

CENTRO PAULA SOUZA
FATEC SANTO ANDRÉ
Tecnologia em Eletrônica Automotiva

LUCA VASCONCELLOS MARQUES
VANDERSON DA SILVA PONTES
WENDEL SOUSA GARCIA

AUTOMATIZADOR DE AR-CONDICIONADO AUTOMOTIVO

Santo André

2023

LUCA VASCONCELLOS MARQUES
VANDERSON DA SILVA PONTES
WENDEL SOUSA GARCIA

AUTOMATIZADOR DE AR-CONDICIONADO AUTOMOTIVO

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso Tecnologia em Eletrônica Automotiva da Fatec orientada pelo Prof. Dr. Edson C. Kitani e coorientado pelo Prof. Me. Luis Roberto Kanashiro, com requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo em Eletrônica Automotiva.

Santo André
2023

FICHA CATALOGRÁFICA

G216a

Garcia, Wendel Sousa

Automatizador de ar-condicionado automotivo / Wendel Sousa Garcia, Luca Vasconcellos Marques, Vanderson da Silva Pontes. - Santo André, 2023. – 51f: il.

**Trabalho de Conclusão de Curso – FATEC Santo André.
Curso de Tecnologia em Eletrônica Automotiva, 2023.**

Orientador: Prof. Edson Kaoru Kitani

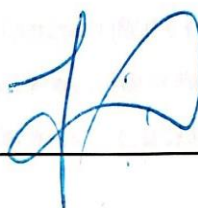
1. Eletrônica. 2. Automatizador de ar. 3. Ar-condicionado. 4. Automóveis. 5. Tecnologia. 6. Segurança. 7. Conforto térmico. I. Marques, Luca Vasconcellos. II. Pontes, Vanderson da Silva. III. Automatizador de ar-condicionado automotivo.

629.2

LISTA DE PRESENÇA

Santo André, 09 de dezembro de 2023.

LISTA DE PRESENÇA REFERENTE À APRESENTAÇÃO DO
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO COM O TEMA:
“AUTOMATIZADOR DE AR-CONDICIONADO AUTOMOTIVO” DOS
ALUNOS DO 6º SEMESTRE DESTA U.E.

BANCAPRESIDENTE:
PROFº EDSON CAORU KITANIMEMBROS:
PROF. LUIS ROBERTO KANASHIRO

PROF. MARCO AURÉLIO FRÓES

**ALUNOS:**

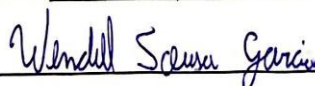
LUCA VASCONCELLOS MARQUES



VANDERSON DA SILVA PONTES



WENDEL SOUSA GARCIA



DEDICATÓRIA

Dedicamos este trabalho aos nossos familiares, orientadores e amigos, que nos apoiaram e instruíram para a realização desse projeto, sem eles não seria possível a finalização do mesmo.

AGRADECIMENTO

Agradecemos a nossas famílias pelo apoio durante toda essa jornada, aos nossos professores pelo auxílio para que pudéssemos chegar até aqui.

" O que sabemos é uma gota; o que ignoramos é um oceano." – Isaac Newton.

RESUMO

Os sistemas condicionadores de ar nos veículos são atualmente parte imutável de qualquer veículo. Seja comercial, passeio ou fora de estrada, o conforto térmico dos ocupantes não é deixado de lado nos veículos modernos. Atualmente, os veículos contam com um sistema de resfriamento, movido pelo movimento do motor, e um aquecedor, movido pelo calor gerado no motor do veículo. Além de proporcionar conforto térmico aos ocupantes, os sistemas condicionadores de ar, também tem papel importante na segurança do condutor, evitando embaçamento e congelamento dos vidros. Este trabalho consiste em uma programação aplicada no sistema de ar-condicionado do veículo visando evitar distrações dos motoristas e manter o conceito de conforto térmico dos ocupantes, a programação faz a leitura do sensor de temperatura interna e a partir da temperatura programada o circuito automaticamente aciona os módulos de vidro para o fechamento das janelas e após, o sistema de ar se inicia, mantendo uma temperatura 'agradável' para os ocupantes.

Palavras-chave: Sistemas Condicionadores de Ar, Conforto Térmico, Segurança.

Abstract

Air conditioning systems in vehicles are currently an immutable part of any vehicle. Commercial, passenger or off-road, the thermal comfort of the occupants is not left aside in modern vehicles. Currently, vehicles have a cooling system, powered by the movement of the engine, and a heater, powered by the heat generated in the vehicle's engine. In addition to providing thermal comfort to occupants, air conditioning systems also play an important role in driver safety, preventing fogging up and freezing from windows. This work consists of programming applied to the vehicle's air conditioning system in order to avoid distractions for drivers and maintain the concept of thermal comfort for the occupants. The programming reads the internal temperature sensor and based on the programmed temperature, the circuit automatically activates the glass modules for closing the windows and then the air system starts, maintaining a 'pleasant' temperature for the occupants.

Keywords: Air Conditioning Systems, Thermal Comfort, Safety

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1: COMPRESSOR DE DESLOCAMENTO FIXO EM CORTE	18
FIGURA 2: ESQUEMA DE UM COMPRESSOR VARIÁVEL.	19
FIGURA 3: CONDENSADOR AUTOMOTIVO.....	20
FIGURA 4: EVAPORADOR AUTOMOTIVO.	21
FIGURA 5: FILTRO SECADOR AUTOMOTIVO.....	22
FIGURA 6: DISPOSITIVO DE EXPANSÃO.	22
FIGURA 7: TRANSDUTOR DE PRESSÃO.	23
FIGURA 8: MOCK-UP DO SISTEMA QUE SIMULA O FUNCIONAMENTO DO AR-CONDICIONADO.....	25
FIGURA 9: MOTOR TRIFÁSICO QUE IMPULSIONA O SISTEMA.	26
FIGURA 10: COMPRESSOR DE AR-CONDICIONADO DO SISTEMA.	27
FIGURA 11: PLACA DE RELÉS DE ID-75 DE 8 CANAIS.	28
FIGURA 12: CONJUNTO CONDENSADOR E VENTILADOR DO SISTEMA.....	29
FIGURA 13: MICROCONTROLADOR PIC18F4550.....	30
FIGURA 14: POSIÇÃO DO SENSOR LM35.	30
FIGURA 15: PINOS SENSOR LM35.....	31
FIGURA 16: POSIÇÃO DAS LÂMPADAS DE AQUECIMENTO NO SETUP.....	32
FIGURA 17: MATRIZ DE RELÉS QUE OPERA O SISTEMA.	33
FIGURA 18: PINOS DA PORTA RB, UTILIZADAS PARA CONTROLAR O MOCK-UP.	34
FIGURA 19: FUNÇÃO DO ESCALONADO EM LINGUAGEM C	35
FIGURA 20: BOTOEIRA ANEXADA NA LATERAL DA BANCADA.	38
FIGURA 21: ROTINA DE PARTIDA DO SISTEMA EM LINGUAGEM C.....	39

Lista de quadros

QUADRO 1: ESPECIFICAÇÃO DO MOTOR ELÉTRICO EBERLE, MODELO B80 B2.	26
QUADRO 2: PRIMEIRA CONFIGURAÇÃO DA BANCADA	37
QUADRO 3: SEGUNDA CONFIGURAÇÃO DA BANCADA.....	37
QUADRO 4: TERCEIRA CONFIGURAÇÃO DA BANCADA	38

LISTA DE ABREVIACÕES

RPM.	Rotações por minuto
IDE	Integrated Development Environment
IHM	Interface Homem Máquina
CV... ..	Cavalo Vapor

SUMÁRIO

1.	INTRODUÇÃO	14
1.1.	Motivação	15
1.2.	Objetivo	15
2.	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERÊNCIAL TEÓRICO	16
2.1.	Histórico	16
2.2.	Componentes	17
2.2.1.	Compressor	17
2.2.2.	Condensador	19
2.2.3.	Evaporador	20
2.2.4.	Filtro Secador	21
2.2.5.	Dispositivo de Expansão	22
2.2.6.	Transdutor de Pressão	23
3.	Desenvolvimento do protótipo.....	24
3.1.	Bancada de simulação	25
3.1.1.	Motor Trifásico.....	25
3.1.2.	Compressor	26
3.1.1.	Ventiladores Trocadores de calor	27
3.1.2.	PIC18F4550	29
3.1.3.	Sensor de Temperatura LM35	30
3.1.4.	Aquecedores	31
3.1.5.	Console de Relés	32
3.2.	Código	34
3.2.1.	Entradas Analógicas	34
3.2.2.	Entradas e Saídas Digitais	35
3.2.3.	Escalonador de Funções.....	35
4.	Testes e análise dos resultados.....	36
4.1.	Matriz de Relés	36
4.2.	Motor Trifásico.....	36
4.3.	Circuito do Ar-Condicionado	37
4.4.	Botoeira	38
4.5.	Partida do Sistema	39
5.	Conclusões	40
5.1	Propostas futuras	41
6.	REFERÊNCIAS.....	42
7.	APÊNDICES	43

1. INTRODUÇÃO

Atualmente, as pessoas buscam mais comodidade no dia a dia e acabam optando por usar seus veículos particulares ou por aplicativos de transporte para se locomover. Com isso a demanda de veículos circulando nas ruas vem se tornando cada vez maior, assim como a emissão de gases poluentes e congestionamento.

