

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ – UTFPR
CURSO SUPERIOR DE TECNOLOGIA EM MANUTENÇÃO INDUSTRIAL

ALEXANDRO VAMMES LOESCH
ANDREI DOS SANTOS
MARCIANO EMANUEL GARCIA

**BANCADA DIDÁTICA PARA TESTES DE FALHAS DE SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO**

TRABALHO DE DIPLOMAÇÃO

MEDIANEIRA

2012

**ALEXANDRO VAMMES LOESCH
ANDREI DOS SANTOS
MARCIANO EMANUEL GARCIA**

**BANCADA DIDÁTICA PARA TESTES DE FALHAS DE SISTEMAS DE
REFRIGERAÇÃO**

Trabalho de Diplomação apresentado à disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial – da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Msc. Milton Soares.

Co-orientador: Prof. Giovano Mayer

MEDIANEIRA

2012



TERMO DE APROVAÇÃO

Bancada didática para testes de falhas de Sistemas de Refrigeração

Este Trabalho de Diplomação foi apresentado às 21:00h do dia 17 de outubro de 2012 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo no Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, *Campus* Medianeira. Os acadêmicos foram arguidos pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

Prof. Msc. Milton Soares
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Orientador)

Prof. Giovano Mayer
UTFPR – *Campus* Medianeira
(coorientador)

Prof. Msc. Yuri Ferruzzi
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Responsável pelas atividades
de TCC)

Prof. Msc. Ivair Marchetti
UTFPR – *Campus* Medianeira
(Convidado)

A Folha de Aprovação assinada encontra-se na coordenação do Curso de Tecnologia em Manutenção Industrial.

AGRADECIMENTOS

Certamente estes parágrafos não irão atender a todas as pessoas que fizeram parte desta importante fase de nossas vidas. Portanto, desde já pedimos desculpas àquelas que não estão presentes entre essas palavras, mas elas podem estar certas de que farão parte de nosso pensamento e de nossa gratidão.

Reverenciamos o Prof. Msc. Milton Soares e o Prof. Giovano Mayer pela vossa orientação e dedicação na realização deste trabalho, e por meio deles nos reportamos a toda a Comunidade da Universidade Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR) do Campus de Medianeira – PR, pelo apoio incondicional.

Agradecemos aos técnicos em refrigeração o Sr. Marcio Dillenburger, da empresa Frio Lar Refrigeração de Santa Helena – PR, e Marcelo Dillenburger, da empresa *Free Ice* de Medianeira – PR, pelo apoio nos momentos de aprendizado e de dúvidas e pela ajuda na aquisição de materiais e empréstimo de suas oficinas e equipamentos necessários para que este trabalho pudesse se concretizar.

A todos os professores e colegas de estudo gostaríamos de externar nossa satisfação de poder conviver com eles durante o período de estudo e confraternizações que passamos juntos.

Agradecemos a nossas famílias e namoradas pelo apoio, amor e compreensão, pois sem estes seria difícil vencer este desafio.

“Não se pode ensinar
tudo a alguém, pode-se
apenas ajudá-lo a encontrar
por si mesmo.”

Galileu Galilei

RESUMO

LOESCH, Alexandro Vammes; SANTOS, Andrei dos; GARCIA, Marciano Emanuel. Bancada didática para testes de falhas em sistemas de refrigeração. 2012. 72 f. Trabalho de Conclusão de Curso – Tecnologia em Manutenção Industrial, Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Medianeira, 2012.

Criada com o objetivo de auxiliar no processo de aprendizagem dos acadêmicos do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, este trabalho apresentará o desenvolvimento de uma bancada didática de sistemas de refrigeração capaz de simular algumas das falhas que ocorrem nos referidos. Usando o sistema de refrigeração de um aparelho de ar condicionado, o mesmo foi modificado acrescentando-se mais componentes de forma que este possa simular as falhas desejadas de forma manual, acionadas por comandos nas botoeiras, ou de forma automatizada, acionadas por comandos do computador, usando um aparelho de CLP (Controlador Lógico Programável) programado para simular as falhas e fazer a leitura de temperatura.

A bancada de ensaio foi dimensionada e confeccionada nos laboratórios de processos mecânicos do UTFPR – Campus Medianeira – PR, utilizando-se de processos mecânicos, soldagem e programação.

Palavras-chave: Bancada; Refrigeração; Falhas.

ABSTRACT

LOESCH, Alexandro Vammes; SANTOS, Andrei dos; GARCIA, Marciano Emanuel. Didactic bench for testing faults in refrigeration systems. 2012. 72 f. Completion of course work - in Industrial Maintenance Technology, Federal Technological University of Paraná. Medianeira 2012.

Created with the goal of assisting in the learning process of the students of Degree in Industrial Maintenance Technology, this paper presents the development of a didactic bench cooling systems able to simulate some of the failures that occur in those. Using the cooling system of an air conditioner, it was modified by adding more components so that it can simulate the desired faults manually, triggered by commands in buttonholes, or an automated, computer-driven command using a device PLC (Programmable Logic Controller) programmed to simulate faults and make the temperature reading.

The bench test was made in the laboratory sized and mechanical processes of UTFPR - Campus Medianeira - PR, using mechanical processes, welding and programming.

Keywords: *Bench; Refrigeration; Failures.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1: Sistema de Refrigeração.....	17
Figura 2: Condensador por ar forçado.	18
Figura 3: Evaporador de Aletas.....	20
Figura 4: Exemplo de Compressor Alternativo	22
Figura 5: Tubo Capilar.....	23
Figura 6: Filtro Secador	23
Figura 7: Ciclo de funcionamento do CLP.....	25
Figura 8: Estrutura interna de um CLP.....	26
Figura 9: Linha de programação <i>Ladder</i>	26
Figura 10: Símbolos da linguagem <i>ladder</i>	27
Figura 11: Exemplo de Grafect.....	28
Figura 12: Parte frontal do CLP XC100.....	28
Figura 13: Estrutura da bancada	30
Figura 14: Mesa da bancada.....	31
Figura 15: Suporte do CLP e componentes.	31
Figura 16: Instalação do circuito elétrico.	32
Figura 17: Posição dos botões de comando.	33
Figura 18: Circuito de refrigeração normal.	34
Figura 19: Circuito de Refrigeração modificado	34
Figura 20: Pontos de medição de pressão e temperatura.....	35
Figura 21: Arranjo das válvulas solenoides e do ventilador do evaporador.	35
Figura 22: Posicionamento do reservatório de gás e do tubo capilar.....	36
Figura 23: Posição do Evaporador, Condensador e do Compressor.	36
Figura 24: Arranjo do Filtro Secador, ventilador do Condensador.....	37
Figura 25: Bancada finalizada	37
Figura 26: Botões para o funcionamento manual.....	41
Figura 27: Painel de controle.....	44
Figura 28: Bancada desligada.....	45
Figura 29: Banca ligada.	45
Figura 30: Bancada com os ventiladores desligados.	46
Figura 31: Bancada com o filtro capilar entupido.	46

Figura 32: Recolha do gás no reservatório.	47
Figura 33: Retorno do gás ao sistema.	47
Figura 34: Tela do Supervisório	48
Figura 35: Grafcet	49
Figura 36 - Trecho do diagrama <i>Ladder</i> com temporizador	50
Figura 37: Resultado medido durante a obstrução do tubo capilar	56
Gráfico 1: Temperatura do condensador em funcionamento normal.	52
Gráfico 2: Temperatura do evaporador no funcionamento normal.	53
Gráfico 3: Resultados da temperatura em função do tempo medidas na falha de ventilação do Condensador.....	54
Gráfico 4: Resultados de temperatura em função do tempo na falha de ventilação do evaporador.	55
Gráfico 5: Temperatura do Evaporador.....	57
Gráfico 6: Temperatura do Condensador	57
Gráfico 7: Temperatura do condensador.....	58
Gráfico 8: Temperatura do evaporador.	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Resultados do funcionamento normal.	52
Tabela 2: Resultados com a falha na ventilação do condensador	53
Tabela 3: Resultados com a falha na ventilação do evaporador	55
Tabela 4: Resultados com a obstrução do tubo capilar.....	56
Tabela 5: Resultados da falha de vazamento de gás refrigerante	58

LISTA DE SIGLAS

b	Botão ou botoeira
c	Contactora
CC	Corrente Continua
CFC	Cloro Flúor Carbono
CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	Unidade Central de Processamento
HFC	Hidrogênio Flúor Carbono
inHg	Polegadas de Mercúrio
MDF	<i>Medium Density Fiberboard</i> - Fibra de Média Densidade
m	metros
m ²	metros quadrados
mm	milímetros
PR	Paraná
PSI	Medida de pressão
r	Relé
rt	Relé Temporizador
s	Segundos
UTFPR	Universidade Tecnológica Federal do Paraná
V	Volts
vs	Válvula Solenoide

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA	15
2.1 HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO	15
2.2 CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO	16
2.3 CONDENSADOR	18
2.4 EVAPORADOR	19
2.5 COMPRESSOR	21
2.6 DISPOSITIVO DE EXPANSÃO	22
2.7 FLUÍDOS REFRIGERANTES	24
2.8 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL - CLP	24
2.8.1 Estrutura Interna do CLP	25
2.8.2 <i>Ladder</i>	26
2.8.3 Gráfico de Fluxo Sequencial	27
2.8.4 Controlador Lógico Programável XC100	28
3 MATERIAIS E MÉTODOS	30
3.1 DESENVOLVIMENTO DA BANCADA	30
3.2 METODOLOGIA PARA SIMULAÇÃO DOS DEFEITOS	33
3.2.1 Circuito de Refrigeração	33
3.2.2 Primeira Falha a ser Simulada	37
3.2.3 Falha de Obstrução do Tubo Capilar	38
3.2.4 Falha nos Ventiladores do Evaporador e do Condensador	39
3.3 INSTALAÇÕES DO CIRCUITO ELÉTRICO	39
3.3.1 Funcionamento Manual do Sistema	40
3.3.2 Princípio de funcionamento do sistema a ser automatizado.	43
3.3.3 Princípio de automação.	44
3.3.4 Programação <i>Ladder</i> e <i>Grafset</i>	48
4 RESULTADOS E DISCUSSÕES	51
4.1 ENSAIOS REALIZADOS COM A BANCADA	51
4.1.1 Funcionamento Normal do Sistema de Refrigeração	51
4.1.2 Ensaio Com a Falha na Ventilação do Condensador	53
4.1.3 Experiência com falha na ventilação do evaporador	54
4.1.4 Falha de obstrução no tubo capilar	55

4.1.5 Falha de vazamento de gás	58
5 CONCLUSÃO	60
REFERÊNCIAS.....	61
APÊNDICE A – ROTEIRO PARA FUNCIONAMENTO MANUAL.....	63
APÊNDICE B – ROTEIRO PARA FUNCIONAMENTO AUTOMATIZADO	65
APÊNDICE C – DIAGRAMAS DE FORÇA E DE COMANDO	67

1 INTRODUÇÃO

Os meios de refrigeração já vêm sendo usado pelo homem, desde as civilizações mais antigas, sendo usado o gelo natural que se formava nas montanhas e encostas de rios e armazenados com cuidados em poços cavados na terra e cobertos com palha. Este gelo era usado para conservar chás, tornar as bebidas mais agradáveis de serem tomadas e no preparo de alimentos gelados (FERRAZ, 2008).

Devido à dificuldade na obtenção e conservação deste gelo, começou-se a estudar meios de processos mecânicos para a fabricação e conservação de gelo artificial, surgindo os primeiros circuitos fechados de refrigeração. Como todo processo mecânico é constituído por máquinas e equipamentos, estes por sua vez são passíveis de apresentarem falhas ou quebras.

Esse aspecto proporcionou a idéia de se elaborar uma bancada didática que tornará possível a realização, na condição de simulação, de algumas falhas que ocorrem nos processos de sistemas de refrigeração.

O projeto foi elaborado utilizando um compressor, evaporador e condensador de um aparelho de ar condicionado comum, e o dimensionamento e construção de uma estrutura metálica para seu suporte e instalação dos componentes elétricos e de automação, a ser utilizada.

O objetivo deste trabalho será apresentar e simular três falhas passíveis de ocorrer, que são: obstrução do tubo capilar, falha na ventilação do evaporador e do condensador e falta de fluido refrigerante no sistema de refrigeração. As falhas serão provocadas através de comandos dados nas botoeiras que por sua vez acionam um conjunto de relés, os quais fazem a ligação das contatoras, no modo manual, ou por comandos enviados do computador para o CLP que será conectado ao sistema elétrico da bancada, para utilização no modo automatizado.

Durante a execução das falhas serão apresentadas as variações de pressão e temperatura do sistema mostrando o que acontece quando ocorre tal situação.

2 FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

2.1 HISTÓRIA DA REFRIGERAÇÃO

Segundo Ferraz (2008, p. 02) “o emprego dos meios de refrigeração já era conhecido pelo humano mesmo na época das mais antigas civilizações”, dentre elas pode-se citar a chinesa que usava o gelo natural que se formava em montanhas ou encostas de rios que após apanhados eram conservados em poços cavados na terra e cobertos com palhas, o qual era utilizado para conservar os chás que consumiam.

Silva (2003) comenta que os gregos e romanos também se utilizavam deste gelo para tornarem as bebidas mais agradáveis de tomar. Este por sua vez era obtido a custo do trabalho escravo e distribuído nas residências de poderosos. Contudo seu abastecimento era muito irregular, pois o gelo se formava apenas em regiões frias, vindo à necessidade de transportá-lo para as regiões quentes, o que era ineficiente devido à demora no transporte e às perdas por derretimento.

Dados históricos apontam que, em 1854, cerca de 160 mil toneladas de gelo natural foram exportados do porto de Boston. Este gelo era distribuído até longas distâncias através de navios dotados de isolamento com serragem. Levado até as residências através de carroças, o gelo era armazenado em armários isolados chamados de geladeira. (SILVA, 2003, p.19).

O feito de usar a refrigeração para conservar alimentos, de acordo com Silva (2003), se deu a Francis Bacon em 1626, onde este enterrava galinhas mortas na neve, para observar sua decomposição, com isto constatou que a baixas temperaturas protegiam o alimento, fazendo com que a decomposição deste fosse mais demorada.

Ainda por Silva (2003) apenas no final do século XVII com a invenção do microscópio, foi possível perceber que alguns tipos de bactérias eram responsáveis pela putrefação dos alimentos.

Segundo Gomes e Ferraz (2008, p. 02), “ficou comprovado que a continua reprodução de bactérias podia ser impedida em muitos casos ou pelo menos limitada” quando fosse submetida a baixas temperaturas.

Devidos aos inconvenientes para a obtenção do gelo natural, passaram a estudar meios mecânicos para a obtenção de gelo artificial. De acordo com Silva (2003) a refrigeração por método mecânico foi inventada pelo professor Universitário Willian Cullen, em 1755, onde ele utilizou o éter baixando a sua pressão para acelerar o processo de retirada de calor de uma pequena quantidade de água, produzindo pela primeira vez o gelo de maneira artificial.

Silva aponta ainda que o processo necessitava de constante reposição do éter, por ser de forma descontínua, começaram a serem elaborados circuitos fechados de refrigeração, através da compressão do éter com bombas de vácuo. Com isto a produção de gelo artificial foi contínua, onde vários outros cientistas da época marcaram seus nomes para aprimorar este processo.

O uso dos fluídos refrigerantes deu-se após a construção dos primeiros motores elétricos, onde, em seu princípio, utilizavam a amônia como gás refrigerante, como esta era altamente tóxica foi posteriormente substituída pelos clorofluorcarbonos (CFCs), no entanto, os primeiros CFCs utilizados apresentavam riscos de destruição da camada de ozônio, vindo à necessidade de criar gases refrigerantes não poluentes. (Silva, 2003).

A refrigeração pode ser produzida de várias maneiras, mas a forma mais simples seria manter em contato duas substâncias, uma quente e outra fria. O calor fluindo da mais quente para a mais fria proporcionará em determinado momento, um equilíbrio térmico, isto é, igualarão à temperatura de ambas as substâncias. Isso é o que acontece quando colocamos um copo de leite quente para esfriar dentro de um recipiente com água fria. O leite cede calor à água, que por sua vez, irá se aquecendo até que ambos atinjam um mesmo nível de temperatura. (CARVALHO, 2011).

2.2 CIRCUITO DE REFRIGERAÇÃO

Um circuito de refrigeração por compressão é, segundo Lauand (1999), basicamente constituído por um compressor, um evaporador, um condensador e, também, um dispositivo de expansão, conforme ilustra a figura 1.

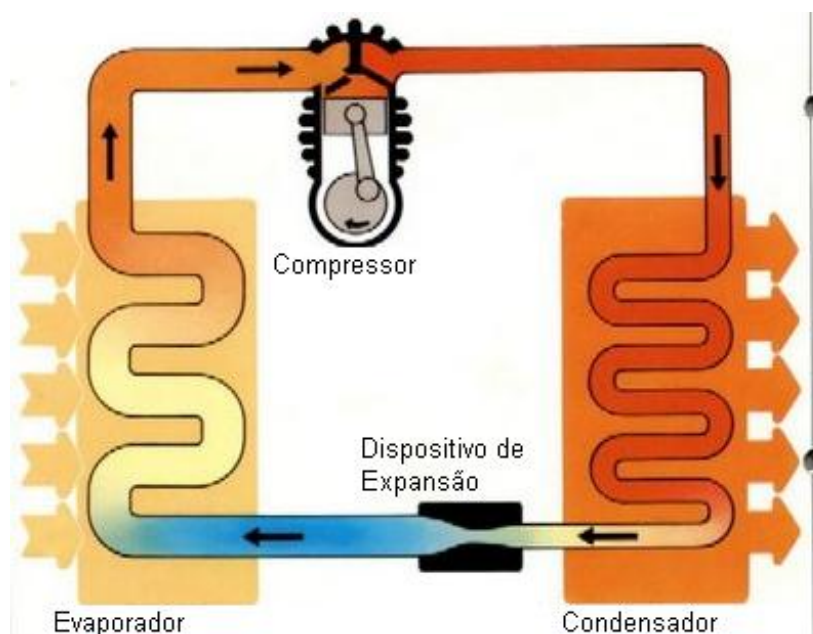


Figura 1: Sistema de Refrigeração

Fonte: <http://2.bp.blogspot.com>

O fluido refrigerante, existente no sistema, em estado de líquido saturado, passa pelo dispositivo de expansão, ou também conhecido por tubo capilar, sendo submetido a uma queda brusca de pressão, devido ao seu diâmetro pequeno, após esta passagem o fluido passará a ter o estado líquido e gasoso sendo conduzido diretamente para o evaporador a fim de absorver o calor do ambiente que será refrigerado.

