

UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ  
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA MECÂNICA

WILLIAM SAGRADO DE SOUZA

**PROGRAMAÇÃO E GERENCIAMENTO DO PROGRAMA SITRAD DA  
BANCADA DIDÁTICA DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL E  
MULTIPRESSÃO**

TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

CORNÉLIO PROCÓPIO

2014

WILLIAM SAGRADO DE SOUZA

**PROGRAMAÇÃO E GERENCIAMENTO DO PROGRAMA SITRAD DA  
BANCADA DIDÁTICA DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL E  
MULTIPRESSÃO**

Trabalho de Conclusão de Curso, apresentado á disciplina de Trabalho de Diplomação, do Curso Superior de Tecnologia em Manutenção Industrial do Departamento Acadêmico de Engenharia Mecânica - DAMEC - da Universidade Tecnológica Federal do Paraná – UTFPR, como requisito parcial para obtenção do título de Tecnólogo.

Orientador: Prof. Dr. Henrique Cotait Razuk.

CORNÉLIO PROCÓPIO

2014



FICHA INDIVIDUAL DE AVALIAÇÃO DE TCC 2 (Trabalho de Conclusão de Curso)

Nome do aluno: WILLIAM SAGRADO DE SOUZA

Curso: Tecnologia em Manutenção Industrial

Título do trabalho: Programação e gerenciamento do programa "SITRAD" da bancada didática de refrigeração industrial e multipressão.

BANCA:

	Nome	Assinatura
Avaliador 1:	<u>JOSÉ CARLOS PEREIRA PINTO</u>	
Avaliador 2:	<u>RUBENS GALLO</u>	
Orientador:	<u>HENRIQUE COTAIT RAZUK</u>	

Notas da Banca:

	ESCRITA	ORAL	ARGUIÇÃO	MÉDIA
Avaliador 1	10,0	10,0	10,0	10,0
Avaliador 2	10,0	10,0	10,0	10,0
Orientador	10,0	10,0	10,0	10,0
		Média		10,0
		Desconto por Atraso		
		Média Final		10,0

APROVADO (  )

REPROVADO (  )

Cornélio Procopio, 18 de AGOSTO de 2014

Dedico esta conquista a minha família, pais, irmãos, amigos e professores que desde o ingresso na graduação sempre me apoiaram e me incentivaram em todos os momentos e circunstâncias.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço também a Deus por me conceder discernimento, equilíbrio e força para conclusão da minha graduação, sempre em busca de meus objetivos.

Além de pessoas tão especiais como minha esposa, Marilza Quizzini e meu pai João Batista de Souza e minha mãe Izabel Sagrado de Souza, não se esquecendo também de todos os professores que fizeram parte desta trajetória, sempre me apoiando e incentivando durante este período de formação acadêmica. E a todos que acreditaram no meu potencial.

Sou imensamente grato ao professor Dr. Henrique Cotait Razuk por sua orientação e dedicação para que este trabalho se tornasse realidade, além de estar sempre à disposição quando necessário.

E para finalizar agradeço a todos os meus familiares e amigos que sempre me apoiaram e estiveram comigo ao longo da graduação, contribuindo, significativamente, para a que essa fase importante da minha trajetória acadêmica pudesse ser concluída.

*"Minha energia é o desafio, minha motivação é o impossível, e é por isso que eu preciso ser, a força e a esmo inabalável." (Augusto Branco)*

## RESUMO

SOUZA, William Sagrado. **PROGRAMAÇÃO E GERENCIAMENTO DO PROGRAMA SITRAD DA BANCADA DIDÁTICA DE REFRIGERAÇÃO INDUSTRIAL E MULTIPRESSÃO**. Cornélio Procópio. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Manutenção Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

A importância de um total controle e configuração perfeita em câmaras frigoríficas industriais, exigindo do operador conhecimentos técnicos, elétricos e a utilização de programas específicos para gerenciamento e controle do equipamento. Dentre as vantagens de utilização destes programas é a segurança e agilidade proporcionada em suas plataformas e bancos de dados. A bancada de refrigeração multipressão do laboratório de termodinâmica da UTFPR-CP foi preparada para a implantação de um sistema de gerenciamento e controle das câmaras de refrigeração seguindo as boas práticas de refrigeração. O programa de gerenciamento utilizado é o Sitrad, da Full Gauge Controls. O programa recebe os dados dos controladores de temperatura e pressão ligados a termopares. Os termopares são instalados em pontos específicos do ciclo de refrigeração para um monitoramento seguro e confiável de acordo com o fluxograma, necessitam estarem devidamente isolados para garantir uma aquisição dos dados sem interferência de temperaturas externas que possam alterar os parâmetros de temperatura. O programa permite configurar alarmes, temperatura e pressões, degelo, entre outras funções específicas da sua programação conforme modelo e características. Após a verificação de toda parte elétrica e possíveis vazamentos ou perda de pressão na linha foi realizada a configuração dos controladores e micro controladores da bancada é importante realizar o vácuo em toda linha, em seguida iniciar o processo de colocação de carga dos gás R-404a conforme especificação dos compressores utilizados no sistema, a análise térmica do ciclo de refrigeração é muito importante para verificar da eficiência no ciclo de acordo com as boas práticas de refrigeração. Pelo resultado apresentado na configuração e programação da bancada demonstrou de forma clara a aplicabilidade da metodologia escolhida para o desenvolvimento do trabalho.

