



FACULDADE HORIZONTINA

ANDERSON CASSIANO SEIMETZ

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DIGITAL EM UMA BANCADA DE
REFRIGERAÇÃO COM SISTEMA ANALÓGICO**

HORIZONTINA - RS

2016

FACULDADE HORIZONTALINA
Curso de Engenharia Mecânica

ANDERSON CASSIANO SEIMETZ

**IMPLEMENTAÇÃO DE UM SISTEMA DIGITAL EM UMA BANCADA DE
REFRIGERAÇÃO COM SISTEMA ANALÓGICO**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, no Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontalina.

ORIENTADOR: Me. Luis Carlos Wachholz

HORIZONTALINA - RS
2016



**FAHOR - FACULDADE HORIZONTINA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:

“Implementação de um sistema digital em uma bancada de refrigeração com sistema analógico”

Elaborada por:

Anderson Cassiano Seimetz

**Aprovado em: 21/11/2016
Pela Comissão Examinadora**

**Me. Luis Carlos Wachholz
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

**Me. Marcelo Gonzalez Passos
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**Me. Cristiano Rosa dos Santos
FAHOR – Faculdade Horizontina**

**HORIZONTINA - RS
2016**

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho especialmente aos meus pais Pedro e Eunice Seimetz, à minha noiva Francini e a todos aqueles que de certa forma ajudaram nessa longa caminhada.

AGRADECIMENTOS

Primeiramente gostaria de agradecer a Deus, por ter me dado saúde e força para alcançar meus objetivos.

Agradecimento especial, aos meus pais que sempre me apoiaram e estão ao meu lado todas as vezes que eu precisei. Minhas palavras de agradecimentos são poucas para expressar tudo o que vocês representam para mim, simplesmente o meu muito obrigado por tudo, eu sei que esse sonho é de vocês também, por isso essa conquista é nossa.

Agradeço a minha noiva, por estar sempre ao meu lado, me apoiando e me ajudando em tudo o que eu precisei.

Um agradecimento especial ao amigo Alessandro La Rocca Silveira pelo apoio, sua ajuda foi de grande importância e a todos os meus amigos (as), obrigado pelo apoio de vocês, por terem me ajudado a superar os obstáculos que a vida nos apresenta.

A universidade, ao corpo docente por terem me proporcionado um estudo qualificado para que eu conseguisse alcançar meu sonho de se tornar engenheiro Mecânico.

Ao meu orientador Mestre Luis Carlos Wachholz, que não mediu esforços em me ajudar no pouco tempo que tinha disponível, pelas correções e incentivos.

E a todos aqueles que de uma forma direta ou indiretamente me ajudaram, o meu muito obrigado.

“Eu tentei 99 vezes e falhei, mas na centésima tentativa eu consegui, nunca desista de seus objetivos mesmo que esses pareçam impossíveis, a próxima tentativa pode ser a vitoriosa”

Albert Einstein

RESUMO

Este estudo surgiu a partir da necessidade de otimizar a bancada de refrigeração da Faculdade Horizontina-FAHOR, implementando um sistema digital, tornando-a mais qualificada e adequada para os estudos dos acadêmicos, que podem aprimorar seus conhecimentos teóricos referentes a refrigeração, colocando-os em prática. Para tanto, o projeto tem por objetivo otimizar a bancada atual de refrigeração a fim de que sejam feitos ensaios de refrigeração e instrumentação digital, disponibilizando-a para o laboratório do curso de Engenharia Mecânica, que pode ser utilizada nas demais disciplinas: de Conforto Térmico e Refrigeração, Termodinâmica, Máquinas Térmicas e Transferência de Calor, sendo que todos os outros cursos de engenharia da FAHOR poderão fazer o uso da bancada. A metodologia utilizada no estudo classifica-se como bibliográfica e aplicada, dessa maneira aprimorando os conhecimentos para o desenvolvimento do projeto. O projeto foi adaptado na bancada já existente na instituição, tendo sua estrutura principal inalterada. Como resultado, teve-se a implementação do sistema digital, como o conjunto responsável pelo sistema de refrigeração que passa por uma placa de um micro controlador (arduino) e um sensor de temperatura, que faz com que o arduino compare a temperatura para ligar e desligar a refrigeração automaticamente. Essa melhoria na bancada irá proporcionar para o laboratório uma bancada mais sofisticada, ou seja, com testes mais precisos. Os resultados foram satisfatórios, sendo que as melhorias aplicadas na bancada de refrigeração tiveram resultados positivos nos testes realizados.

Palavras-chave Conforto térmico, sistema analógico e digital e refrigeração.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1- Primeiro refrigerador	16
Figura 2 – Fases de Condução, Convecção e Radiação	18
Figura 3- Diagrama PH – Ciclo Ideal.....	20
Figura 4- Etapas de Refrigeração do Fluido.....	21
Figura 5- Tipos de Compressores	26
Figura 6- Modelos de Evaporadores	27
Figura 7 – Ilustração Termostato.....	28
Figura 8 – Filtro Secador	30
Figura 9 - Ilustração a variação de uma grandeza física em um sensor analógico. ...	37
Figura 10 -Ilustração da leitura da posição de um objeto pelo encoder incremental.	38
Figura 11- Arduino	40
Figura 12- Bancada de refrigeração antes das alterações	43
Figura 13- Caixa de reservatório do ar refrigerado.....	45
Figura 14- Caixa de Isolamento	46
Figura 15- Sistema analógico.....	46
Figura 16- Nova caixa de reservatório do ar refrigerado.	47
Figura 17- Implementação da nova caixa de isolamento	48
Figura 18- Implementação do sistema digital	49
Figura 19- Circuito eletrônico na protoboard	50
Figura 20- Programa para desenvolver o código	51
Figura 21 - Caixa de acabamento com os componentes	51
Figura 22- Componentes soldados na placa de circuito.....	52
Figura 23- Sensor de temperatura fixado	53
Figura 24- LCD.....	53

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1- Temperaturas obtidas na caixa de reservatório velha	54
Gráfico 2 - Temperaturas obtidas na caixa de reservatório nova:	55
Gráfico 3- Comparação Sistema Digital x Sistema Analógico	56
Gráfico 4- Temperatura ambiente	57

LISTA DE TABELA

Tabela 1 - Aplicação dos Filtros	31
--	----

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA.....	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA.....	12
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4 JUSTIFICATIVA.....	13
1.5 OBJETIVO GERAL.....	13
1.6 OBJETIVO ESPECÍFICO	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	15
2.1 HISTÓRICO DA REFRIGERAÇÃO	15
2.2 APLICAÇÕES FUNDAMENTAIS DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	16
2.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR	17
2.4 REFRIGERAÇÃO.....	18
2.4.1 Conforto Térmico	21
2.4.2 Temperatura e Calor.....	22
2.4.3 Calor Específico	23
2.4.4 Conteúdo de Calor	23
2.4.5 Calor Sensível.....	23
2.4.6 Calor Latente	24
2.5 COMPONENTES DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	24
2.5.1 Compressores	24
2.5.2 Condensador	26
2.5.3 Evaporador	27
2.5.4 Válvula de Expansão.....	27
2.5.5 Termostato	28
2.5.6 Tubulações e Mangueiras.....	29
2.5.7 Reservatório	29
2.5.8 Filtro Secador	30
2.5.9 Filtros para ar-condicionado	31
2.5.10 Motor Elétrico	31
2.5.11 Fluidos Refrigerantes.....	32
2.5.12 O gás refrigerante R134A	33

2.5.13 Propriedades físicas do R134A.....	33
2.5.14 Gás de Freon	34
2.6 FERRAMENTAS DE MANUTENÇÃO	34
2.7 SISTEMA DIGITAL	36
2.7.1 Sensor	36
2.7.2 Sensores Analógicos.....	36
2.7.3 Sensores Digitais	37
2.7.4 Transdutor	38
2.7.5 Termistores.....	38
2.7.6 Termopares.....	39
2.7.7 Arduino.....	39
3 MÉTODOS E TÉCNICAS.....	41
3.1 MÉTODOS	41
3.2 TÉCNICAS DA COLETA DE DADOS.....	42
3.2.1 Quanto à coleta de dados utilizou-se a pesquisa ação.....	42
3.3 ANÁLISE DOS DADOS.....	42
4 ANÁLISE DOS RESULTADOS	43
4.1 APRESENTAÇÃO DA BANCADA DE REFRIGERAÇÃO ANTES DAS ALTERAÇÕES	43
4.2 ANÁLISE DA BANCADA.....	45
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS NA BANCADA	47
4.4 TESTES DE REFRIGERAÇÃO	54
5 CONCLUSÃO	58
6 SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	60
ANEXOS	62

1 INTRODUÇÃO

O projeto surgiu a partir da necessidade de implementar um sistema digital na bancada de refrigeração, buscando oferecer um melhor aproveitamento da bancada, para que os acadêmicos da FAHOR consigam colocar em prática os conhecimentos teóricos adquiridos em sala de aula. Desta forma, conciliando os conhecimentos teórico-práticos aprimorando as competências e habilidades para que o futuro engenheiro tenha melhores resultados no mercado de trabalho.

Com o objetivo de implementar o sistema digital da bancada de refrigeração, este estudo faz com que a bancada se torne adequada para os cursos da FAHOR: Engenharia Mecânica, Engenharia de Controle e Automação e Engenharia de Alimentos, abrangendo disciplinas específicas de todos os cursos.

A metodologia que foi utilizada no desenvolvimento do trabalho, além da pesquisa bibliográfica e descritiva, o estudo se caracteriza como uma pesquisa ação, sendo pelo envolvimento necessário na pesquisa bibliográfica e na fabricação do sistema digital, para que seja implementado na bancada de refrigeração já existente na FAHOR, com o intuito de contribuir com os acadêmicos na utilização das aulas práticas.

Nesse contexto, a bancada estará à disposição dos alunos dos cursos para verificar o ciclo da refrigeração, o funcionamento básico de um ar condicionado, o controle da temperatura por meio do sistema digital implementado e que seja possível realizar testes ou experimentos práticos.

1.1 TEMA

O presente estudo vai implementar um sistema digital em uma bancada de refrigeração com sistema analógico.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Este presente trabalho tem como objetivo implementar um sistema digital, controlando a temperatura do sistema por meio de um arduino, que recebe os dados de um sensor de temperatura (Im35), que está fixado na caixa de ar.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

O problema de pesquisa deste estudo, se concentra na correta implementação do sistema digital de uma bancada de refrigeração, a qual permite um aumento do número de informações coletadas nos testes realizados, elevando consideravelmente a confiabilidade, a precisão e a segurança dos resultados obtidos.

Neste sentido, após a implementação do sistema digital, o qual irá permitir que os testes realizados na bancada obtenham resultados mais precisos e que sua operação, se torne mais simplificada para os acadêmicos.

Diante disso, o estudo tem como a seguinte questão: Com a implementação do sistema digital, o sistema de refrigeração apresentará melhores resultados do que testes realizados com o sistema analógico?

1.4 JUSTIFICATIVA

Este projeto, elaborado na prática e implementado no laboratório de Fenômenos de Transporte e Energia – LaFTE da FAHOR, localizada no Rio Grande do Sul, RS, justifica-se pela necessidade de aperfeiçoar a bancada de refrigeração, assim disponibilizando materiais adequados para que sejam realizados os estudos práticos.

Dessa forma, o trabalho realizado tem uma importância ímpar, tanto para o acadêmico que está aprimorando seus conhecimentos, quanto para a FAHOR, em que os alunos estão colocando a teoria em prática adquirida em sala de aula, por meio bancada de refrigeração.

Outro fator que é oportuno evidenciar é que esse projeto irá auxiliar os acadêmicos para trabalhos futuros relacionados com a área de Refrigeração e sistemas digitais, ou mesmo em resolver problemas relacionados aos ciclos térmicos e digitalização.

1.5 OBJETIVO GERAL

Implementar um sistema digital em uma bancada de refrigeração que trabalha atualmente apenas com sistema analógico do Laboratório de Fenômenos de Transporte e Energia – LaFTE da FAHOR.

1.6 OBJETIVO ESPECÍFICO

Os objetivos específicos seguidos para atingir o objetivo geral são:

- Proporcionar aos estudantes conhecimento sobre refrigeração, arduino e os sensores que serão utilizados na bancada;
- Realizar testes referente à refrigeração, bem como programar o sistema por meio de um arduino;
- Avaliar a eficiência do processo termodinâmico em cada sistema (analógico e digital);
- Utilizar o sistema para refrigeração de ambientes e de outros sistemas.

2 REVISÃO DA LITERATURA

Esse item aborda os embasamentos teórico relacionados com a implementação do sistema digital em uma bancada didática de refrigeração, apresentando os principais tópicos relacionando com o projeto.

2.1 HISTÓRICO DA REFRIGERAÇÃO

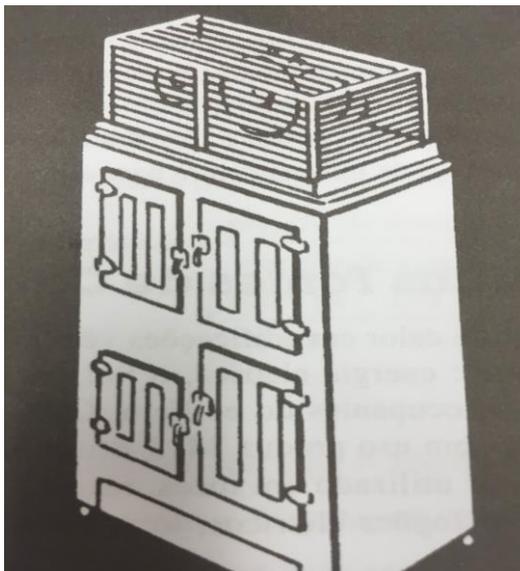
Conforme Miller e Miller (2012) o início da refrigeração, se deu no ano de 1806, onde o gelo natural, que é originado de lagos congelados, era enviados para outros países. Nesse período, foram fabricadas máquinas para a fabricação de gelo, que inicialmente não obtiveram sucesso ao competir com a indústria do gelo natural, porém essas máquinas ganharam prestígio alguns anos depois, onde a indústria de gelo artificial ganhou força.

Os processos de refrigeração surgiram em meados do ano de 1920, onde antes a refrigeração era feita por blocos de gelo, que eram mantidos em caixas semelhantes dos refrigeradores modernos, sendo que a diferença era a maneira que era feito o resfriamento, onde a refrigeração era obtida na caixa de gelo por meio de convecção. Essa caixa era bem isolada e possuía divisórias para guardar os alimentos perecíveis (MILLER & MILLER, 2012).

Para manter o resfriamento da caixa, o fornecedor de gelo vinha a cada 7 dias para fazer a reposição dos blocos de gelo, que variavam de 50 ou 100 lb na caixa. O bloco de 50 lb equivale a 7.200 Btu e o de 100 lb a 14.400 Btu, pois o valor de cada libra de gelo equivale a 144 Btu. No século XXI, os sistemas de refrigeração se tornaram indispensáveis para a sobrevivência do ser humano, isso se deve a mudança do clima, com dias cada vez mais quentes ou cada vez mais frios. Um dos principais equipamentos da refrigeração é o ar condicionado, pois através desse processo que a população está amenizando os fatores do clima (MILLER & MILLER, 2012).