No evaporador o fluido voltará a se tornar gás e será succionado pelo compressor hermético elevando sua pressão e temperatura. Do compressor o fluido refrigerante é encaminhado para o condensador, que por sua vez vai ceder seu calor para o ambiente, condensando-o, ou seja, fazendo com que o fluido na forma de gás torne-se líquido novamente.

Ferraz (2008, p. 16) coloca que o condensador “tem a função de liberar a energia retirada do ambiente e a resultante do trabalho de compressão, para o meio exterior”.

Completada a condensação do fluido refrigerante, o ciclo de refrigeração estará completo, uma vez que, após o fluido ter sido condensado ele “finalmente entra no dispositivo de expansão, onde tem sua pressão reduzida, para novamente ingressar no evaporador e repetir-se assim o ciclo”. (FERRAZ, 2008, p. 16).

2.3 CONDENSADOR

Segundo Lauand (1999, p.14) “o condensador serve para liquefazer os vapores produzidos pela ebulição no evaporador”, sendo construído por várias serpentinas atravessadas por uma malha de ferro para melhorar a dissipação do calor.

O condensador deve permanecer em local com fácil circulação de ar, a obstrução da passagem do ar, provocará um aumento de temperatura do fluido com conseqüente aumento de pressão no sistema podendo baixar seu rendimento, uma vez que o fluido refrigerante deve entrar no evaporador em fase líquida, conforme Junior (2012).

Existem condensadores que possuem um sistema de resfriamento por ar forçado, o qual é feito com o auxílio de ventiladores chamados de micro motores.

A instalação dos condensadores deve ser feita em local elevado, há certa altura do solo de modo que previna a acumulação de sujeira entre as aletas e serpentinas, de acordo com Ferraz (2012, p.29) “deve-se sempre garantir que existam aberturas adequadas e livres de qualquer obstrução para entrada de ar frio e saída do ar quente”, estas saídas também devem ser mantidas afastadas do lado de descarga do ar para evitar um curto circuito do ar, ocasionado pela aspiração do ar quente pelos ventiladores. A figura 2 ilustra modelos de condensadores por ar forçado.



Figura 2: Condensador por ar forçado.

Fonte: <http://www.elgin.com.br>

Como a função do condensador é transformar o gás quente a alta pressão, oriundo da descarga do compressor em líquido, uma falha no sistema de ventilação pode ocasionar a elevação da temperatura e da pressão do condensador acima valores nominais trabalho, diminuindo a capacidade frigorífica do sistema de refrigeração. Ferraz (2012).

São diversos os motivos que podem causar falhas no sistema de ventilação. O ventilador pode ser paralisado por uma pane no sistema elétrico responsável por acioná-lo ou uma falha causada pela queima do enrolamento. Neste caso o ventilador deverá ser substituído.

O entupimento das aletas do condensador provocada pela dobra das mesmas ou acúmulo de sujeira, também podem ocasionar ineficiência na ventilação. Para sanar este problema o condensador deve ser limpo para remover a sujeira das aletas ou as mesmas devem ser endireitadas, com o auxílio de um pente de aleta.

2.4 EVAPORADOR

De acordo com Gomes (2008) o evaporador funciona como um trocador de calor resfriando o ar que circula ambiente, sendo em muitos casos o ar movimentado pela ação de um ventilador.

Para Gomes (2008), o evaporador é basicamente um sistema de alumínio, ou em outros casos de ferro. Possui a função de evaporar o fluido refrigerante que esta dentro do sistema de refrigeração retirando do ambiente o calor necessário para o processo.

Conforme Ferraz e Gomes (2008) em um sistema de refrigeração o evaporador tem papel fundamental.

O evaporador é um dos componentes principais de um sistema de refrigeração, e tem a finalidade de extrair calor do meio a ser resfriado, isto é, extrair calor do ar, água ou outras substâncias. É a parte do sistema de refrigeração onde o fluido refrigerante sofre uma mudança de estado, saindo da fase líquida para a fase gasosa. É chamado, às vezes, de serpentina de resfriamento, resfriador da unidade, serpentina de congelamento, congelador, etc. (FERRAZ; GOMES, 2008, p.36)

Ferraz e Gomes (2008) colocam também que o evaporador é um sistema simples e é parte essencial para o funcionamento do sistema. Sistemas de refrigeração são elaborados com a finalidade de retirar calor de alguma substância. O funcionamento deste sistema depende da eficiência do funcionamento deste.

A eficiência do evaporador em um sistema de refrigeração depende de três principais requisitos, que devem ser considerados no projeto e seleção do mesmo. Ter uma superfície suficiente para absorver a carga de calor necessária, sem uma diferença excessiva de temperatura entre o refrigerante e a substância a resfriar. Deve apresentar espaço suficiente para o refrigerante líquido e também espaço adequado para que o vapor do refrigerante se separe do líquido. Ter espaço suficiente para a circulação do refrigerante sem queda de pressão excessiva entre a entrada e a saída. (Ferraz e Gomes, 2008, p.36).

O evaporador de aletas por circulação forçada de ar, ilustrado na figura 3, é utilizado no condicionamento do ar, sendo empregado em vitrines refrigeradas, câmaras frias, aparelhos de ar condicionado e etc. O ventilador, utilizado para forçar o ar pode ser instalado na frente ou atrás das serpentinas evaporadoras, de acordo com Lauand (1999), observa Dossat (1999), que sobre estas serpentinas são instaladas placas de metal ou aletas, que servem como superfícies secundárias auxiliando na absorção do calor aumentando a área externa do evaporador proporcionando uma melhor eficiência no resfriamento.



Figura 3: Evaporador de Aletas.

Fonte: http://img2.mlstatic.com/s_MLB_v_O_f_102968118_3289.jpg

Neste caso as aletas são soldadas ou colocadas na tubulação e expandidas por pressão, para garantir um bom contato térmico. O acúmulo de gelo nestas serpentinas é inevitável, quando operado a baixas temperaturas, restringindo a passagem do ar retardando a sua circulação, de acordo com Dossat (1999). Comumente esta formação de gelo entre as aletas é formada quando o ventilador para de funcionar, pois neste caso ocorre o congelamento da umidade existente no ar que está circulando, lentamente, entre as aletas e a tubulação havendo uma diminuição da temperatura e pressão normal de trabalho no evaporador.

2.5 COMPRESSOR

O compressor é responsável por fazer a sucção do fluido refrigerante à baixa pressão, que sai do evaporador, comprimindo-o em direção ao condensador à alta pressão e temperatura. Os compressores utilizados em sistemas de refrigeração operam com fluidos específicos e em condições de sucção e descarga pouco variáveis, fazendo com que se torne possível a sua produção em série. (FERRAZ, 2008).

Ainda por Ferraz (2008), em sistemas de refrigeração residencial são utilizados compressores do tipo alternativos, o qual é classificado como compressor volumétrico, pois a elevação da pressão é conseguida a partir da redução do volume ocupado pelo gás dentro de uma câmara de compressão. Este processo é conseguido através de um pistão ligado a um sistema rotativo onde há uma biela ou manivela, o gás do sistema entra no cilindro, ou câmara, por uma válvula de sucção que é aberta devido à depressão gerada no interior do cilindro no momento em que o pistão estiver indo em sentido contrario ao cabeçote. Na inversão do sentido de movimentação do pistão, a válvula de sucção se fecha fazendo a compressão do gás até o momento em que a pressão interna seja suficiente para promover a abertura da válvula de descarga e que assim fique até que o pistão termine o seu movimento em sentido do cabeçote dando, em sequencia, inicio ao novo ciclo, a figura 4 ilustra um compressor alternativo.

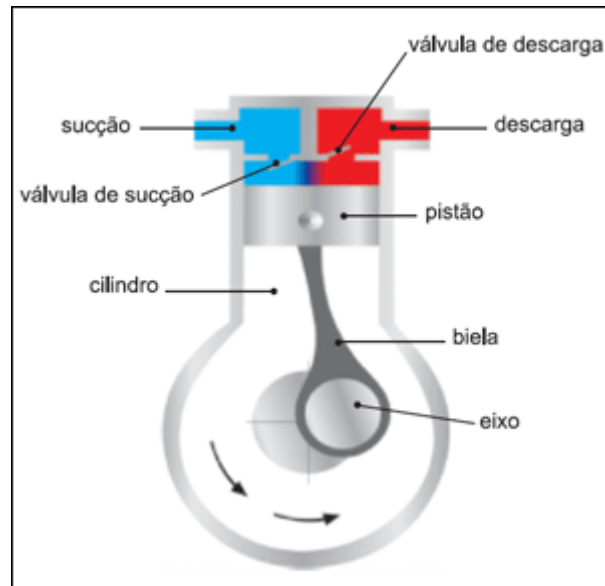


Figura 4: Exemplo de Compressor Alternativo

Fonte: <http://4.bp.blogspot.com>

A entrada de líquido no cilindro pode ocasionar o desgaste das válvulas, fazendo com que ocorra uma diminuição da pressão do fluido, diminuindo o rendimento do sistema de refrigeração. Neste caso deve haver a substituição do compressor.

2.6 DISPOSITIVO DE EXPANSÃO

Tem a função de reduzir a pressão do fluido refrigerante, para que este chegue ao evaporador em baixa pressão e temperatura. O dispositivo de expansão pode ser diversos tipos, no entanto, neste trabalho é utilizado o tubo capilar, ilustrado na figura 5.

O capilar que é construído de cobre consiste em um tubo com diâmetro muito pequeno, o seu comprimento é determinado conforme o dimensionamento do sistema refrigerador. Ele conecta a saída do compressor na entrada do evaporador, segundo Ferraz (2008). Seu diâmetro varia de 0,5 mm a 2,9 mm, e seu tamanho varia de 1,5 m até 3,5 m. O projetista determinará o tamanho e o diâmetro a ser utilizado no sistema de acordo com a temperatura que se deseja atingir.



Figura 5: Tubo Capilar

Na sua instalação se devem tomar cuidados para evitar a presença de umidade ou resíduos sólidos no sistema ou o estrangulamento do componente, pois pode haver a obstrução total ou parcial da passagem do fluido e por consequência diminuir o rendimento do sistema e provocando um superaquecimento.

Os circuitos de refrigeração possuem filtro secador para reter a umidade e partículas sólidas existentes dentro do sistema. A sua construção baseia-se em uma carcaça de ferro ou cobre, possuindo, internamente uma tela grossa na entrada e uma fina na saída, entre estas são colocadas partículas dessecantes, para absorver a umidade, que podem ser de Silicagel ou Sieves, conforme mostra a figura 6.

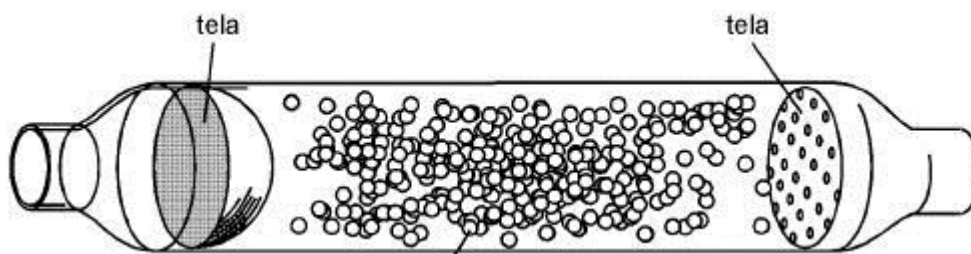


Figura 6: Filtro Secador

Fonte: http://www.refrigeracao.net/Topicos/filtro_seca.htm

2.7 FLUÍDOS REFRIGERANTES

De acordo com Ferraz e Gomes (2008, p.6) o “fluido refrigerante é o fluido que absorve calor de uma substância do ambiente a ser resfriado”, não existem fluidos que reúnem todas as propriedades desejáveis, pois um fluido utilizado para uma determinada instalação frigorífica não é recomendado para utilização em outra.

Os fluidos refrigerantes devem possuir propriedades como condensação a pressões moderadas e evaporação acima da pressão atmosférica, bem como um volume específico pequeno para exigir um menos esforço do trabalho do compressor, não ser corrosivo, tóxico e inflamável.

É importante ressaltar que estes não podem atacar a camada de ozônio como ocorria com os fluidos à base de CFC, que eram altamente prejudiciais, portanto estes foram substituídos por outros alternativos, destacando entre eles o HFC (Hidrogênio Flúor Carbono) o qual é isento de cloro, gerando risco zero para a camada de ozônio, um exemplo deste é o R-134a que é utilizado em vários sistemas de refrigeração inclusive no sistema a ser desenvolvido na bancada deste trabalho.

2.8 CONTROLADOR LÓGICO PROGRAMÁVEL - CLP

O CLP pode ser definido como um dispositivo de estado sólido ou um computador industrial, o qual é capaz de armazenar instruções para implementação de funções de controle, tais como: sequências lógicas, temporizadas ou de contagem, controlando por meio de módulos de entradas e saídas, vários tipos de máquinas ou processos.

O controlador lógico programável é, constituído por uma fonte de alimentação, entradas ou *inputs* que fazem o recebimento de sinais por sensores e chaves, entre outros e mandam o sinal para a Unidade Central de Processamento – CPU.

A CPU é o local onde está o microprocessador, responsável pelo sistema de memória e circuitos de controle. Ele realiza a leitura das entradas, o CLP compara com o programa e atualiza as saídas, baseado na programação definida pelo usuário. Através dos sinais das saídas, aciona dispositivos elétricos que por sua vez podem criar movimentos mecânicos.

O sistema de operação do CLP funciona da seguinte forma: primeiramente, é feita uma varredura para verificar o funcionamento da CPU e memórias. Após atualizada as entradas, verificando se houve acionamento. Os dados recebidos são comparados com a programação feita pelo usuário e atualiza as saídas, que são ativadas ou desativadas conforme determinação da CPU, a figura 7 ilustra o ciclo de funcionamento do CLP.

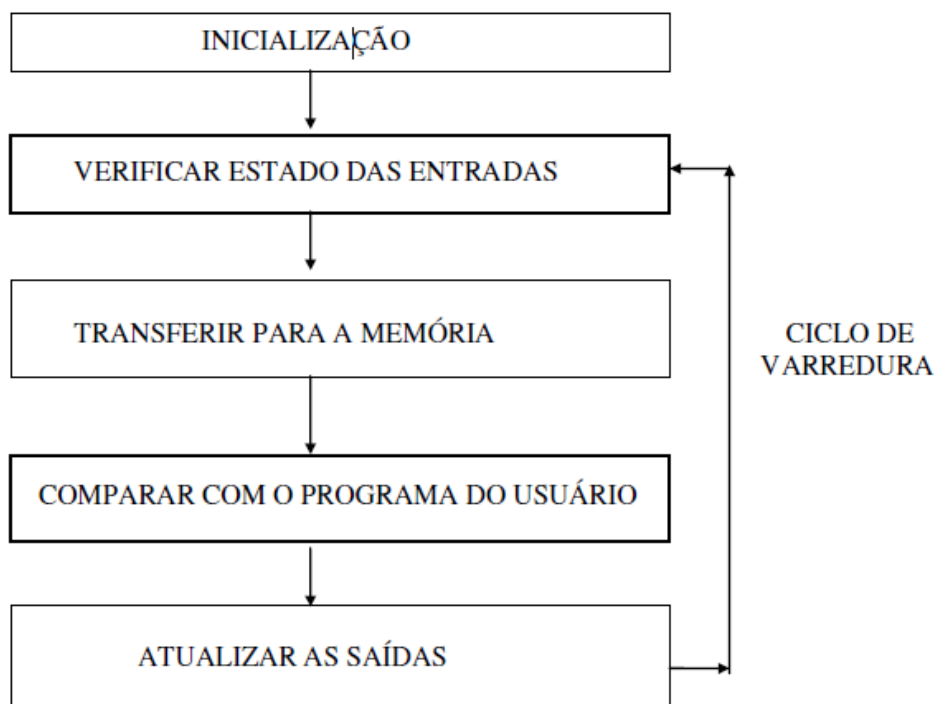


Figura 7: Ciclo de funcionamento do CLP.

2.8.1 Estrutura Interna do CLP.

O CLP é um sistema microprocessado, ou seja, constitui-se de um microprocessador (ou microcontrolador), um Programa Monitor, uma Memória de Programa, uma Memória de Dados, uma ou mais Interfaces de Entrada, uma ou mais Interfaces de Saída e Circuitos Auxiliares, a figura 8 mostra a estrutura interna de um CLP.

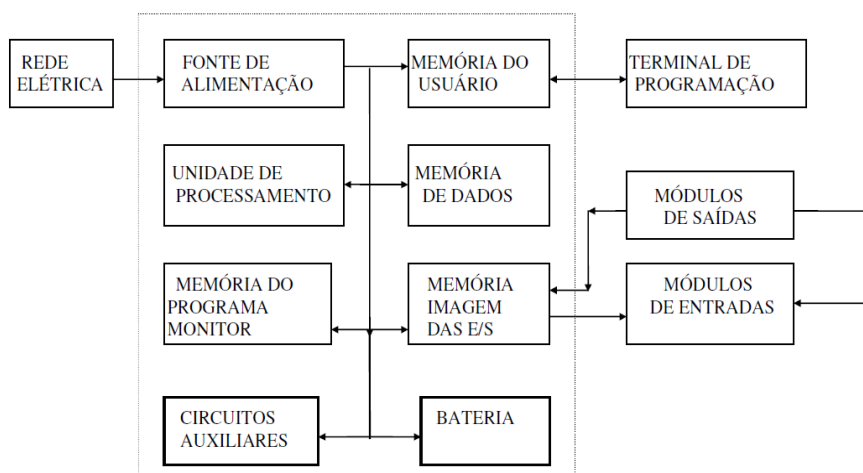


Figura 8: Estrutura interna de um CLP.

2.8.2 Ladder

A linguagem *Ladder* (ilustrada na figura 9) é baseada no princípio de contatos elétricos. Cada um dos componentes pode possuir um número infinito de contatos que são limitados pela capacidade de memória do controlador programável.

Ladder é uma palavra inglesa que quer dizer escada e esse nome está associado à representação gráfica dos contatos: ela é feita horizontalmente, em linhas paralelas, que lembram os degraus de uma escada, como ilustrada no figura 09.

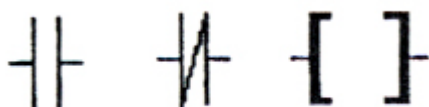


Figura 9: Linha de programação Ladder.

Fonte: <http://www.ebah.com.br>

Na parte que se refere à condição, existem os contatos, ou seja, as condições para o funcionamento das saídas. As condições podem mudar de CLP para CLP, mas a maioria deles oferece possibilidades para ligações em série e em paralelo, funções básicas e avançadas, definidas pelos limites de cada CLP.