Devido a emissão de gases gerados por veículos e sua produção em excesso por conta dos congestionamentos, o chamado “Efeito Estufa” vem se tornando um problema para a sociedade, pois a temperatura de nosso planeta está se elevando. Consequentemente, a maior parte dos veículos produzidos já saem de fábrica com um sistema de climatização instalado popularmente conhecido por ar-condicionado, que é um sistema com a finalidade de gerar um conforto térmico

Os fabricantes disponibilizam aos ocupantes um painel de comandos que permite que a temperatura interna do veículo seja controlada, assim como a intensidade que o ar será projetado, e em quais saídas ele irá passar. Cada vez mais essa tecnologia vai ficando mais avançada e mais sofisticada, tendo painéis mais ricos em detalhes e com controle mais preciso, saídas de ar mais bem distribuídas e mais unificadas para cada pessoa que está no interior do veículo se sentir mais confortável e mais bem atendida pelas funções que o ar-condicionado pode proporcionar.

Atualmente, o ar-condicionado é considerado indispensável para os condutores e os ocupantes do veículo, pois existem fatores de segurança, tais como, o descongelamento e o desembaçamento dos vidros que são solucionados pelo condicionador de ar. Essas funções ajudam muito em algumas condições do dia a dia, pois ajuda o motorista a ter uma melhor visão e dimensão da sua posição, e também ajuda a evitar acidentes por má visualização da via ou de outros veículos e situações ao redor.

Entretanto, ao controlar a temperatura do veículo por muitas vezes os motoristas acabam se distraindo e gerando acidentes. A distração é a causa de grande parte dos acidentes com veículos no mundo todo. E mesmo que por poucos segundos, o simples fato de ligar ou desligar o sistema de climatização pode custar a vida.

1.1. Motivação

A principal motivação para a produção deste trabalho, vem da possibilidade de criação de um sistema condicionador de ar automotivo capaz de se autorregular, mantendo assim o conforto térmico dos passageiros, sem causar riscos à saúde, como um choque térmico, por exemplo.

1.2. Objetivo

Baseado no conceito de conforto térmico este projeto irá automatizar a inicialização do sistema de climatização do veículo, dessa maneira pretende-se não somente manter os ocupantes com certo nível de conforto, mas também reduzir o número de acidentes no trânsito gerado por distrações, pois o motorista não irá mais precisar desviar sua atenção para realizar a regulagem do sistema mantendo-se focado 100% no trânsito e ainda sim em estado de conforto.

Espera-se que ao final deste trabalho, seja possível verificar o quão viável é a confecção de um sistema eletrônico, capaz de se autorregular para o controle de um sistema de ar-condicionado veicular.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA E REFERÊNCIAL TEÓRICO

Os sistemas de condicionamento de ar em veículos leves são compostos por vários componentes, incluindo o compressor, o condensador, o evaporador, a válvula de expansão e o filtro de ar. Cada um desses componentes desempenha um papel importante na operação do sistema como um todo.

O compressor é o coração do sistema de ar-condicionado e é responsável por comprimir o refrigerante. O condensador é responsável por dissipar o calor do refrigerante e convertê-lo de um gás quente para um líquido resfriado. O evaporador é responsável por absorver o calor do interior do veículo e converter o líquido refrigerante novamente em gás. A válvula de expansão é responsável por controlar o fluxo do refrigerante para o evaporador. O filtro de ar é responsável por limpar o ar antes que ele entre no sistema de ar-condicionado.

Existem muitos fatores que afetam o desempenho dos sistemas de ar-condicionado em veículos leves, incluindo a temperatura ambiente, a carga térmica do veículo, a velocidade do veículo e a umidade relativa. A eficiência do sistema também pode ser afetada pela manutenção inadequada, como falta de lubrificação adequada do compressor ou vazamentos no sistema.

2.1. Histórico

De acordo com o site CoyneCollege (COYNE COLLEGE, 2023), em seu artigo “*A Brief History of HVAC*”, o primeiro conceito de ar-condicionado foi apresentado por volta de 1840 pelo Doutor John Gorrie na Florida, que observou que a presença de uma superfície de baixa temperatura em um ambiente húmido com temperatura superior, é capaz de concentrar a condensação da água, portanto removendo parte da humidade no ar do ambiente.

Foi somente em 1902 que o engenheiro americano Willis Carrier inventou o primeiro sistema de ar-condicionado moderno, com a intenção de controlar a umidade do ar em uma gráfica de Nova York. De acordo com o artigo “*A Brief History of HVAC*”, o primeiro sistema de ar-condicionado da Carrier foi instalado em uma fábrica de impressão, mas seu sucesso levou a sua adoção em outros ambientes, como hospitais, cinemas e escritórios.

Durante a Segunda Guerra Mundial, os sistemas de ar-condicionado ganharam uma importância ainda maior, pois eram utilizados para controlar a temperatura e a umidade em fábricas de armamentos e em navios de guerra. De acordo com o artigo “*A Brief History of Air Conditioning*”, foi somente após a guerra que os sistemas de ar-condicionado se popularizaram em residências e veículos.

Com o passar dos anos, os sistemas de ar-condicionado evoluíram e passaram a contar com tecnologias mais avançadas, como a utilização de gás refrigerante e o controle automático da temperatura. Além disso, as preocupações com a eficiência energética e a sustentabilidade levaram ao desenvolvimento de sistemas mais econômicos e menos poluentes.

De acordo com o *site* BBC News (BBC, 2023), em seu artigo “*How air conditioning changed the world*”, uma das preocupações atuais é o impacto ambiental causado pelos sistemas de ar-condicionado, que consomem uma grande quantidade de energia e utilizam gases refrigerantes que contribuem para o efeito estufa. Por essa razão, muitos países têm investido em sistemas de ar-condicionado mais eficientes e menos poluentes.

2.2. Componentes

Esta seção discutirá os principais componentes que formam um sistema de ar-condicionado automotivo moderno.

2.2.1. Compressor

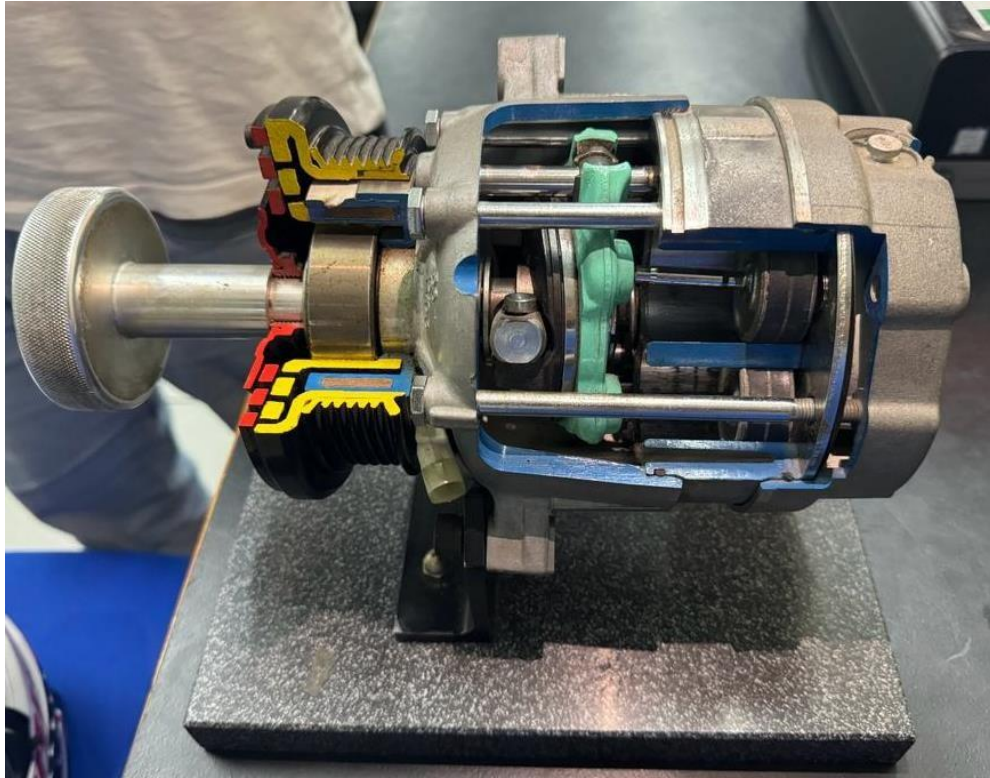
O compressor é um dos mais importantes elementos do sistema, pois é responsável por comprimir o gás refrigerante que circula pelo sistema, gerando o resfriamento do ar (KANASHIRO, 2023).

Existem três modelos muito comuns de compressores usado em sistemas de ar-condicionado veicular, sendo escolhido de acordo com o projeto do veículo. Entre eles está o alternativo de deslocamento fixo ilustrado na figura 1 e o alternativo de deslocamento variado ilustrado na figura 2.

O funcionamento dos compressores de deslocamento fixo se dá com o movimento das placas oscilantes e rotativas que são montadas no eixo, essa rotação converte em

movimento alternado dos pistões. A vazão do gás refrigerante é mantida pela diferença de pressão entre o pleno de sucção e o pleno de descarga. Logo, o volume do cilindro não varia junto com a rotação.

Figura 1: Compressor de deslocamento fixo em corte.