O primeiro refrigerador fabricado no ano de 1920 pode ser visto na Figura 1, sendo que alguns destes ainda estão em operação.

Figura 1 - Primeiro refrigerador



Fonte: Miller e Miller (2012).

2.2 APLICAÇÕES FUNDAMENTAIS DE UM SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

Citando ainda Miller e Miller (2012) a refrigeração pode ser definida como o processo de resfriar determinado ambiente de forma controlada, retirando o calor do ambiente, gerando um conforto para seus ocupantes. A refrigeração abrange um campo amplo, como por exemplo, a área da alimentação, onde o calor é removido dos alimentos através do sistema de refrigeração, para que assim os alimentos não percam suas características e que tenham um tempo maior de conservação, porém a refrigeração concentra-se principalmente na abrangência do ar condicionado, que se tornou fundamental à sobrevivência do ser humano nos últimos anos.

Na atualidade a refrigeração tem algumas aplicações básicas, pois geralmente é usada para o condicionamento de ar, na preservação dos alimentos como citado acima e na desumidificação de ambientes. A refrigeração está sendo bastante utilizada em navios, tornando as viagens dos tripulantes mais confortáveis (NAVY, 2004).

A medicina vem evoluindo com o passar dos anos, novos métodos e técnicas estão sendo aplicados, e uma grande parte disso se deve a refrigeração, pois muitas dessas técnicas dependem da refrigeração para serem efetuadas. Muitos remédios precisam ficar refrigerados, para que seu uso seja de alta eficiência (NAVY, 2004).

Para Navy (2004) uma das principais funções do condicionamento de ar é para o conforto térmico, pois para uma vida saudável das pessoas, o ar precisa ser fresco e limpo. Em um espaço fechado necessita-se realizar a renovação do ar fresco e a retirada do calor liberado pelo corpo humano.

Neste sentido, é oportuno citar Silva (2013) que diz que as empresas estão instalando sistemas de refrigeração, buscando atribuir conforto para seus clientes e uma maior produtividade de trabalho a seus colaboradores, sendo que o mercado está cada vez mais competitivo, onde o sistema de refrigeração pode ser o diferencial para a escolha dos serviços ou dos produtos daquela empresa, principalmente em bares e restaurantes, onde o fluxo de pessoas é maior e conseqüentemente a liberação de calor para o ambiente, também é maior.

A questão de que ar-condicionado em carro era quesito de luxo, já não existe mais, pois nos dias atuais se tornou um item comum, porém fundamental para o conforto e segurança em um veículo, pois seu uso está diretamente ligado no nível de atenção dos motoristas, no desembaçamento dos vidros e na qualidade de ar no interior do veículo (ORIENTAL, 2016).

No entanto, Stoecker e Jabardo (1985) citam que a tecnologia em ar condicionado está em uma constante evolução, dessa maneira as vendas estão impulsionadas tendo em vista que os aparelhos ocupam um menor espaço e o custo dos mesmos não é considerado alto.

2.3 TRANSFERÊNCIA DE CALOR

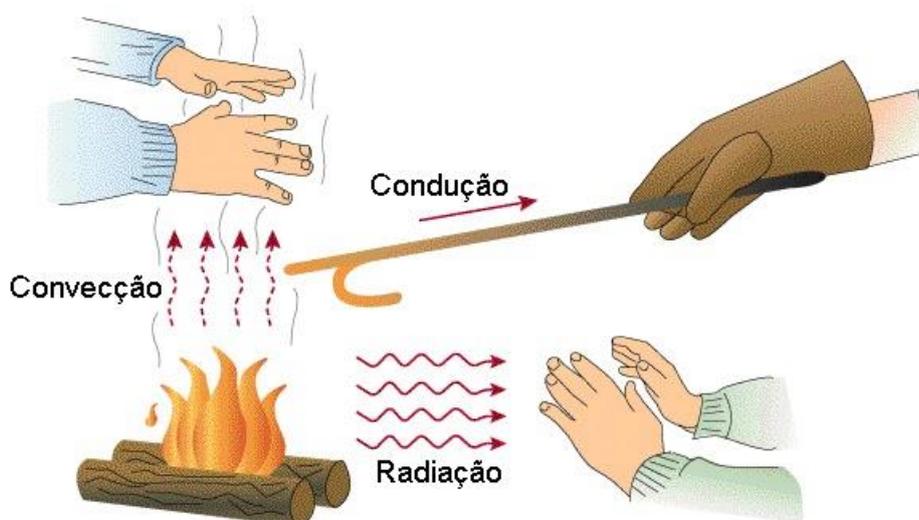
Transferência de calor ou calor é a energia que está em trânsito devido a diferença de temperatura. Quando houver diferença na temperatura em um meio ou entre meios ocorrerá a transferência de calor (BEJAN, 1996).

Para que haja equilíbrio térmico, a energia sob forma de calor, movimenta-se como consequência da variação da temperatura. Assim, o corpo vai trocando cada vez o seu calor para chegar a menor temperatura desejada, conforme mostrado na Figura 2 (BEJAN, 1996).

Segundo Cengel e Ghajar (2012), no conceito de transferência de calor existem três tipos: a condução, radiação e a convecção. A condução faz com que as energias das partículas de certas substâncias se transformam em sólido. Na condução a taxa de calor depende sempre da sua geometria como a espessura e

material que está sendo usado e principalmente da variação da temperatura. Já na radiação, o calor é conduzido por ondas eletromagnéticas. O processo de radiação é mais rápido, pois não causa nenhum problema no vácuo, é considerado um fenômeno superficial aos sólidos.

Figura 2 – Fases de Condução, Convecção e Radiação



Fonte: Costa (1982).

Para Braga Filho (2004), a convecção possui etapas nas trocas de calor, isso faz com que a superfície sólida ou um fluido torna-se líquido ou gás. O processo de convecção acontece pelo deslocamento da matéria, na matéria líquida quando entra em contato com a parede totalmente sólida, ela busca locais que possui temperatura baixa, isso faz com que haja troca de energia de um lugar para outro, esse deslocamento é conhecido como transmissão de calor por convecção.

2.4 REFRIGERAÇÃO

De acordo com Costa (1998), refrigeração, de uma maneira geral, pode ser considerada como a retirada de calor de um corpo. Podemos fazer as seguintes diferenciações de refrigeração:

1. **Arrefecimento:** é definido pela queda de temperatura de um corpo, até a temperatura ambiente.
2. **Resfriamento:** Quando a temperatura de um corpo cai até a temperatura ambiente.
3. **Congelamento:** é quando a temperatura de um corpo fica abaixo do ponto de congelamento.

Costa (1982) entende que por meio das considerações vistas acima, orienta-se a utilizar o termo refrigeração para quando há o processo de retirada de calor dos corpos com os gastos de energia (resfriamento e congelamento), porém essa hipótese não elimina a chance do termo arrefecimento ser utilizado, ou seja, intensificar a temperatura de um corpo por meios artificiais. A tendência natural de um corpo é a passagem do calor do corpo quente para o corpo frio, por isso o arrefecimento de um corpo, em relação ao ambiente, pode ocorrer naturalmente, sem utilizar o método de arrefecimento por meios artificiais.

No entanto, Miller e Miller (2012) dizem que uma substância muda de estado quando a quantidade de calor interna é variada. Portanto, define-se gelo como água em um estado sólido e vapor de água é a água no estado gasoso. Um sólido se transforma em líquido e um líquido em vapor pela adição de calor. Calor deve ser fornecido para vaporizar ou evaporar uma substância. Ele deve ser retirado para liquefazer ou solidificar uma substância. A quantidade de calor necessária dependerá da substância e das mudanças de pressão na substância.

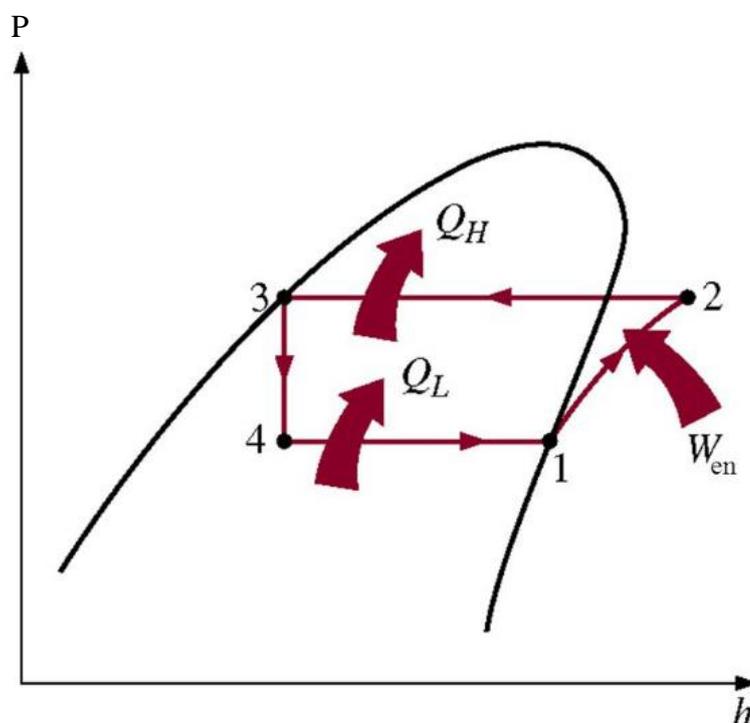
JUNIOR (2003) diz que o ciclo de refrigeração é um circuito fechado, pois o fluido refrigerante pode se transformar em líquido e vapor, podendo absorver o calor pela evaporação e expelindo o calor pela condensação.

Para Stoecker e Jabardo (2002), para ter êxito o ciclo termodinâmico é preciso um procedimento ideal, para que o fluido refrigerante não sofra nenhuma transformação para chegar ao seu estado inicial. O ciclo de Carnot nesse procedimento é um ciclo ideal, pois trabalha com dois níveis de temperatura podendo ter maior e melhor eficiência.

O ciclo ideal é composto de quatro tipos de transformações durante o seu processo, como mostra a Figura 3.

- Compressão: 1-2 compressão isentrópica, ocorre quando o vapor saturado ou a temperatura elevada passa da pressão P1 para a pressão da estação P2, chegando condensação;
- Condensação: 2-3 após passar pela condensação, o vapor que está em alta temperatura através da compressão, é resfriado até chegar a temperatura de saturação, sendo condensado, como está perdendo calor sua pressão é constante;
- Expansão: 3-4 essa etapa ocorre a expansão isoentálpica, o qual o vapor condensado tende a chegar a pressão de evaporação, passando pelo P2 para a pressão P1;
- Evaporação: 4-1 aqui o líquido refrigerante evapora até chegar p estado de vapor saturado, com sua pressão constante, retirando calor do meio a ser refrigerado.

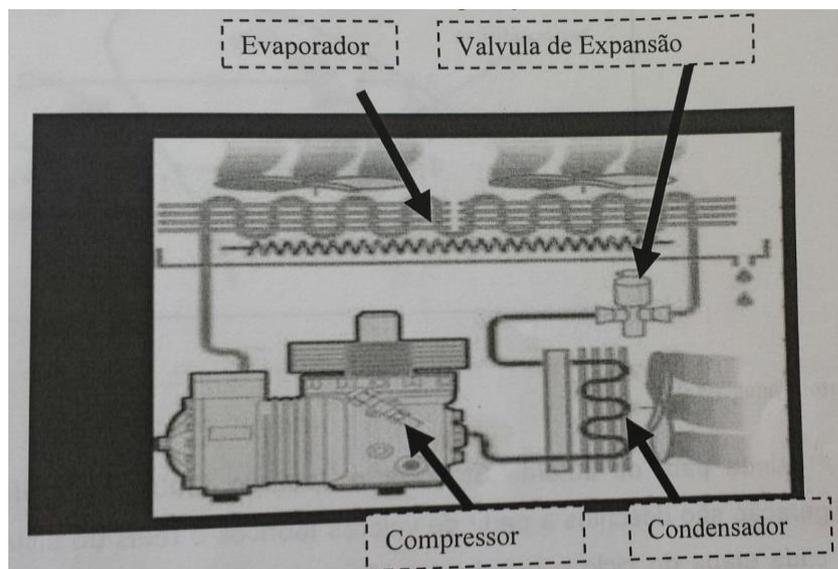
Figura 3 - Diagrama PH – Ciclo Ideal



Fonte: Panesi, 2001

Na Figura 4 pode-se analisar e entender como são as quatro fases do refrigerante, quando ele sofre ao se fechar o seu ciclo refrigeração:

Figura 4 - Etapas de Refrigeração do Fluido



Fonte: www.friorganic.pt (2016)

2.4.1 Conforto Térmico

Conforto Térmico é a satisfação mental do ser humano com o meio onde ele circula. Quando o ser humano está com frio ou calor, ele está com desconforto térmico, isso quer dizer que há diferença entre o calor do corpo e do ambiente (NARANJO, 2011).

O calor que é perdido pelo corpo através dos seguintes processos: condução, convecção e radiação. Troca térmica é o calor liberado pelo organismo e o calor remetido pelo sistema, essa troca seca é quando o corpo e o ambiente se envolvem, ou também é conhecida como calor sensível. Já a troca úmida temos como exemplo a evaporação ou calor latente, que envolve mudanças de fases, essas fases é quando o suor líquido, passa pelo estado gasoso que por fim vira evaporação (NARANJO, 2011).

Conforme Naranjo (2011), enfatiza que o processo do metabolismo ocorre através do processo de energia interna, onde o seu organismo adquire a energia. A energia transferida no trabalho é de apenas 20%, os 80% é o calor da temperatura transformado que fica em equilíbrio. Essa temperatura é mantida constante em 37°C, podendo variar de 36,1°C à 37,2°C, mas o limite para sobrevivência é de 32°C à 42°C.

A temperatura é uma das variáveis importante do conforto térmico, pois a sensação de calor é baseada na diferença de temperatura entre a pele e o ar. Como

o calor é produzido pelo metabolismo, há pouca perda quando a temperatura do ar está muito alta, ou ainda maiores quando a temperatura está baixa. Na convecção natural, a temperatura de dois pontos (moléculas de ar a temperaturas diferentes) no ambiente que provocam o movimento do ar, a parte que está mais quente torna-se leve, e a parte fria (a movimentação do fluido) proporciona a sensação de que esta resfriando o ambiente (NARANJO, 2011).

Ainda Naranjo (2011) diz que a temperatura do ar pode ser chamada de bulbo seco (TBS). Esse TBS é medido com a temperatura do bulbo úmido através do psicrômetro giratório, para essa medição do bulbo úmido (TBU) pode ser usado o termômetro parecido com o utilizado na medição do TBS.

Pela norma ISSO 7730, o conforto térmico, ocorre quando cerca quando 90% das pessoas que estão no ambiente se sentem confortáveis (NARANJO, 2011).