**Palavras-chave:** Programação e gerenciamento SITRAD; refrigeração industrial Multipressão.

## ABSTRACT

SOUZA, William Sagrado. **PROGRAMMING AND MANAGEMENT PROGRAM SITRAD THE BENCH AND INDUSTRIAL REFRIGERATION MULTIPRESSÃO TEACHING**. 2014. Cornélio Procópio. Trabalho de Conclusão de Curso. Tecnologia em Manutenção Industrial. Universidade Tecnológica Federal do Paraná, 2014.

The importance of total control and perfect setting for industrial cold rooms, requiring the operator expertise, electrical and the use of specific programs for management and control equipment. Among the advantages of using these programs is the safety and agility provided in their platforms and databases. The multipressão cooling bench of thermodynamics lab UTFPR-CP was prepared for the implementation of a management system and control of cooling chambers following good refrigeration practices. The management program is used Sitrad, Full Gauge Controls. The program receives data from temperature controllers and pressure linked to thermocouples. Thermocouples are installed at specific points in the refrigerating cycle for a safe and reliable monitoring in accordance with the flowchart, need be adequately insulated to ensure acquisition of data without interference from ambient temperatures which could alter the temperature parameters. The program allows you to set alarms, temperature and pressure, thaw, among other specific functions of its programming as model and features. After checking all electrical parts and possible leaks or pressure loss in the line was performed the configuration of controllers and micro controllers countertop is important to realize the vacuum in every line, then start the load process of placing the R-404a gas as used in the specification of the compressor system, the thermal analysis of the refrigerating cycle is very important to verify the efficiency of the cycle according to the good cooling practices. The result shown in the configuration and programming bench clearly demonstrated the applicability of the methodology chosen for the development of work.

**Keywords:** Programming and SITRAD management; Industrial refrigeration Multipressão.



## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Bancada de refrigeração multipressão .....	25
Figura 2 – Controladores em operação .....	27
Figura 3 – TI-33Ri – Plus (Termômetro digital para três sensores) .....	28
Figura 4 – Controlador Eletrônico TLY29 (Controlador digital microprocessado com três saídas a relé configuráveis e uma saída auxiliar) .....	29
Figura 5 – Controlador Digital de Pressão para Centrais de Refrigeração PCT-1600 PLUS .....	32
Figura 6 – Transmissor FG-WI converter RS-485 .....	33
Figura 7 – Termopar Full Gauge .....	34
Figura 8 – Termopar com fita termo isolante .....	34
Figura 9 – Realização do vácuo .....	35
Figura 10 – Carga sendo realizada .....	37
Figura 11 – Balança de precisão .....	38
Figura 12 – Compressor Aspera T 2168 GK .....	39
Figura 13 – Válvula solenóide .....	40
Figura 14 – Interface do programa Sitrad .....	42
Figura 15 – Alarme virtual do programa Sitrad .....	43

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Fluxograma da bancada de refrigeração e multipressão.....	26
Figura 2 – Mapa de configuração controlador TLY 29 .....	30
Figura 3 – Parâmetros de configuração do controlador TLY 29 .....	31

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Especificações técnicas do fluido R-4004-a .....	24
Tabela 2 – Pontos monitorados da bancada de refrigeração .....	26
Tabela 3 – Especificações técnicas controlador TI-33 Ri .....	28
Tabela 4 – Especificações técnicas controlador TLY 29 .....	30
Tabela 5 – Especificações técnicas controlador PCT 1600.....	32
Tabela 6 – Comparativos de temperaturas dos pontos monitorados .....	41
Tabela 7 – Tabela 7 – Alarmes de temperaturas (°C).....	43
Tabela 8 – Alarmes de pressão em (bar) .....	44
Tabela 9 – Configuração do set point câmara 1.....	45
Tabela 10 – Configuração de entradas câmara 1. ....	46
Tabela 11 – Configuração de controle câmara 1.....	46
Tabela 12 – Configuração de degelo câmara 1.....	47
Tabela 13 – Configuração do ventilador câmara 1.....	48
Tabela 14 – Configuração de proteção do compressor câmara 1.....	48
Tabela 15 – Configuração de alarme câmara 1 .....	49
Tabela 16 – Configuração da entrada digital câmara 1.....	49
Tabela 17 – Configuração da saída auxiliar câmara 1. ....	50
Tabela 18 – Configuração das saídas câmara 1.....	50
Tabela 19 – Configuração do teclado câmara 1.....	51
Tabela 20 – Configuração do relógio câmara 1.....	51
Tabela 21 – Configuração do set point câmara 2.....	52
Tabela 22 – Configuração de entradas câmara 2. ....	52
Tabela 23 – Configuração de controle câmara 2.....	53
Tabela 24 – Configuração de degelo câmara 2.....	53
Tabela 25 – Configuração do ventilador câmara 2.....	54
Tabela 26 – Configuração de proteção do compressor câmara 2.....	54
Tabela 27 – Configuração de alarme câmara 2 .....	55
Tabela 28 – Configuração da entrada digital câmara 2.....	55
Tabela 29 – Configuração da saída auxiliar câmara 2. ....	56
Tabela 30 – Configuração das saídas câmara 2. ....	56
Tabela 31 – Configuração do teclado câmara 2.....	57
Tabela 32 – Configuração do relógio câmara 2.....	57