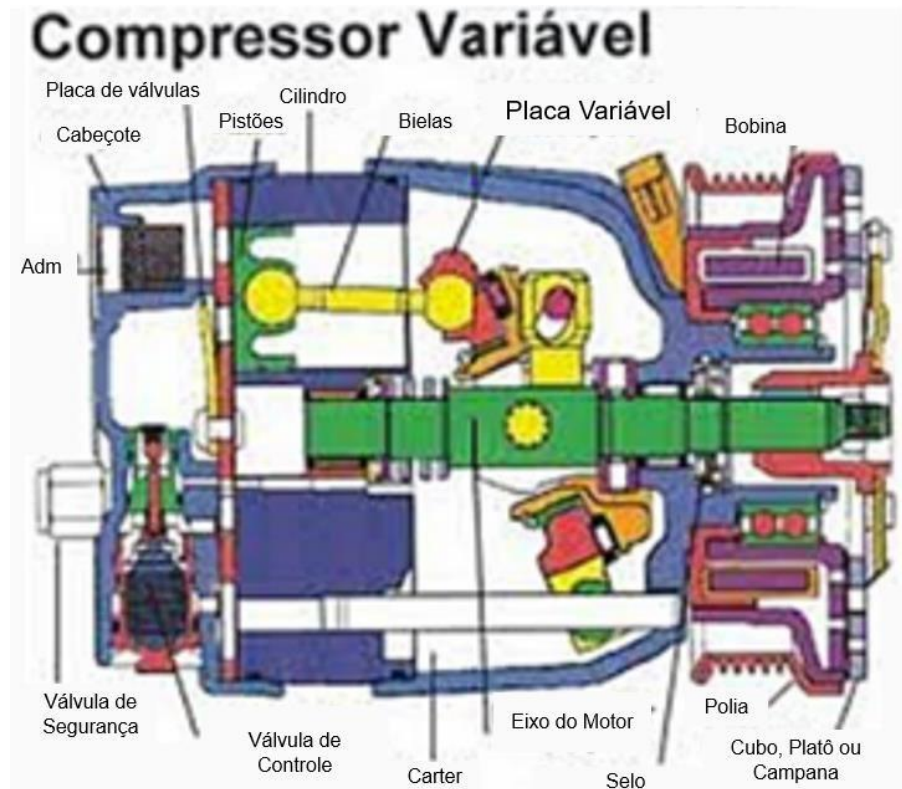


Fonte: Autoria própria, 2023

Já nos compressores de deslocamento variável, como na figura 2, o curso dos êmbolos varia com a rotação submetida e com a carga térmica.

Eles possuem uma válvula equalizadora de pressão que permite a variação da placa inclinada que por sua vez reduz o curso dos êmbolos. Esse tipo de compressor possui melhor eficiência que o citado anteriormente em climas amenos.

Figura 2: Esquema de um Compressor Variável.



Fonte: https://www.dbd.puc-rio.br/pergamum/tesesabertas/0812244_2014_completo.pdf

2.2.2. Condensador

Condensadores são trocadores de calor, ou seja, são responsáveis por dissipar calor, ocasionando na mudança de estado físico do fluido refrigerante que está sobre alta temperatura.

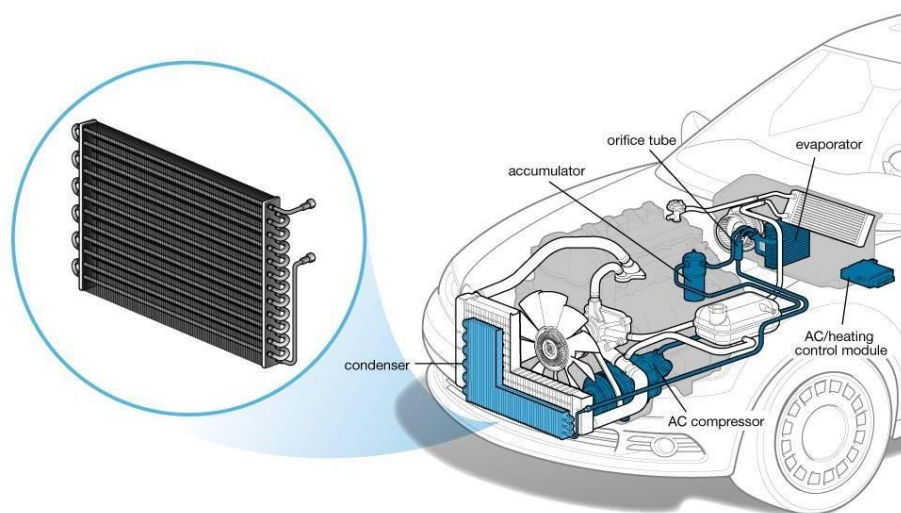
Segundo Martinelli (MARTINELLI, 2000) em seu artigo “Refrigeração e Ar-Condicionado”, o condensador é um trocador de calor que transforma o gás refrigerante em líquido. O processo ocorre da seguinte forma: o gás refrigerante, que circula pelo sistema, chega ao condensador em forma de vapor quente. Ao passar pelos tubos do condensador, o gás entra em contato com o ar externo, que é sugado por meio do ventilador do carro. A partir disso, ocorre a transferência de calor, em que o ar remove o calor do gás refrigerante, fazendo-o se condensar em líquido.

O condensador, como na figura 3, é constituído por uma série de tubos achatados, com aletas de alumínio acopladas, que formam canais por onde o ar passa. Esses tubos são responsáveis por conduzir o gás refrigerante pelo condensador, enquanto as aletas

de alumínio ajudam a dissipar o calor, aumentando a superfície de contato entre o ar e o gás refrigerante.

Outro aspecto importante a ser destacado é que a eficiência do condensador pode ser afetada por diversos fatores, como sujeira acumulada nas aletas, obstruções no sistema de ventilação, entre outros. Por isso, é fundamental que o condensador seja mantido em boas condições de funcionamento, por meio de manutenções regulares (KANASHIRO, 2023).

Figura 3: Condensador automotivo.



Fonte: <https://www.cars.com/auto-repair/glossary/ac-condenser/>

2.2.3. Evaporador

Segundo o site (SAMM'S HEATING AND AIR, 2023), no artigo *"What is an evaporator coil and why is it so important to maintain?"*, o evaporador é o elemento do sistema de ar-condicionado responsável por absorver o calor do ambiente, proporcionando uma troca térmica com o ar dentro da cabine.

Assim como na figura 4 são muito parecidos com condensadores, mas tem como objetivo evaporar o fluido, transferindo calor do ar ambiente a ser refrigerado para o fluido.

Figura 4: Evaporador automotivo.



Fonte: <https://www.cars.com/auto-repair/glossary/ac-condenser/>

2.2.4. Filtro Secador

Segundo Alora Bopray (BOPRAY, 2023) em seu artigo: “*What are filter driers?*”, o filtro secador tem a função de reter partículas e umidade no fluido refrigerante e no óleo usado para lubrificar o compressor, para que não ocorram danos ocasionados pela umidade ou partículas presentes no sistema.

Esse filtro é logo colocado depois do condensador, já que é o responsável de transformar o estado físico do fluido em líquido e consequentemente transformando o estado de outros compostos ali presente também.

Os filtros de sílica gel, como na figura 5 são compostos por uma mistura de sílica gel e alumina, que absorve a umidade presente no sistema.

Figura 5: Filtro secador automotivo.

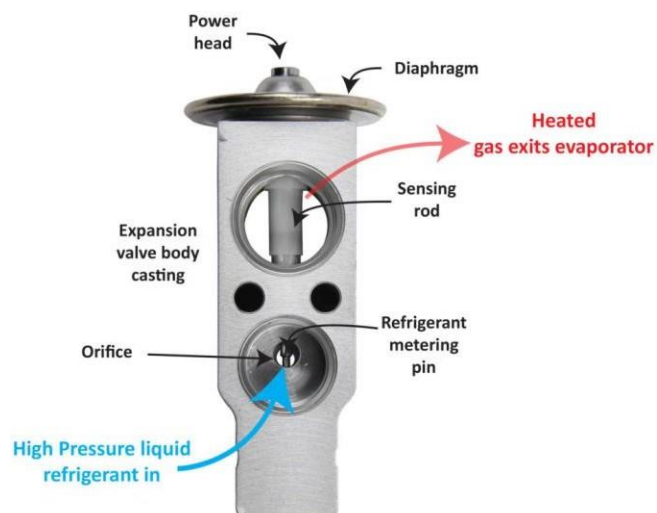


Fonte: <https://www.youtube.com/watch?v=me1FKIY76eM>

2.2.5. Dispositivo de Expansão

O dispositivo de expansão é ilustrado na figura 6, está localizado antes da entrada do evaporador, sua função é a de reduzir a pressão do refrigerante para que atinja a pressão de evaporação (KANASHIRO, 2023).

Figura 6: Dispositivo de Expansão.



Fonte: <https://ricksfreeautorepairadvice.com/what-is-an-automotive-expansion-valve/>

2.2.6. Transdutor de Pressão

Segundo o site *Omega Engineering* (OMEGA, 2023) em seu artigo “*What is a Pressure Transducer?*”, os transdutores de pressão como ilustrado na figura 7, são dispositivos que convertem a pressão mecânica em um sinal elétrico que pode ser lido por um computador ou outro dispositivo de controle.

Em sistemas de ar-condicionado veicular, os transdutores de pressão são usados para monitorar a pressão do refrigerante no sistema, permitindo que o sistema de controle ajuste a velocidade do compressor e mantenha uma pressão ideal.

Figura 7: Transdutor de Pressão.



Fonte: <https://lista.mercadolivre.com.br/transdutor-de-pressao-do-ar-condicionado>

3. DESENVOLVIMENTO DO PROTÓTIPO

O escopo deste projeto é desenvolver um novo hardware e software de controle em cima do trabalho “Implantação de um sistema eletrônico em uma bancada de sistema de ar-condicionado automotivo – Giga de teste”, realizado no ano de 2018 pelos alunos Matheus Yudi Makishi, Ricardo Estevam da Silva e Vítor Queiroz de Araújo (MAKISHI et. al. 2018) orientados pelos professores Luiz Vasco Puglia e Luís Roberto Kanashiro.