A zona de conforto é a que compreende os pontos da temperatura efetiva (apresentados na zona da carta psicométrica), é a condição térmica como conforto em um grupo de pessoas (COSTA,1974).

2.4.2 Temperatura e Calor

A temperatura de Calor é considerada por Miller e Miller (2012), quando há uma produção em excesso de calor em um sistema, isso pode se tornar um problema, essa matéria se expande quando ela for aquecida, isso é conhecida como expansão térmica. As dimensões lineares aumentam como o volume, a remoção de calor faz com que isso aconteça. Isso ocorre na dilatação do líquido em um termômetro de vidro.

Citando ainda Miller e Miller (2012) dizem que a temperatura tanto pode ser quente como pode ser frio, dependendo de sua escala, sendo que temperatura é uma medida de agitação das moléculas, pois se não está no zero absoluto, todas as moléculas estão em movimento. As moléculas sempre estão em movimento, para elas se moverem mais intensamente depende do aumento da temperatura, e para a movimentação com menor intensidade necessita-se a diminuição da temperatura. Para elas pararem de se movimentar precisa de uma temperatura muito baixa, essa temperatura é conhecida como zero absoluto a qual corresponde a -460°F ou -273°C .

O calor de uma substância depende do movimento molecular, se não existir movimento a substância estará no zero absoluto, e acima dessa temperatura haverá movimento molecular. Quando houver uma mudança de estado, o calor fornecerá aumento da temperatura, e retirada do calor causará uma diminuição na temperatura. Muitas vezes o calor é confundido com a temperatura, mas a temperatura na verdade é a medida da intensidade da agitação (MILLER & MILLER, 2012).

2.4.3 Calor Específico

Calor específico tem a temperatura de uma substância medida, quando é fornecida uma quantidade de calor. Um BTU que é a unidade térmica britânica é a quantidade de calor que precisa elevar em 1°F a temperatura de uma libra de água a 39°F. As substâncias como a amônia e o hélio tem menor calor por libras que a água que pode levar a temperatura a 1°F (MILLER & MILLER, 2012).

2.4.4 Conteúdo de Calor

De acordo com Miller e Miller (2012), as substâncias possuem uma quantidade de calor de forma igual à energia, que leva a sua temperatura ao zero absoluto, até a temperatura ao um determinado instante. Isso é conhecido como conteúdo de calor ou entalpia, que pode ser calor sensível ou calor latente. O calor sensível é o calor que pode ser sentido, pois ele muda a temperatura da substância. Já o calor latente é o que não pode ser sentido, só é percebido quando muda o estado da substância de líquido para gás ou de sólido para líquido.

2.4.5 Calor Sensível

Para Miller e Miller (2012), O calor sensível é quando ocorre a mudança de temperatura de substância sem mudar o seu estado quando é retirado ou fornecido. Esse efeito pode ser medido por um termômetro em graus. Se a massa da substância e o calor específico forem iguais, a quantidade do calor sendo removido ou adicionado pode ser calculado pela variação sensível.

2.4.6 Calor Latente

O calor latente também é conhecido como calor oculto o qual é o calor que pode mudar o estado físico da substância à temperatura constante. Qualquer uma substância pode mudar para líquida, sólida ou em forma de gás, isso depende de sua temperatura e de sua pressão. Para essa mudança acontecer depende do fornecimento de calor. Quando a mudança for ao contrário, as quantidades de calor são rejeitadas ou retiradas pela substância. A troca de calor como da água que pode rejeitar ou absorver é como principal substância utilizada no aquecimento das indústrias e no ar condicionado (MILLER & MILLER, 2012).

2.5 COMPONENTES DO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO

A refrigeração é realizada de várias maneiras principalmente por meios de vapores, no qual consiste em produzir o líquido denominado refrigerante, o qual fornece a evaporação que é retirada de calor do meio. Para ocorrer essa retirada de calor é preciso vários equipamentos que compõem esse circuito do líquido e vapor que vai circular e concluir o seu ciclo (COSTA, 1982).

2.5.1 Compressores

Para Joffily (2007) o compressor tem como finalidade o deslocamento de um fluido ou gás de certa massa, há vários tipos de compressores cada um com diversas capacidades de potência de transporte.

Já para Martinelli (2005) entende que o compressor é considerado o coração do ar condicionado, pela razão de recuperar e comprimir o líquido expandido para que ele possa ser utilizado várias vezes no processo. Há cinco tipos de compressores que são mais utilizados na refrigeração.

Tipos de compressores utilizados na refrigeração:

- **Compressores Scroll:** nesse compressor o gás passa por dois espirais, esses espirais um deles é móvel e o outro é fixo, conforme o espiral se movimenta o gás é aprisionado e levado até o centro das espiras, aumentando a sua pressão até chegar a saída.
- **Compressor Rotativo de Parafuso:** é um tipo de compressor de ar que utiliza um mecanismo de deslocamento positivo, do tipo rotativo. É comum

usá-lo para substituir o compressor de pistão, onde são necessários grandes volumes de ar de alta pressão, tanto para grandes aplicações industriais ou para operar ferramentas de ar de alta potência. O processo de compressão de ar de um parafuso rotativo é um movimento de varredura contínua, então há muito pouca pulsação ou surgimento de fluxo, como ocorre com compressores de pistão. Ele foi usado a primeira vez em 1950, mas foi ganhando destaque pela virtude de ser mais prático.

- **Compressores Alternativos:** são compressores volumétricos que conseguem a elevação de pressão através da redução do volume de uma câmara (cilindro) ocupada pelo gás. Esse aumento é conseguido através de um pistão ou cilindro ligado a um sistema rotativo, no seu percurso na direção da cabeça do compressor.
- **Compressor Centrífugo:** também chamados de radiais, configuram-se entre os compressores dinâmicos. Quando se quer alcançar pressões muito altas, um único rotor (estágio), não basta, sendo necessários estágios múltiplos para o gás passar sucessivamente pelos cilindros. Nesse caso, existem vários rotores em série, um descarregando na sucção do outro, o que permite atingir pressões mais altas.
- **Compressor Rotativo ou de Palheta:** é o mais econômico e silencioso dos compressores. Sua grande eficiência em energia ocorre pelo ar que é comprimido nas espirais internas do equipamento, onde mesmo que seu funcionamento aconteça em altíssima rotação, o trabalho é realizado com “menos esforço” e conseqüentemente consumindo menos energia.

Na Figura 5, pode-se visualizar os tipos de compressores utilizados em várias aplicações da refrigeração.

Figura 5 - Tipos de Compressores



Fonte: Costa (1982).

Para Costa (1982) a escolha do tipo de compressor, depende de qual capacidade de instalação que será utilizada, ela pode ser pequena capacidade, média capacidade e grande capacidade de resfriamento e circulação do fluido.

2.5.2 Condensador

Existe dois tipos de condensador, um é refrigerado pelo ar e outro pela água. Por exemplo, em navios, é utilizado os condensadores resfriados a água, o qual é utilizado um tubular de quatro passos (MARTINELLI, 2005).

Nesse tubular de quatro passos os gases quentes do compressor entram na parte superior do condensador, o qual faz circular a água de resfriamento por dentro dos tubos. A água tem temperatura menor que a temperatura dos gases, por isso ela acaba removendo o calor que ela absorve do refrigerante. Quando o refrigerante esfria ele se transforma em líquido e escoar numa saída no fundo do tubular. Após passar o fundo do tubular a temperatura do líquido é reduzida numa temperatura inferior a condensação, mais conhecido como subresfriamento. Esse subresfriamento aumenta a capacidade do refrigerante, pois se estiver frio, será menor a sua capacidade do líquido vaporizar, mesmo antes de passar na válvula expansora (MARTINELLI, 2005).

Muitos condensadores tem uma pequena abertura na parte superior no tubular, essa abertura é composta por uma válvula que permite a eliminação dos

gases e do ar não condensáveis. O refrigerante é um aliado na eliminação dos gases não condensáveis e do ar, pois ele forma uma vedação líquida no fundo do condensador, o qual o tubular tem um reservatório para o líquido (MARTINELLI, 2005).

2.5.3 Evaporador

O evaporador é constituído por tubos de paredes finas, o qual absorve o calor do meio ambiente. Quando o refrigerante entra no evaporador, ele absorve o calor e torna-se superaquecido, o qual é bombeado para o compressor. Há dois tipos de evaporador, um tipo consiste de tubos de paredes finas lisas que não há limitação de espaço, e o outro tipo são tubos de paredes finas com aletas que permite maior área de resfriamento dentro de um compartimento pequeno. Na Figura 6 podemos observar os dois tipos de evaporadores mais usados. O liso é usado na linha agrícola e o com aletas é também usado na linha agrícola e automotiva (MARTINELLI, 2005).

Figura 6 - Modelos de Evaporadores



Fonte: Martinelli, 2005.

2.5.4 Válvula de Expansão

É um dos principais elementos do sistema de refrigeração de expansão direta. A inclusão deste componente dentro do ciclo tem a função de regular a passagem de fluido refrigerante até o evaporador. Para que haja funcionamento correto da válvula é necessária uma dependência da pressão de comando do bulbo termostático e da pressão do vapor. Esse bulbo deve ser instalado na saída do

evaporador que entra em contato com a tubulação de sucção, assim consegue captar a temperatura do fluido refrigerante. O sistema de refrigeração muitas vezes tem dois tipos de válvulas: uma é a válvula de expansão termostática que é usada em sistemas como um ou mais evaporadores e tem pequena perda de carga, a outra é a válvula de equalização externa ela pode ser utilizada tanto em um ou mais evaporadores que tenham alta perda de carga no sistema (MARTINELLI, 2005).

2.5.5 Termostato

O termostato é o dispositivo que controla as variações de temperatura de um sistema, procurando mantê-lo em temperatura constante. O termostato possui válvulas de expansão automáticas que são controladas através da pressão de sucção e pela temperatura do fluido (COSTA, 1982).

Para regular a temperatura desejada, o termostato possui uma agulha de obstrução que é acionada por uma mola, cuja sua tensão é ajustável, que controla o compressor, ligando e desligando ao mesmo tempo, como podemos ver na Figura 7. O bulbo do termostato é contido por gás ou líquido, quando a temperatura aumenta, ocorre também um aumento de pressão do fluido que é transmitido ao termostato (COSTA, 1982).

Figura 7 – Ilustração Termostato



Fonte: Portal da Refrigeração (2016).

2.5.6 Tubulações e Mangueiras

Na refrigeração, são componentes comuns que possuem a finalidade de transportar os fluídos refrigerantes para os componentes do sistema (STOECKER e JABORDO, 2002).

Para Parker (1999), o transporte do fluído é feito em condições variadas, ou seja, deve estar diretamente relacionado ao estado do equipamento e do próprio refrigerante. Outro fator que é bem considerado é certa seleção das mangueiras, tubulações e conexões que fazem parte importante do sistema, pois deve ser de acordo com o fluído que está sendo usado no sistema. Um dos fatores importantes é que as mangueiras e tubulações não precisam ter suas dimensões calculadas, pois a sua função é transportar o fluído pelo ciclo do sistema.

2.5.7 Reservatório

O refrigerante líquido que fica em um reservatório do condensador é coletado pelos reservatórios. O reservatório serve para armazenar esse refrigerante, o qual é mantida por uma vedação líquida na linha do líquido, e ventila o ar ou o gás não condensável de volta para o condensador. Para essa ventilação acontecer, o reservatório é equipado na parte mais alta do condensador um respiradouro, o qual elimina do sistema esse ar e gás não condensável (COSTA, 1982).

Conforme Costa (1982), os reservatórios têm capacidade necessária de receber a quantidade certa de refrigerante para operar a unidade, eles são equipados com válvulas para entrada e saída, o qual ajuda o operador a eliminar todo o refrigerante em quanto trabalha em outras partes do sistema. O navio possui esses deflatores para manter a vedação líquida enquanto se desloca.

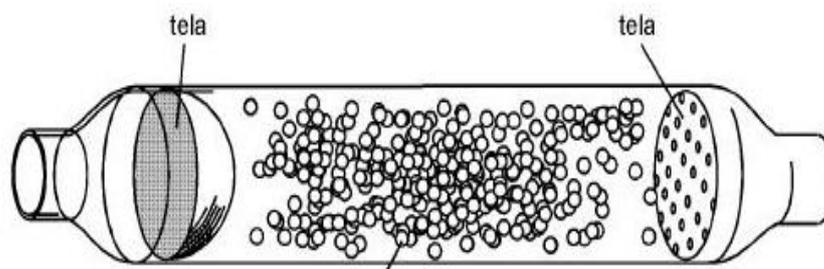
Alguns dos reservatórios estão cheios de refrigerantes líquidos, portanto existe vários modelos de reservatórios, alguns registram por um vidro o nível de líquido, outro modelo o nível é indicado por uma célula eletrônica, que indica em porcentagem a capacidade total num medidor externamente (COSTA, 1982).

2.5.8 Filtro Secador

De acordo com o Portal da Refrigeração (2016), o filtro secador é um componente que é instalado no sistema de refrigeração, com a função de reter a umidade e partículas sólidas. O filtro pode ser composto de partículas dessecantes e deve ser escolhido de acordo com a aplicação desejada, levando sempre em conta o fluido refrigerante, pressões de trabalho e fluxo de massa.

Ainda de acordo com o Portal da Refrigeração (2016), o filtro secador é construído através de cobre ou ferro, na parte interna possui uma tela grossa, na entrada e uma tela fina na saída, no meio dessas telas é colocado dessecantes que podem ser moleculares Sieves ou sílica em gel que pode absorver a umidade no sistema de refrigeração, conforme na Figura 8.

Figura 8 – Filtro Secador



Fonte: Portal da Refrigeração (2016).

O filtro possui duas funções que são muito importantes para o funcionamento correto do sistema de refrigeração:

- Elimina partículas de sujeira que estão em circulação no circuito que pode prejudicar as partes mecânicas do compressor;
- Absorve a umidade residual que contem no circuito que não foram removidas pelo vácuo, isso evita danos que causam no sistema que acaba formando ácidos, corrosão aumento de pressões e congelamentos, ou seja obstrução do sistema.

Devido ao surgimento de vários fluidos refrigerantes alternativos, foram desenvolvidos diversos filtros secadores. A Tabela 1 mostra a aplicação dos filtros mais conhecidos nos fluidos refrigerantes.

Tabela 1 - Aplicação dos Filtros

Refrigerante	Tela	Sílica	Xh5	Xh6	Xh7	Xh9	Universal
R22 – AC	X						
R12, R22, R502		X	X	X	X	X	X
R134a					X	X	X
R404A/R507				X	X	X	X
Blends HFC/HCFC						X	X
R600A, R290			X	X	X	X	X

Fonte: Portal da Refrigeração (2016).

2.5.9 Filtros para ar-condicionado

O Portal da Refrigeração (2016), relata que é muito difícil um ar-condicionado operar sem um filtro, pois eles cumprem uma importante função na manutenção da qualidade do ar no seu interior.