## LISTA DE SIGLAS DOS CONTROLADORES

<b>CONTROLADOR - TI-33Ri PLUS</b>	
ADD	Endereço na rede RS-485
ALL	Exibe todas as temperaturas de maneira alternada
AUR	Modo do cálculo de médias
COD	Código de acesso
DIF	Modo do cálculo diferencial
ER1	Sensor 1 desconectado ou fora de faixa
ER2	Sensor 2 desconectado ou fora de faixa
ER3	Sensor 3 desconectado ou fora de faixa
FAC	Instrumento voltará a função codificada
IND	Modo de indicação no display
OF – 1	Offset de indicação do sensor 1
OF – 2	Offset de indicação do sensor 2
OF – 3	Offset de indicação do sensor 3
PPP	Parâmetros de configuração ou fora de faixa
SEL	Seleção de set point
S - 1	Sensor 1 ligado ou desligado
S - 2	Sensor 2 ligado ou desligado
S – 3	Sensor 3 ligado ou desligado
T-1	Temperatura no sensor 1
T-2	Temperatura no sensor 2
T-3	Temperatura no sensor 3
UNI	Unidade de indicação °C ou °F
<b>CONTROLADOR - TLY29</b>	
ALD	Tempo de retardo do alarme de temperatura
AL	Alarme ocasionado pelo uso da entrada digital
AP	Alarme de porta aberta
ATY	Tipo de Temperatura
BUF	Função do buzzer interno
CC	Instrumento executando um ciclo contínuo
COFD	Tempo de compressor ligado antes de desgelos
CLO	Relógio interno
COOL	Resfriamento
CLOF	Calibração do relógio
DF	Diferencial de religamento do ventilador
DP	Ponto decimal
DAL	Diferencial de alarme
DALC	Tempo de retardo dos alarmes de temperatura após um ciclo contínuo
DALD	Tempo de retardo para atuação dos alarmes de temperatura e

	desbloqueio do display após degelo
DCT	Início da contagem do intervalo entre degelos
DF1 a DF6	Horários de início do degelo
DEF	Instrumento está executando um ciclo de degelo DLO = LB
DFN	Horários de início de degelo
DID	Tempo de retardo na resposta da entrada digital
DLO	Display bloqueado durante o degelo
DEFE	Duração máxima do degelo
DIN	Parâmetro da entrada digital
DINT	Intervalo entre degelo
DISP	Variável visualizada no display
DTYP	Tipo de degelo
E1 e - E1	Sonda ambiente interrompida / verificar conexão da sonda
E2 e - E2	Sonda do evaporador interrompida / verificar conexão da sonda
EL	Elétrico (por resistência)
EEPR	Erro de memória interna
ETDU	Diferencial de desbloqueio do display ao final de degelo
FAN	Parâmetros do ventilador do evaporador
FBD	Parâmetros função da tecla auxiliar
FD	Tempo de retardo do ventilador após um ciclo de degelo
FCT	Limite inferior da temperatura de desligamento do ventilador
FIL	Filtro digital do sinal de entrada
FOA	Função saída auxiliar
FLT	Limite superior da temperatura de desligamento do ventilador
FCOF	Estado do ventilador com o compressor desligado
FEDF	Estado do ventilador durante o degelo
FUNC	Lógica da saída de controle
HI	Alarme de máxima temperatura
HAL	Alarme de máxima
HEAT	Aquecimento
HSET	Diferencial de controle
IN	A gás (inversão de ciclo)
INP	Entradas
KEY	Configuração do instrumento através da chave KEY - 01
LAL	Alarme de mínima
LO	Alarme de mínima temperatura
LTC	Tempo mínimo de funcionamento do compressor
OD	Tempo de retardo nas saídas de energização do instrumento
OAD	Retardo para alarme de porta aberta
OFF	Não executa nenhuma função
OFF 1	Offset da sonda ambiente
OFF 2	Offset da sonda do evaporador
OUT	Parâmetros de configuração das saídas
OUT 1	Função da saída 1
OUT 2	Função da saída 2
OUT 3	Função da saída 3
PR 1	Temperatura ambiente
PR 2	Presença de sonda do evaporador