Na parte que se refere à solução, ou seja, a saída que liga algo físico, pode ser, por exemplo, bobinas, saltos, rótulos, FF's (biestáveis).

No CLP as entrada e saídas são representadas por símbolos, conforme a figura 10.

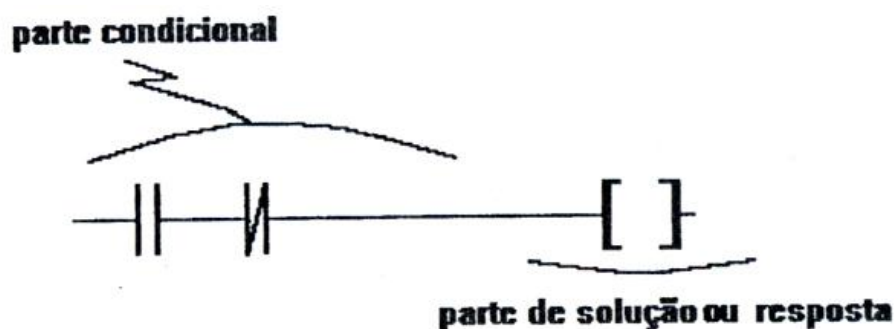


Figura 10: Símbolos da linguagem *ladder*.

Fonte: <http://www.ebah.com.br>

Sua programação é desenvolvida a partir de uma linha vertical à esquerda, a qual representa um barramento energizado e outra linha paralela situada à direita, representando uma barra de aterramento.

Os elementos constituídos por contatos normalmente abertos de relés e normalmente fechados de bobinas, são dispostos na horizontal, formando malhas em série ou paralelas.

2.8.3 Gráfico de Fluxo Sequencial

Chamado de *Grafcet*, o Gráfico de Fluxo Sequencial, é a representação gráfica de uma parte do comando de um sistema automatizado. Ele descreve a sequência em que as ações serão executadas, de acordo com os sinais de entrada. Cada ação está associada a uma etapa do *Grafcet* e somente será executada quando a etapa estiver ativa. As transições controlam a evolução do *Grafcet*, ou seja, a desativação e a ativação sempre da última etapa. Cada transição está associada a uma receptividade ou expressão lógica das variáveis de entrada, que sendo verdadeira, causará a desativação da etapa anterior à transição e ativação da etapa posterior. A ligação entre etapas e transições é realizada por arcos orientados, que determinam o sentido de evolução do *Grafcet*. A figura 11 mostra um exemplo da sequência do grafcet: etapas, transições, arcos, receptividade, ações e regras de evolução.

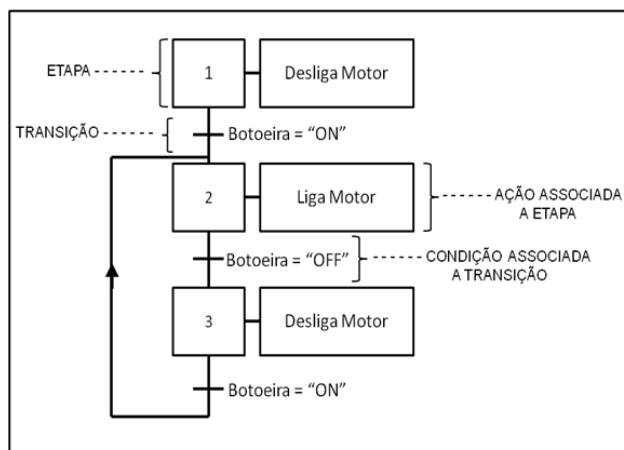


Figura 11: Exemplo de Grafect.

2.8.4 Controlador Lógico Programável XC100

O CLP XC100 é um equipamento compacto e com alto desempenho para pequenas e médias aplicações de até 500 E/S. A CPU do XC100 possui oito entradas e seis saídas digitais, além de possuir interface *CAN Open* incorporada, conforme Guia Rápido XC 100/200 (2006).

A figura 12 mostra que o CLP XC100, possui na parte frontal um display de indicação dos estados das entradas e saídas (2), uma porta RS232 usada para programação/comunicação (3), porta de comunicação *CANOpen* (4), *led* de indicação de erros (6) , chave seletora: *run/stop* (7), *slot* para *memory card* (8), Bornes de conexão para entradas e saídas (1) e *led* de indicação *run/stop* (5).

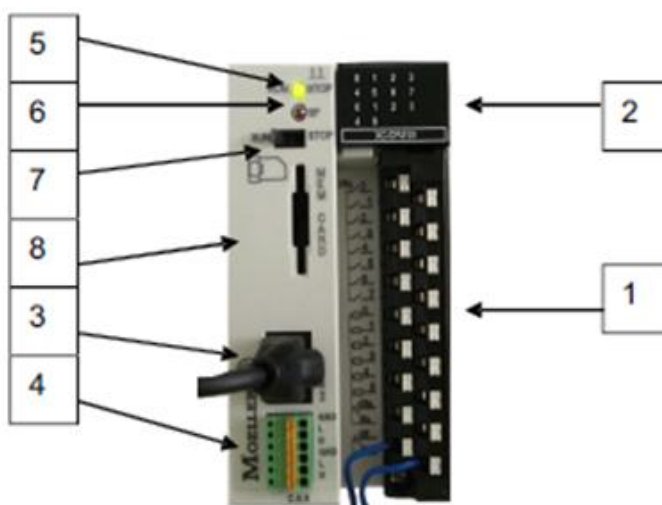


Figura 12: Parte frontal do CLP XC100

Fonte: www.moeller.com.br

Podem ser conectadas novas entradas e saídas diretamente na CPU, através da base montada na parte traseira do equipamento.

Todos os terminais de entradas e saídas são equipados com terminais *plug-in* tipo mola ou parafuso, evitando a necessidade de troca de fiação na substituição ou na expansão do CLP.

O *software* de programação chamado de *Codesys* permite a geração de programas, conforme a norma IEC 61131-3, que possibilita realizar, configurar, testar, condicionar e visualizar os processos a serem programados e automatizados. Com o *Codesys* também é possível simular todo o programa do CLP no próprio computador, criando telas de supervisão da simulação ou mesmo do próprio *start-up*. (Guia Rápido XC 100/200 2006).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

Com a fundamentação da ideia inicial e a definição dos materiais a serem utilizados no projeto, o dimensionamento e as previsões de aquisição dos materiais se iniciaram. Foi definido nessa etapa o leiaute da bancada, chapas e perfilados metálicos e demais atividades a serem executadas.

3.1 DESENVOLVIMENTO DA BANCADA

A estrutura da bancada foi montada com tubos metálicos de seção quadrada de 20x20mm, ficando nas medidas de 0,80m de largura, 1,20m de comprimento e 1,70 metros de altura, conforme ilustrado na Figura 13.



Figura 13: Estrutura da bancada

Para a confecção da mesa foi utilizada uma chapa 18, cortada nas medidas de 0,82m², pintada com tinta preta para alta temperatura, no local em que ficará o circuito de refrigeração, e tinta preta brilhante no restante da mesa. Foi colocado entre a chapa metálica e a estrutura da bancada uma chapa de MDF (*Medium Density Fiberboard* - Fibra de Média Densidade) de 15mm, para reforçar a estrutura

da mesa e suportar o peso dos componentes de refrigeração, conforme ilustrado na figura 14.

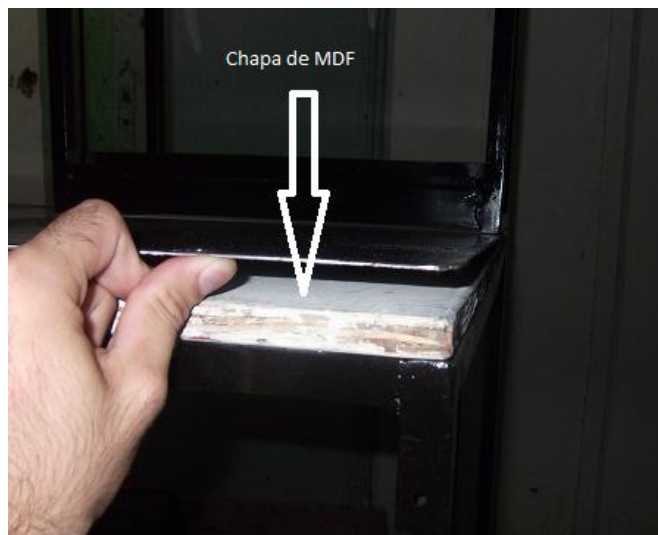


Figura 14: Mesa da bancada.

O suporte para o CLP e seus componentes (figura 15) foi montado sobre a bancada, para facilitar a visualização do aparelho e sua montagem pelo operador. A sua estrutura foi confeccionada por vigas “U” de 30x30mm pintadas na cor preta brilhante e as partes externas não utilizadas foram cobertas por madeira MDF pintadas na cor branca.



Figura 15: Suporte do CLP e componentes.

O circuito elétrico foi montado na parte inferior da bancada, para melhor utilização de espaço disponível, fixados em uma chapa de inox pintada de laranja. Por segurança os cabos elétricos foram colocados dentro de eletrocalhas e os componentes fixos em trilhos din, conforme ilustrado na figura 16, o quadro 1 mostra os componentes usados para montar a parte elétrica.

2	Disjuntores (um trifásico de 16A e um bifásico de 10 ^a).
1	Transformador (127-220Vca / 24Vcc- com um Fonte estabilizada).
7	Contactoras
2	Contactoras auxiliares
2	Relés de Tempo (um 0-30s e outro de 0-60s).
12	Relés de pulso 24v

Quadro 1: Componentes da parte elétrica



Figura 16: Instalação do circuito elétrico.

Foram utilizadas 06 botões de pulso, para o comando, os quais foram instaladas na parte superior da bancada (figura 17) para facilitar o acionamento do sistema de refrigeração e das falhas.



Figura 17: Posição dos botões de comando.

3.2 METODOLOGIA PARA SIMULAÇÃO DOS DEFEITOS

3.2.1 Circuito de Refrigeração

Conforme descrito anteriormente, um circuito convencional de refrigeração é constituído por um compressor, um dispositivo de expansão, um evaporador e um condensador, ilustrado na figura 18, no entanto este circuito foi alterado, para que pudesse atender as necessidades para a execução das falhas e possível reparação através de comandos, foram acrescentados ao circuito um reservatório de gás refrigerante, quatro válvulas solenóides e dois ventiladores, conforme mostra a figura 19.

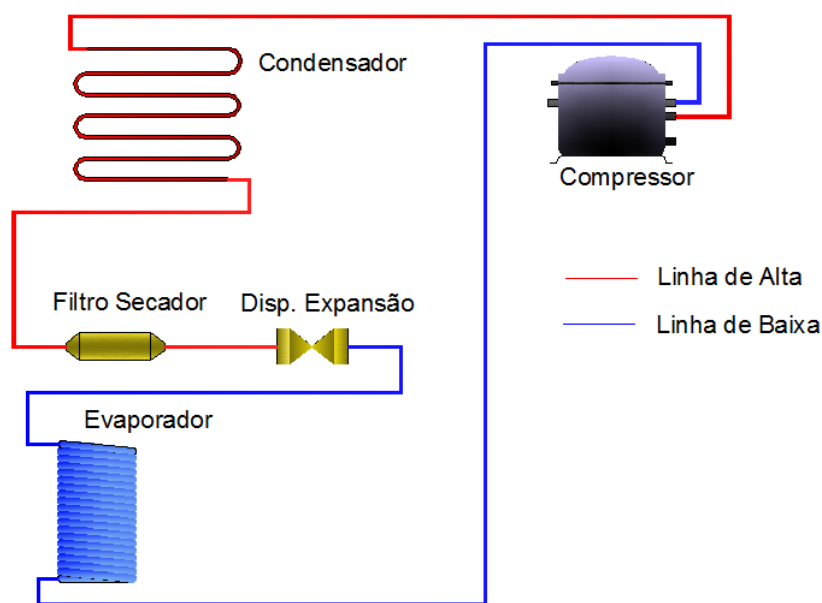


Figura 18: Circuito de refrigeração normal.

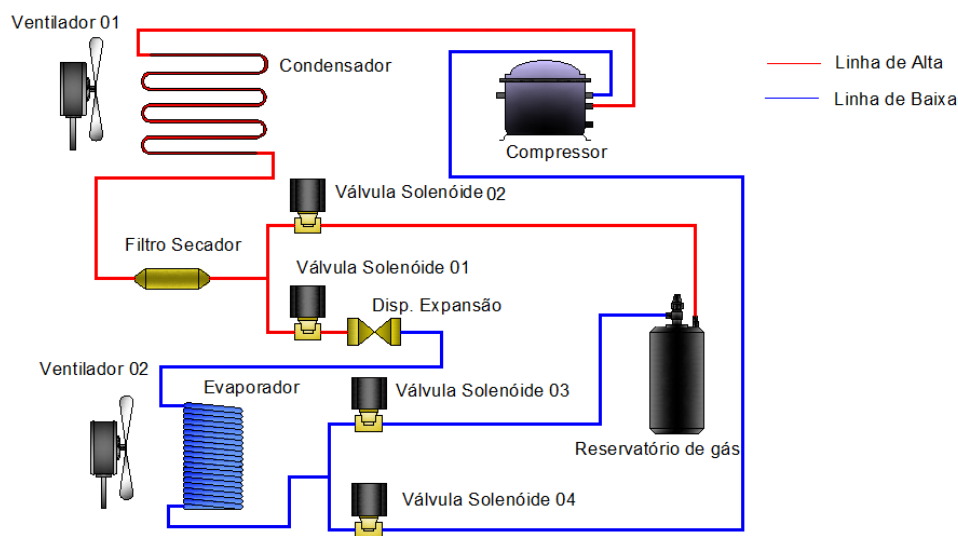


Figura 19: Circuito de Refrigeração modificado

As válvulas solenóides serão responsáveis por efetuar as falhas de entupimento do tubo capilar e falta de fluido refrigerante no sistema. As mesmas, também, permitirão a reparação destas falhas quando solicitadas.

O reservatório vai recolher todo o gás refrigerante do sistema quando for acionada a falha de falta de gás e liberá-lo ao término da simulação.

Os ventiladores vão ser desligados individualmente nas falhas de falta na ventilação do evaporador e do condensador e serão religados apenas quando for terminar a simulação da falha.

Para efetuar as medições de pressão foram acrescentados dois manômetros, sendo um para medir a pressão alta, denominado de ponto (A) e outro para medir a pressão baixa ponto (B), as medições de temperatura, pontos (C) e (D), serão mostradas diretamente na tela do supervisor que aparecerá no computador, a figura 20 mostra a localização dos pontos de medição.

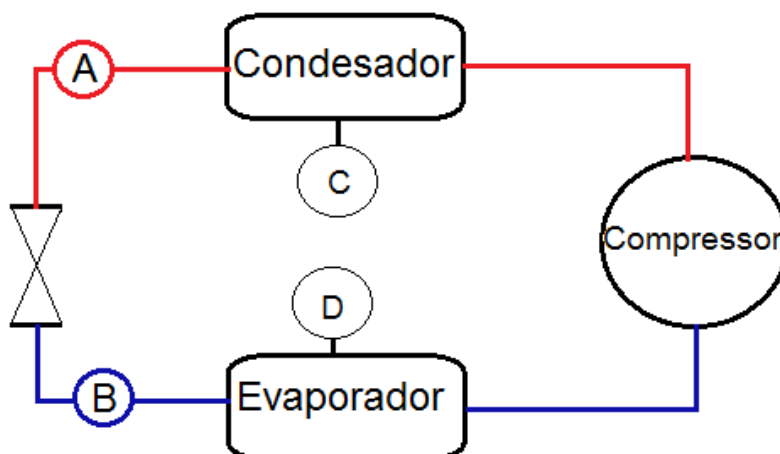


Figura 20: Pontos de medição de pressão e temperatura

No circuito que seria montado anterior a este, seriam utilizadas 03 válvulas reversoras, porem estas foram substituídas por 04 válvulas solenóides, pois as reversoras não atenderam as necessidades do sistema, a figura 21 mostra o posicionamento do conjunto de válvulas na bancada e a posição do ventilador do evaporador.



Figura 21: Arranjo das válvulas solenóides e do ventilador do evaporador.

O reservatório de gás está posicionado ao lado do condensador e do evaporador e o tubo capilar se encontra na parte de trás do condensador, conforme ilustra a figura 22, na figura 23 está ilustrada a posição do evaporador, do condensador, e do compressor hermético.

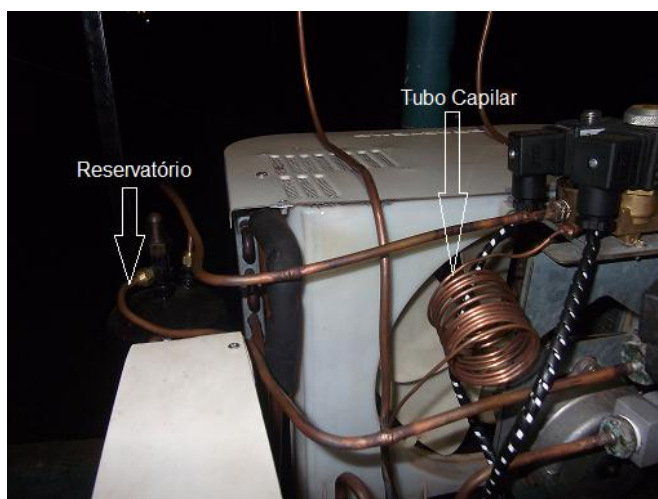


Figura 22: Posicionamento do reservatório de gás e do tubo capilar

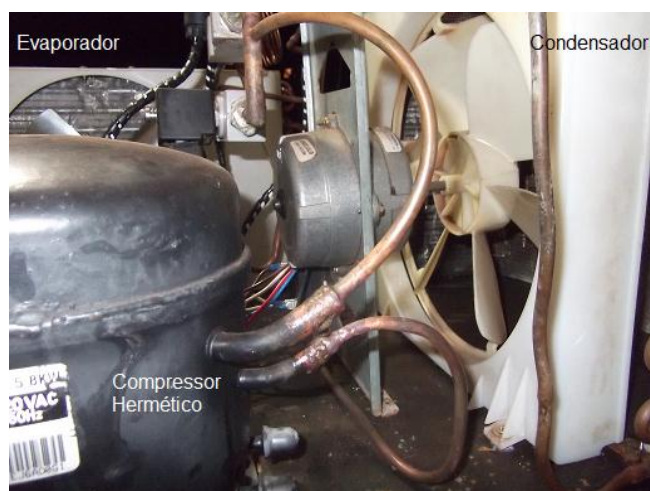


Figura 23: Posição do Evaporador, Condensador e do Compressor.