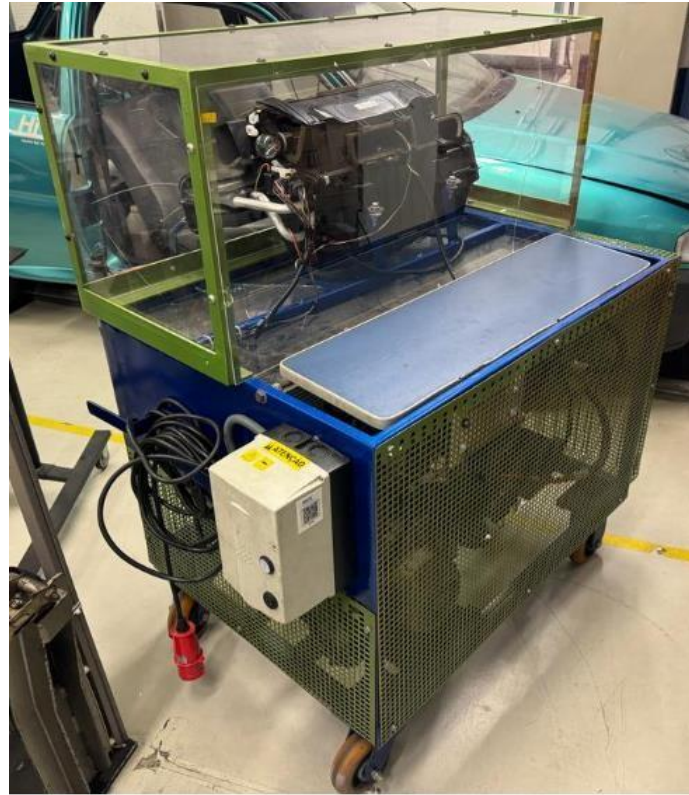
Este módulo de climatização, é o centro das atividades, recebendo toda a implementação e modificações necessárias. Esta giga de testes foi primeiramente concebida no ano de 2017, pelos alunos Henrique Gustavo Monteiro Corsi e Jorge Henrique dos Santos Ferreira, orientados pelo professor Luís Roberto Kanashiro. Em uma bancada de simulação, foram acoplados um motor elétrico, um condensador, um evaporador, um filtro-secador, um compressor e periféricos necessários. A figura 9, ilustra como ficou conjunto após a montagem final.

Idealizada para ser didática, o mock-up é amplo e de fácil visualização, contando com um sistema de climatização de um veículo comercial da empresa Mercedes-Benz, a giga de testes opera com um motor trifásico de 220V e 2 cavalos de potência, com rotação máxima de 3445 RPM a 60Hz controlado por uma simples contatora ON/OFF.

A segunda etapa da giga de testes, idealizada pelos alunos Matheus, Ricardo e Vitor, tinha como objetivo implementar um sistema de controle via software dos componentes disponíveis do mock-up, utilizando um microcontrolador Arduino e a linguagem *LabView* de programação.

Neste trabalho será substituído o controle do Arduino pela placa FATEC com o software de controle desenvolvido em linguagem C e manipulando alguns recursos, como pode ser visto na figura 8.

Figura 8: Mock-up do sistema que simula o funcionamento do ar-condicionado.



Fonte: Autoria própria, 2023

3.1. Bancada de simulação

Para este novo projeto, foi removido um dos sensores de temperatura e os motores de passo que controlam as portinholas da caixa de ar no topo do *mock-up*.

3.1.1. Motor Trifásico.

Para simular o funcionamento de um motor a combustão real, foi utilizado motor de indução trifásico modelo EBERLE B 80 B2, especificado no quadro 1 e ilustrado na figura 9, um motor de indução trifásico com 2 cavalos de potência, capaz de alcançar 5500 RPM (rotações por minuto), anexado a estrutura da bancada e ligado diretamente a rede elétrica 220V trifásico.

Figura 9: Motor trifásico que impulsiona o sistema.



Fonte: Autoria própria, 2023

Quadro 1: Especificação do Motor Elétrico Eberle, Modelo B80 B2.

EBERLE			
Motor de indução trifásico			
Modelo:	B 80 B2	RPM	3445
Nº	804	ISOL.	B
CV	2	Rendimento	81%
KW	1.5	Frequência	60Hz

Fonte: Implantação de um sistema eletrônico em uma bancada de sistema de ar-condicionado automotivo – Giga de teste

3.1.2. Compressor

Impulsionado pelo motor elétrico, um pequeno compressor ilustrado na figura 10, que movimenta o fluido refrigerante através do circuito.

Durante o funcionamento do simulador, o motor funciona ininterruptamente e o acionamento ou não do compressor é alcançado através de uma embreagem magnética que une a polia ao eixo do compressor, quando acionada.

A embreagem magnética faz parte do conjunto que deverá ser controlado pelo microcontrolador PIC18F4550 através de uma matriz de relés capaz de suportar a

corrente elevada que a embreagem drena. A embreagem está conectada ao relé IN1 da matriz, pilotado pelo pino digital RD3 do PIC.

Figura 10: Compressor de ar-condicionado do sistema, destacado em vermelho.



Fonte: Autoria própria, 2023

3.1.1. Ventiladores Trocadores de calor

O conjunto de trocadores de calor também está anexado na estrutura da bancada. O calor acumulado no condensador, é dissipado através do fluxo de ar gerado por um ventilador posicionado paralelamente ao condensador, assim como mostrado na figura 12.

Os ventiladores fazem parte do conjunto que deverá ser controlado pelo microcontrolador PIC18F4550 através de uma placa de relés de ID-75 de 8 canais ilustrada na figura 11, capaz de suportar a corrente elevada que seus motores drenam.

Figura 11: Placa de relés de ID-75 de 8 canais.



Fonte: Autoria própria, 2023

O Acionamento do ventilador do condensador e evaporador deverá ocorrer apenas quando o compressor do ar-condicionado for acionado também.

Os ventiladores do condensador e evaporador estão conectados aos relés IN2 e IN4, portanto são pilotados pelos pinos digitais RC6 e RA2 do PIC respectivamente.

Figura 12: Conjunto condensador e ventilador do sistema.

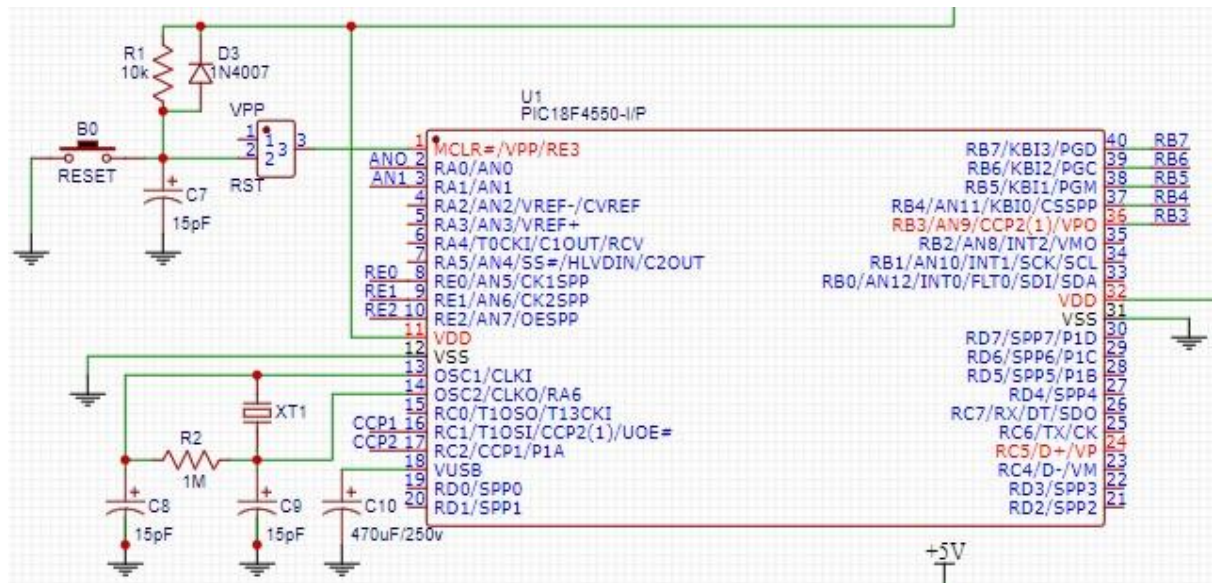


Fonte: Autoria própria, 2023

3.1.2.PIC18F4550

Para este projeto, está sendo utilizado o microcontrolador PIC18F4550 da fabricante Microchip modelo DIP, como mostrado na figura 13. Trata-se de um microcontrolador de 8 bits com 32kBytes de memória flash, 2k bytes de memória RAM e interface USB 2.0. Serão utilizadas duas portas analógicas configuradas como entradas (AN0 e AN1), sete portas digitais, sendo três configuradas como entrada (RE0, RE1 e RE2) e por fim quatro configuradas como saída (RC7, RC26, RD3 e RA2).

Figura 13: Microcontrolador PIC18F4550.



Fonte: Autoria própria, 2023

3.1.3. Sensor de Temperatura LM35

Para monitorar a variação de temperatura dentro do módulo, foi utilizado um sensor de temperatura LM35 posicionado em um dos lados do módulo como ilustrado na figura 14. Este sensor é responsável por medir a temperatura dentro do *mock-up* e indicar ao microcontrolador, quando os elementos de controle da temperatura devem ser acionados ou desacionados.

Figura 14: Posição do sensor LM35.

