 11 – Esquema hidráulico

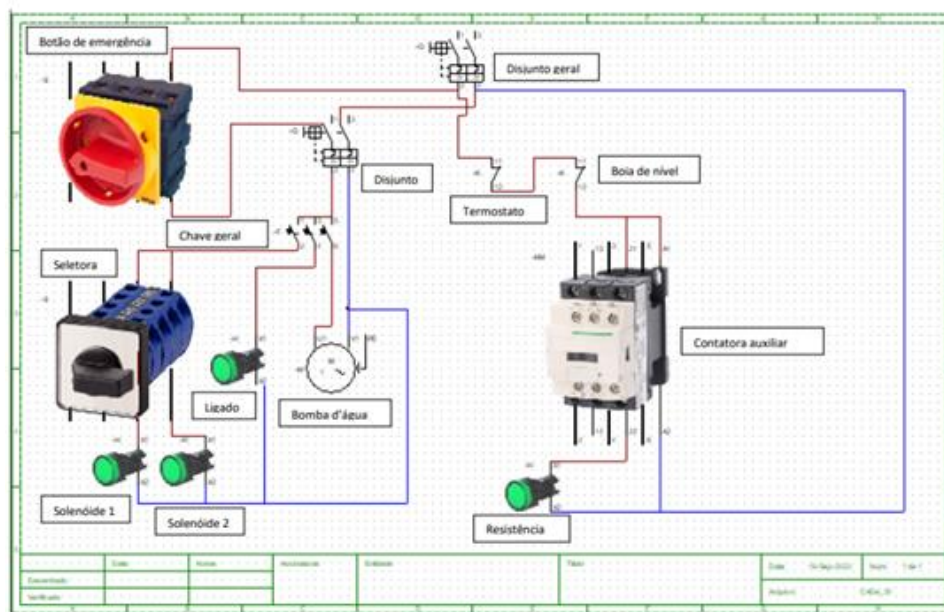


Fonte: (autoria própria)

3.7 ESQUEMA ELÉTRICO

Para que a máquina opere com segurança, foi projetado um esquema elétrico, mostrado na figura 12, para que torne possível a segurança e bom funcionamento sem danificar os componentes. O esquema elétrico da máquina é composto por 1 contatora, 1 rele térmico, 1 botão de emergência, 5 sinalizadores sendo: 1 de máquina ligada, 1 resistência ligada, 1 de baixo nível, 1 para sinalizar a posição da limpeza, 1 sinalizando a entrada de aditivo, 2 aditivos, 2 disjuntores de proteção e uma seletora para processo de limpeza e entrada de aditivo.

Figura 12 – Esquema elétrico



Fonte: (autoria própria)

3.8 PROCESSO DE LIMPEZA

Para realizar o processo de limpeza, utilizamos o produto flush com água no galão de 20 litros, este processo consiste em a bomba aspirar o líquido do galão 1, passando pela válvula solenoide e pelo filtro para reter sujeiras maiores, posteriormente, o líquido irá passar em um outro filtro para reter sujeiras menores e entrar no reservatório do carro. O processo dentro do carro passa pelo radiador chegando ao motor, e, é neste momento, que a válvula termostática estará aberta para que o líquido saia pelo retorno, passando pelo manômetro, válvula, esfera e pela válvula solenoide. Após esse processo, o líquido acaba voltando para o galão 1 e assim retomando o processo de limpeza, até que o mesmo esteja totalmente limpo.

O segundo reservatório é utilizado para inserir o aditivo e fazer a sangria. O caminho percorrido e a diferença dos processos, está na sangria, onde é utilizado o segundo galão. Para que estes processos ocorram, as válvulas solenoides fecham a entrada e saída do outro reservatório.

O manômetro tem um papel muito importante, sendo o responsável por marcar a pressão, principalmente quando ocorre o processo de diagnóstico de vazamento, pois ao fechar a válvula de retorno, o sistema de arrefecimento fica pressurizado com 2 bar, portanto, caso ocorra queda na pressão, será possível identificarmos o vazamento.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Os resultados obtidos no teste prático estão apresentados a seguir na tabela 7:

Tabela 7 – Resultados dos testes

Item	Tempo (min)	Temperatura (°C)
Carro	0	29
Aquecimento com o carro desligado	45	70
Aquecimento com carro ligado sem a máquina	10	90
Aquecimento com carro ligado com a máquina realizando a limpeza com a resistência desligada	15	65
Aquecimento com carro ligado com a máquina realizando a limpeza com a resistência ligada.	10	65
Limpeza	40	65
Sangria	15	65

Fonte: (autoria própria)

Concluimos que a utilização da resistência demanda um tempo maior para aquecer a água que vai para o motor, e a temperatura da água interna do galão acaba se misturando com a água de retorno do motor, conseqüentemente aquecendo por completo quando o carro está ligado e a resistência desligada, sendo assim, com os testes feitos, podemos afirmar que a água aquece mais rápido com o carro ligado do que com a resistência.