A figura 24 mostra novamente a posição do condensador, bem como a posição do seu ventilador e do filtro secador.



Figura 24: Arranjo do Filtro Secador, ventilador do Condensador.

A figura 25 mostra a bancada finalizada.

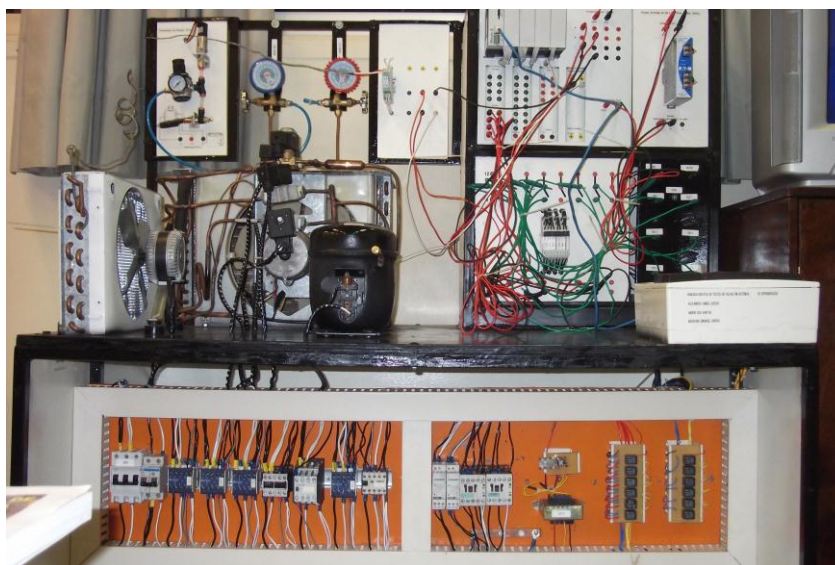


Figura 25: Bancada finalizada

3.2.2 Primeira Falha a ser Simulada

A primeira falha a ser simulada deverá ser a de falta de gás refrigerante, pois como o reservatório possui em seu interior um cano “pescador” haverá a entrada de fluido refrigerante no estado líquido diretamente na linha de sucção do compressor, portanto se o compressor estiver quente e tentar comprimir o líquido ocorrerá o desgaste das válvulas do compressor, fazendo com que o mesmo não tenha mais

força para fazer pressão no sistema. Neste caso o compressor deverá ser substituído, pois não há forma de consertá-lo, para que funcione novamente.

Conforme dito anteriormente, o fluido refrigerante, estando em baixa pressão e temperatura, absorve o calor do ambiente, portanto o seu vazamento do sistema de refrigeração fará com que ele continue funcionando sem executar a sua função, que pode ser aquecer ou refrigerar o ambiente.

O vazamento do gás pode ser ocasionado por vários motivos, podendo ser por furos na tubulação, mau aperto das válvulas, soldagem ineficiente dos tubos, etc. Além da perda de todo o gás refrigerante o sistema ainda poderá absorver umidade para o seu interior, por continuar em funcionamento, causando entupimentos e até a queima do compressor, uma vez que a água não pode ser comprimida. Quando ocorrer uma falha destas deverá ser feita uma nova carga de gás no sistema, precedida a localização do vazamento através do vácuo no sistema, com o auxílio de uma bomba de vácuo, ao localizá-lo deve-se fechá-lo e novamente fazer vácuo no sistema para que este seja desidratado. Realizados estes procedimentos poderá ser feita a carga do gás. Quando for efetuada uma carga de gás em sistemas de refrigeração deve ser observado o local em que a carga será realizada, pois o fluido pode ser colocado no sistema em forma líquida ou gasosa.

Na bancada a falha de vazamento de gás é feita com o uso de um cilindro reservatório, onde o gás do sistema é desviado para o mesmo com o uso das válvulas solenoides e após o gás ser recolhido o sistema funcionará por um tempo para que possa ser estudado o seu comportamento. A carga de gás será feita pelo acionamento de outra válvula solenoide que faz o gás do reservatório retornar ao sistema de refrigeração.

3.2.3 Falha de Obstrução do Tubo Capilar

A obstrução do tubo capilar resulta no impedimento da passagem do fluido refrigerante no circuito de refrigeração.

Neste projeto, esta obstrução será provocada por uma válvula solenoide, a qual vai simular uma situação real que pode ser originada por umidade, partículas sólida ou pelo seu estrangulamento. Esta válvula vai impedir por completamente a passagem do fluido refrigerante pelo tubo capilar.

Quando houver o entupimento do capilar deve ser feita a sua substituição para que o sistema torne a funcionar normalmente.

3.2.4 Falha nos Ventiladores do Evaporador e do Condensador

Uma pane no circuito elétrico de um aparelho de refrigeração, tanto um ar condicionado como qualquer outro que utilize sistemas de ar forçado no evaporador ou no condensador, pode ocasionar a queima do motor, fazendo com que o sistema continue trabalhando, sem a mesma eficiência de anteriormente, provocando danos. Havendo a queima do motor do ventilador, este deverá ser substituído por um novo.

A presença de um ventilador aperfeiçoa o resfriamento do ambiente, esse tipo de sistema é utilizado em aparelhos de ar condicionados, câmaras frias, expositores e etc., nestes casos o vento passa pelas aletas do evaporador fazendo com que ele absorva todo o calor do ambiente, abaixando a temperatura do lugar. Uma falha na ventilação fará com que o recinto não seja refrigerado, podendo estragar os alimentos ou outros produtos que ali estejam, bem como poderá causar danos no compressor, pelo excesso de trabalho, acionando sua proteção térmica uma vez que o termostato, responsável por acionar e desligar o compressor, não desempenhará sua função por não receber a leitura da temperatura programada.

O condensador é um dos componentes que mais precisa de ventilação, forçada ou natural, uma vez que este cede o calor do fluido refrigerante para o ambiente externo. A falta de ventilação ocasiona a parada do funcionamento do sistema de refrigeração, pois a temperatura e a pressão aumentarão de forma que seja acionado o circuito de proteção térmica para evitar a queima do compressor.

Neste trabalho serão desligados os ventiladores do evaporador e do condensador, individualmente, através de botoeiras ou por comandos do computador via CLP.

3.3 INSTALAÇÕES DO CIRCUITO ELÉTRICO

O comando do circuito elétrico (conforme diagrama apresentado no apêndice B) foi montado de forma que possa ser operado em método manual ou automático. A seleção para a forma de operação será feito através de uma manopla seletora.

Com a manopla na posição automática, as botoeiras da bancada serão desativas para que o acionamento seja efetuado somente por comandos do computador sendo transmitidos para a bancada via CLP, já com a manopla posicionada em manual os botões de comando serão habilitados.

O circuito elétrico possui relés, alimentados por uma fonte CC (Corrente Contínua) de 24V (Volts), que são responsáveis por acionar as contactoras e temporizadores, no funcionamento manual.

Os diagramas de comando e de força serão apresentados nos apêndices deste trabalho.

3.3.1 Funcionamento Manual do Sistema

O roteiro deste modo de funcionamento encontra-se no apêndice (A) deste relatório.

Com a manopla seletora posicionada no número 1, o operador usará as botoeiras localizadas na parte superior da bancada, para que o sistema de refrigeração possa funcionar e também para que possam ser realizadas as falhas. Como dito anteriormente, nesta maneira será acionada a fonte CC de 24V para que haja a alimentação dos relés responsáveis pelo acionamento das contactoras e dos relés temporizadores.

Nesta seção os botões serão nominados de acordo com a cor e com o equipamento que irá acionar, sendo a letra b seguida de um número diferente de 0 representará o botão verde o qual ligará o componente, já a letra b0 representará o botão vermelho que desligará o componente, por exemplo: botão b1 vai ligar o compressor e o botão b01 vai desligar o compressor. O quadro 2 mostra denominação dos botões e suas respectivas funções e a figura 26 mostra os botões com as denominações das ações a serem executadas.

Botão	Função
b1	Liga Compressor
b2	Liga Ventilador 01
b3	Liga Ventilador 02
b4	Liga vs1 e vs4
b5	Liga vs2 e desliga vs1
b6	Liga vs3
b01	Desliga Compressor
b02	Desliga Ventilador 01
b03	Desliga Ventilador 02
b04	Desliga vs1 e vs4
b05	Desliga vs2 e liga vs4
b06	Desliga vs3

Quadro 2: Função dos botões



Figura 26: Botões para o funcionamento manual

O funcionamento normal da bancada será feito pelos botões b1, b2, b3 e b4, para a execução de cada falha o sistema deverá estar no modo funcionamento normal.

O compressor será ligado quando pressionado o botão b1 (Verde), pois seu pulso fará com que seja acionado o relé r2, o qual é responsável por ativar a contactora c1. Para desligar o compressor deve ser pulsado o botão b01 (Vermelho), que por sua vez dará um pulso no relé r1 abrindo o seu contato normal fechado interrompendo o selo da contactora c1.

Ao pressionar o b2, será ligado o ventilador 01, que no caso é o ventilador do condensador. Esta botoeira enviará um pulso ao relé r4 acionando a c2, o seu desligamento será feito pelo botão b02 que abrirá o selo da referida contactora, simulando a falha de ventilação no condensador.

Para ligar o ventilador do evaporador, denominado de ventilador 02, deverá ser pressionado o b3, uma vez que este enviará um pulso ao r4 ligando a c3. Para simular a falha de ventilação do evaporador, o ventilador deverá ser desligado por b03 que acionará o r5 desligando a contactora.

Para que o sistema funcione corretamente, sem a execução das falhas, deverão ser acionadas as válvulas 01 e 04, o funcionamento destas será feito pelo pulso de b4 que enviará um sinal ao r8 acionando as contactoras 04 e 05, estas válvulas serão responsáveis pela circulação do fluido refrigerante no sistema. Para simular a falha de obstrução do tubo capilar estas válvulas deverão ser desligadas mantendo pressionado o botão b04 que enviará um sinal ao r7. Este botão deverá ser mantido pressionado, por 30s, por questão de segurança para que não corra o risco de o sistema funcionar nesta condição por muito tempo.

Para simular a falha de falta de gás no sistema deverá ser pressionado o b5 que aciona o relé r10 responsável por acionar relé temporizador rt1, ligando também a contactora c5 (vs2) e desligando a contactora c4 (vs1), efetuando a recolha do gás refrigerante. Transcorrido o tempo de 30s (segundos) programado em rt1, ele desligará c6 e acionará c4, mantendo o sistema funcionando sem o fluido refrigerante. Caso haja alguma pane ou imprevisto durante a recolha do gás, deverá ser pulsado o b05 que acionará o relé r9 desligando os componentes acionados pelo relé r10.

Para que o fluido refrigerante volte ao sistema deverá ser pulsado o b6 que aciona o relé r12 acionando rt2 acionando a contactora c7 por 30s. Em caso de pane durante a execução deste procedimento deverá ser pulsado o b06 que aciona o relé r11 desligando os componentes ligados pelo relé r12.

O quadro 3 mostra as funções de cada botão bem como o comando e as ações da bancada.

Comando	Ação
B1, B2, B3, B4	Funcionamento normal da bancada
B02	Falha na ventilação do evaporador
B2	Reparação da falha da ventilação do evaporador
B03	Falha na ventilação do condensador
B3	Reparação da falha da ventilação do condensador
B4 e B5	Entupimento do Tubo Capilar
B04 e B05	Reparação do entupimento do tubo capilar
B5	Recolha do Fluido refrigerante
B05	Funcionamento da bancada sem gás refrigerante
B6	Recarga do Fluido refrigerante
B06	Funcionamento da bancada com gás refrigerante

Quadro 3: Comandos e ações de funcionamento.

3.3.2 Princípio de funcionamento do sistema a ser automatizado.

O roteiro para funcionamento automatizado da bancada será apresentado no apêndice (B) deste relatório.

A bancada trabalha com sistema manual através de contactoras e relés que fazem o acionamento da mesma. Com o acionamento inicial da bancada liga-se o compressor, os ventiladores e a válvula 1 que libera o gás que entra no compressor.

Seu sistema funciona igualmente ao de uma geladeira ou ao de um ar condicionado. Com tudo foi preciso fazer algumas modificações para que possa ser feita as medições de temperatura e pressão de acordo com cada falha decorrente no sistema. Estas alterações foram, a instalação de válvulas, as quais fazem a liberação do caminho em que o gás passa.

Para que fossem feitas estas medições usa-se as contactoras que são acionadas por botoeiras que por sua vez ligam ou desligam algo no sistema tais como: compressor, ventiladores, e as válvulas (1, 2, 3 e 4).

Também foi usado um CLP (Controlador Lógico Programável) com o objetivo de mostrar em tela, o que corre com a temperatura com o acionamento de cada falha.

3.3.3 Princípio de automação.

Com o sistema automatizado o operador controla via computador e CLP o funcionamento da bancada através de um painel de controle na tela do supervisor, como mostra a figura 27.

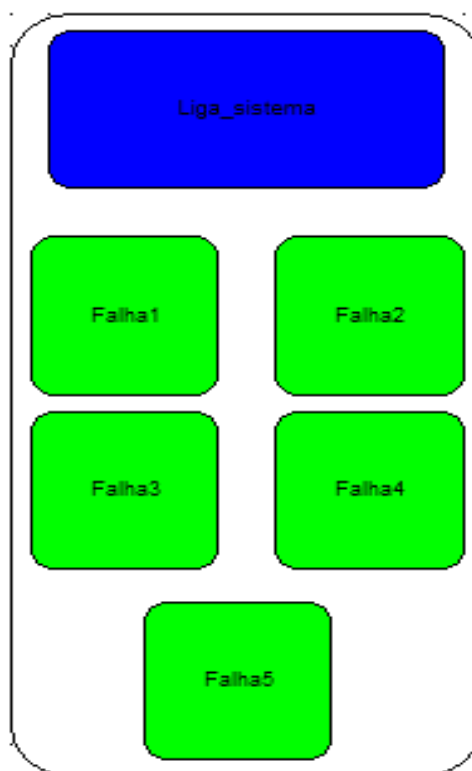


Figura 27: Painel de controle.

O operador também tem na tela do supervisor a visão de como esta se comportando a Bancada, pois os componentes mudam de cor quando acionados. A figura 28 mostra a bancada desligada.

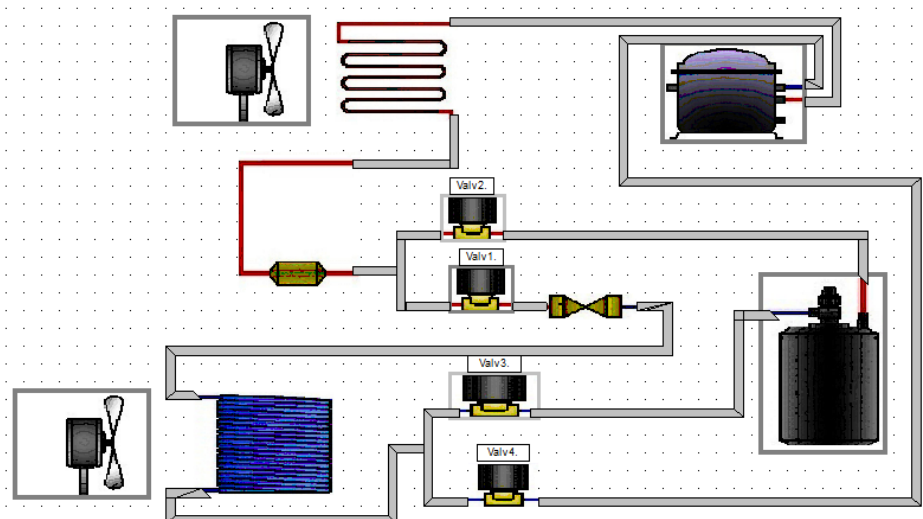


Figura 28: Bancada desligada.

Os comandos dados pelo operador são atualizados no supervisório e cada saída passa a ser verdade, assim cada componente muda de cor.

LIGA: acionará o compressor, os ventiladores e a válvula 1, ou seja, toda bancada em funcionamento normal. A figura 29 mostra a bancada ligada.

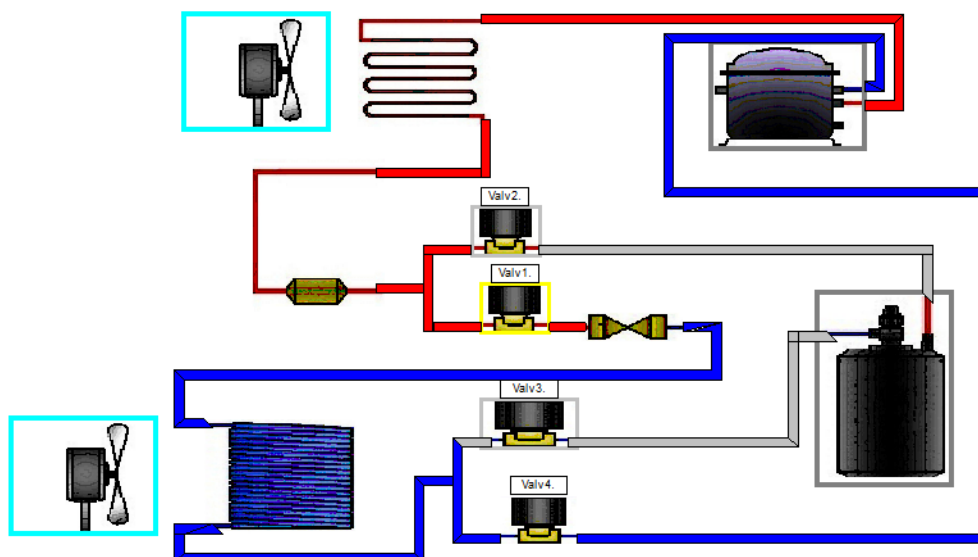


Figura 29: Banca ligada.

FALHA1: desligará ventilador 1 por 30 segundos.

FALHA2: desligará ventilador 2 por 30 segundos.

FALHA3: desligará os ventiladores 1 e 2 por 20 segundos. Como mostra a figura 30.