Ainda conforme o Portal da Refrigeração (2016), há vários tipos de filtros, mas cada um deve possuir a capacidade de remoção das partículas menores, ou dependendo do seu grau de eficiência, em uma instalação com ventilação industrial é importante a remoção das partículas de poeira grossa, já numa indústria farmacêutica os filtros precisam de uma capacidade ainda maior, pois precisa remover as partículas diminutas.

Quando as partículas diminuem seu tamanho, fica ainda mais difícil a remoção delas. Muitos filtros são usados para remover partículas microscópicas, sendo sólidas ou líquidas, o filtro é composto de fibras de vários materiais, os espaços que ele possui devem ser menores do que o diâmetro da partícula que será filtrada (PORTAL DA REFRIGERAÇÃO, 2016).

2.5.10 Motor Elétrico

De acordo com a Weg (2016) pode-se definir motores elétricos como máquinas que convertem energia elétrica em energia mecânica de rotação. Esses tipos de motores são os mais utilizados, apresentando algumas vantagens, como por exemplo: baixo custo de manutenção, fácil manuseio e transporte, bom desempenho e rendimento, além de terem um fator importante de serem movidos pela energia elétrica. Seu principal funcionamento é a interação dos campos eletromagnéticos, aonde as forças mecânicas conduzem a corrente elétrica para um campo magnético.

Pode-se citar uma diversidade de motores elétricos, como: motores de corrente contínua, motores de corrente alternada e motores especiais. Para que haja um melhor rendimento no funcionamento dos motores elétricos é preciso ter alguns cuidados, como na hora da sua instalação e na manutenção, para que sejam instalados em locais de fácil acesso para inspeção. Sua fixação deve ser em local plano, para que não haja vibrações e perfeito alinhamento com a máquina. Deve sempre ocorrer inspeções regulares, para lubrificação dos rolamentos, níveis de isolamento, desgaste e cuidado na elevação da temperatura (WEG, 2016).

2.5.11 Fluidos Refrigerantes

O fluido refrigerante pode ser qualquer gás que pode ser alterado liquefeito e vaporizado dentro de algum equipamento mecânico. Um dos fluidos usados nos navios é o dióxido de carbono, para ser manuseado deve ser usado tubulações e maquinários muito resistentes (Portal da refrigeração, 2016).

Segundo o portal da refrigeração (2016), em considerações práticas é usado vários fluidos refrigerantes, esses fluidos podem ser usados de forma segura com equipamentos que obtêm resistência mecânica e de acordo com o manuseio. Nenhuma substância possui todas as propriedades de um fluido refrigerante ideal, o único fluido que se aproxima dessa condição é o fluido refrigerante derivado de hidrocarbonetos (Freon).

Segundo Ferras e Gomes (2008), os fluidos refrigerantes que possuem uma boa qualidade, possuem os seguintes quesitos como característica predominante:

- Anticorrosivos;
- Baixo volume específico, exigindo menor trabalho do compressor;
- Condensação a pressões moderadas;
- Não ser tóxico e inflamável;
- Permitir evaporação acima da pressão atmosférica, entre outros.

No mercado, existem vários tipos de fluidos refrigerantes, com composições e aplicações. Um dos fluidos que pode se citar é o R-134a, que é um refrigerante que substitui o CFC -12 em sistemas automotivos e sistemas de refrigeração industriais, que não é agressivo a camada de ozônio (FERRAS e GOMES, 2008).

2.5.12 O gás refrigerante R134A

Os novos tipos de refrigerantes estão sendo desenvolvidos pelos fabricantes, onde reúnem o máximo possível de propriedades mais desejáveis. Surgiu então o R134A.

O R134A é um refrigerante que não prejudica o meio ambiente, pois não agride a camada de ozônio. É o refrigerante ideal para ser usado no lugar do R12, que é agressivo a camada de ozônio (PORTAL DA REFRIGERAÇÃO, 2016).

2.5.13 Propriedades físicas do R134A

Segundo o Portal da Refrigeração, (2016):

- É indicado para aplicação em condicionador de ar automotivo, pois é semelhante à do R12;
- A temperatura de evaporação do compressor é significativamente mais baixa quando comparada à do R12, chegando -15° a 12°C ;
- Trabalha com óleos sintéticos: apenas esses se misturam com o R134a; No entanto, a combinação de ambos absorve mais água que o R12 e óleo mineral – para evitar esse problema normalmente usa um filtro secador especial adaptado à estrutura molecular do R134a;
- HFC: não apresenta potencial de degradação da camada de ozônio: Sua utilização não será interrompida devido ao Protocolo de Montreal;
- Não é inflamável e nem tóxico.
- Volumétrica igual ou superior à do R12;
- Estrutura molecular diferente da do R12: pode escapar mais facilmente.

2.5.14 Gás de Freon

De acordo com Alves (1988) o gás Freon foi descoberto pelo cientista Thomas Midgely Jr no ano de 1931. O gás possui incríveis propriedades criogênicas, e é a alternativa para a produção de frio. Tornou-se o gás ideal para geladeira, em que circula por todo o circuito (compressor de válvula de expansão, evaporador, condensador). Em 1950 o gás passou a produzir gelo residencial, assim os alimentos congelados tomaram conta do mercado e o mundo.

Ainda de acordo com Alves (1988) o gás Freon teve um lado triste na atmosfera, pois era responsável na destruição da camada de ozônio, por isso ele vem sendo substituído nos últimos anos.

2.6 FERRAMENTAS DE MANUTENÇÃO

De acordo com Miller e Miller (2012), um técnico de ar condicionado deve entender e trabalhar com a eletricidade, equipamentos que podem ser substituídos ou reinstalados, esses equipamentos devem ser sempre usados de forma segura. Algumas ferramentas são especiais, pois possuem medidores que são necessários para a instalação do ar condicionado. As ligações elétricas são sempre de acordos com as normas da Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), se isso não acontecer, o eletricitista que fez a ligação deverá atualizar as ligações e fazer de acordo com as normas, a carga não será suficiente para a instalação de refrigeração e ar condicionado.

Abaixo a lista de equipamentos utilizados para manutenção, segundo Miller e Miller (2012):

- **Alicates e cortadores de fio:** Os alicates possuem vários tamanhos e formas para desejada aplicação. Os alicates estão disponíveis com cabos isolados ou não, mas mesmo sendo isolados eles não são considerados uma segurança.
- **Extrator de Fusível:** O extrator de fusível tem a função de eliminar o risco de puxar e substituir manualmente fusíveis do tipo cartucho. Os Fusíveis no dia de hoje, não são mais usados nos equipamentos novos, mas

também em equipamentos antigos que estão em operação. O material utilizado é o fenólico, que é usado como um isolante.

- **Chaves de Fenda:** As chaves de fenda também possuem vários tamanhos e formatos de ponta, as que são usados pelos eletricitas tem os cabos isolados. As diferenças entre as chaves estão na ponta de parafusar. Para que a utilização seja segura, as pontas devem ser quadradas e afiadas, e ser conforme o tamanho do parafuso.
- **Chaves:** Para a manutenção de ar condicionado e refrigeração existem três tipos de chaves: As chaves de extremidade aberta ajustável que são chamadas de chave de boca ajustável; Chaves inglesas, que são utilizadas em encaixes hexagonais e quadrados, tais como parafusos de máquinas, porcas hexagonais ou união de eletrodutos; Chaves para tubos, que são empregadas para trabalhos em tubos e eletrodutos e não devem ser usadas as chaves de boca ajustável e inglesa.
- **Equipamentos de solda:** O equipamento de solda usado pelo eletricitista é o mesmo usado pelo mecânico de refrigeração. O equipamento de solda pode ser elétrico, um maçarico com cilindro de combustível a gás ou um ferro de soldar elétrico. O maçarico é utilizado para soldar um cobre sólido ou tubos de cobre, ou seja, até mesmo um rolo de arame de solda sólido.
- **Equipamentos de perfuração:** Esse equipamento possui uma broca que permite a perfurar materiais espessos, até mesmo uma broca de madeira é utilizada para fazer furos. Esta ferramenta é muito necessária para um eletricitista, pois ele realiza para fazer furos em estruturas para passagem de fios novos ou modificados.
- **Medidores e pontas de teste:** Esse equipamento é conhecido como voltímetro, sua utilidade é mostrar a tensão do sistema, localização do fio terra ou medir o circuito da fonte de energia. É utilizado com facilidade.

Segundo Miller e Miller (2012), o ar condicionado possui dois sistemas de refrigeração, um é de expansão indireta e o outro direta, esses sistemas são encontrados em dois dispositivos: o compacto e o split. O Split é encontrado no ar central, onde o gás resfria a água que circula dentro do aparelho.

De acordo Miller e Miller (2012), o compacto é só uma estrutura em todo o sistema de refrigeração, ele que produz o ruído considerável, é instalado na parte

externa e realiza todo o processo de refrigeração. O Split são duas partes, a condensadora e a evaporadora, é responsável pela liberação do ar gelado no ambiente interno.

Pelo motivo do ar condicionado ser muito grande e ter um planejamento antes da instalação, os splits são mais silenciosos, e possuem um consumo de energia menor que o compacto chegando a 40% (MILLER E MILLER, 2012).

2.7 SISTEMA DIGITAL

De acordo com Floyd (2007), os sistemas digitais por anos ficaram confinados apenas a sistemas computacionais, porém com o passar dos anos a tecnologia digital está empreendida em quase todas as áreas da sociedade.

2.7.1 Sensor

Segundo Thomazini (2007), os sensores são dispositivos sensíveis de forma de energia do ambiente, podendo ser luminosa, térmica e cinética, os sensores podem medir as temperaturas, velocidade, pressão, aceleração, posição, corrente, entre outros.

Muitos sensores não possuem características elétricas necessárias de um sistema de controle, o sinal de saída deve ser sempre manipulado antes da leitura no sistema de controle. Isso ocorre um circuito de interface, que produz sinal que pode ser lido pelo controlador (THOMAZINI, 2007).

Ainda conforme Thomazini (2007), a interface é um amplificador que eleva o nível de sinal para efetiva utilização, ou seja, a saída de um sensor após ele ser sensibilizado por uma energia externa acaba ocorrendo um nível de tensão muito baixo, tornando então a amplificação.

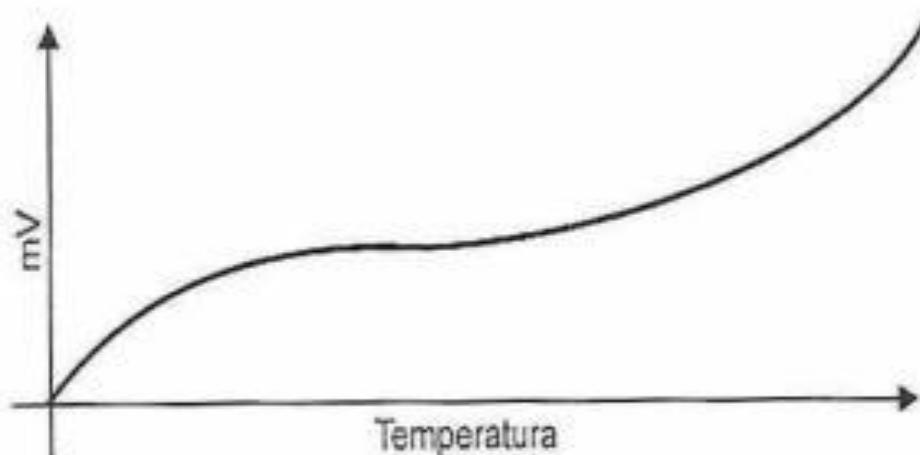
2.7.2 Sensores Analógicos

Esse sensor assume qualquer valor na saída ao longo do tempo, desde que esteja de acordo com a faixa de operação (THOMAZINI, 2007).

Ele pode assumir ao longo do tempo algumas grandezas físicas como pressão, umidade, velocidade, temperatura, ângulo, força, vazão, luminosidade e

distancia, entre outros. Essas grandezas são denominadas elementos sensíveis em um circuito eletrônico não digital. A Figura 9 mostra a variação da temperatura de forma analógica (THOMAZINI, 2007).

Figura 9 - Ilustração a variação de uma grandeza física em um sensor analógico.

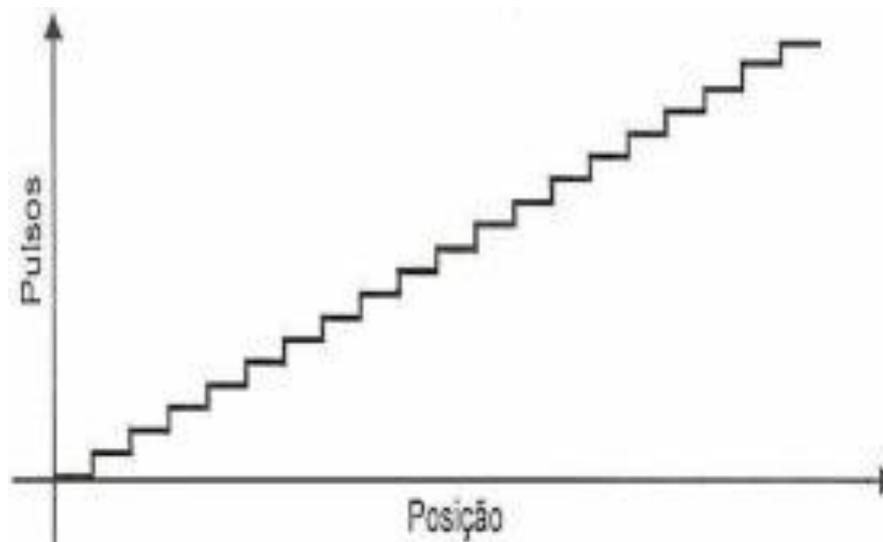


Fonte: Thomazini (2007).

2.7.3 Sensores Digitais

Os sensores digitais assumem apenas dois valores na hora da saída ao longo do tempo, que pode ser entre zero ou um. Não existe grandezas físicas que assumem esse valor, mas eles são mostrados no sistema de controle após ser convertido no circuito eletrônico do transdutor. É bastante utilizado na detecção na passagem de objetos, na determinação pelos encoders de distância ou velocidade. Na Figura 10 mostra a variação da posição de um objeto que é lida pelo encoder incremental. (THOMAZINI, 2007).

Figura 10 - Ilustração da leitura da posição de um objeto pelo encoder incremental.



Fonte: Thomazini (2007).

2.7.4 Transdutor

Transdutor é um dispositivo completo, que possui sensor, que pode transformar uma grandeza em outra, é utilizada principalmente no dispositivo de controle. O transdutor é considerado uma interface nas formas de energia do ambiente e do circuito de controle, ou entre o controle e o atuador (THOMAZINI, 2007).

O transdutor pode transformar grandezas físicas como a temperatura e a pressão, em um sinal de tensão ou corrente determinado num sistema de controle. Os sensores e os transdutores atuam paralelos um ao outro, sendo que os transdutores são um instrumento totalmente completo que engloba o sensor e todos os outros circuitos de interface que são utilizados na aplicação industrial (THOMAZINI, 2007).