PAL	Tempo do retardo de alarme na energização do instrumento
PAN	Parâmetros de configuração do teclado
PASS	Senha de acesso a configuração
PRC	Parâmetros de proteção do compressor
PSC	Tipo de proteção do compressor
PTC	Tempo de proteção do compressor
PDEF	Instrumento em pós-degelo DLO = LB
REG	Parâmetros do controle
SP	Set point
SENS	Tipo de sonda
SDFE	Degelo na energização
SP1 / SP2	Valores do set point de processo
SPAT	Set point ativo
SPLL	Limite inferior do set point
SPHL	Limite superior do set point
STCL	Configuração da hora atual
TAL	Alarme com memória
TCC	Tempo de duração de ciclo contínuo
TDCO	Retardo do compressor após um degelo
TEDF	Temperatura para fim de degelo
TOFE	Tempo de compressor desligado em condições de falha da sonda do ambiente
TONE	Tempo de compressor de ligado em condições de falha da sonda do ambiente
TSDF	Temperatura de habilitação da função de degelo
TUA	Tempo de saída auxiliar ativada
USRB	Parâmetro de da função "U"
UNIT	Unidade de medida de temperatura
<b>CONTROLADOR - PCT 1600 PLUS</b>	
F01	Histresse do pressostato de sucção 1
F02	Mínimo set point do pressostato de sucção 1
F03	Máximo set point do pressostato de sucção 1
F04	Alarme de pressão baixa do pressostato de sucção 1
F05	Alarme de pressão alta do presostato de sucção 1
F06	Modo de operação do presostato de sucção 1
F07	Quantidade de compressores de sucção 1
F08	Limite de horas para disparar alarme de manutenção do pressostato de sucção 1
F09	Alarme de temperatura baixa do pressostato de sucção 1
F10	Histresse para desativar o alarme de temperatura baixa do pressostato de sucção 1
F11	Modo das saídas do pressostato de sucção 1 ao ocorrer erro no sensor 1
F12	Histresse do pressostato de sucção 2
F13	Mínimo set point do pressostato de sucção 2

F14	Máximo set point do pressostato de sucção 2
F15	Alarme de pressão baixa do pressostato de sucção 2
F16	Alarme de pressão alta do pressostato de sucção 2
F17	Modo de operação do pressostato de sucção 2
F18	Quantidade de compressores de sucção 2
F19	Limite de horas para disparar alarme de manutenção do pressostato de sucção 2
F20	Alarme de temperatura baixa do pressostato de sucção 2
F21	Histresse para desativar o alarme de temperatura baixa do pressostato de sucção 2
F22	Modo das saídas do pressostato de sucção 1 ao ocorrer erro no sensor 2
F23	Histresse do pressostato de descarga
F24	Mínimo set point do pressostato de descarga
F25	Máximo set point do pressostato de descarga
F26	Alarme de pressão baixa do pressostato de descarga
F27	Alarme de pressão alta do pressostato de descarga
F28	Modo de operação do pressostato de descarga
F29	Quantidade de ventiladores de descarga
F30	Limite de horas para disparar alarme de manutenção do pressostato de descarga
F31	Alarme da temperatura alta do pressostato de descarga
F32	Histresse para desativar o alarme de temperatura alta do pressostato de descarga
F33	Modo das saídas do pressostato de descarga ao ocorrer erro no sensor 3
F34	Tempo de retardo na energização do Instrumento
F35	Tempo mínimo entre acionamento de 2 estágios de sucção diferentes
F36	Tempo mínimo entre desacionamento de 2 estágios de sucção diferentes
F37	Tempo mínimo de estágio de sucção acionado
F38	Tempo mínimo de estágios de sucção de desacionamento
F39	Modo da entrada digital 1
F40	Modo da entrada digital 2
F41	Modo da entrada digital 3
F42	Modo da entrada digital 4
F43	Modo da entrada digital 5
F44	Modo da entrada digital 6
F45	Modo da saída do alarme
F46	Ativar a saída de alarme ao ocorrerem erros no controlador
F47	Tempo de ciclagem da saída de alarme
F48	Tempo de retardo para ativação dos alarmes
F49	Modo do rearme em caso de erros/alarme
F50	Período de tempo para rearmes automáticos
F51	Indicação preferencial no display
F52	Offset do sensor de pressão 1

F53	Offset do sensor de pressão 2
F54	Offset do sensor de pressão 3
F55	Offset de temperatura 1
F56	Offset de temperatura 2
F57	Offset de temperatura 3
F58	Endereço do equipamento na rede RS-485 (comunicação serial)
AUT	Sempre rearmes automáticos
CAP	Modo capacidades
LIN	Modo linear
TMR	Modo rodízio por tempo
P1	Pressão de sucção 1
P2	Pressão de sucção 2
P3	Pressão de descarga
T1	Temperatura de sucção 1
T2	Temperatura de sucção 2
T3	Temperatura de descarga
PSI	Unidade de pressão psi
BAR	Unidade de pressão bar
CE1	Capacidade total do pressostato de sucção 1 diferente de 100%
CE2	Capacidade total do pressostato de sucção 2 diferente de 100%
CE3	Capacidade total do pressostato de descarga diferente de 100%
COD	Código de acesso (231)
EP1	Erro no sensor de pressão 1 (sucção 1)
EP2	Erro no sensor de pressão 2 (sucção 2)
EP3	Erro no sensor de pressão 3 (descarga)
ET1	Erro no sensor de temperatura 1 (sucção 1)
ET2	Erro no sensor de temperatura 2 (sucção 2)
ET13	Erro no sensor de temperatura 3 (descarga)
P1L	Alarme de pressão baixa no estágio de sucção 1
P1H	Alarme de pressão alta no estágio de sucção 1
P1T	Alarme de temperatura baixa no estágio de sucção 1
P1D	Alarme externo (entrada digital) no estágio de sucção 1
P2L	Alarme de pressão baixa no estágio de sucção 2
P2H	Alarme de pressão alta no estágio de sucção 2
P2T	Alarme de temperatura baixa no estágio de sucção 2
P2D	Alarme externo (entrada digital) no estágio de sucção 2
P3L	Alarme de pressão baixa no estágio de descarga
P3H	Alarme de pressão alta no estágio de descarga
P3T	Alarme de temperatura baixa no estágio de descarga
P3D	Alarme externo (entrada digital) no estágio de descarga
PPP	Parâmetros de configuração desprogramados ou fora da faixa
RE1	Pressostato de sucção 1 travado (aguardando rearme manual)
RE2	Pressostato de sucção 2 travado (aguardando rearme manual)
RE3	Pressostato de descarga travado (aguardando rearme manual)
N01 a N16	Alarme de manutenção de saídas
SPC	Recebimento de comando via comunicação serial