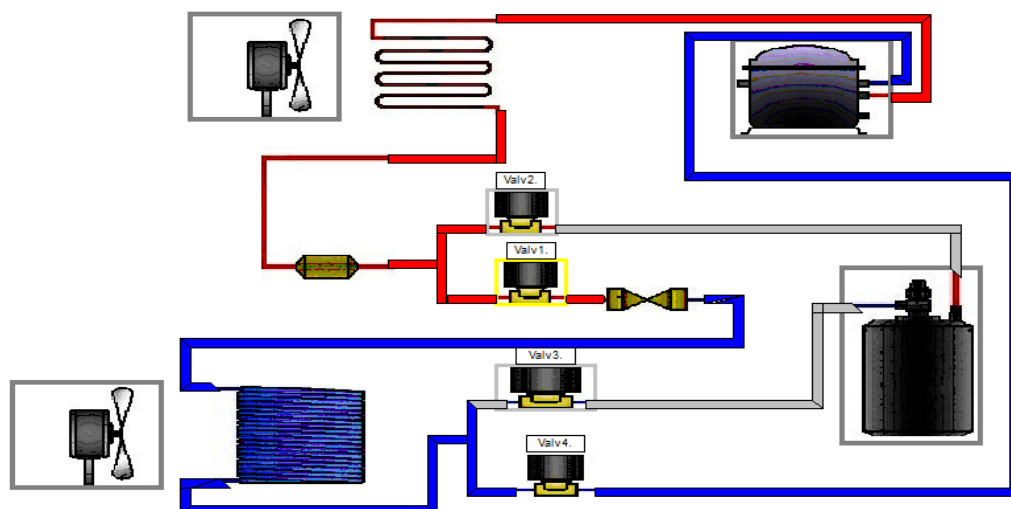


Figura 30: Bancada com os ventiladores desligados.

FALHA4: desligará a válvula 1, a qual causará entupimento do tubo capilar por 50 segundos. Como mostra a figura 31.

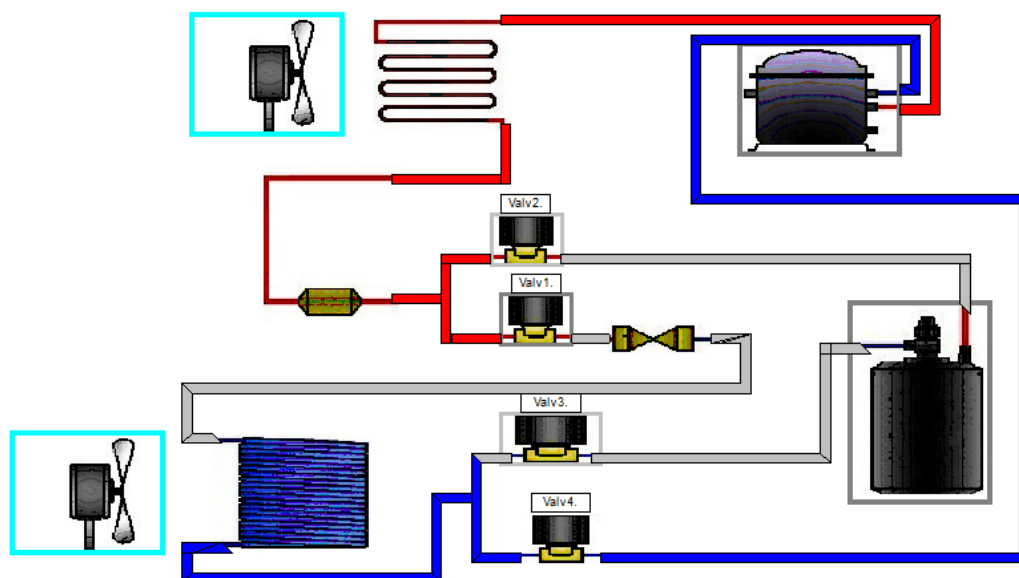


Figura 31: Bancada com o filtro capilar entupido.

FALHA5: desligará a válvula 1 e ligará a válvula 2 por 40 segundos e fará a recolha de gás. Após desligara a válvula 2 e ligara a válvula 1 e também a válvula 3 para liberar o gás do reservatório. Como mostram as figuras 32 e 33.

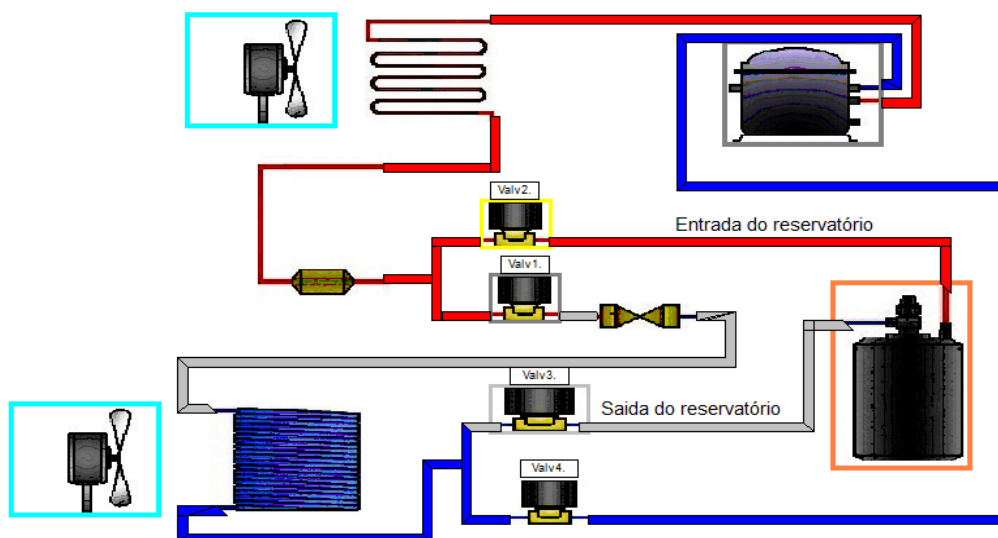


Figura 32: Recolha do gás no reservatório.

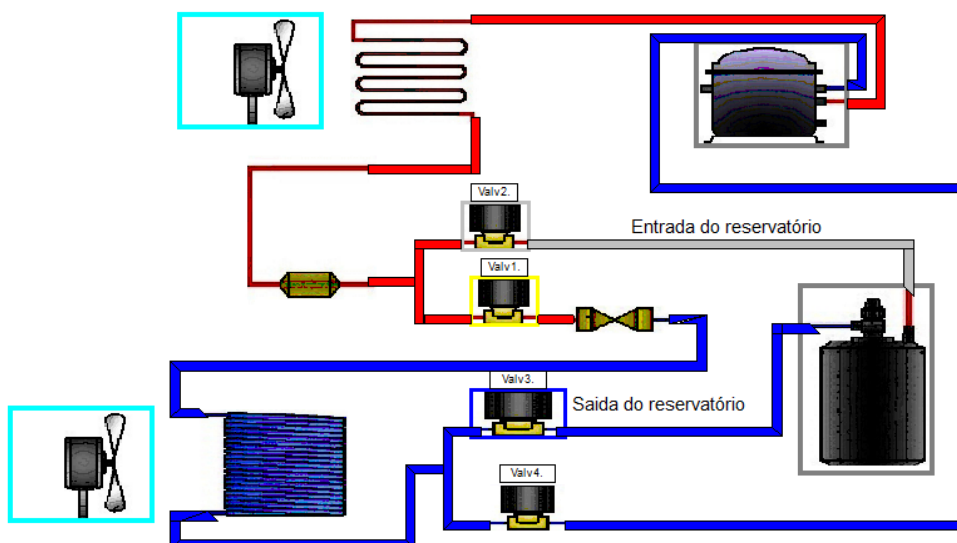


Figura 33: Retorno do gás ao sistema.

O supervisor (Figura 34) mostra também dois gráficos, um de pressão e outro de temperatura, os quais sofreram alterações toda vez que uma falha é acionada. Através da tela do supervisor, é possível analisar o que acontece com a pressão e temperatura de acordo com cada falha.

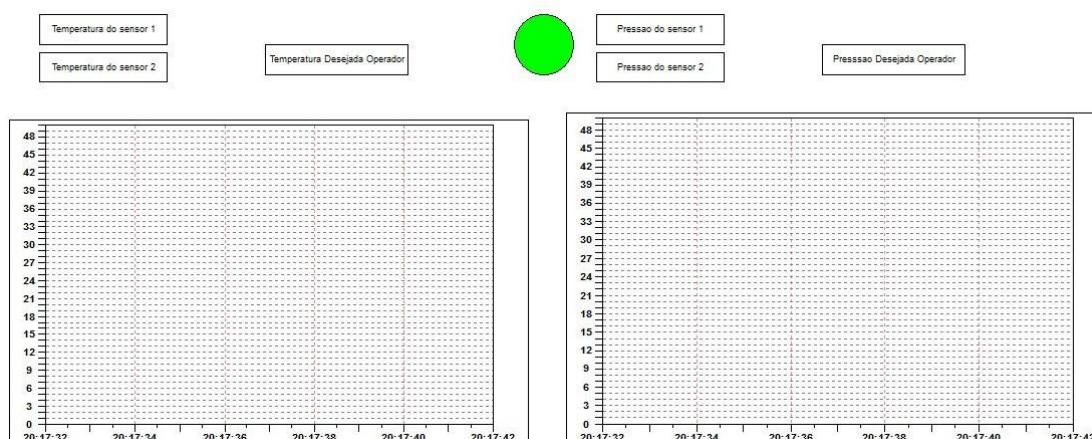


Figura 34: Tela do Supervisório

3.3.4 Programação Ladder e Grafcet.

Para o desenvolvimento da programação foram utilizadas as linguagens *Ladder* e *Grafcet*. Inicialmente, foi desenvolvido o *Grafcet* que realiza os passos sequenciais explicados anteriormente. Posteriormente o *Grafcet* foi transformado para a linguagem *Ladder* e transferido para o CLP. A figura 35 mostra o *Grafcet* do elaborado para o funcionamento do sistema e o quadro 4 mostra quais saídas físicas do CLP os referidos componentes.

Equipamentos	Saídas Físicas
Compressor	Q01 AT %QX0.0
Ventilador 1	Q02 AT %QX0.1
Ventilador 2	Q03 AT %QX0.2
Válvula 1	Q04 AT %QX0.3
Válvula 3	Q05 AT %QX0.4
Válvula 2	Q06 AT %QX0.5

Quadro 4: Saídas Físicas do CLP

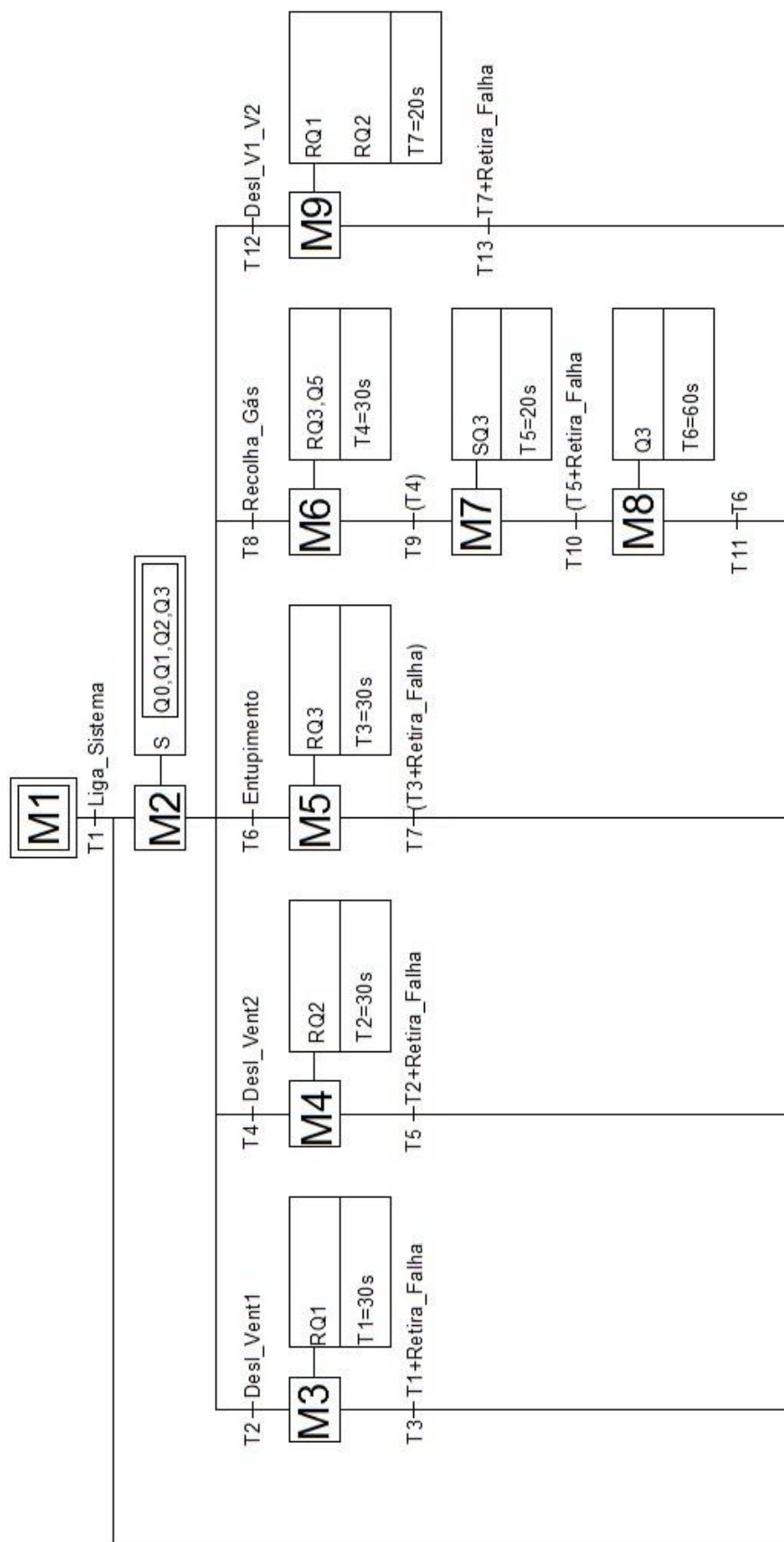


Figura 35: Grafcet

A figura 36 mostra um trecho do diagrama *Ladder*, onde foi inserido um temporizador nomeado T1 que é responsável pela contagem do tempo que desaciona o Vent1 durante 30 segundos.

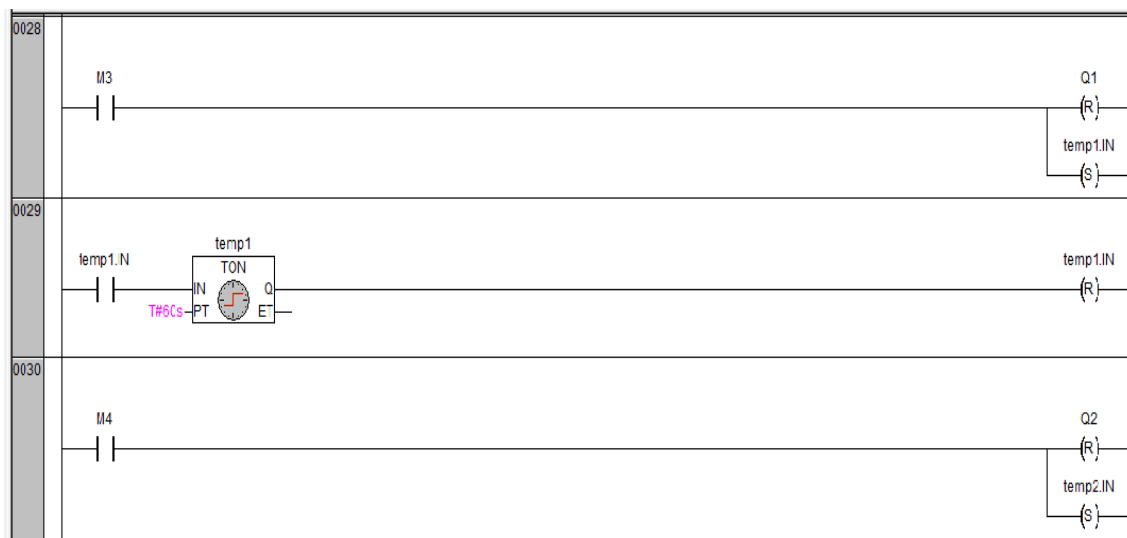


Figura 36 - Trecho do diagrama *Ladder* com temporizador

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 ENSAIOS REALIZADOS COM A BANCADA

Antes de iniciar os ensaios, o CLP e seus componentes deverão ser colocados nos suportes existentes na bancada, e serem conectados aos terminais da bancada conforme a tabela anexada na mesma. A tensão de alimentação, geral, da bancada é 220V, sendo obrigatório o uso do fio terra, portanto quando esta for ligada em alguma tomada deverá se ater se a mesma possui aterramento. Por segurança dos componentes e do operador foram colocados dois disjuntores na parte inferior da mesa, os quais deverão ser ligados para energizar todo o sistema.

Durante a realização dos ensaios o sensor de pressão responsável por enviar o sinal para o CLP apresentou problemas, portanto, serão gerados apenas gráficos da temperatura em função do tempo para demonstrar o comportamento do sistema de refrigeração.

4.1.1 Funcionamento Normal do Sistema de Refrigeração

O circuito de refrigeração deverá ser ligado obedecendo criteriosamente os seguintes passos:

- 1º passo - Ligar Ventilador 01, pressionando B2;
- 2º passo - Ligar Ventilador 02, pressionando B3;
- 3º passo - Acionar as válvulas VS1 e VS4, pressionando B4;
- 4º passo - Ligar o compressor hermético, pressionando B1.

O quadro 5 mostra como é ligado o circuito de refrigeração no modo manual e no modo automatizado.

<i>PASSOS</i>	<i>MANUAL</i>	<i>AUTOMATIZADO</i>
1º passo	Botão B2	LIGA
2º passo	Botão B3	LIGA
3º passo	Botão B4	LIGA
4º passo	Botão B1	LIGA

Quadro 5: Ligação do circuito de refrigeração.

É de extrema importância que o compressor hermético seja acionado por último, pois como todo o restante do sistema esta desativado pode haver um indevido aumento da pressão prejudicando-o, a tabela 1 mostra as pressões e temperaturas normais de funcionamento que também serão apresentadas no gráfico 1.

Tabela 1: Resultados do funcionamento normal.

MEDIDAS	PONTOS DE MEDIÇÃO	
	CONDENSADOR	EVAPORADOR
PRESSÃO (PSI)	150	55
TEMPERATURA °C	29	6

Os gráficos 1 e 2 mostram as temperaturas em função do tempo, medidas no condensador e no evaporador, obtidas no supervisor do CLP.