2.7.5 Termistores

Termistores são resistores totalmente sensíveis termicamente, são semicondutores eletrônicos. Sua resistência elétrica varia com a temperatura. Eles têm detecção automática, medição e controle de energia física. Os termistores são

muito sensíveis com as mudanças da temperatura. Os elementos que são resistivos são os óxidos de metais como manganês, níquel, cobre, ferro, titânio e cobalto (THOMAZINI, 2007).

Existem dois tipos de termistores: um deles é o coeficiente positivo de temperatura (PTC) o qual a resistência aumenta com a temperatura, através da medição e controle, mas não é muito utilizado nos processos industriais, pois não há padronização pelo fabricante. E o outro é o coeficiente negativo de temperatura (NTC) que diminui com a temperatura, é o sensor que fornece variação da saída da temperatura, mas essa relação não é linear (THOMAZINI, 2007).

2.7.6 Termopares

No ano de 1821, Seebeck descobriu em um circuito fechado que é composto de dois fios metais heterogêneos, que havia uma corrente elétrica, assim foi descoberto o comportamento termoelétrico de certos materiais. Os princípios e a teoria sobre os termopares ainda não foram descobertos por uma pessoa num momento específico (THOMAZINI, 2007).

Um termopar mede a diferença do potencial causada por fios diferentes. Ele pode ser usado para medir a diferença das temperaturas ou para medir uma temperatura absoluta. Quando é ligado vários termopares, o efeito é enorme (somado), esses dispositivos são chamados de termopiles (THOMAZINI, 2007).

2.7.7 Arduino

De acordo com Mcroberts (2001), o arduino é um tipo de microcontrolador que produz uma interação entre o ambiente externo, através da utilização de atuadores e sensores. Ele funciona como um computador que é capaz de possibilitar através de um programa as entradas e saídas entre o dispositivo e os componentes conectados nele. O sistema do arduino é considerado uma computação física, que existe interação do ambiente através de software e hardware, conforme mostra a Figura 11.

Figura 11- Arduino



Fonte: www.arduino.cc

Ainda de acordo com Mcroberts (2011), o Arduino é usado no desenvolvimento de objetos interativos independentes ou conectado a um computador, enviando e recebendo dados constantemente de acordo com a programação. Ele possibilita uma infinidade de aplicações, sendo possível sua utilização no controle de LED's, displays, botões, interruptores, acionamento de motores, sensores, ou qualquer outro dispositivo que emita dados e possibilite seu controle.

A placa do Arduino é composta por apenas um microprocessador, um tipo de oscilador e um regulador linear de 5 volts, que pode ser conectado num computador para o envio de dados, que acaba facilitando a sua programação. O hardware e o software do Arduino possuem um código aberto, que possibilita a utilização de para qualquer projeto. Existem muitas placas iguais ao Arduino que tem a mesma função, que são compatíveis com o software do Arduino (MCROBERTS, 2011).

3 MÉTODOS E TÉCNICAS

3.1 MÉTODOS

De acordo com Gil (2002) a metodologia deve descrever os procedimentos seguidos na realização da pesquisa, assim como sua organização varia de acordo com as peculiaridades de cada pesquisa.

Neste caso, para responder o problema de pesquisa que versa sobre o sistema analógico ou se o sistema digital apresentará melhores resultados, utilizar-se-á como meios técnicos para a investigação a pesquisa exploratória descritiva. Este tipo de pesquisa tem como objetivo proporcionar maior familiaridade com o problema, com vistas a torná-lo mais explícito ou a construir hipóteses (GIL, 2007).

Neste contexto, para alcançar o primeiro objetivo que é a implementação do sistema digital em uma bancada de refrigeração que trabalha atualmente apenas com sistema analógico do Laboratório de Fenômenos de Transporte e Energia – LaFTE da FAHOR, utilizou-se a pesquisa aplicada, pois por meio da implementação na bancada existente, pode-se fazer uma comparação dos resultados obtidos no sistema analógico e sistema digital.

Para responder o primeiro objetivo específico, que versa sobre o aprimoramento do conhecimento sobre refrigeração, arduino e os sensores que serão utilizados na bancada, utilizou-se a pesquisa bibliográfica que consiste no desenvolvimento por meio de consultas em fontes secundárias de materiais já elaborados; como: livros, revistas técnicas, sites, artigos científicos, entre outros (GIL, 2002).

E quanto ao segundo objetivo específico em realizar testes na refrigeração, bem como, programar o sistema por meio de um arduino. Nesse sentido haverá a possibilidade de comparar quanto tempo leva para chegar em uma determinada temperatura com o sistema analógico e o sistema digital.

Finalmente para avaliar a eficiência do processo termodinâmico em cada sistema (analógico e digital), utilizou-se a técnica do conhecimento adquirido com o estudo, que houve a necessidade de otimizar o sistema de refrigeração, implementando o sistema digital na bancada, propiciando dessa maneira que o sistema funcione das duas maneiras, analógica e digital.

3.2 TÉCNICAS DA COLETA DE DADOS

3.2.1 Quanto à coleta de dados utilizou-se a pesquisa ação

Com base no exposto, este relatório de trabalho final de curso caracteriza-se como uma pesquisa-ação, pois segundo Kemmis e Mc Taggart (1988) a pesquisa-ação.

Neste sentido, utilizou-se os seguintes passos

- Buscou-se os dados do projeto inicial da bancada de refrigeração, observando se estava funcionando por meio do sistema analógico e medindo a temperatura com um termômetro;
- Analisar os dados do projeto inicial, quando o sistema estava operando por meio do sistema digital, a temperatura final era controlada pelo arduino e visualizada no painel de led do sistema digital.
- Verificar se os dados contidos no projeto inicial estão aplicados no sistema.
- Realizou-se o estudo bibliográfico com o intuito do aperfeiçoamento do sistema.
- Implementou-se o sistema digital na bancada, buscando uma maior eficiência no controle da temperatura da bancada.

3.3 ANÁLISE DOS DADOS

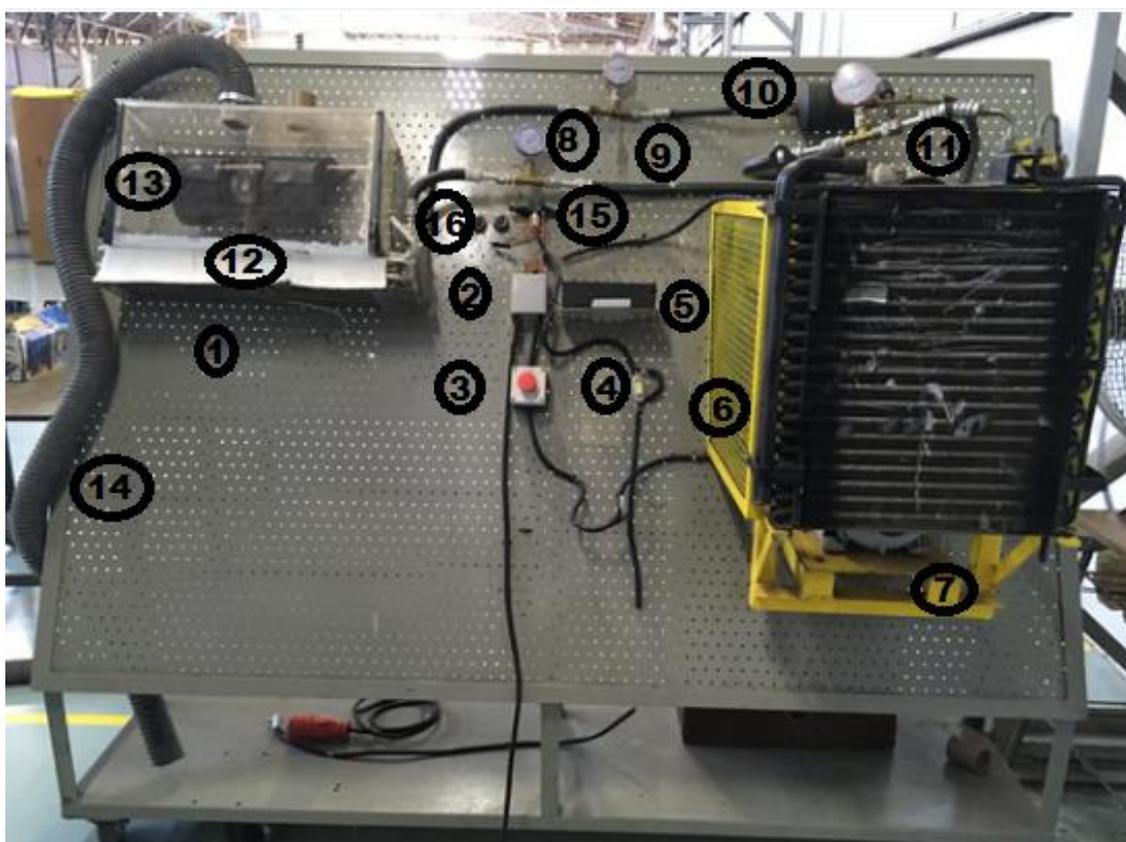
Os dados foram analisados por meio da observação do sistema analógico e digital, observando como o sistema trabalha da melhor maneira, fazendo comparação dos dois sistemas por meio de gráficos de Excel, evidenciando qual dos dois sistemas tem uma melhor eficiência térmica.

4 ANÁLISE DOS RESULTADOS

4.1 APRESENTAÇÃO DA BANCADA DE REFRIGERAÇÃO ANTES DAS ALTERAÇÕES

A bancada de refrigeração localizado no laboratório de Fenômenos de Transporte e Energia – LaFTE da FAHOR, apresentava os seguintes componentes, conforme Figura 12.

Figura 12- Bancada de refrigeração antes das alterações



Para um melhor entendimento dos componentes da bancada, os mesmos estão detalhados abaixo:

- 1- Evaporador: realiza a troca de calor do sistema com o ambiente a ser refrigerado, sendo que o utilizado na bancada é da marca Serraff.
- 2- Chave principal: utilizada para ligar e desligar o motor elétrico.

- 3- Botão de parada de emergência: durante o funcionamento do sistema de refrigeração, se houver algum problema, basta pressionar o botão, que o sistema é desligado, pois ocorre o corte de energia.
- 4- Chave de Acionamento: essa chave tem a função de ligar e desligar a fonte de 12v.
- 5- Fonte 12v: utilizada para fazer a conversão de energia de 220v para 12v, para acionar alguns componentes que precisam dessa energia adequada para seu funcionamento.
- 6- Condensador: usado para fazer a troca de calor do sistema.
- 7- Motor elétrico: o motor elétrico da marca Eberle, trifásico de 380v tem a finalidade de acionar o compressor, simulando os motores a Diesel convencionais usados.
- 8- Manômetros: os manômetros são utilizados para o controle da pressão, e o sistema possui um manômetro de linha baixa e outro manômetro de linha alta.
- 9- Mangueiras: as mangueiras utilizadas no sistema possuem diâmetros de 5/8" e 1/2" e as mesmas tem a função de transportar o fluido refrigerante pelo sistema.
- 10- Filtro Secador: o filtro tem a função de fazer a limpeza e absorver a umidade do gás.
- 11- Compressor: utilizado para fazer o deslocamento do fluido, sendo que a bancada possui um do modelo Denso 6P 148, da marca John Deere, que é específico para fluido R134a.
- 12- Ventilador: o mesmo direciona o ar refrigerado para o ambiente a ser refrigerado.
- 13- Caixa de Isolamento: caixa de acrílico 5mm, que tem a função de isolar o ar refrigerado com o calor exterior.
- 14- Mangueira de Ar: utilizada para o deslocamento do ar refrigerado da caixa de isolamento até a o reservatório.
- 15- Relés: os relés são de extrema importância para o acionamento do ventilador e da embreagem do compressor.
- 16- Botões de acionamento: os botões têm a finalidade de acionar a embreagem e o ventilador do sistema, sendo que o da esquerda aciona e regula a velocidade do ventilador e o da direita a embreagem do compressor.

4.2 ANÁLISE DA BANCADA

Com a identificação de todos os componentes da bancada, constatou-se três quesitos a ser melhorado na bancada de refrigeração, que estão ilustrados nas Figuras 13, 14 e 15 respectivamente.

Figura 13- Caixa de reservatório do ar refrigerado.



O reservatório de ar refrigerado, que servia como uma simulação de um ambiente refrigerado, teve que ser alterado pelo motivo de que o ar refrigerado era deslocado da caixa de isolamento até o reservatório por meio de duas mangueiras de plástico, com isso havia muita perda do ar refrigerado. A caixa possui dimensões de 1000 x 410 x 50 mm³.

Outro fator predominante para a troca da caixa, foi que a mesma não possuía uma vedação compacta, ou seja, o ar refrigerado tinha contato com o calor do meio externo, ocasionando perda na eficiência do sistema de refrigeração.

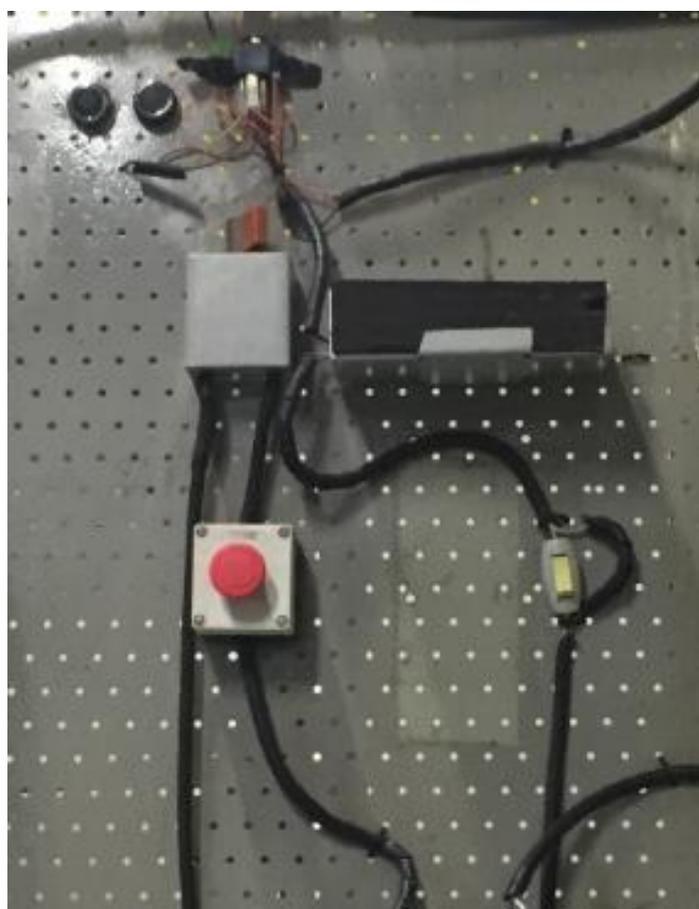
A caixa de isolamento teve que ser alterada para conseguir simular uma cabine de máquina agrícola, onde o evaporador e o ventilador estão dentro do teto da cabine, sendo que o operador tem apenas contato com o duto do ar refrigerado.