## LISTA DE ABREVIATURAS

P	Pressão
T <sub>c</sub>	Temperatura de Condensação
T <sub>o</sub>	Temperatura de Evaporação
$\Delta T_1$	Grau de Superaquecimento
$\Delta T_2$	Grau de Sub-resfriamento

# SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO.....	19
1.1 INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO DO TRABALHO .....	19
1.2 JUSTIFICATIVA.....	19
1.3 OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO.....	21
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA .....	21
2.1 O CICLO DE REFRIGERAÇÃO .....	22
2.2 O CICLO FRIGORÍFICO .....	23
2.3 IMPORTÂNCIA DO EFEITO DE SUB RESFRIAMENTO .....	23
2.4 CARACTERÍSTICAS E PROPRIEDADES DO R404A .....	24
3 MATERIAIS E MÉTODOS.....	25
3.1 A BANCADA FRIGORÍFICA (R404A).....	25
3.2 VÁCUO E CARGA DE REFRIGERANTE (R404A).....	35
3.2.1 Procedimento para realizar o Vácuo.....	36
3.2.2 Procedimento para realizar a Carga .....	37
3.2.3 Sistema de Aquisição.....	41
4 RESULTADOS .....	45
4.1 RESULTADOS OBTIDOS CÂMARA 1 E CÂMARA 2.....	45
4.1.1 Mapa de configuração da Câmara 1.....	45
4.1.2 Mapa de configuração da Câmara 2.....	52
5 CONCLUSÃO .....	58
REFERÊNCIAS .....	59

# 1 INTRODUÇÃO

## 1.1 INTRODUÇÃO E MOTIVAÇÃO DO TRABALHO

Os sistemas de refrigeração estão cada vez mais presentes nas empresas, indústrias e residências. Ao longo dos anos, novas tecnologias vem aprimorando seus processos de refrigeração constantemente buscando cada vez mais diminuir impactos ambientais em seus processos. Os fluídos refrigerantes tornaram-se menos poluentes e perigosos e, as instalações, agora possuem diversas configurações e funções. Na indústria de alimentos, os sistemas frigoríficos visam fornecer as temperaturas necessárias ao processamento e estocagem dos produtos.

Cerca de 25% da produção de alimentos perecíveis no mundo é refrigerada (GEORGE, 1993), existindo ainda uma vasta estrutura para produção, transporte e estocagem desses alimentos.

O congelamento dos alimentos é considerado uma técnica excelente para conservação de suas qualidades. De uma maneira geral, o congelamento preserva o sabor, a textura e o valor nutricional dos alimentos melhor do que qualquer outro método de conservação e, em função disso, quantidades cada vez maiores de alimentos tem sido congeladas no mundo (GEORGE, 1993).

O crescimento contínuo desses avanços tecnológico, a busca por melhorias faz parte do cotidiano das empresas. É extremamente importante que as empresas tenham controle total sobre o seus processos, para alcançarem melhores resultados satisfatórios. No caso de instalações de refrigeração, esse controle é feito por meio de programas de gerenciamento e monitoramento.

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Neste trabalho foi utilizado o programa Sitrad, em conjunto com controladores de pressão e temperatura, da *Coel e Full Gauge Controls*. Com o

monitoramento constante da bancada de refrigeração, é possível verificar a eficiência do ciclo de refrigeração da bancada de refrigeração.

Com o programa Sitrad em operação, também será possível:

Armazenar dados como de temperatura e pressão, alterar parâmetros de operação dos instrumentos, de forma segura e precisa, via internet;

Programar intervalos de operação entre ciclos;

Relatórios e gráficos através do banco de dados do programa;

Programar alarmes de pressão e temperatura

Permitir que o usuário receba mensagens via “sms” a distância

Programar degelo com intervalos de tempo

A refrigeração industrial, comercial e residencial vem se destacando significativamente, pois a sociedade moderna não seria a mesma sem esses benefícios que a refrigeração proporciona, tais como, resfriamento e conservação de alimentos, climatização de ambientes industriais e residenciais.

No trabalho proposto será realizada a configuração e programação de dados importantes para instalações frigoríficas, tais como, temperatura, pressão e alarmes através do programa “Sitrad”. Este programa coleta os dados de aquisição dos termopares alocados em pontos específicos conectados em seus respectivos controladores para que haja um monitoramento preciso e confiável de forma a garantir seu total isolamento por meio de fita adesiva em alumínio evitando interferência de temperaturas externas do meio. Após a instalação e revisão de todo circuito elétrico, será realizada a configuração dos micro controladores que serão utilizados nas respectivas câmaras e, em seguida, serão realizados testes para verificar a funcionalidade do sistema, bem como alarmes, temperaturas, degelo, pressão de alta, média e baixa garantindo o funcionamento ideal das câmaras de refrigeração.