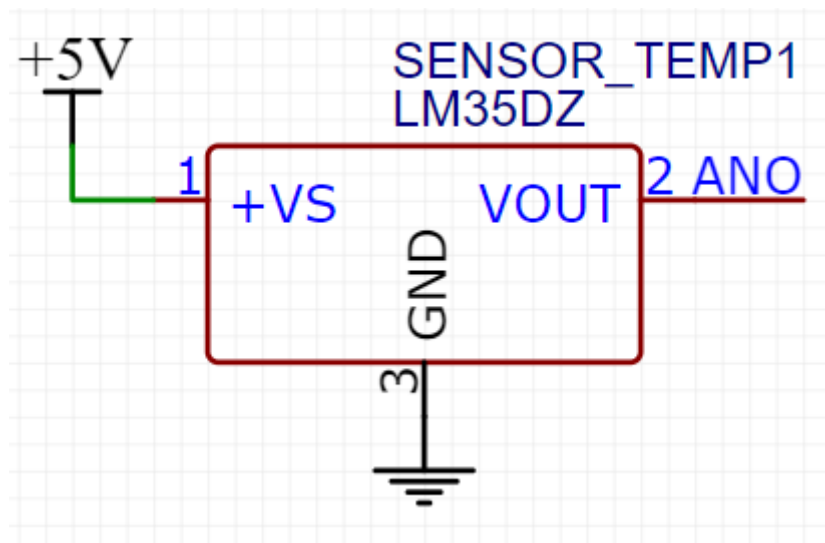


Fonte: Autoria própria, 2023

Devido o sensor LM35 proporcionar uma resposta linear aos estímulos do ambiente, não foi utilizado nenhum circuito condicionador de sinais.

Como mostrado na figura 15, o sensor foi alimentado com 5V no pino 1, o pino 3 foi conectado ao *ground* e o pino 2 nas portas AN0 e AN1 respectivamente.

Figura 15: Pinos sensor LM35.



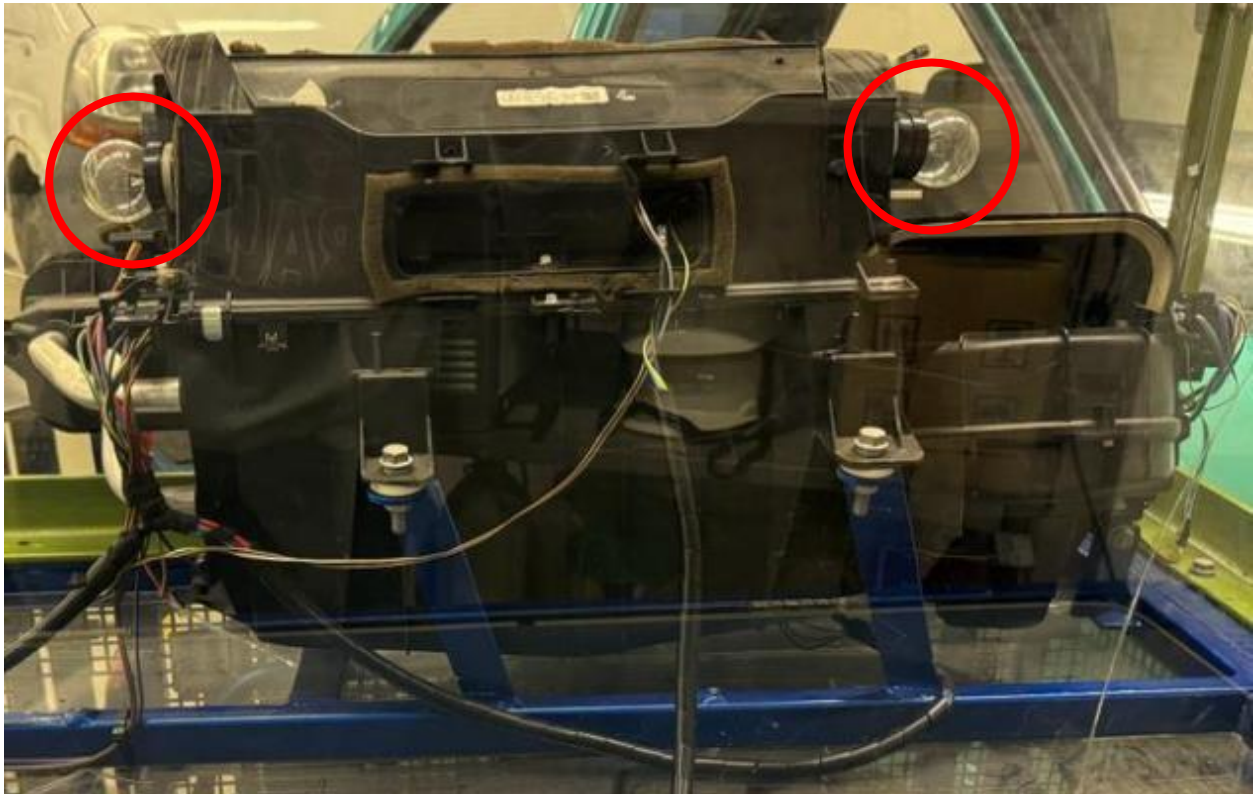
Fonte: Autoria própria, 2023

3.1.4. Aquecedores

Para simular o aquecimento do ambiente gerado por consequência do calor humano, foram utilizadas duas lâmpadas incandescentes de 127 Volts e 40W, posicionadas próxima ao sensor de temperatura, como mostrado na figura 16.

As lâmpadas fazem parte de um conjunto a parte que deverá ser controlado pelo microcontrolador PIC18F4550 através de uma matriz de relés capaz de suportar a corrente elevada que as lâmpadas drenam. O Acionamento das lâmpadas vem dos botões conectados nas entradas digitais RE0 e RE1 do micro, que chaveiam através do relé IN3 tensão para as lâmpadas.

Figura 16: Posição das lâmpadas de aquecimento no setup.



Fonte: Autoria própria, 2023

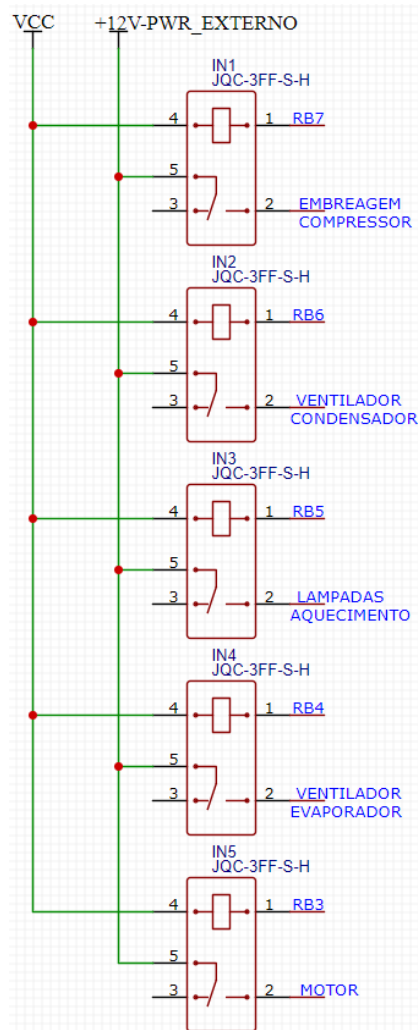
3.1.5. Console de Relés

Para fazer o controle das unidades de potência da bancada, foi utilizada uma placa com 8 relés (figura 11) capazes de suportar até 15 Ampères de corrente elétrica a 127 Volts de tensão. Com esta pequena placa, foram controlados o Ventilador do Condensador, a Embreagem Eletromagnética do Compressor e as Lâmpadas.

A matriz opera com uma referência de tensão de 5V. Para efetuar seu acionamento, basta conectar o pino referente ao relé que deverá ser pilotado ao terra e o módulo é acionado.

Para facilitar a implementação e evitar o conflito de dados, foram realizadas modificações nos pinos que pilotam os relés. A figura 17 ilustra o arranjo dos relés no circuito.

Figura 17: Matriz de Relés que opera o sistema.



Fonte: Autoria própria, 2023

Serão utilizados apenas pinos da Porta-B, como mostra a figura 18, devido ao fato dos pinos RC6 e RC7 ocuparem os pinos de comunicação serial e o pino RD3 fazer parte do conjunto que controla o display do kit de desenvolvimento.

Figura 18: Pinos da porta RB, utilizadas para controlar o mock-up.



Fonte: Autoria própria, 2023

3.2. Código

Para programar o PIC18F4550, foi criado um *script* em linguagem C dentro da IDE MPLAB-X da empresa Microchip juntamente com o compilador XC8.

3.2.1. Entradas Analógicas

Foram utilizadas duas entradas analógicas configuráveis (AN0 e AN1) para realizar a leitura do sinal dos sensores de temperatura.

O sensor gera um sinal que varia entre 0V e 5V, o microcontrolador interpreta como um valor entre 0 e 1024 e o código transforma em um valor decimal entre 0C° e 80C°, que pode ser facilmente interpretado pelo usuário, quando exibido em um display LCD 16x2.

3.2.2. Entradas e Saídas Digitais

Foram utilizadas quatro saídas digitais configuráveis (RB7, RB6, RB5 e RB4) para realizar o controle da matriz de relés, portanto as cargas associadas a estes relés.

Foram utilizadas três entradas digitais (RE0, RE1 e RE2) onde foram conectados três botões. O botão RE0 realiza o controle do acionamento das lâmpadas de aquecimento.

3.2.3. Escalonador de Funções

Para um bom controle temporal das tarefas a serem executadas, foi utilizado a técnica de gerenciamento de *tasks* (tarefas) chamado escalonador com pilha de funções. A figura 19 ilustra o trecho da função que implementa o escalonador em linguagem C, onde tarefa recebe um tempo limite para ser executada e só é de fato executada se estiver pronta para execução.