No sistema também havia perda, pois a caixa de isolamento não possuía vedação na parte trazeira do ventilador, ocasionando a troca de calor com o ar refrigerado.

Figura 14- Caixa de Isolamento



Figura 15- Sistema analógico



Um dos quesitos considerado essencial para um melhor aproveitamento da bancada de refrigeração, é a implementação de um sistema digital no controle da temperatura, pois com o sistema analógico o sistema trabalhava sem parada nenhuma, ou seja, o sistema só parava quando era desligado chave principal.

Outro fator predominante para implementar o sistema digital é que com sistema analógico era preciso utilizar um termômetro manualmente para se medir a temperatura atual do reservatório, e com isso não se tinha resultados precisos nos testes.

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS NA BANCADA

Após identificado e analisado todos os problemas que estavam ocorrendo na bancada de refrigeração, foi implementado as melhorias necessárias, conforme mostra as Figuras 16, 17 e 18:

Figura 16- Nova caixa de reservatório do ar refrigerado.



A nova caixa do reservatório foi fabricada com chapas de acrílico 3 mm, com dimensões de 540 x 270 x 170 mm³ e posicionada logo acima da caixa de

isolamento, conforme mostra a Figura 16, separada apenas por uma grade de acrílico. A caixa foi posicionada dessa maneira, para que não haja perda do ar refrigerado, pois o ar é levado pelo ventilador diretamente para a caixa, simulando dessa maneira o sistema de refrigeração de uma cabine de máquina agrícola, apenas com dimensões diferentes.

A vedação da caixa foi feita com silicone na parte interior e na parte exterior foi toda revestida com manta asfáltica de alumínio, que serve como um isolante térmico. Na parte superior da caixa, foi introduzido um cano de PVC junto a tampa com diâmetro de 60 mm, para que haja a conexão da mangueira com o reservatório de ar, quando desejar levar o ar refrigerado para fora do reservatório.

Com a implementação da nova caixa, a bancada de refrigeração fica disponível para refrigerar produtos alimentícios e bebidas em geral, como água e refrigerante, além de simular um ambiente refrigerado.

Figura 17- Implementação da nova caixa de isolamento



A caixa de isolamento teve pequenas alterações em relação a caixa existente na bancada de refrigeração, porém de grande valia. As dimensões foram reduzidas de 740 x 270 x 170 mm³ para 540 x 270 x 170 mm³, encaixando a parte superior juntamente com a saída do ar refrigerado do ventilador, conforme citado acima, simulando uma cabine. Outra alteração feita, foi a colação de uma chapa de acrílico na parte traseira do ventilador, dessa maneira diminuindo as perdas do ar refrigerado. A vedação foi feita com silicone e manta asfáltica de alumínio, sendo

que apenas em um pedaço da parte frontal, ficando sem a manta asfáltica, para que seja visível verificar o sistema do ventilador atuando.

Figura 18- Implementação do sistema digital

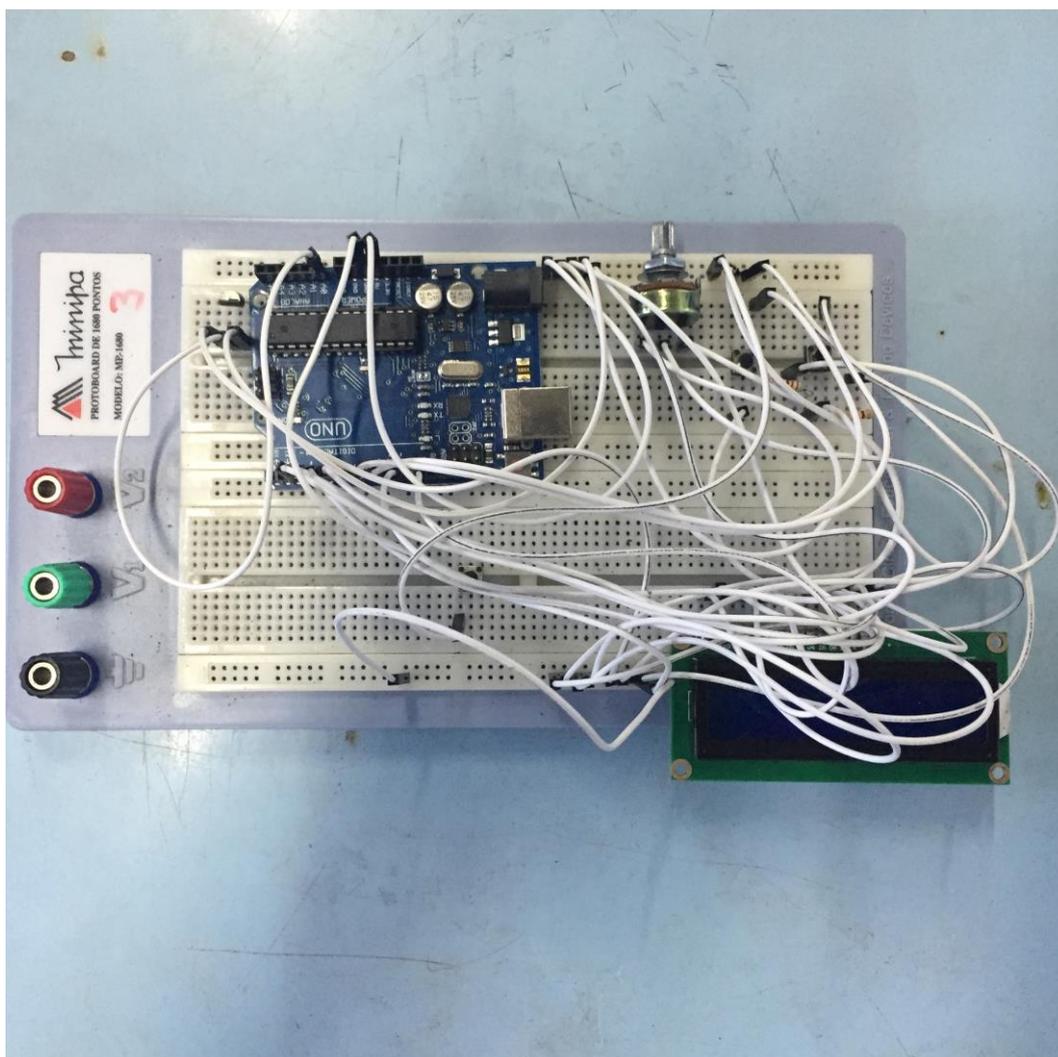


Para implementar o sistema digital foi necessário fazer a aquisição dos materiais, que foram adquiridos pela FAHOR junto ao fornecedor Gebeli, de Porto Alegre- RS e outros a instituição tinha disponível no laboratório de robótica, que são os itens mencionados abaixo:

- Arduino uno
- Sensor de temperatura (lm35)
- Potenciômetro
- Botão de acionamento
- Protoboard
- Cabos conectores
- Display LCD 16 x 2 cm²
- Caixa de acabamento 13 x 13 cm²
- Placa de circuito 15 x 15 cm²
- Fonte 5 V
- Relés 10 A

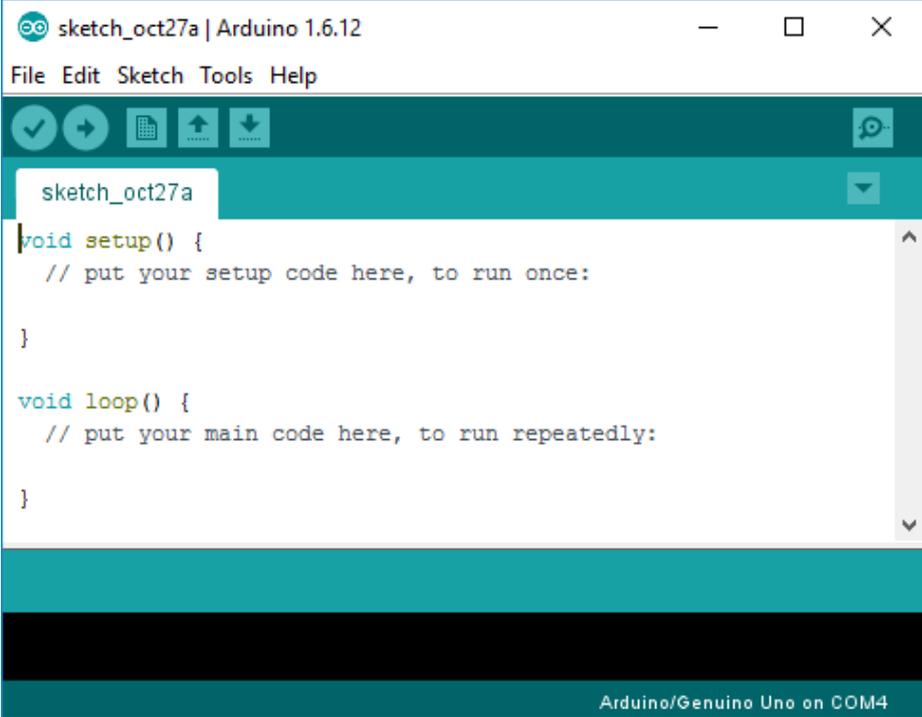
O circuito eletrônico foi montado com os componentes primeiramente na protoboard, por se tratar de um período de testes, onde as mudanças eram constantes até conseguir atingir o objetivo, conforme Figura 19. A protoboard permite realizar os testes sem a necessidade de soldar os equipamentos, o que facilita no manuseio dos mesmos.

Figura 19- Circuito eletrônico na protoboard



Com o circuito montado na protoboard, foi conectado ao Arduino UNO no computador, para desenvolver o código de programação. O programa utilizado para desenvolver o código é o Arduino 1.6.12, conforme figura 20. Após a criação do código de programação, conforme Anexo A, com todas as especificações necessárias, o mesmo foi armazenado na memória do arduino.

Figura 20- Programa para desenvolver o código



```
sketch_oct27a | Arduino 1.6.12
File Edit Sketch Tools Help
sketch_oct27a
void setup() {
  // put your setup code here, to run once:
}

void loop() {
  // put your main code here, to run repeatedly:
}

Arduino/Genuino Uno on COM4
```

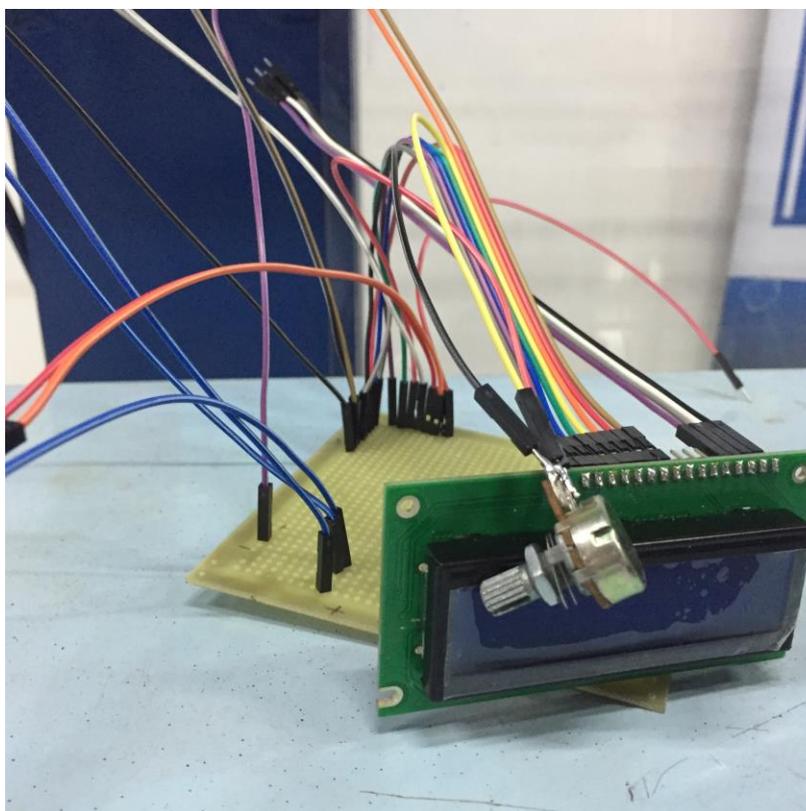
Realizado todos os testes e verificado que o sistema de refrigeração está operando de forma manual e digital, foram soldados os componentes eletrônicos na placa conforme circuito no anexo B. O display LCD, o potenciômetro e os botões de acionamento foram fixados na caixa de acabamento e interligados juntamente na placa através de cabos, conforme figura 21 e 22.

Figura 21 - Caixa de acabamento com os componentes



- 1- Display LCD: na parte superior mostra a temperatura atual do ambiente e na parte inferior a temperatura programada para o sistema se desligar;
- 2- Potenciômetro: regula o brilho do display;
- 3- Botões + e -: tem função de programar a temperatura que o sistema irá se desligar;
- 4- Botão embreagem eletromagnética: desligar a embreagem do compressor de forma manual.

Figura 22- Componentes soldados na placa de circuito.



O sistema digital da bancada de refrigeração tem seu funcionamento da seguinte maneira: O sensor de temperatura está fixado dentro da caixa de reservatório do ar refrigerado, conforme Figura 23 e interligado com todos os outros componentes digitais. Conforme o sistema de refrigeração está trabalhando e a temperatura diminuindo, a temperatura atual e a temperatura em que se programa para o sistema desligar automaticamente é mostrada no display, conforme Figura 24. Programa-se com os botões + e – localizado na caixa de acabamento, em qual temperatura o sistema deve ser interrompido automaticamente, desligando a

embreagem eletromagnética do compressor. O sistema ficará desligado até temperatura atual não ser mais a mesma que a programada, com isso o sistema ligará automaticamente até atingir a temperatura programada novamente. O manual de operação está no Anexo C.