Uma análise de vazamento em todo sistema é fundamental para verificar se há perda de do gás refrigerante no sistema de forma a garantir um bom funcionamento sem perdas de rendimento e eficiência.

Além dos benefícios e melhorias na programação e configuração da bancada de refrigeração o operador poderá monitorar todo ciclo a distância através de mensagens via “SMS” que o próprio programa envia ao usuário em caso de alguma anormalidade do sistema pré programado.

### 1.3 OBJETIVOS DO PRESENTE TRABALHO

O presente trabalho está preocupado em programar e configurar o programa “Sitrad”, micro controladores, além de implantar todos os componentes tais como; monitor de LCD, controladores via wi-fi permitindo o monitoramento presencial e a distância na bancada didática de refrigeração instalada no Laboratório de Refrigeração (Sala I005), da Universidade Tecnológica Federal do Paraná, com as seguintes propostas:

Instalar os controladores de pressão e temperatura além de monitorar os pontos através do programa Sitrad;

Analisar os pontos críticos, auxiliando na verificação das boas práticas de refrigeração seguindo o fluxograma determinado;

Programar os set point; das câmaras 1 e 2

Programar os alarmes de pressão e temperatura das câmaras 1 e 2;

Com isso tornou-se possível as aulas de práticas de refrigeração facilitando o aprendizado.

Toda essa programação ideal encontrada para o funcionamento ideal da bancada permite que caso ocorra alterações por falhas ou intencional o operar seguindo as configurações e programações relatadas neste trabalho reestabelecerá todo o sistema de forma segura e funcional.

## 2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste trabalho a pesquisa bibliográfica concentrou-se em programar e monitorar os principais pontos da bancada de refrigeração de forma precisa conforme projeto e boas práticas de refrigeração, conforme sistemas frigoríficos dinâmicos e o congelamento de alimentos. O comportamento dos sistemas frigoríficos industriais, é fundamental para entender-se as possibilidades de melhorias de desempenho do sistema seja durante o projeto, seja na otimização ou adaptação das instalações existentes.

COSTA (1982), é importante conhecer cada processo existente no ciclo de refrigeração, quer individualmente quer globalmente no sistema, pois qualquer mudança de estado num destes processos por parte do fluido refrigerante, tem como consequência uma mudança nos outros processos, uma vez que, todos precisam trabalhar eficientemente e sucessivamente, para que a eficiência do ciclo seja o mais favorável possível.

STOECKER (1994) apresenta de maneira muito clara os conceitos e configurações das instalações frigoríficas industriais e características de seu dimensionamento (principalmente para resfriadores e condensadores). Apresenta ainda análise do funcionamento das instalações em função de variações nas condições de operação.

FIORELLI (1995) analisou o efeito dos parâmetros de projeto e operação do ciclo frigorífico em regime permanente para sistemas com tubo capilar e expansão a seco. Dessa forma as grandes variações dos “set points” de operação das instalações industriais pode oferecer uma melhor resposta de variações da carga térmica devida a operação em condições mais favoráveis.

Paralelamente tem sido feitos esforços crescentes no sentido de melhorar a eficiência dos equipamentos do ciclo frigorífico como compressores, trocadores de calor, válvulas de expansão, controladores, o que contribui para maior flexibilidade de operação e configuração das instalações industriais.

## 2.1 O CICLO DE REFRIGERAÇÃO

O ciclo de refrigeração é uma transferência contínua de energia térmica de uma região de baixa temperatura para uma de temperatura mais elevada, a custa de fornecimento de trabalho.

Neste ciclo o trabalho fornecido ao compressor é utilizado para elevar a pressão e temperatura do vapor de fluido refrigerante que chega ao compressor, Esse vapor elevado a alta pressão e alta temperatura vai para o condensador onde rejeita calor para o meio, condensando o fluido refrigerante. O líquido condensando segue em direção a um dispositivo de expansão onde o fluido passa do estado

líquido a uma alta pressão para uma mistura líquido-vapor a baixa pressão e baixa temperatura. O fluido refrigerante retira calor do ambiente ou do sistema a ser refrigerado, utilizando esse calor para vaporizar, seguindo em direção ao compressor, onde completa o ciclo.

### 2.1.1 O Ciclo Frigorífico

Um sistema frigorífico visa fornecer as temperaturas necessárias ao processamento e estocagem dos produtos. As definições de temperatura e pressões ideais de operação do ciclo é feita pelo conhecimento das características do produto, do processo, componentes e também do ciclo frigorífico, essa escolha é fortemente influenciada pelos custos de operação e implantação.

O ciclo frigorífico ocorre quando um fluido frigorífico circula através de um sistema fechado e que passa por diversas transformações de estado, através dos seus equipamentos característicos. Esse fluido, ao passar por estes equipamentos importantíssimos num sistema de refrigeração, adquire diferentes estados termodinâmicos, embora regresse sempre ao seu estado inicial, por isso, é que se chama “ciclo”. O ciclo de refrigeração é composto por quatro processos essenciais, compressão, condensação, expansão e evaporação.