Figura 19: Função do Escalonado em Linguagem C.

```

/*****
* Funcao:          void escalonador(void)
* Entrada:         Nenhuma (void)
* Saida:           Nenhuma (void)
* Descricao:      Executa as tarefas do sistema.
*****/
void escalonador(void)
{
    uint8_t cont;
    for (cont=0; cont<NUMBER_OF_TASKS; cont++)
    {
        //Verifique se e a hora de executar a tarefa
        if ((p_tarefas[cont] != 0) && (tempo_tarefa[cont] == 0))
        {
            tarefa_em_execucao = YES;
            timeout_tarefa = TASK_TIMEOUT;
            p_tarefas[cont]();          //executa a tarefa
            tarefa_em_execucao = NO;
            tempo_tarefa[cont] = tempo_backup[cont];    //reagendamento da tarefa
        }
    }
}

```

4. TESTES E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Durante o processo de validação, foram realizadas sequências de testes, para estressar o equipamento, desta forma será possível entender se os equipamentos escolhidos são realmente capazes de trabalhar em conjunto com o todo de forma adequada, assim como verificar se a implementação do equipamento está de acordo com o desejado.

Baseado no andamento desta etapa, algumas das configurações dos equipamentos podem vir a serem alteradas, devido a necessidade de melhorar a implementação e facilitar projetos futuros.

4.1. Matriz de Relés

Durante o processo de validação da matriz de relés, foi preparado um pequeno trecho de código para operar no controle do módulo.

O script consiste em um pequeno timer que chaveia a matriz de relés em ordem crescente quando o botão conectado ao pino RE0 é acionado.

Foi conectado uma tensão de 12VDC externa no comum dos relés e as respectivas cargas no normal aberto. Quando o PIC coloca potencial zero em seus pinos RB, os relés são acionados, e por consequência as cargas também.

4.2. Motor Trifásico

Para dar andamento com projeto, é necessário certificar-se de que o motor utilizado no setup possui potência suficiente para movimentar o compressor e os fluidos no circuito.

O motor disponível é um modelo de 2CV, controlado por um inversor de frequência e ligado ao compressor através de uma correia de borracha.

Durante o primeiro teste, o motor foi ligado diretamente a rede. Alimentado com 220Volts trifásico e 60Hz, as condições do *mock-up* pode ser visto no quadro 2 abaixo.

Quadro 2: Primeira configuração da bancada.

Teste 1	
Condições da bancada	Condições originais
Volume de gás no sistema	350g
Condições de Movimento	Acionamento direto
Resultado	Insatisfatório

Fonte: Autoria própria, 2023

Ao final desta primeira rodada de testes, o motor apresentou dificuldades de realizar o acionamento do compressor. Quando a embreagem é acionada, a velocidade do motor vai a zero, pois não há torque o suficiente para manter o compressor bombeando fluido.

Durante o segundo teste, o motor permaneceu ligado diretamente a rede. Alimentado com 220Volts trifásico e 60Hz, foi adicionado uma rotina de acionamento do compressor. Com motor girando em vazio são gerados 5 ciclos de acoplamento e desacoplamento da embreagem, a cada 500 milisegundos. As condições do *mock-up* pode ser visto no quadro 3 abaixo.

Quadro 3: Segunda configuração da bancada.

Teste 2	
Condições da bancada	Condições originais
Volume de gás no sistema	350g
Condições de Movimento	Acionamento com ciclos
Resultado	Insatisfatório

Fonte: Autoria própria, 2023

Ao final da segunda rodada de testes, os resultados permanecem insatisfatórios. Ao final do quinto ciclo, a velocidade do motor cai a zero, devido a falta de torque.

4.3. Circuito do Ar-Condicionado

Para contornar a ausência de torque do motor, foi realizada a retirada de parte do fluido refrigerante. Desta forma espera-se que a pressão no sistema seja menor, portanto, o esforço do motor também será menor.

O Sistema de refrigeração, possuía a princípio 350g de gás R134-A e foram retiradas 180g. Durante o processo de reposição do gás no sistema, aproximadamente 70g de gás ficam nos condutos da máquina, portanto há no equipamento apenas 100g de fluido refrigerante.

Após a mudança da pressão do sistema, um terceiro teste foi realizado. As condições de acionamento do compressor com 5 ciclos foram mantidas. As condições do *mock-up* pode ser visto no quadro 4 abaixo.

Quadro 4: Terceira configuração da bancada.

Teste 3	
Condições da bancada	Redução do volume de gás
Volume de gás no sistema	100g
Condições de Movimento	Acionamento com ciclos
Resultado	Satisfatório

Fonte: Autoria própria, 2023

Ao final deste terceiro teste, o motor foi capaz de operar o sistema sem grandes dificuldades. Durante a partida, o motor tem bastante dificuldade de tirar o compressor da inércia, caso não sejam realizados os ciclos, porém com a rotina de ciclos o motor performa de maneira satisfatória e depois que atinge rotação de carga em vazio, mantém uma operação estável.

4.4. Botoeira

Para realizar o acionamento do motor, foi utilizado uma botoeira anexada a lateral do *set-up*, como mostra a figura 20.

Figura 20: Botoeira anexada na lateral da bancada.



Fonte: Autoria própria, 2023

Quando a botoeira é acionada, ela habilita uma contatora que é acionada pelo relé IN_5 e faz o controle do motor através da ECU-Fatec.

4.5. Partida do Sistema

Para dar suporte ao motor durante a partida do compressor, foi implementado uma rotina de partida no código. A figura 21 ilustra o trecho de como a função foi implementada

Quando o compressor é acionado, a embreagem realiza quatro ciclos de acionamento e desacionamento com intervalos de meio segundo entre si. Após o quarto acionamento, a embreagem se mantém acionada até o fim da operação.

O período de ciclagem da embreagem é importante para que o compressor consiga alcançar sua velocidade de operação sem que um esforço excessivo do motor.

Figura 21: Rotina de partida do Sistema em linguagem C.

```

/*****
* Funcao:          void controla_compressor(void)
* Entrada:         Nenhuma (void)
* Saida:           Nenhuma (void)
* Descricao:       Controla o acionamento do compressor.
*****/
void controla_compressor(void)
{
    if(estado_embreagem == 1)
    {
        relay_IN5 = 0;
        delay_ms(5000);
        while (cont_embreagem < 8)
        {
            relay_IN1 = ~relay_IN1; //Ativa e desativa o rele do compressor a cada 1000ms.
            delay(500);             //portanto solicitando que o ventilador seja acionado.
            cont_embreagem++;
        }
        relay_IN1 = 0; //Ativa o rele da embreagem.
        estado_ventilador_evaporador == 1; //Altera o estado da variável compartilhada para 0.
    }else{
        relay_IN1 = 1; //Desativa o rele do compressor.
        relay_IN1 = 1; //Desativa o rele do motor.
        estado_ventilador_evaporador == 0; //Altera o estado da variavel compartilhada para 0.
    }
}

```

Fonte: Autoria própria, 2023

5. CONCLUSÕES

Durante a concepção do projeto foram encontrados impasses relacionados a capacidade de funcionamento do sistema. Com um motor de 2 cavalos, não foi possível operar o sistema de ar-condicionado em condições ideais de funcionamento. Ao realizar o acionamento da embreagem, a velocidade do motor cai a zero e o eixo do motor é travado.

Para contornar essa situação, foi realizada a remoção de parte do gás refrigerante presente nos dutos do sistema, com um volume menor de fluido refrigerante, houve menos demanda de torque no motor.

Para evitar eventuais problemas associados ao grande pico de potência gerado durante a partida do motor, foi adotado uma estratégia de partida, primeiro o motor é acionado até atingir velocidade de tensão em vazio, em seguida a embreagem é acionada e desacionada 5 vezes, durante 2,5 segundos. Este ciclo permite que o motor parta sem grandes esforços.

Ao final, concluímos que foi possível implementar um programa simples para controle automático do sistema de condicionamento de ar da cabine do veículo sem a necessidade de sistema extremamente complexo.

Com a principal finalidade sendo a preservação do conforto térmico e a segurança dos ocupantes do veículo, este sistema consegue preservar a temperatura no interior do mesmo em uma faixa entre 20 e 26 graus Celsius, controlando a umidade e impedindo o embaçamento dos vidros.

5.1 PROPOSTAS FUTURAS

Como propostas futuras são sugeridas as seguintes melhorias:

1. Integrar o projeto a linguagem *LabView*, por onde é possível através de um painel gráfico no *Software LabView* passar comandos e ler dados do PIC18F4550 via comunicação USB ou serial.
2. Inclusão de um IHM (Interface Homem Máquina), por onde o usuário é capaz de interagir com o equipamento sem a necessidade de um *desktop* para dar suporte ao equipamento.
3. Inclusão de um aquecedor no *mock-up* é capaz de simular a curva de aquecimento do interior do veículo com maior precisão.
4. Substituir o motor de 2CV por um mais potente de 5CV, o que possibilitaria o *mock-up* de operar em condições mais próximas das reais, assim como recolocar o inversor de frequência e remover a botoeira.

6. REFERÊNCIAS

COYNE COLLEGE, *A Brief History of HVAC*

<https://www.coynecollege.edu/a-brief-history-of-hvac-air-conditioning/>

Acesso em: 5 nov de 2023 19:08

BOPRAY, Alura. WHAT ARE FILTER DRIVERS? - 2023. Today's Homeowner– Disponível em: [What Are Filter Driers? \(todayshomeowner.com\)](https://www.todayshomeowner.com/what-are-filter-drivers/)

Acesso em: 14 dez de 2023 20:25

BBC, *How air Conditioning Changed the World*

<https://www.bbc.com/news/business-39735802>

Acesso em: 5 nov de 2023 19:29

KANASHIRO, L. R. “Notas de aula de Sistemas Climatizadores Veiculares”, Fatec Santo André, 2023.