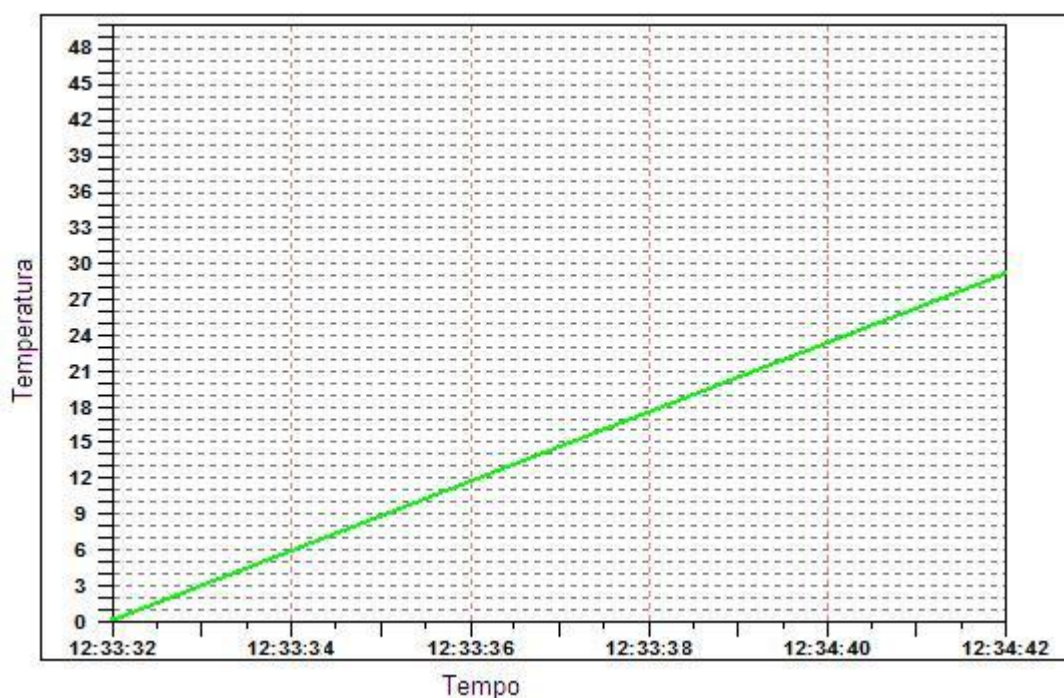


Gráfico 1: Temperatura do condensador em funcionamento normal.

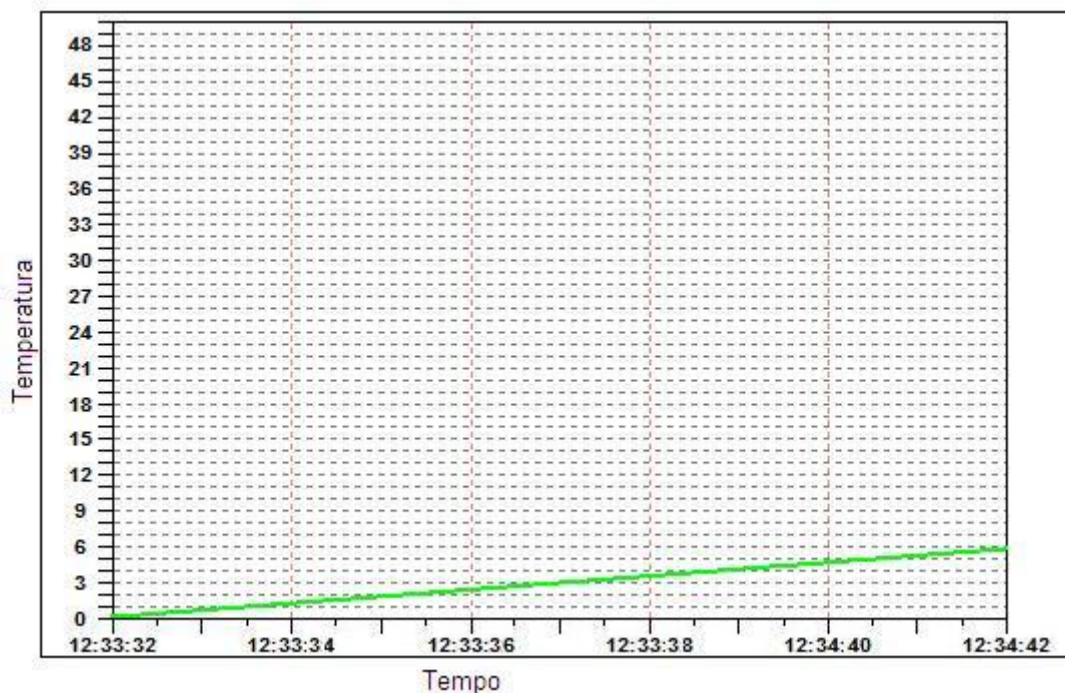


Gráfico 2: Temperatura do evaporador no funcionamento normal.

4.1.2 Ensaio Com a Falha na Ventilação do Condensador

Este ensaio é executado com o sistema de refrigeração funcionando normalmente

Para executar a falha da ventilação do condensador, basta pressionar o botão B03, que desliga o respectivo ventilador, na tabela 2 e no gráfico 3 serão mostrados os resultados obtidos durante a realização deste ensaio

Tabela 2: Resultados com a falha na ventilação do condensador

MEDIDAS	PONTOS DE MEDIÇÃO	
	CONDENSADOR	EVAPORADOR
PRESSÃO (PSI)	250	55
TEMPERATURA °C	48,35	6

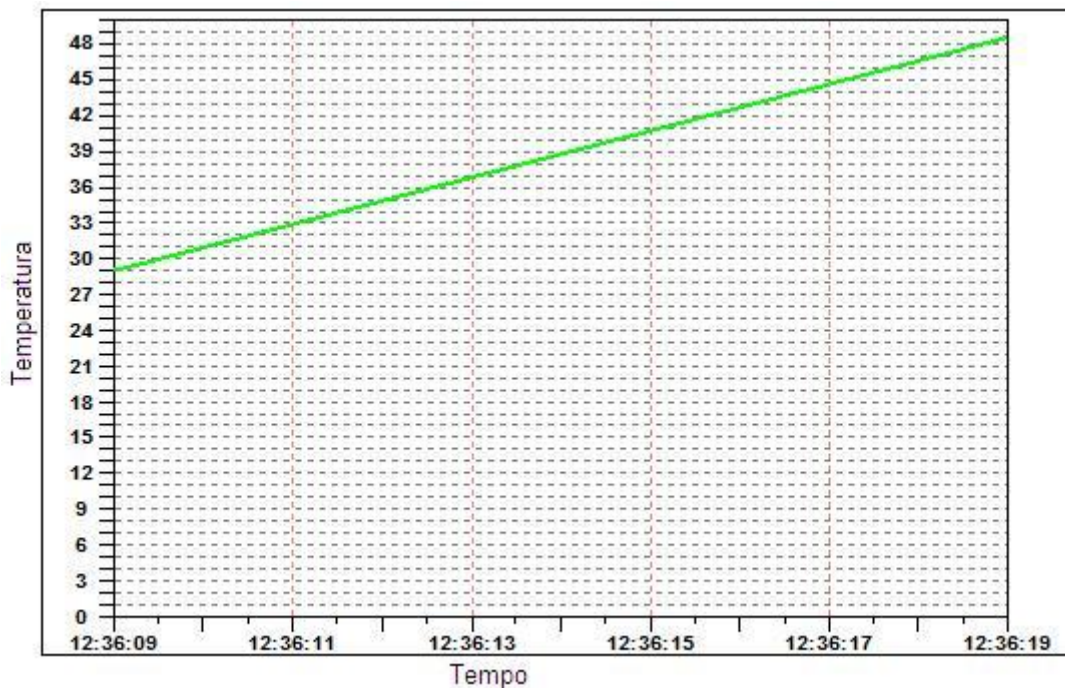


Gráfico 3: Resultados da temperatura em função do tempo medidas na falha de ventilação do Condensador.

Como a pressão do condensador aumentava conforme o tempo de duração da falha, decidimos, por segurança estabelecer o limite de 250PSI para que a mesma fosse solucionada.

Para fazer com que o circuito trabalhe com condições normais basta pressionar o botão B3, ligando o ventilador novamente. Com a reativação da ventilação a pressão se estabiliza rapidamente em 150PSI.

4.1.3 Experiência com falha na ventilação do evaporador

Esta falha é realizada através do desligamento do ventilador do evaporador. Para desligá-lo basta pressionar o botão B02.

A reativação do ventilador será feita pelo botão B2, fazendo com que a pressão se estabilize em 55PSI. Se esta falha permanecer por muito tempo poderá ser constatado a formação de gelo entre as aletas do evaporador, devido à condensação da umidade do ar com posterior congelamento devido à baixa temperatura que a mesma será submetida, a tabela 3 e o gráfico 4 mostram os resultados obtidos durante este ensaio.

Tabela 3: Resultados com a falha na ventilação do evaporador

MEDIDAS	PONTOS DE MEDIÇÃO	
	CONDENSADOR	EVAPORADOR
PRESSÃO (PSI)	150	40
TEMPERATURA °C	29	4,39

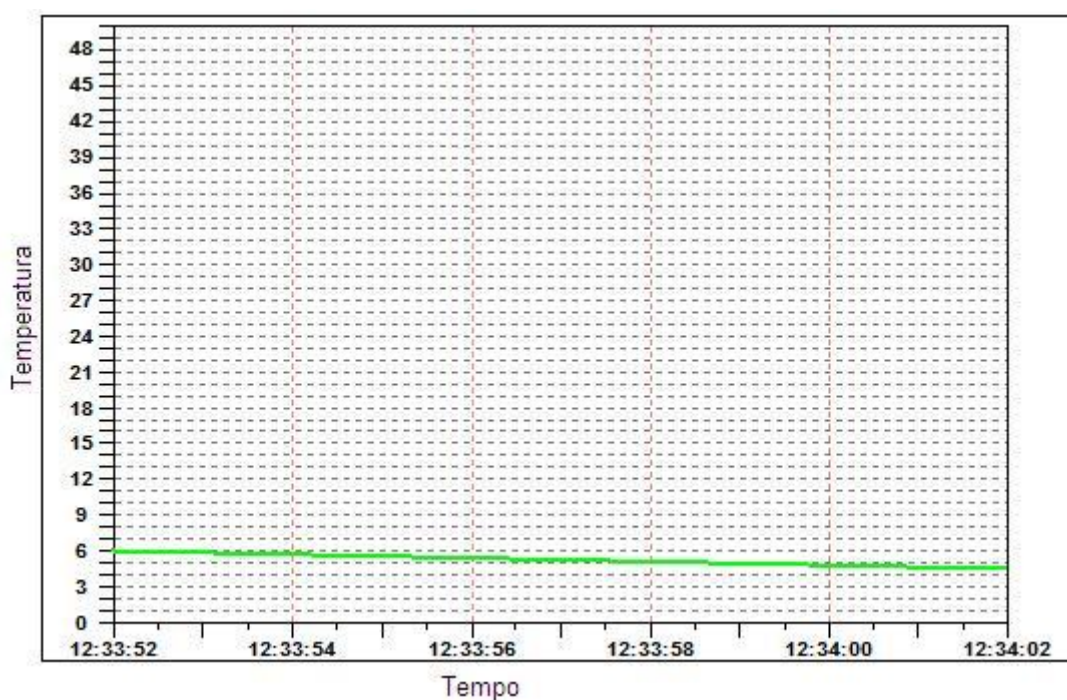


Gráfico 4: Resultados de temperatura em função do tempo na falha de ventilação do evaporador.

4.1.4 Falha de obstrução no tubo capilar

Neste projeto a obstrução do tubo capilar será forçada e realizada através da pressão no botão B04.

Com o entupimento do tubo capilar o sistema entra em vácuo, ou seja, a pressão será negativa e medida em polegadas de Mercúrio (inHg). Quando ocorrer o caso de pressão negativa, esta ficará abaixo de 0PSI e portando a escala de leitura vai mudar. A figura 37 mostra a posição do ponteiro do manômetro de baixa pressão durante este ensaio.

Durante a realização do teste, o sistema foi mantido nesta condição até atingir um vácuo de aproximadamente 14inHg (Polegadas de Mercúrio), sendo em

seguida re-estabelecido a condição normal de funcionamento. Os resultados de pressão e temperatura obtidos durante a realização deste ensaio serão mostrados na tabela 4 e nos gráficos 4 e 5 mostram os valores de temperatura em função do tempo medidas pelo CLP.

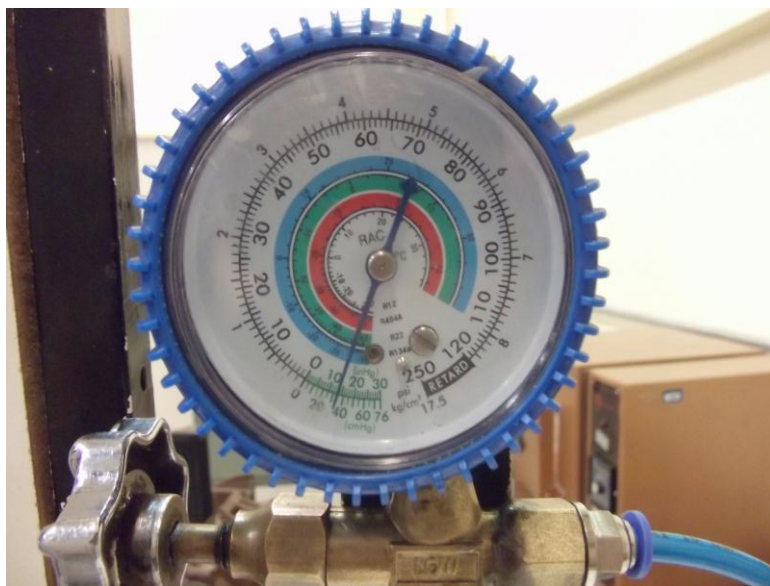


Figura 37: Resultado medido durante a obstrução do tubo capilar

Tabela 4: Resultados com a obstrução do tubo capilar

MEDIDAS	PONTOS DE MEDIÇÃO	
	CONDENSADOR	EVAPORADOR
PRESSÃO (PSI)	230	14 (inHg)
TEMPERATURA °C	44,47	0

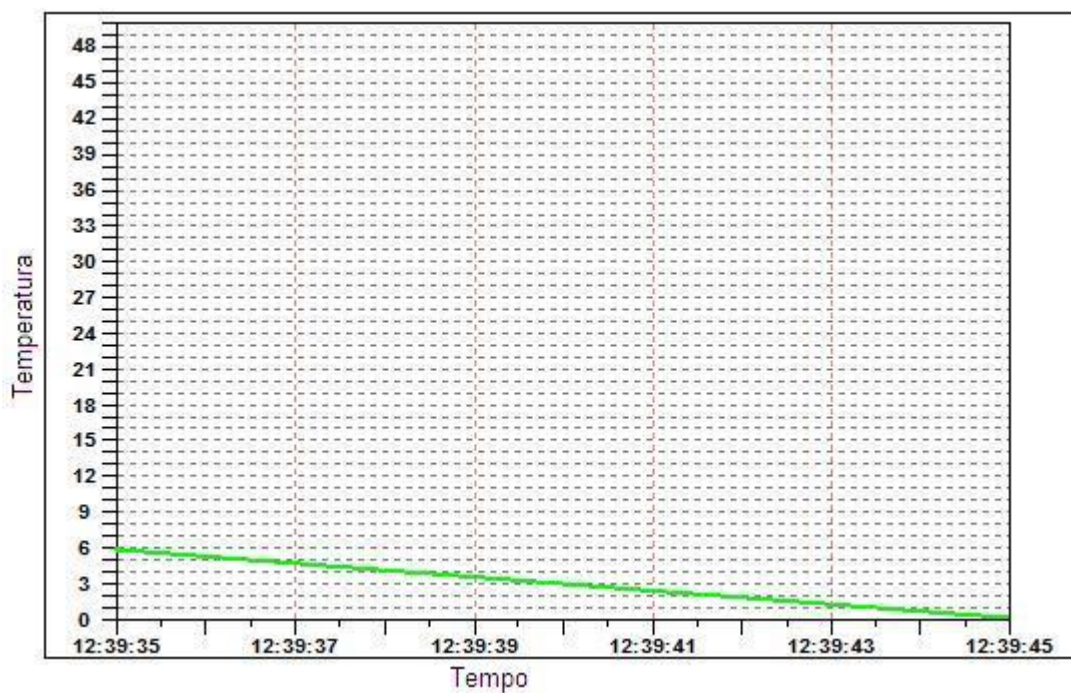


Gráfico 5: Temperatura do Evaporador.

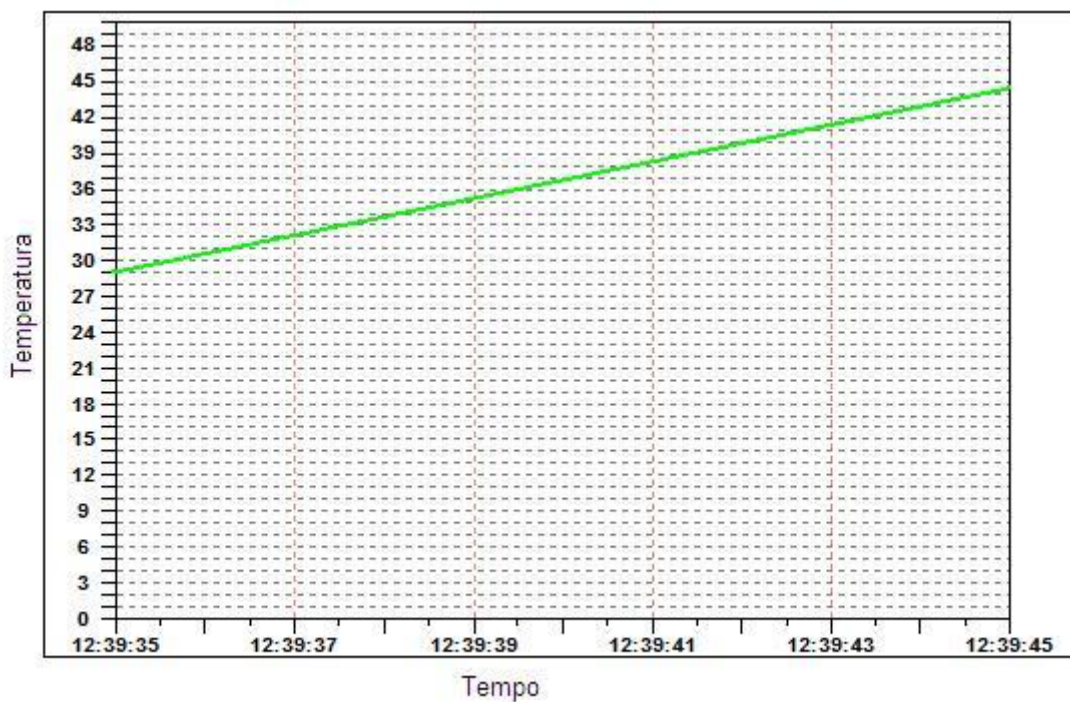


Gráfico 6: Temperatura do Condensador

Para que o sistema volte a trabalhar normalmente, deve ser pressionado o botão B4.