Com relação à limpeza, foi concluído que, com a utilização do filtro somado ao produto flush, a limpeza se torna eficaz, se o filtro estiver em uma condição de sujeira leve. Caso esteja em nível avançado de sujeira, será necessário a combinação dos 2 produtos. Com a utilização do filtro o desperdício de água é menor, pois é possível utilizar a mesma água várias vezes, sendo necessária a substituição somente do filtro.

Com relação ao teste de estanqueidade do sistema, foram realizados testes na prática, com pressurização do sistema de líquido de arrefecimento com a bomba hidráulica, ao fechar o registro de retorno, mantivemos uma pressão no sistema de 2 bar, onde pudemos encontrar possíveis vazamentos no sistema de arrefecimento. Através deste teste, concluímos que atingimos o objetivo.

Em relação ao veículo testado, (Fiat Palio), foi encontrado um nível de sujeira de 80% após a limpeza, com a utilização do filtro, a água retornou limpa. Sendo assim, concluímos que a máquina realiza o desafio proposto.

4.1 VAZÃO DO RETORNO CONFORME O RPM

Conforme a variação de RPM (tabela 8) foi possível verificar a quantidade de litros que saía do retorno por minuto, utilizando apenas o próprio sistema de arrefecimento do veículo.

Tabela 8 – Vazão do carro conforme RPM

Fiat Palio 1997 1.0 Fiasa		
RPM	Litros	Minutos
880	1	3
1200	1	1,3
2000	1	1
3000	1	0,5

Fonte: (autoria própria)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS / CONCLUSÕES

Ao analisar o processo de limpeza de arrefecimento, foi possível notar sua complexidade, além de grandes perdas como de água, tempo e dinheiro, tendo em vista que é necessário a contratação de um ou mais funcionários para sua perfeita execução. Com o intuito de otimizar um processo tão importante e necessário, foi desenvolvido um projeto técnico, no qual o objetivo principal foi otimizar o tempo para sua execução, bem como evitar o desperdício de água e economia de dinheiro.

Com foco na resolução dos problemas já citados, foi desenvolvida a TECNOFLUSH, onde foi possível realizar o mesmo processo com menos volume de água, e com um diferencial de checagem de pressão interna do sistema de arrefecimento. Desta forma, foi possível notar uma significativa economia financeira decorrente a diminuição de desperdício de água, além de agregar positivamente do ponto de vista ecológico.

Ao analisar o tempo utilizado, foi possível notar que com a utilização da máquina TECNOFLUSH, o processo foi realizado em 135 minutos (2 horas e 15 minutos), em comparação com outras máquinas, onde a execução da mesma função, levou em média 150 minutos (2 horas e 30 minutos), ou com a realização do processo de forma manual, sem auxílio de máquinas, levou em média 210 minutos (3 horas e 30 minutos). Desta forma, foi possível concluir que a economia de tempo é significativa em ambas as comparações, tendo maior ganho quando comparado com o sistema manual de 35,7%.

Um ponto extra de melhoria positiva alcançado foi referente ao trabalho braçal dos funcionários, aumentando também a produtividade e disposição para execução de outras atividades.

6. Referências Bibliográficas

“Bandeiras Tarifárias - 3E Por que existe? Como funciona? Vamos te falar!” 3E, 1 Dec. 2020, <https://3euel.com/bandeiras-tarifarias/> .

Como funciona o sensor de temperatura do carro? <https://www.moura.com.br/blog/sensor-de-temperatura/> . Accessed 07 Nov. 2022.

Como calcular o tempo necessário para aquecer a água. https://www.ehow.com.br/calcular-necessario-aquecer-agua-como_292967/ . Accessed 02 Nov. 2022.

“Como Calcular Potencia, Corrente e Tensão.” Ensinando Elétrica | Dicas e Ensinaamentos, <https://ensinandoeletrica.blogspot.com/2015/02/como-calcular-potencia-corrente-e-tensao.html> . Accessed 01 Nov. 2022.

Disponível em: <https://www.vaportec.com.br/ind/wp-content/uploads/2020/01/tabela.jpg>
Acesso em: 30 nov. 2022.

Disponível em: <https://www.ferramentaskennedy.com.br/manual-maquina-de-troca-do-liquido-de-arrefecimento-ka-028-kitest.pdf/manual> . Acesso em: 30 nov. 2022.

Perda de Carga e Comprimento Equivalente. <https://docplayer.com.br/6199769-Perda-de-carga-e-comprimento-equivalente.html> Acesso em: 30 nov. 2022.

Produtos - Paraflu. Disponível em: <https://paraflu.ind.br/produtos/paraflu-bio-organico-pronto-para-uso/2> . Acesso em: 30 nov. 2022.

“Viscosidade Cinemática da Água {Atualizado em 2022}.” Materiais (PT), <https://www.materiais.gelsonluz.com/2018/12/viscosidade-cinematica-da-agua.html> . Accessed 02 Nov. 2022.

“Válvula solenóide- guia completo com tipos e opções.” MTIBrasil.com.br, <https://www.mtibrasil.com.br/artigos/valvula-solenóide.php> . Accessed 29 Nov. 2022.