MARTINELLI JÚNIOR, L. C. REFRIGERAÇÃO E AR-CONDICIONADO PARTE II. 2000. 14p. (Desenvolvimento do material didático ou institucional – Material Didático). DeTEC, 2000

MAKISHI, Matheus Yudi; **SILVA**, Ricardo Estevam; **ARAÚJO**, Vítor Queiroz. IMPLANTAÇÃO DE UM SISTEMA ELETRÔNICO EM UMA BANCADA DE SISTEMA DE AR-CONDICIONADO AUTOMOTIVO - GIGA DE TESTE. 2018. 42 p. Dissertação (Graduação de Tecnologia em Eletrônica Automotiva) - FATEC Santo André, Santo André - SP, 2018.

SAMM SHEATINGAND AND AIR, What is an evaporator coil and why is it so important to maintain? – Disponível em:

[What Is a An Evaporator Coil and Why Is it so Improtant to Maintain? \(sammsheatingandair.com\)](https://sammsheatingandair.com/what-is-a-an-evaporator-coil-and-why-is-it-so-improtant-to-maintain/)

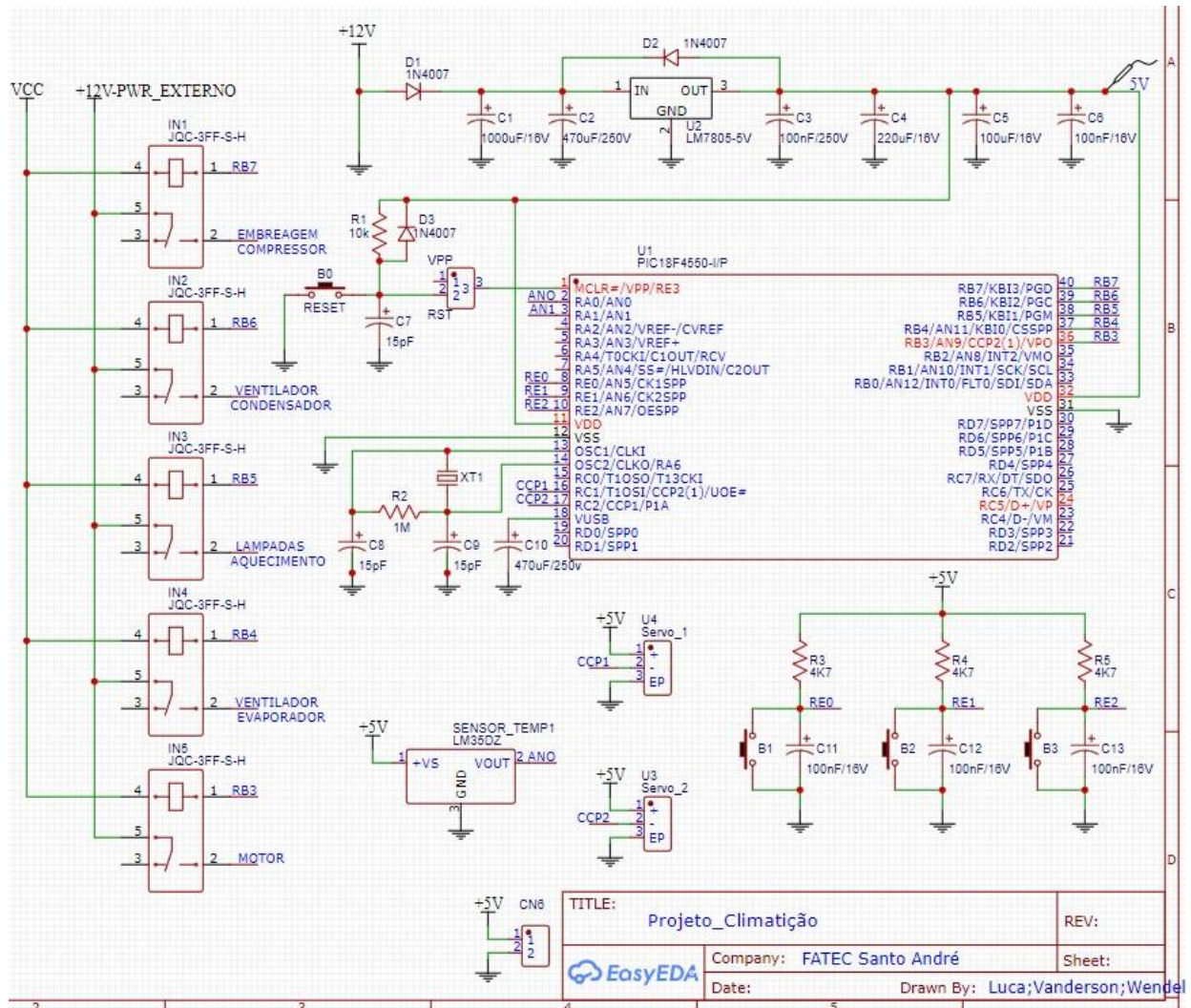
Acesso em: 14 dez de 2023 19:30

OMEGA, What is a Pressure Transducer? – Disponível em: [What is a Pressure Transducer? \(omega.com\)](https://www.omega.com/what-is-a-pressure-transducer/)

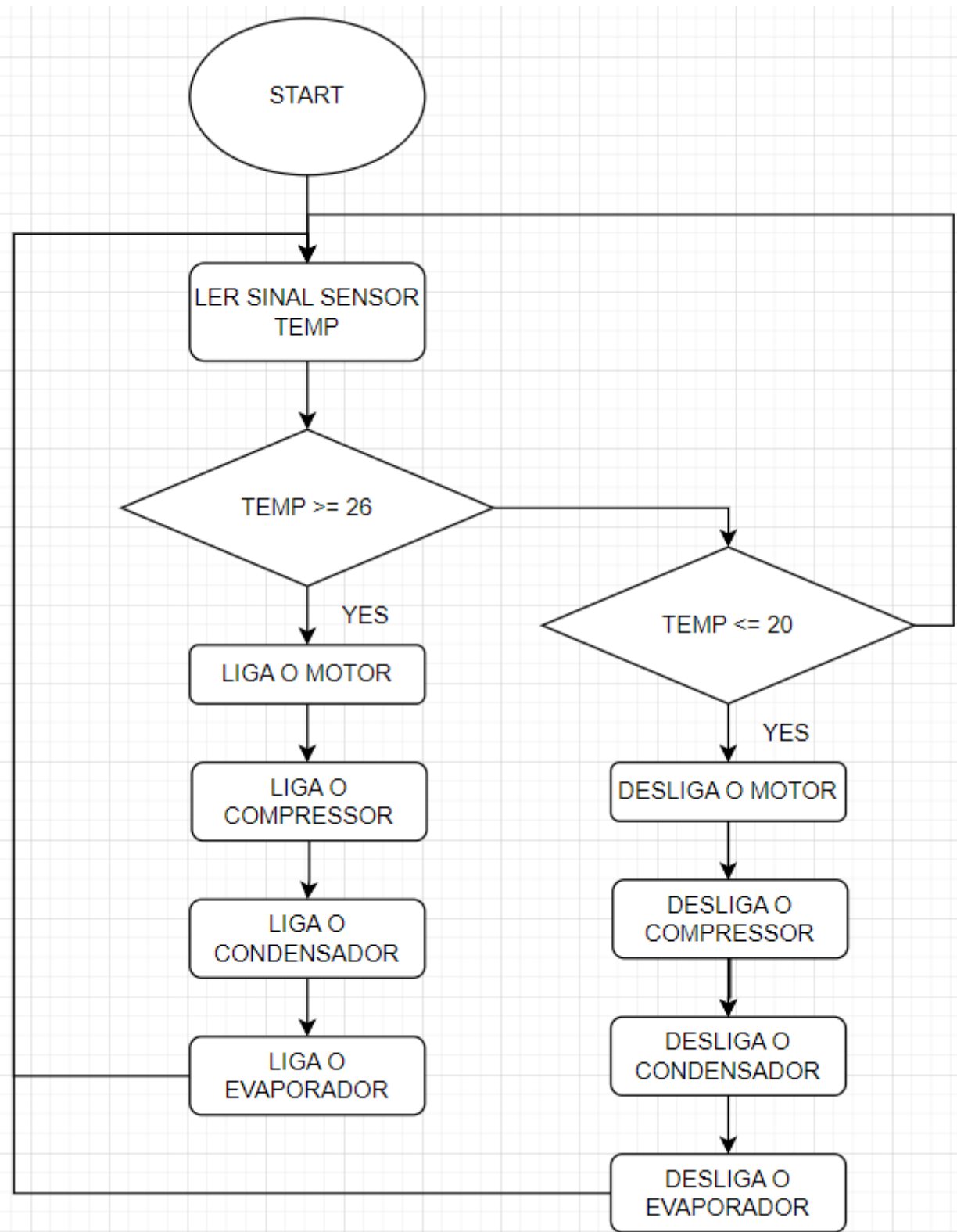
Acesso em: 14 dez de 2023 21:43

7. APÊNDICES

Anexo 1 – Esquema elétrico do Sistema de Automação do Ar-Condicionado.



Anexo 2 – Fluxograma contendo a lógica do programa principal para controle do Sistema de Automação do Ar-Condicionado.