4.1.5 Falha de vazamento de gás

Neste projeto o vazamento de gás consiste em recolher o gás em um recipiente destinado a esta finalidade. O recolhimento do gás é efetuado quando for pressionado o botão B5, que por sua vez acionara um temporizador. A recolha do gás é realizado durante o tempo de 10s, o qual é suficiente para que seja recolhida parte do gás existente no sistema. Transcorrido este tempo a bancada passará a trabalhar normalmente, mas, com uma carga menor de fluido refrigerante, simulando o que aconteceria caso houve-se um vazamento total. A tabela 5 mostra os resultados obtidos durante a realização do ensaio e os gráficos 7 e 8 mostram os valores de temperatura em função do tempo obtidos pelo CLP.

Tabela 5: Resultados da falha de vazamento de gás refrigerante

MEDIDAS	PONTOS DE MEDIÇÃO	
	CONDENSADOR	EVAPORADOR
PRESSÃO (PSI)	115	36
TEMPERATURA °C	22,29	3,94

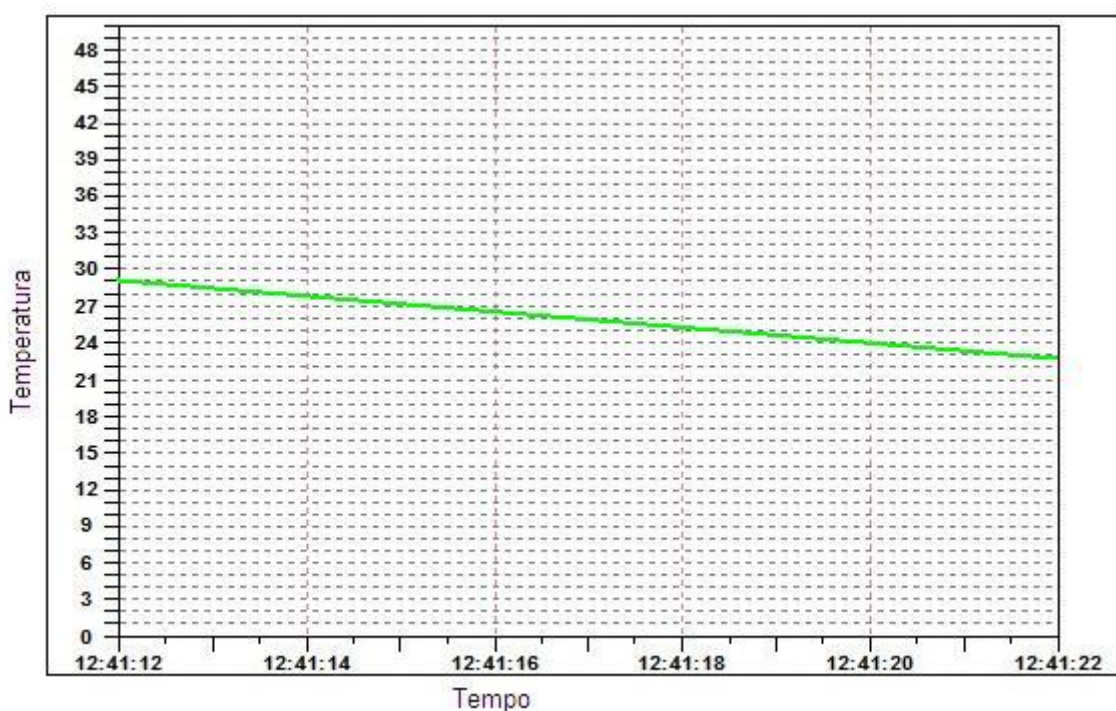


Gráfico 7: Temperatura do condensador.

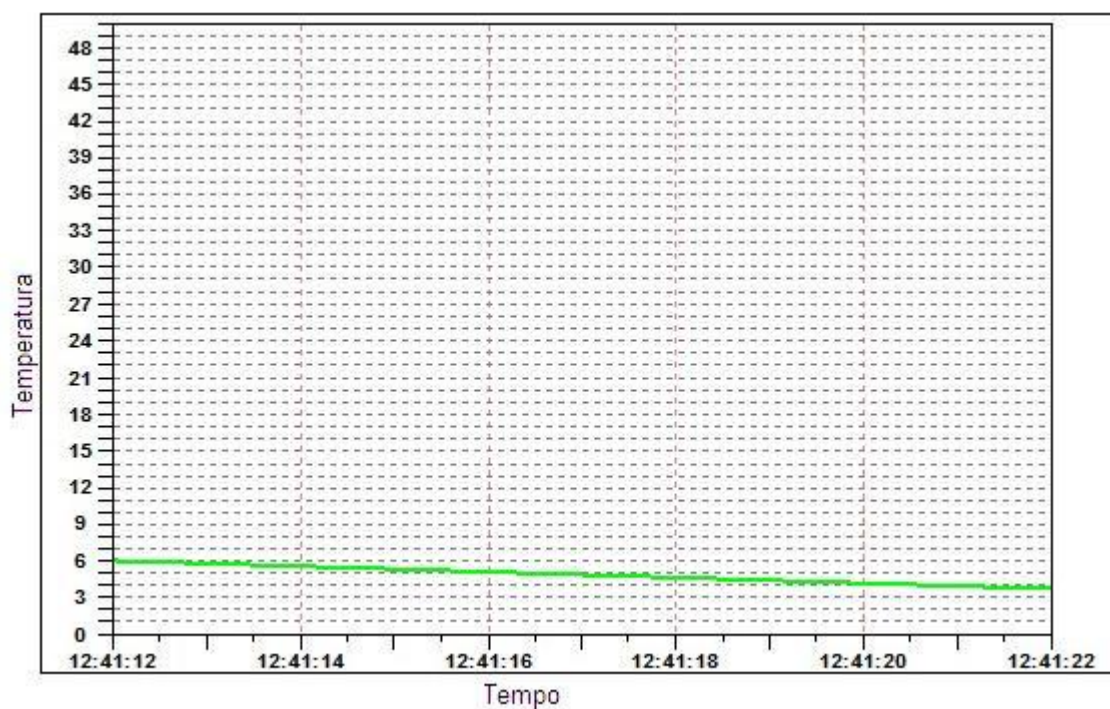


Gráfico 8: Temperatura do evaporador.

Caso houve-se a retirada total do fluido refrigerante do sistema, as medidas acima, certamente, teriam valores menores.

Para que o gás volte ao sistema de refrigeração novamente, deve-se pressionar os botões B6 que efetuará a recolha do fluido e posteriormente o botão B06 que fará com que o sistema trabalhe novamente em condições normais.

5 CONCLUSÃO

A ideia inicial do projeto foi alcançada, ou seja, foi desenvolvido uma bancada de refrigeração para demonstrar as falhas que ocorrem em sistemas de refrigeração e também um programa de automação que realiza o controle da mesma. Na automação foi implantado um sistema que possibilita o controle da bancada. Com telas de controle, pode-se fazer o acionamento de cada falha com a análise da pressão e temperatura para que o operador mantenha a integridade do sistema desligando ou reparando a falha antes de causar algum dano.

Para garantir a confiabilidade da automação foram executados testes de laboratório, garantindo o perfeito funcionamento do sistema automático de testes de falha.

Com a realização dos testes podemos concluir na prática o que propomos na teoria, onde os valores de pressão e temperatura variavam conforme o ensaio de cada falha, as leituras de pressão foram adquiridas por manômetros analógicos, para baixa e alta pressão, instalados diretamente na tubulação de gás do sistema de refrigeração, e as leituras de temperatura foram feitas através dos sensores que mandam o sinal para o supervisor do CLP.

Durante a realização dos testes percebemos que durante a falha de ventilação do condensador a pressão de alta aumentava de forma contínua e interrompida sendo que estabelecemos um limite a ser verificado pelo operador para que não haja danos ao sistema, no ensaio de obstrução do tubo capilar a pressão de baixa diminuía a ponto de efetuar vácuo no sistema, portanto definimos um limite de vácuo para não prejudicar o sistema.

REFERÊNCIAS

CARVALHO, Celso de Menezes; **PROJETO DE GRADUAÇÃO, DETECÇÃO E DIAGNÓSTICO DE FALHA EM SISTEMAS DE REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO**, 2005, disponível em: http://www.laar.unb.br/Relatorios_PG/Relatorio_final_Celso_Carvalho.pdf > acesso em 02/05/2011.

Compressor Alternativo, imagem, disponível em < http://4.bp.blogspot.com/_F0oi7vYTnew/SgCPWslfzMI/AAAAAAAAABUU/MXhgpMRN_XQ/s400/compressoralternativo.gif > acesso em 12/06/2012.

CONDENSADOR POR AR FORÇADO, disponível em < <http://www.elgin.com.br/portalelgin/Site/Produto/Detalhe/ProdutoDetalhe.aspx?idprod=197&sm=p96> > acesso em 28/05/2012.

DOSSAT, Roy J. **Princípios de refrigeração**: teoria, prática, exemplos, problemas, soluções. São Paulo: Hemus 1999. 884 p.

EVAPORADOR DE ALETAS, disponível em < http://img2.mlstatic.com/s_MLB_v_O_f_102968118_3289.jpg > acesso em 07 de Junho de 2012.

FERRAZ, Fábio; GOMES, Marcio, **O HISTÓRICO DA REFRIGERAÇÃO**: Fluidos Refrigerantes Ozônio/Processo de Formação/Destruição Sistemas de Refrigeração Componentes de um Sistema de Refrigeração, Bahia: CEFET, 2008. 74 p.

FERRAZ, Fábio. **Apostila de refrigeração**, Bahia: CEFET, 2008. 74 p.

Filtro Secador, disponível em < http://www.refrigeracao.net/Topicos/filtro_seca.htm > acesso no dia 15/ 06/2012.

_____. **CLP MODULAR XC – CPU 100/200**, Guia Rápido XC 100/200 Moeller, 2006, disponível em < http://www.cefetsp.br/edu/maycon/arqs/guia_codesys.pdf> acesso em 04/10/2012.

JUNIOR; Luiz Carlos Martinelli; **REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO, Parte II**: Ciclo de Compressão, Balanço de Energia Trocadores de Calor, Dispositivos de Expansão – DeTEC, disponível em < http://wiki.sj.ifsc.edu.br/wiki/images/b/bb/RAC_II.pdf > acesso em 29/05/2012.

LAUAND, Carlos Antonio; **MANUAL PRÁTICO DE GELADEIRAS**, Refrigeração Industrial e Domiciliar. São Paulo, Hemus, 1999, 245 p.

_____. **PARTE DO FRONTAL DO CLP**, disponível em < www.moeller.com.br > acesso em 04/10/2012.

PIRANI, Prof. Dr. Marcelo José, **ENG 176 REFRIGERAÇÃO E AR CONDICIONADO, Parte I Refrigeração**, UFBA, disponível em < http://www.daem.ufba.br/paginas/refrigeracao_ar_condicionado.htm > acesso em 29 de Maio de 2012.

QUEVEDO, Jonatas Rossi de. **Bancada didática de ensino de refrigeração doméstica**. Medianeira, PR, 2008. 41 f.: Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial, Medianeira, 2008.

_____. **SENAI**, Linguagem Leader Parte 1, disponível em <<http://www.ebah.com.br/content/ABAAAfGPMAK/senai-linguagem-ladder-parte-1>>, acesso em 04/10/2012.

SILVA, Jesué Graciliano da. **Introdução à tecnologia da refrigeração e da climatização**. São Paulo: Artliber, 2004. 219 p.

_____. **SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO**, disponível em <http://2.bp.blogspot.com/_F0oi7vYTnew/SUns9xzDRNI/AAAAAAAAAvU/I9Hh1Aw3shi/s400/779px-Novo_do_ciclo_de_refrigera.jpg>, acesso em 29/05/2012.

APÊNDICE A – ROTEIRO PARA FUNCIONAMENTO MANUAL

FUNCIONAMENTO NORMAL DA BANCADA	
POSIÇÃO DA MANOPLA SELETORA	1
LIGAR	VALVULA 1
LIGAR	VENTILADOR EVAPORADOR
LIGAR	VENTILADOR CONDENSADOR
LIGAR	COMPRESSOR

FALHA DE FALTA DE FLUÍDO REFRIGERANTE	
POSIÇÃO DA MANOPLA SELETORA	1
LIGAR	VALVULA 1
LIGAR	VENTILADOR EVAPORADOR
LIGAR	VENTILADOR CONDENSADOR
LIGAR	COMPRESSOR
LIGAR	RECOLHA GÁS

DEVOLUÇÃO DE GÁS AO SISTEMA DE REFRIGERAÇÃO	
POSIÇÃO DA MANOPLA SELETORA	1
LIGAR	VALVULA 1
LIGAR	VENTILADOR EVAPORADOR
LIGAR	VENTILADOR CONDENSADOR
LIGAR	COMPRESSOR
LIGAR	RETORNO GÁS

FALHA DE OBSTRUÇÃO DO TUBO CAPILAR	
POSIÇÃO DA MANOPLA SELETORA	1
LIGAR	VALVULA 1
LIGAR	VENTILADOR EVAPORADOR
LIGAR	VENTILADOR CONDENSADOR
LIGAR	COMPRESSOR
MANTER PRESSIONADO DESLIGAR	VALVULA 1

FALHA DE VENTILAÇÃO DO CONDENSADOR	
POSIÇÃO DA MANOPLA SELETORA	1
LIGAR	VALVULA 1
LIGAR	VENTILADOR EVAPORADOR
LIGAR	VENTILADOR CONDENSADOR
LIGAR	COMPRESSOR
DESLIGAR	VENTILADOR CONDENSADOR

FALHA DE VENTILAÇÃO DO EVAPORADOR	
POSIÇÃO DA MANOPLA SELETORA	1
LIGAR	VALVULA 1
LIGAR	VENTILADOR EVAPORADOR
LIGAR	VENTILADOR CONDENSADOR
LIGAR	COMPRESSOR
DESLIGAR	VENTILADOR EVAPORADOR

APÊNDICE B – ROTEIRO PARA FUNCIONAMENTO AUTOMATIZADO

1. Acoplando os componentes na bancada:

Acoplar bloco de relés 24V na parte inferior da bancada, ao lado do painel;

Na parte superior do painel encaixar a fonte e ao lado o CLP, justamente na parte superior por questões de segurança, já que o CLP é um equipamento com considerável sensibilidade, uma vez que a bancada em pleno funcionamento gera calor do compressor e condensador.

Os sensores de temperatura e pressão não diferem quanto a localização ao lado dos manômetros de pressão de alta e baixa.

2. Elaborando a ligação dos componentes do modo automático da bancada:

- Ligação fonte 24V:

Plugar cabos de alimentação do painel da bancada fase, neutro e terra nos bornes da fonte, que é alimentada com tensão de 127V, devidamente especificado no painel;

- Ligação CLP;

Alimentar o CLP plugando cabos na saída da fonte nos bornes de alimentação do mesmo, alimentando também a fonte externa do CLP;

- Medidor de pressão e Temperatura;

Dos bornes da fonte externa ira ser ligado os medidores de pressão e temperatura da bancada;

O medidor de temperatura deve ser fixado no evaporador, entre a sua tubulação;

O medidor de pressão deve ser conectado ao sistema com uma mangueira de 6mm, no ponto de medição existente tanto no ponto de alta (manômetro vermelho) quanto no de baixa(manômetro azul), após conectado a mangueira abrir o registro do manômetro a ser utilizado;

- Ligação do bloco de reles 24V;

Da fonte, alimentar com o zero (comum) o bloco de reles no A2, sendo Jam peado todos os A2 dos reles;

3. Ligação em 24V.

Q0 CLP => A1 RELÉ 01

Q1 CLP => A1 RELE 02

Q2 CLP => A1 RELE 03

Q3 CLP => A1 RELE 04

Q4 CLP => A1 RELE 05

Q5 CLP => A1 RELE 06

4. Ligação comando em contactoras;

Já para alimentação do comando deve-se conectar o cabo de alimentação do painel (Fase) em todos os bornes numero 11 dos relés 24V.