Figura 23- Sensor de temperatura fixado

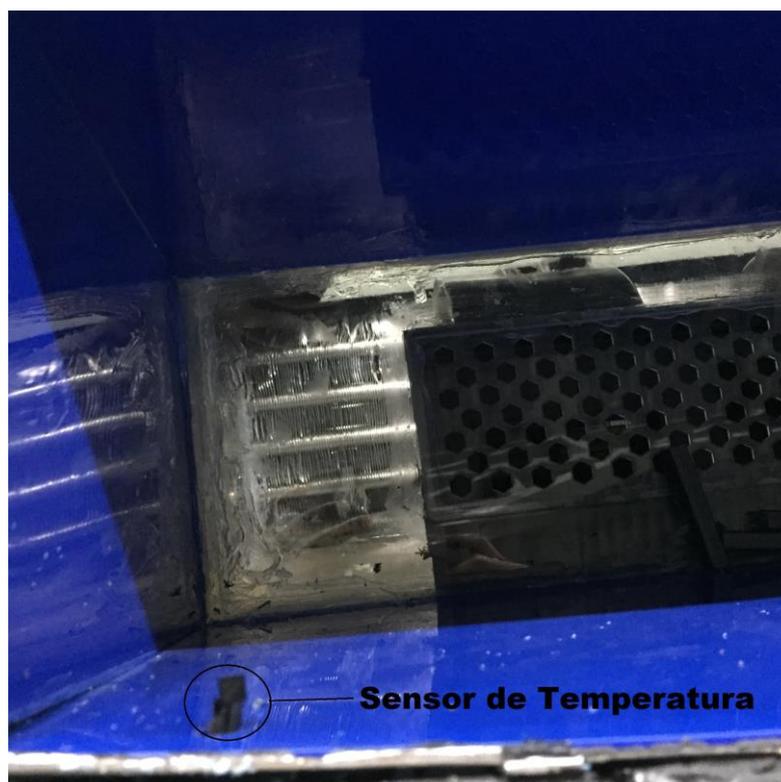


Figura 24- LCD



Conforme a Figura 24, T Atual demonstra a temperatura do sistema em determinado momento, e o T Set é a temperatura em que o sistema irá se desligar automaticamente, ou seja, quando o T Atual for igual ao T Set o sistema irá se

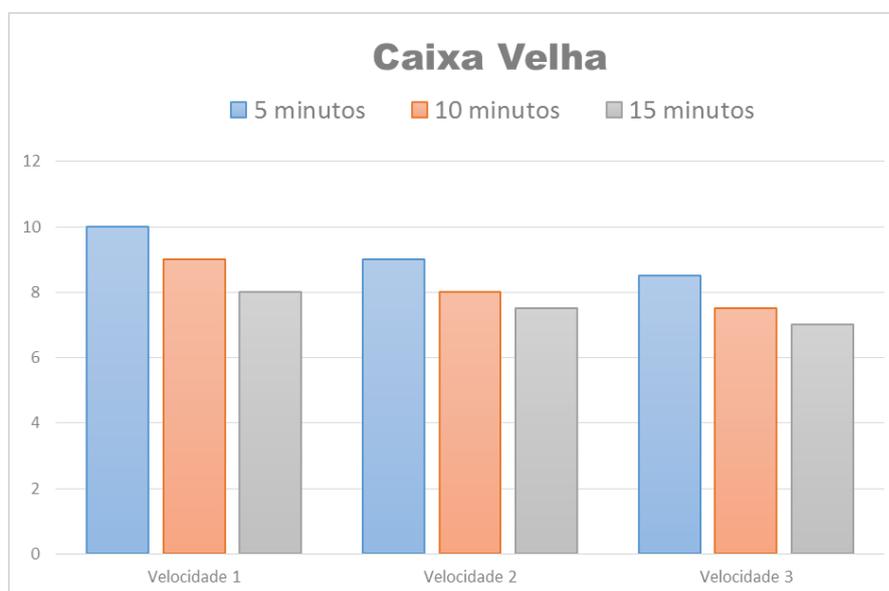
desligar automaticamente. No anexo D, é possível verificar em detalhes dos componentes da banca de refrigeração com a implementação do sistema digital.

4.4 TESTES DE REFRIGERAÇÃO

Após implementado o sistema digital na bancada de refrigeração e aplicado todas as melhorias descritas acima, foi realizado alguns testes de refrigeração, fazendo a comparação do sistema funcionando de forma analógica e também digital.

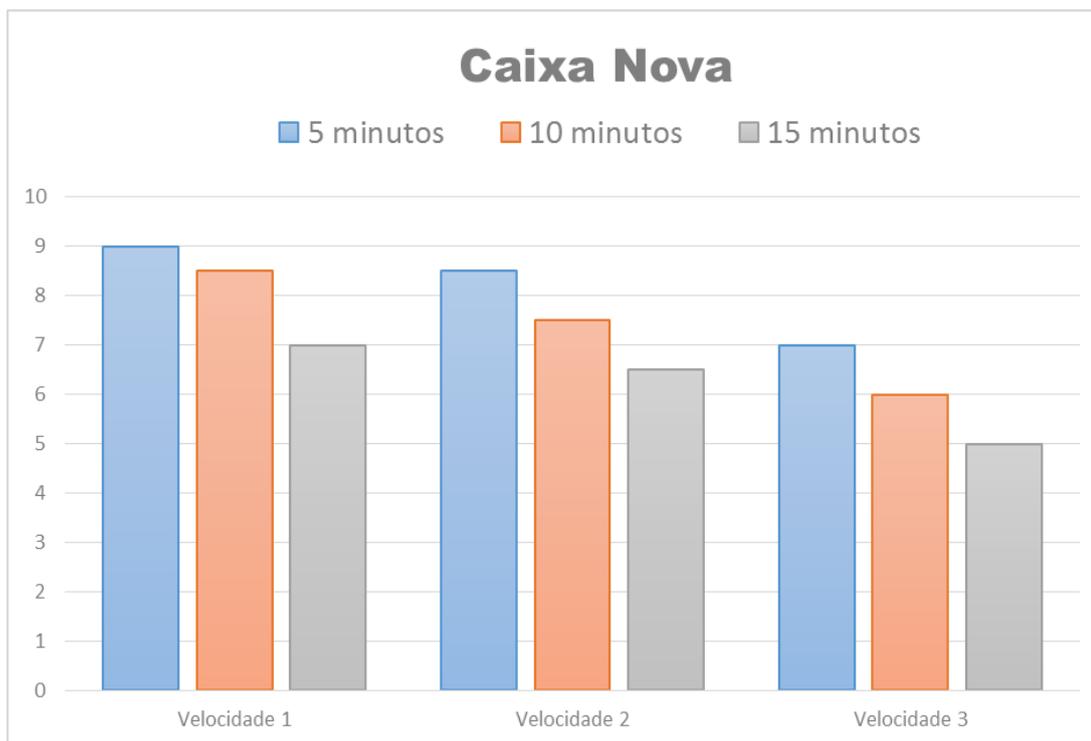
O primeiro teste realizado foi com o sistema operando de forma analógica e sem as melhorias aplicada, ou seja, com o ar sendo armazenado na caixa de reservatório antiga. A temperatura foi medida com um termômetro digital, sendo feito 3 medições, nos intervalos de 5, 10 e 15 minutos, e nas 3 velocidades do ventilador, sendo que a velocidade 1 alcança 4 m/s, a velocidade 2 atinge 8 m/s e a velocidade 3 em torno de 13 m/s, obtendo os resultados no Gráfico 1:

Gráfico 1- Temperaturas obtidas na caixa de reservatório velha



O mesmo teste foi repetido, com a diferença de que as medições foram feitas na nova caixa de reservatório, e os resultados obtidos são demonstrados no Gráfico 2:

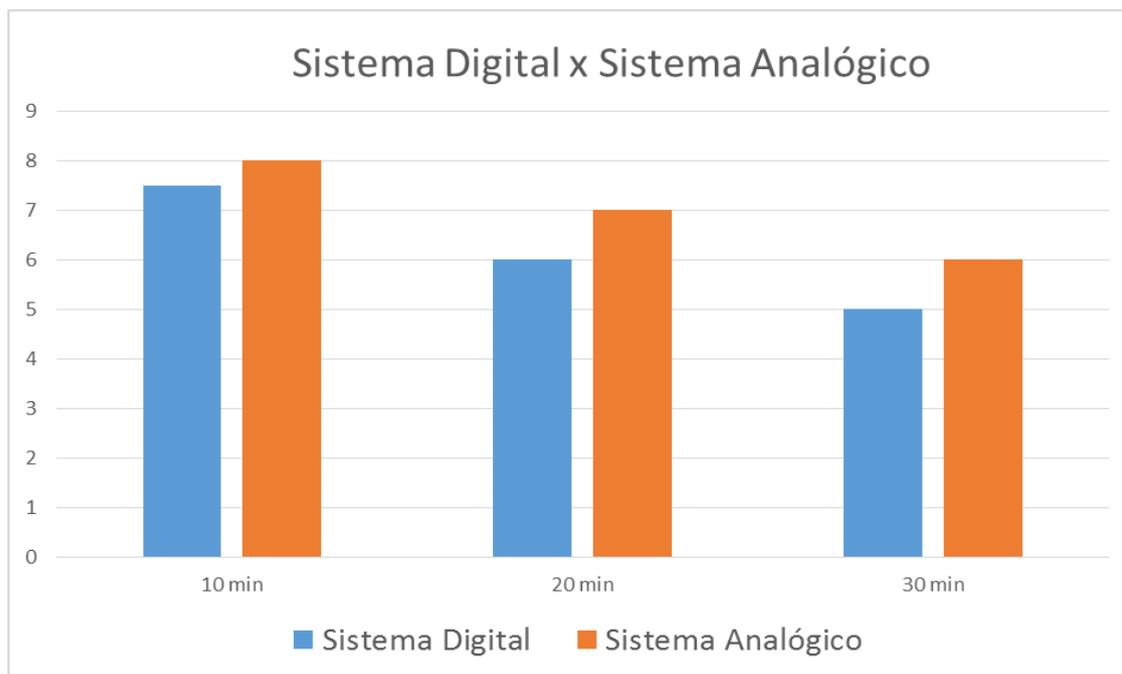
Gráfico 2 - Temperaturas obtidas na caixa de reservatório nova:



Fazendo a comparação das temperaturas obtidas nos gráfico 1 e 2, o sistema de refrigeração teve um melhor aproveitamento na velocidade 3 do ventilador, pois a aplica-se a primeira lei da termodinâmica, quanto menor o fluxo de ar passando pelo condensador, maior será a troca de calor. O sistema de refrigeração também obteve um melhor aproveitamento com a caixa de reservatório nova, isso porque a caixa nova possui uma melhor vedação e não tem perda no deslocamento através da mangueira.

Outro teste realizado foi fazendo a comparação do sistema de refrigeração operando na forma analógica e com o sistema operando na forma digital, com as melhorias aplicadas. O teste foi realizado nos intervalos de tempo de 10, 20 e 30 minutos, com a velocidade do meio do ventilador, ou seja, 4 m/s. Os resultados obtidos estão demonstrados no Gráfico 3:

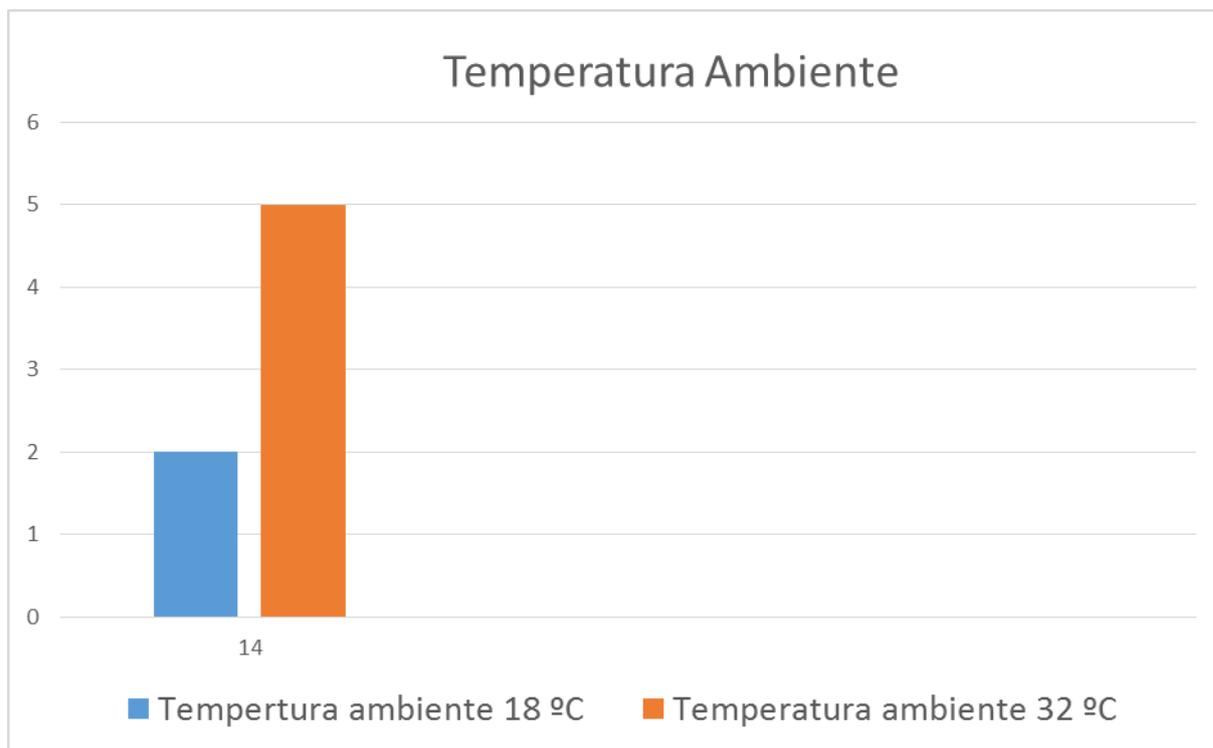
Gráfico 3- Comparação Sistema Digital x Sistema Analógico



No gráfico 3, o sistema digital teve um melhor aproveitamento comparado com o sistema analógico, pois o sensor Im35 do sistema digital apresenta a temperatura mais próxima da real do que um termômetro de forma manual. Nesse teste foi desconsiderado o T set, que é a temperatura em que o sistema está programado para se desligar automaticamente.

O último teste realizado na bancada, foi com o sistema operando na forma digital, porém com temperaturas ambientes diferentes e com o ventilador na velocidade de 13 m/s, conforme mostrado no Gráfico 4:

Gráfico 4- Temperatura ambiente



Os dados do teste do gráfico 4, foram coletados em dois dias diferentes. Os dados foram coletados no dia 24 e 29 de Outubro, onde a temperatura ambiente estava à 32 °C e 18 °C respectivamente. O sistema digital foi programado para se desligar a 14 °C, que é a temperatura considerada de conforto. No dia em que a temperatura ambiente estava 18 °C o sistema levou apenas 2 minutos para chegar aos 14 °C e quando a temperatura ambiente estava 32 °C, o sistema levou 5 minutos, portanto se tiver um reaproveitamento do ar refrigerado, o sistema de refrigeração vai levar menos tempo para obter a temperatura de conforto.

CONCLUSÃO

O processo de refrigeração se tornou indispensável no dia-a-dia da sociedade, tendo uma abrangência ampla nos mais diversos ramos de atuação. O presente trabalho apresentou de forma sucinta o funcionamento do sistema de refrigeração, através da bibliografia e testes realizados na prática.

Conforme os objetivos específicos apresentados, a bancada atendeu os mesmos, através de resultados satisfatórios com a implementação do sistema digital e as melhorias aplicadas na mesma. Após as melhorias aplicadas, a bancada de refrigeração permite uma simulação de uma cabine agrícola, porém com dimensões diferentes.

Conclui-se, que o sistema digital apresenta resultados mais precisos, ou seja, a temperatura apresentada no sistema digital é mais próxima da temperatura real, comparado com o sistema analógico. Outro fator importante da implementação do sistema digital, é que o sistema de refrigeração trabalha de forma automática, facilitando o uso bancada. Com os resultados mostrado no gráfico, a temperatura ambiente interfere no sistema de refrigeração, pois o evaporador puxa a temperatura do exterior para dentro do sistema, portanto quanto mais próxima a temperatura ambiente à temperatura que se deseja chegar no sistema de refrigeração, menos tempo o sistema vai precisar operar.