Anexo 3 – Código main.c, responsável pelo gerenciamento do programa principal do Sistema de Automação do Ar-Condicionado.

```

/*****
* Nome do Arquivo      : main.c
*
* Descricao           : Implementa a funcao principal do projeto
*
* Ambiente            : MPLAB, XC8 versao 1.45, PIC18F4550
*
* Responsáveis       : Luca, Vanderson, Wendel
*
* Versão              : Versão abaixo representa parte da implementacao realizada pelo professor
                        : Wesley Torres, no qual esta servido de base para o desenvolvimento deste
                        : projeto.
                        : v01.01 - 01/10/2020 - Modificado nome de variaveis seguindo padrao de
                        : codificacao da FATEC Santo Andre v01.02 - 04/09/2022 – Ajustado declaracao
                        : de tipos de variaveis de acordo com MISRA C guideline.
*
*****/

/*****
* HEADER-FILES (Somente os arquivos necessarios nesse arquivo)
*****/
#include "hardware.h"
#include "main.h"
#include "biblioteca/display_lcd.h"
#include "adc.h"

/*****
* Variaveis Globais
*****/

/*Store function pointers of Task*/
void (*p_tarefas[NUMBER_OF_TASKS])(void);

/*Store tasks times (time period to execute)*/
uint16_t tempo_backup[NUMBER_OF_TASKS];

/*Stores recent tasks times ("time to execute" each task) */
uint16_t tempo_tarefa[NUMBER_OF_TASKS];

/*Tells if Timer0 interrupt has been generated*/
uint8_t sinaliza_int_timer;

/* Tells if a task is executing (used to check task timeout validation)*/
volatile char tarefa_em_execucao;

uint16_t timeout_tarefa;
uint16_t timer_partida_do_compressor; //Controla quanto tempo a embreagem
                                     //ficara ativo durante o ciclo de
                                     //partida do compressor.

uint8_t tensao_atual_1; //Variavel global que armazena a temperatura lida no sensor 1.
uint8_t temp_atual_1;

//Variáveis booleanas, para controle dos reles.
char estado_embreagem = 0; //Variavel compartilhada que para as outras
                           //funcoes, se o motor deve ou nao ser acionado.

```



```

char estado_ventilador_condensador = 0; //Variavel compartilhada que para as
//outras funcoes, se o ventilador do
//condensador deve ou nao ser acionado.

char estado_ventilador_evaporador = 0; //Variavel compartilhada que para as
//outras funcoes, e o ventilador do
//evaporador deve ou nao ser acionado.

char cont_embreagem = 0; //Controla o numero de ciclos de acionamento
//da embreagem na partida.
unsigned long int media_movel = 0;
/*****
* Textos para o Display
*****/
const unsigned char Texto_0[] = "FATEC S.A. 2023 ";
const unsigned char Texto_1[] = "Pjt_CLIMATIZACAO";
const unsigned char Texto_2[] = " ";
const unsigned char Texto_3[] = " ";
const unsigned char Texto_4[] = "TEMP1: ";
const unsigned char Texto_5[] = "TEMP2: ";

/*****
* Prototipos das funcoes
*****/
void delay_ms(unsigned int tempodeatraso);
void escalonador(void);
void task_tela_saudacao(void);

void controla_compressor(void);
void task_controla_ventilador_interno(void);
//void controla_ventilador_condensador(void);
//void controla_ventilador_evaporador(void);

void task_ler_temperatura1(void);
//void task_ler_temperatura2(void);

void task_abre_reles(void);
void task_controla_lampadas(void);

/*****
* Funcao: void interrupt isr(void)
* Entrada: Nenhuma (void)
* Saída: Nenhuma (void)
* Descrição: Implementa a rotina de interrupcao
*****/
void interrupt isr(void)
{
    uint8_t cont;

    /*Check UART interrupt reception */
    if (PIE1bits.RCIE && PIR1bits.RCIF)
    {
        PIR1bits.RCIF = 0;
    } //End if interrupt Recepcao UART

```

```

        //check if Timer0 interrupt was triggered
        if (TMR0IF && T0IF)
        {
            INTCONbits.TMR0IF = 0;
            sinaliza_int_timer = YES;
            for (cont=0; cont<NUMBER_OF_TASKS; cont++)
            {
                if (tempo_tarefa[cont] > 0)    tempo_tarefa[cont]--;
            }

            //if (timer_partida_do_compressor > 0)    timer_partida_do_compressor--;

            if (tarefa_em_execucao == YES)
            {
                timeout_tarefa--;

                if (!timeout_tarefa)
                {
                    //Timeout has reached (possibly a task has crashed.
                    //Microcontroller must be reseted)
                    PCLATH=0;
                    PCL=0;
                }
            }

            //Please use HEX.
            write_timer_zero(0xD120);
        }

        if (INT0IF && INT0IE)
        {
            INT0IF = 0;
        }
    }
}

/*****S*****/
* Funcao:      void main(void)
* Entrada:     Nenhuma (void)
* Saída:       Nenhuma (void)
* Descricao:   Funcao principal
*****/
void main(void)
{
    init_hardware();
    init_lcd();
    configuraADC(2);
    task_abre_reles();
    task_tela_saudacao();

    while(1)
    {
        char i;
        unsigned int media[10];
        task_ler_temperatura1();
    }
}

```

```

for(i = 0; i < 5; i++)
{
    temp_atual_1 = (lerADC(0)*500)/1023; //Converte Tensao em Teperatura
    media[i] = temp_atual_1;
    if(i == 4)
    {
        media_movel = (media[0]+media[1]+media[2]+media[3]+media[4])/5;
    }
}

if(estado_embreagem == 1)
{
    relay_IN5 = 0;
    delay_ms(5000);
    while (cont_embreagem < 8)
    {
        relay_IN1 = ~relay_IN1; //Ativa e desativa o reles do
                                //compressor a cada 1000 ms
        delay_ms(500); //portanto solicitando que o ventilador
                        //seja acionado.
        cont_embreagem++;
    }
    relay_IN1 = 0; //Ativa o reles da embreagem.
    relay_IN2 = 0; //Ativa o reles do Ventilador do Condensador.
}

if(estado_embreagem == 0)
{
    relay_IN2 = 1; //Desativa o reles do Ventilador
                  //do Condensador.
    relay_IN1 = 1; //Desativa o rele do compressor.
    relay_IN5 = 1; //Desativa o rele do motor.
    estado_ventilador_evaporador == 0; //Altera o estado da variavel
                                        //compartilhada para 0
}

task_controla_lampadas();
task_controla_ventilador_interno();
}

}

/*****
* Funcao:          void task_ler_temperatura1(void)
* Entrada:         Nenhuma (void)
* Saida:           Nenhuma (void)
* Descricao:       Controla a leitura de tempertura externa.
*****/
void task_ler_temperatura1(void)
{
    if (media_movel >= 30)
    {
        estado_embreagem = 1; //Altera o estado da variavel compartilhada para 1
                              //portanto solicitando que a embreagem seja acionada
    }

    if (media_movel <= 20)
    {

```



```

    estado_embreagem = 0;    //Altera o estado da variavel compartilhada para 0,
                             //portanto solicitando que a embreagem seja
                             //desacionada.
}
posicao_cursor_lcd(1, 0);
escreve_frase_ram_lcd(Texto_4);
posicao_cursor_lcd(1, 6);
escreve_inteiro_lcd(media_movel);
}

/*****
* Funcao:  delay_ms(unsigned int delaytime)
* Entrada: unsigned int delaytime - recebe valores de 0 a 65536
* Saida:   Nenhuma (void)
* Descricao: Gera um atraso de tempo conforme o valor recebido de delaytime
             O tempo interno e baseado no delay 1 ms. Assim, a cada loop temos o
             * decrémento da variavel delaytime, ate que ele atinja zero. Exemplo:
             * se o delaytime = 500 a funcao terminar e retornar para o programa
             * principal após 500 ms.
*****/

void delay_ms(unsigned int tempodeatraso)
{
    while(--tempodeatraso)
    {
        __delay_ms(1); //Gera um atraso de 1 ms
    }
}

/*****
* Funcao:      void task_tela_saudacao(void)
* Entrada:     Nenhuma (void)
* Saida:       Nenhuma (void)
* Descricao:   Exibe a tela de saudacao do programa
*****/

void task_tela_saudacao(void)
{
    posicao_cursor_lcd(1, 0);
    escreve_frase_ram_lcd(Texto_0);
    posicao_cursor_lcd(2, 0);
    escreve_frase_ram_lcd(Texto_1);
    DesligaCursor();
    delay_ms(4000);
    posicao_cursor_lcd(1, 0);
    escreve_frase_ram_lcd(Texto_2);
    posicao_cursor_lcd(2, 0);
    escreve_frase_ram_lcd(Texto_2);
}

```

```

/*****
* Funcao:          void task_abre_reles(void)
* Entrada:         Nenhuma (void)
* Saida:           Nenhuma (void)
* Descricao:       Garante que todos os reles estejam inativos, antes de iniciar o programa.
*****/

void task_abre_reles(void)
{
    relay_IN1 = 1; //Controla a Embregem do Compressor
    relay_IN2 = 1; //Controla o Ventilador do Condensador
    relay_IN3 = 1; //Controla as Lampadas de Aquecimento
    relay_IN4 = 0; //Controla o Ventilador do Evaporador(Inicia em zero para
                  //estar sempre ligado)
    relay_IN5 = 1; //Controla o Motor
}

/*****
* Funcao:          void task_controla_lampadas(void)
* Entrada:         Nenhuma (void)
* Saida:           Nenhuma (void)
* Descricao:       Controla as lampadas de calor
*****/

void task_controla_lampadas(void)
{
    if(botao1 == 0)
    {
        relay_IN3 = !relay_IN3; //Pressionando uma vez, as lampadas acendem,
                                //pressionando novamente, as lampadas apagam.
        delay_ms(1000);
    }
}

/*****
* Funcao:          void task_controla_ventilador_interno(void)
* Entrada:         Nenhuma (void)
* Saida:           Nenhuma (void)
* Descricao:       Controla as lampadas de calor
*****/

void task_controla_ventilador_interno(void)
{
    if(botao2 == 0)
    {
        relay_IN4 = !relay_IN4; //Pressionando uma vez, o ventilador ativa.
                                //pressionando novamente, o ventilador desliga.
        delay_ms(1000);
    }
}

```