Para acionamento das contactoras deve ser realizada a seguinte ligação:

BORNE 14 RELE 01 => RELE 01 PAINEL;

BORNE 14 RELE 02 => RELE 02 PAINEL;

BORNE 14 RELE 03 => RELE 03 PAINEL;

BORNE 14 RELE 04 => RELE 04 PAINEL;

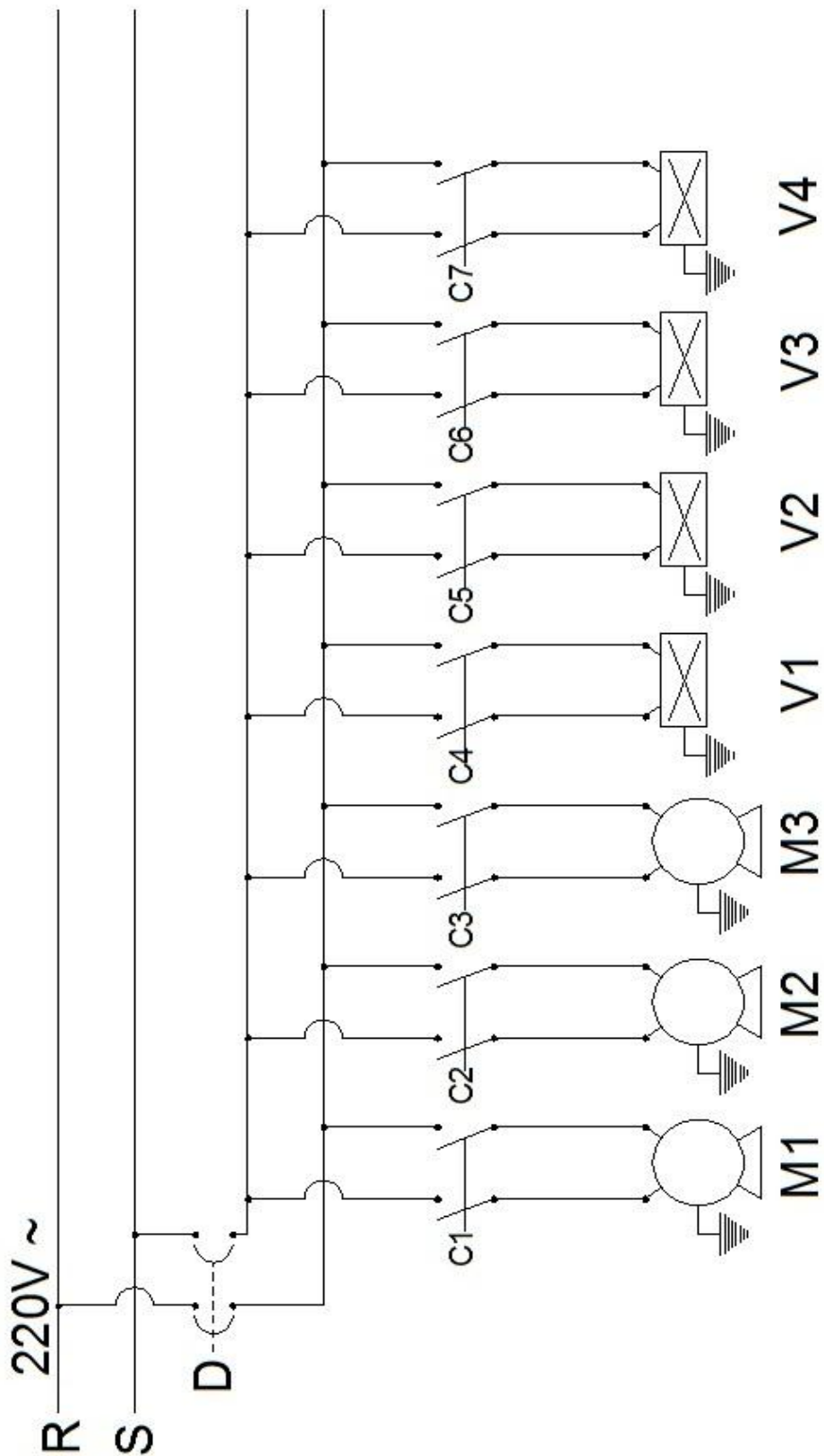
BORNE 14 RELE 05 => RELE 05 PAINEL;

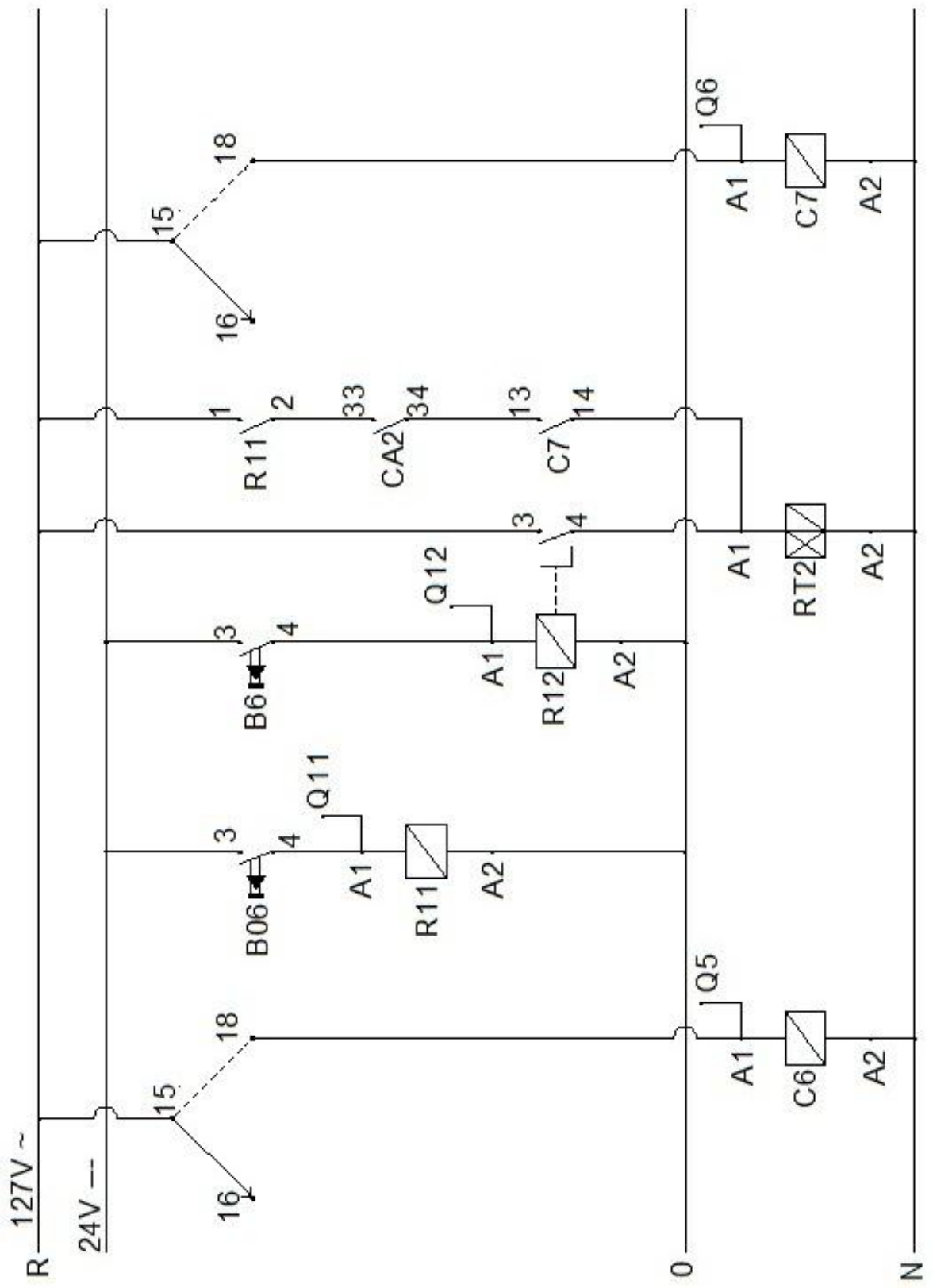
BORNE 14 RELE 06 => RELE 06 PAINEL;

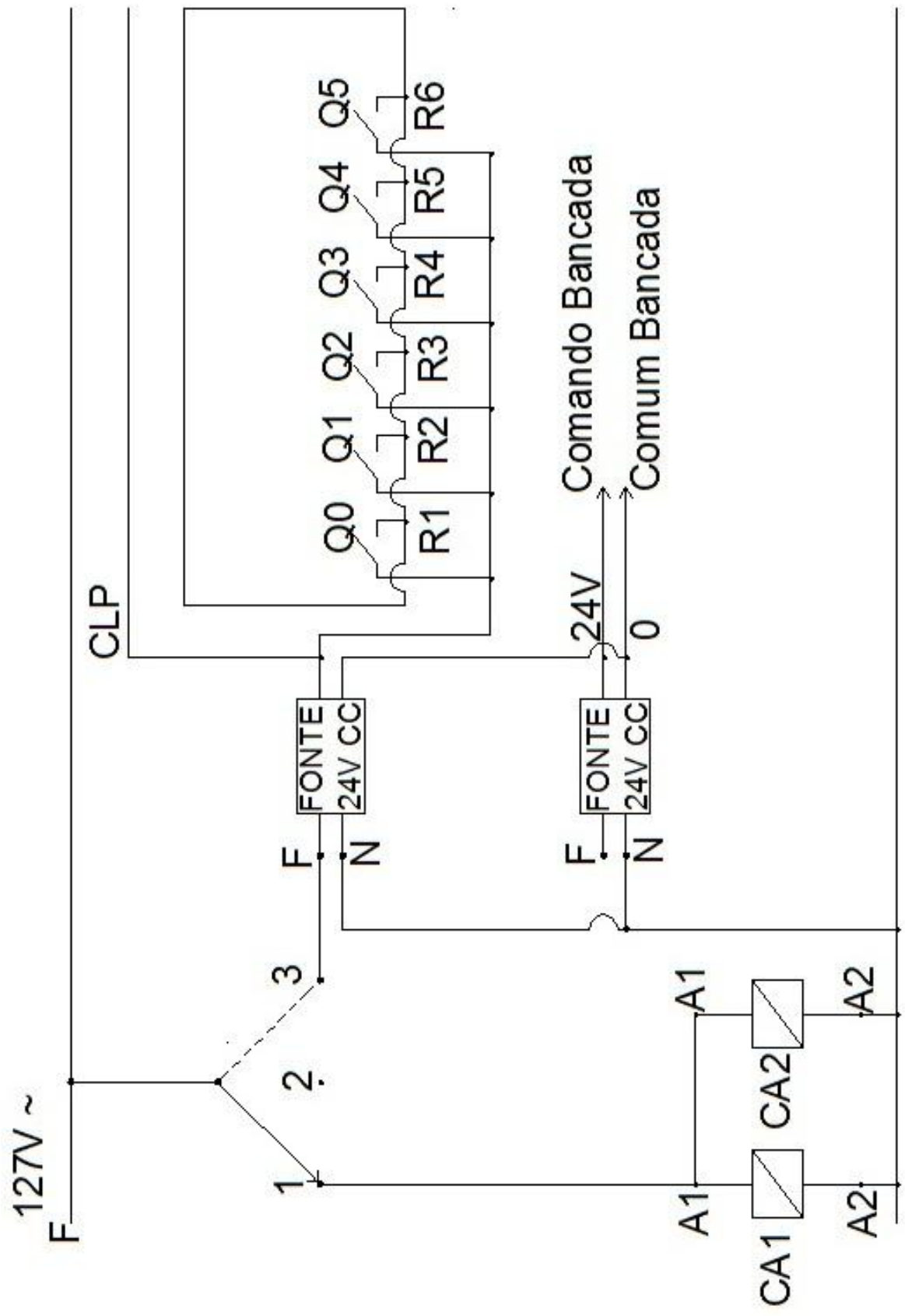
Terminado a ligação dos componentes é necessário realizar uma conferência se não há bornes que estejam encostados uns aos outros, uma vez que no bloco de relés a tensão nas bobinas é de 24v, já nos bornes 11 e 14 a tensão é de 127v, o que pode danificar o CLP caso ocorra algum curto-circuito.

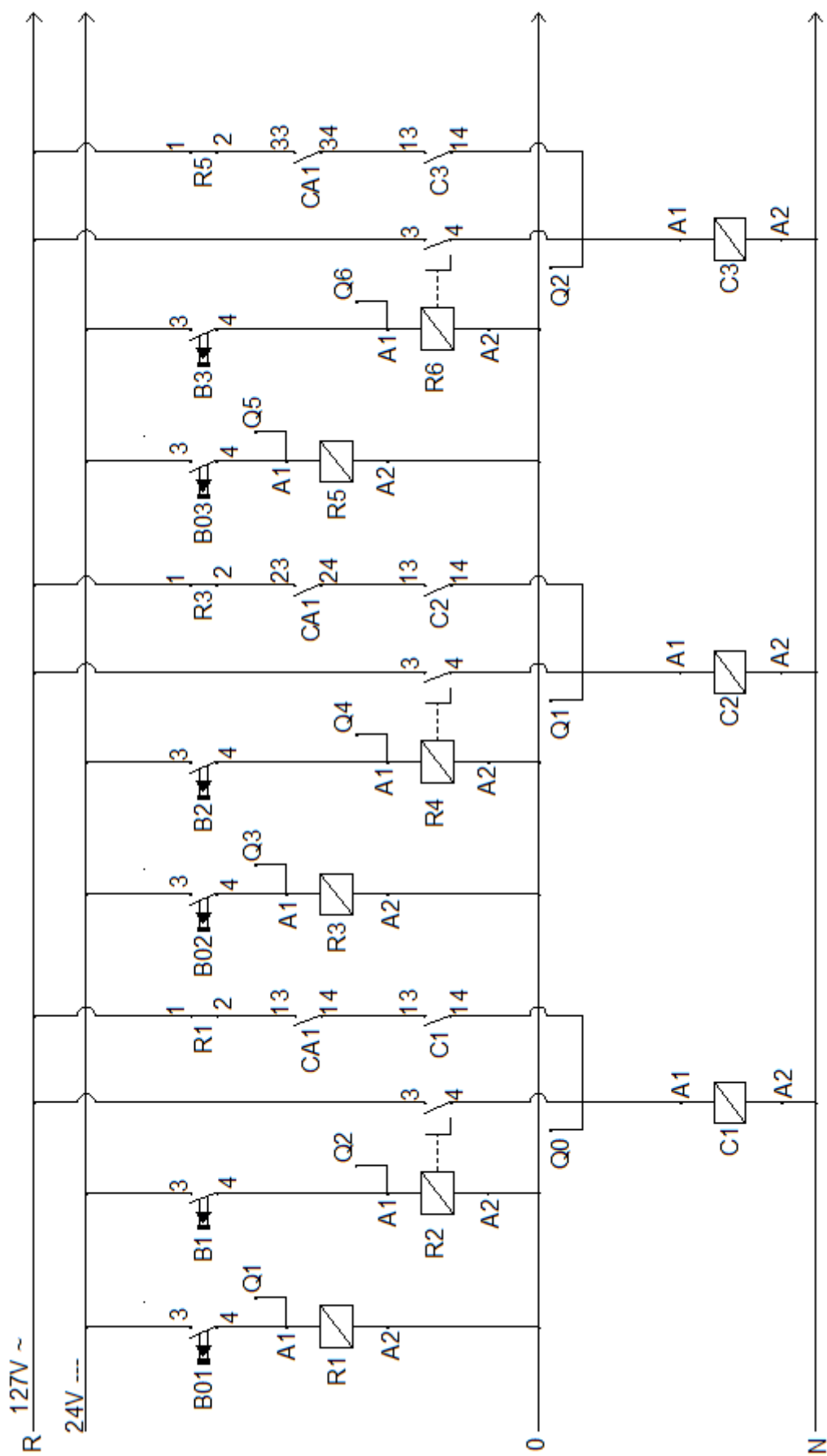
Depois de realizada a conferência ai então somente ligar os disjuntores de comando e força da bancada, ai selecionar a manopla na posição 3 (automático), então será energizada a fonte, posteriormente o CLP e componentes de medição de temperatura e pressão.

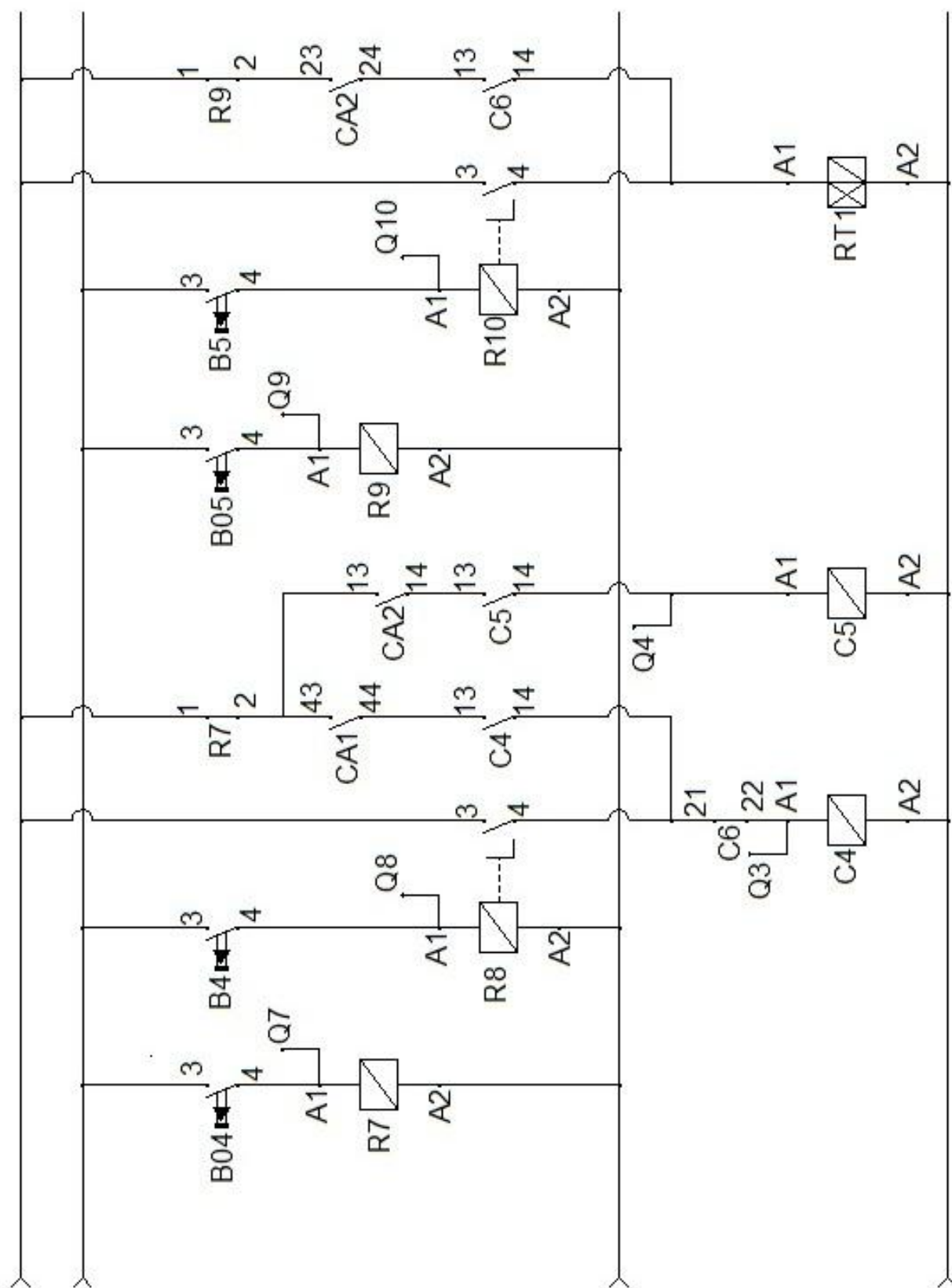
APÊNDICE C – DIAGRAMAS DE FORÇA E DE COMANDO





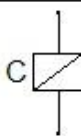
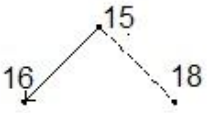
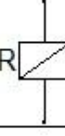
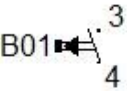












	Ponto de entrada de sinal		Disjuntor
	Relé de tempo		Manopla Seletora
	Contactora		Contatos do relé temporizador
	Relé de pulso		Botão de pulso
	Contato normal fechado		Contato normal aberto
M1	Compressor	V3	Valvula 03
M2	Ventilador Condensador	V4	Valvula 03
M3	Ventilador Evaporador	1	Modo Manual
V1	Valvula 01	2	Bancada Desligada
V2	Valvula 02	3	Modo Automatizado