SUGESTÕES PARA TRABALHOS FUTUROS

O autor, juntamente com seu orientador sugerem como proposta para um futuro trabalho, o reaproveitamento do ar refrigerado, ou seja, reutilizar o ar que já foi refrigerado no sistema, proporcionando dessa maneira um sistema de refrigeração mais eficaz.

Sugere-se também implementar um coletor de água na parte inferior do evaporador, pois enquanto o sistema de refrigeração está ligado, o evaporador vai soltando água. A água coletada não será potável para beber, mas sim para fazer o aproveitamento de outras maneiras.

Outra sugestão de implementação, é fabricar um reservatório de ar refrigerado com as dimensões reais de uma cabine agrícola.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ALVES, Líria. **Gás Freon**. Disponível em: <http://mundoeducacao.bol.uol.com.br/quimica/gas-freon.htm>. Acesso em: 03 out. 2016.
- ARDUINO. Disponível em: <<https://www.arduino.cc/>> Acesso em: 11 out. 2016.
- BRAGA FILHO, W. **Transmissão de calor**. São Paulo: Pioneira Thomson Learning, 2004.
- BEJAN, A. **Transferência de Calor**. São Paulo: Editora Edgard Blucher, 1996.
- Çengel, Y. e Ghajar, A. (2012), **Transferência de calor e Massa**. Porto Alegre 4^o edição.
- COSTA, Ênnio Cruz da. **Refrigeração**. 3^o ed. São Paulo: Blucher, 1982
- CREDER, Hélio. **Instalações de Ar Condicionado**. 5^o ed. Rio de Janeiro: S.A., 1996.
- FERRAZ, F.: GOMES, M. **Fluídos Refrigerantes**. 2008 Apostila. Centro Federal de Educação Tecnológica da Bahia (CEFET). Disponível em: <http://fabioferrazdr.files.wordpress.com/2008/08/ref1.pdf> Acesso em: 10 out. 2016.
- FLOYD, Tom. **Sistemas digitais, fundamentos e aplicações**. 9 ed. Porto Alegre : Bookman, 2007.
- FRIORGANIC. Disponível em: <www.friorganic.pt>. Acesso em: 27 set. 2016
- GIL, A. C.; **Como Elaborar Projetos de Pesquisa**. São Paulo: Atlas, 2002,2007.
- JOFFILY, LEANDRO A. L. **Caracterização do Desempenho de Compressores de Refrigeração Segundo um Ciclo Superaquecido de Teste 2007**. Universidade de Brasília, 2007.
- JUNIOR, L. C. M., **Refrigeração**. 2003 Disponível em: <<http://www.ebah.com.br/>> Acesso em: 20 de Ago. 2016.
- KEMMIS e MC TAGGART., **Pesquisa-ação**., 1988, pg248.
- MARTINELLI C. LUIZ. **Refrigeração e ar Condicionado** 2005. Monografia – Unijui.
- McROBERTS, Michael. **Arduino Básico**. São Paulo: Editora Novatec, 2011.

MILLER, Rex; MILLER, Mark R.. **Ar-Condicionado e Refrigeração**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2012.

NARANJO, Alejandro. **Conforto térmico** 6º ed, 2011.

NAVY, U.S. **Refrigeração e condicionamento de ar**. Ministério da Marinha, RJ: Hemus, 2004.

ORIENTAL. **Ar condicionado para autos**. Disponível em: <http://oriental.net.br/>. Acesso em 06 abr. 2016.

PARKER. **Tecnologia Hidráulica Industrial**. Apostila M2001-1 BR Julho 1999. Disponível em: http://unedserra-ehp.tripod.com/m_2001_1.pdf. Acesso em: 18 out. 2016.

PORTAL da Refrigeração. Disponível em: <http://www.refrigeracao.com.br/>. Acesso em: 29 set. 2016.

RIBEIRO, Eduardo. **Manutenção de ar-condicionado**. 2º ed. 1998.

SILVA, José de Castro. **Refrigeração Comercial: Climatização industrial**. 2.ed. São Paulo: Leopardo Editora, 2013.

STOECKER, W. F; JABORDO, J.M. **Refrigeração Industrial**. 2 ed. São Paulo: Blucher, 2002.

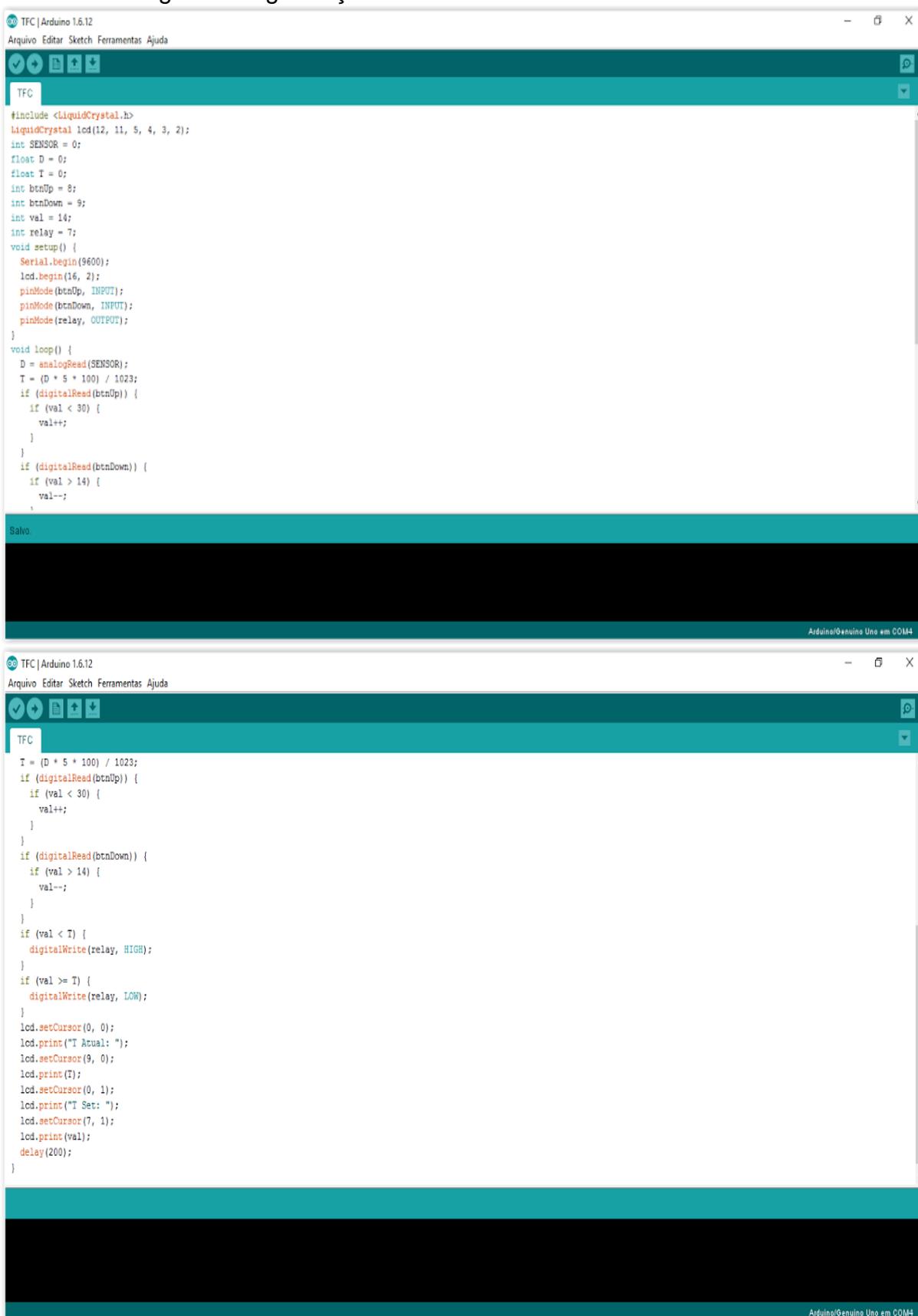
THOMAZINI, Daniel; ALBUQUERQUE, Pedro Urbano Braga de. **Sensores industriais: Fundamentos e Aplicações**. 3.ed. São Paulo: Érica, 2007.

WEB Ar Condicionado. Disponível em <<http://www.webarcondicionado.com.br>>. Acesso em: 24 set. 2016.

WEG. **Motores Elétricos**. Guia de especificação. Grupo WEG - Unidade Motores, Jaraguá do Sul, SC, jul. 2016.

ANEXOS

Anexo A- Código de Programação



```
TFC | Arduino 1.6.12
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

TFC

#include <LiquidCrystal.h>
LiquidCrystal lcd(12, 11, 5, 4, 3, 2);
int SENSOR = 0;
float D = 0;
float T = 0;
int btnUp = 8;
int btnDown = 9;
int val = 14;
int relay = 7;
void setup() {
  Serial.begin(9600);
  lcd.begin(16, 2);
  pinMode(btnUp, INPUT);
  pinMode(btnDown, INPUT);
  pinMode(relay, OUTPUT);
}
void loop() {
  D = analogRead(SENSOR);
  T = (D * 5 * 100) / 1023;
  if (digitalRead(btnUp)) {
    if (val < 30) {
      val++;
    }
  }
  if (digitalRead(btnDown)) {
    if (val > 14) {
      val--;
    }
  }
  if (val < T) {
    digitalWrite(relay, HIGH);
  }
  if (val >= T) {
    digitalWrite(relay, LOW);
  }
  lcd.setCursor(0, 0);
  lcd.print("T Atual: ");
  lcd.setCursor(9, 0);
  lcd.print(T);
  lcd.setCursor(0, 1);
  lcd.print("T Set: ");
  lcd.setCursor(7, 1);
  lcd.print(val);
  delay(200);
}

Salvo.
Arduino/Genuino Uno em COM4

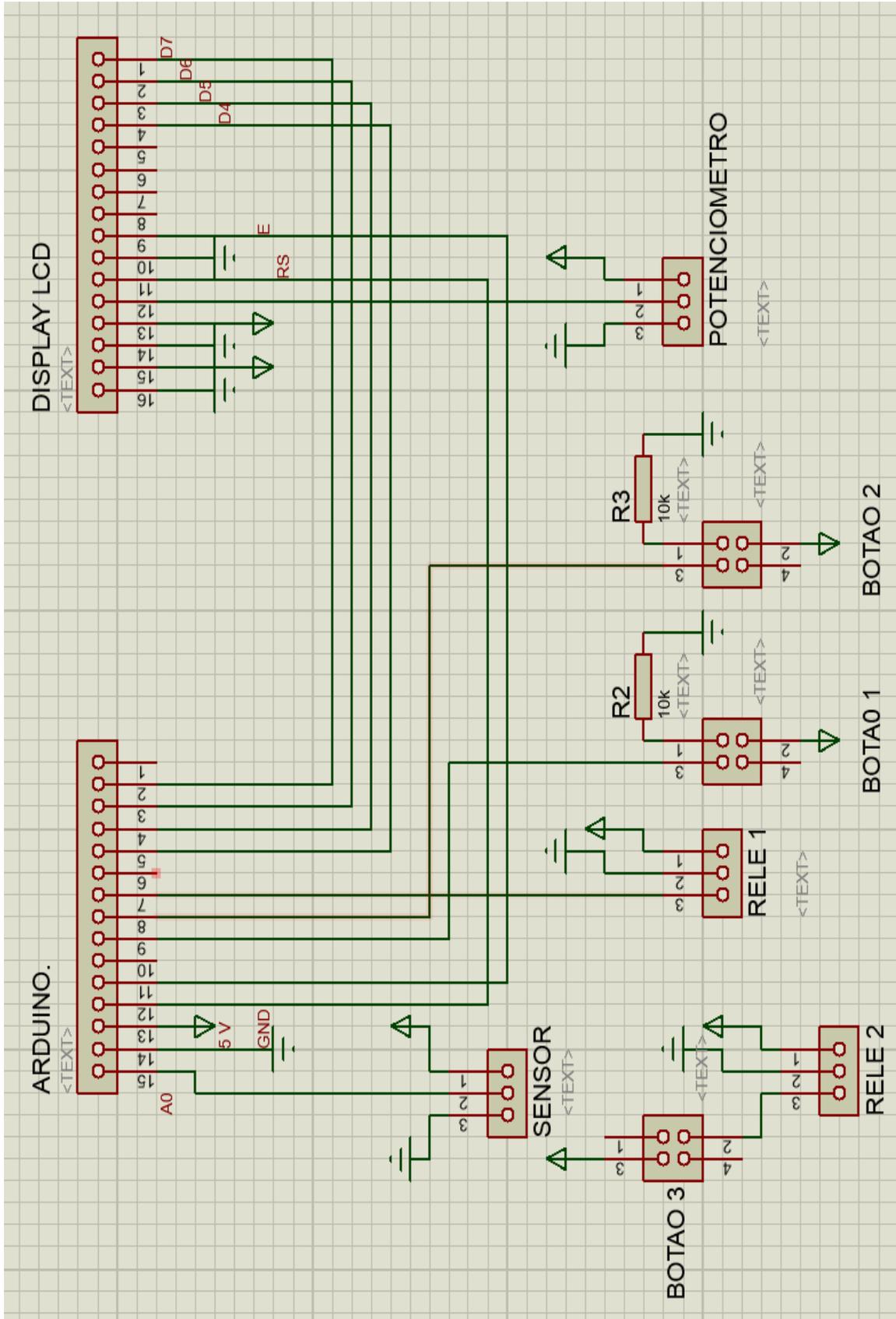
TFC | Arduino 1.6.12
Arquivo Editar Sketch Ferramentas Ajuda

TFC

T = (D * 5 * 100) / 1023;
if (digitalRead(btnUp)) {
  if (val < 30) {
    val++;
  }
}
if (digitalRead(btnDown)) {
  if (val > 14) {
    val--;
  }
}
if (val < T) {
  digitalWrite(relay, HIGH);
}
if (val >= T) {
  digitalWrite(relay, LOW);
}
lcd.setCursor(0, 0);
lcd.print("T Atual: ");
lcd.setCursor(9, 0);
lcd.print(T);
lcd.setCursor(0, 1);
lcd.print("T Set: ");
lcd.setCursor(7, 1);
lcd.print(val);
delay(200);
}

Arduino/Genuino Uno em COM4
```

Anexo B – Circuito Digital



Anexo C- Manual para operação do sistema de refrigeração

- 1- Alimentar o sistema digital através de uma fonte 9 V ou com o Cabo USB conectado no computador;
- 2- Definir a temperatura T SET;
- 3- Alimentar o sistema analógico;
- 4- Definir a velocidade do ventilador;
- 5- Alimentar o motor 380 V;
- 6- Dar partida no motor.

Anexo D- Imagens em SolidWorks com a implementação do sistema Digital