### 2.1.2 Importância do Efeito de Sub Resfriamento

O efeito de sub resfriamento, trata-se da diminuição de temperatura do fluido frigorífico, após o processo de condensação, o fluido frigorífico no estado líquido saturado é arrefecido abaixo da temperatura de saturação, pelo que “força” este a mudar de fase por completo.

### 2.1.3 Características e Propriedades do R404A

O fluido refrigerante R404A é um fluido composto por 52% de Tri fluoretano (R143a), por 44% de Penta fluoretano (R125) e por 4% do Tetra fluoretano (R134a). O R404A é bastante utilizado em equipamentos de transporte refrigerante e também na Refrigeração Comercial para médias e baixas temperaturas. Apesar de apresentar custos mais elevados de produção, é um fluido benéfico para os compressores, devido à temperatura de descarga ser mais baixa e por se tratar de um fluido não inflamável. Contudo, convém referir que desde 2011 a Europa tem vindo a restringir a sua aplicação nas instalações de Ar Condicionado Automotivo. É possível visualizar algumas características do R404A conforme Tab. 1.

**Tabela 1 – Especificações técnicas do fluido R-4004-a**

Fluído:	R404 A
Nome:	Hidrofluorcarboneto
Fórmula Química:	$\text{CH}_3\text{CF}_3$ (52%) + $\text{CHF}_2\text{CF}_3$ (44%) + $\text{CH}_2\text{FCF}_3$ (4%)
Densidade ( $\text{kg/m}^3$ ):	484
Ponto de Ebulição a 1 atmosfera ( $^{\circ}\text{C}$ ):	-46,4
Ponto de Fusão ( $^{\circ}\text{C}$ ):	-175,4
Tóxico:	Não
Inflamável:	Não
ODP (Potencial de Destruição do Ozônio):	0
GWP (Potencial de Aquecimento Global):	3278
Aplicação:	Refrigeração Comercial e Transportes Refrigerantes

Fonte – TECUNSEH DO BRASIL.



### 3 MATERIAIS E MÉTODOS

#### 3.1 A Bancada Frigorífica (R404A)

Na bancada de refrigeração é utilizado 2 compressores, e 2 evaporadores ligados em série a um condensador com arrefecimento a ar ligado a válvula de expansão termostática com equalização externa.

O projeto a bancada de refrigeração e multipressão foi adequada para a utilização dos controlares, interligados ao programa Sitrad, da Full Gauge Controls com sistema “*Wi-fi*” permitindo monitoramento a distância.

A visualização dos dados obtidos pelos termopares, são enviados a um computador que opera com o programa SITRAD. Isso proporciona ao usuário maior facilidade ao utilizar o programa de gerenciamento.

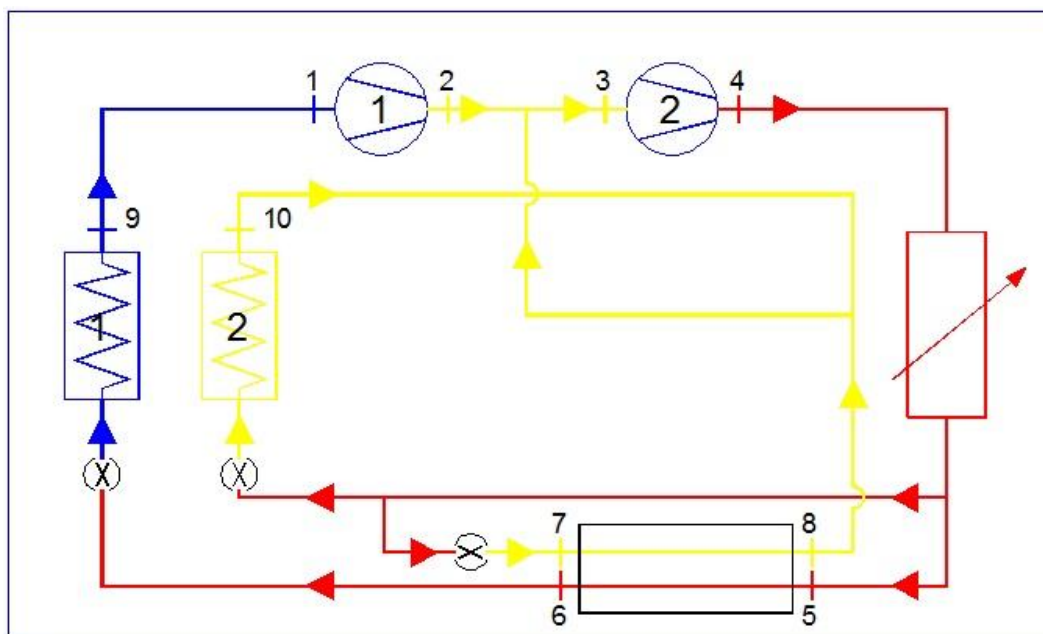
Operando com três linhas de pressão, atende a duas câmaras de refrigeração, conforme Fig. 1.



**Figura 1 – Bancada de refrigeração e multipressão**  
**Fonte: Autoria própria.**

A câmara 1 está programada para uma temperatura de regime de trabalho de  $-30^{\circ}\text{C}$  e a câmara 2 programada para um regime de trabalho  $-5^{\circ}\text{C}$ .

O fluxograma da bancada de refrigeração foi projetado de acordo com os pontos de monitoramento mostrado no Quadro 1.



**Quadro 1: Fluxograma da bancada de refrigeração e multipressão.**

Fonte: Autoria própria.

Na Tab. 2, estão representados os pontos monitorados de acordo com o fluxograma.

**Tabela 2 – Pontos monitorados da bancada de refrigeração**

Ponto 1:	Entrada do compressor 1
Ponto 2:	Saída do compressor 1
Ponto 3:	Entrada do compressor 2
Ponto 4:	Saída do compressor 2
Ponto 5:	Entrada Sub. Resfriamento
Ponto 6:	Saída Sub. Resfriamento
Ponto 7:	Entrada Evaporador 3
Ponto 8:	Saída Evaporador 3
Ponto 9:	Saída Evaporador 1
Ponto 10:	Saída Evaporador 2

Fonte – Autoria própria.

A Fig. 2 mostra os 10 pontos controlados em operação.



Figura 2 – Controladores em operação

Fonte: Autoria própria.

O controlador TI-33Ri plus, na Fig. 3, é um indicador de temperatura com comunicação serial podendo operar com até três sensores. Cada entrada de sensor pode ser configurada individualmente através do menu de funções avançadas, neste o usuário pode ativar ou desativar a utilização de cada sensor e ajustar o offset de calibração dos mesmos, muito utilizado em equipamentos frigoríficos, máquinas operatrizes, estufas, fornos, automotores, salas climatizadas, indústrias alimentícia, química e farmacêutica.



**Figura 3 – TI-33Ri – Plus (Termômetro digital para três sensores)**

**Fonte: Autoria própria.**

A Tab. 3 apresenta dados técnicos importantes do controlador TI 33 Ri

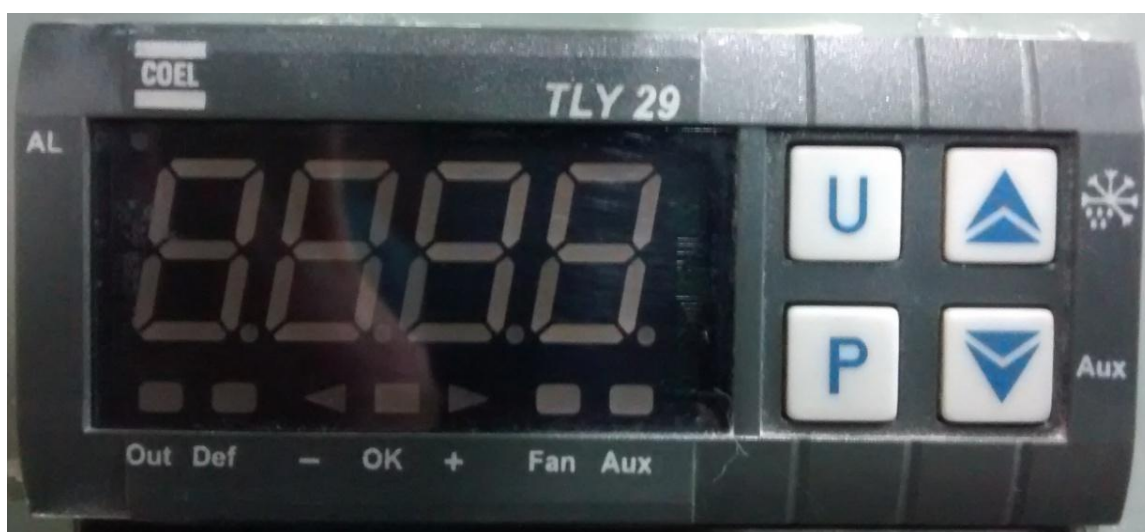
**Tabela 3 – Especificações técnicas controlador TI-33 Ri**

Alimentação:	115v ou 230V
Potência:	50/60 Hz
Temperatura de Controle:	-50 a 105°C / -58 a 221°F
Dimensões:	71 x 28 x 71 mm
Sensor Termistor:	NTC
Temperatura de operação:	0 a 50°C / 32 a 122°C
Umidade de operação:	10 a 90% UR (sem condensação)

**Fonte – Full Gauge.**

O modelo TLY29 é um controlador eletrônico digital microprocessado desenvolvido para aplicações em refrigeração com controle de temperatura e degelo. A temperatura do processo é visualizada em 1 display de 4 dígitos vermelhos e o estado das saídas indicado por led's próximos ao display. O instrumento possui até 3 saídas a relé configuráveis: para o compressor (OUT), degelo (DEF), ventilador (FAN), saída auxiliar (AUX) e alarme. Pode ser equipado com um buzzer para sinalização de alarme sonoro.

O TLY29 dispõe ainda de 2 entradas para sondas NTC ou PTC, uma para controle da temperatura do evaporador; uma entrada digital que pode ser configurada para executar algumas funções como: seleção de set point, ativação e desativação do instrumento (stand-by). O instrumento também possui proteção dos parâmetros de configuração por senha, configuração via dispositivo KEY-01 (Copy Key) e pode também ser equipado com relógio de tempo real para degelo. Apresentação do controlador conforme Fig. 4



**Figura 4 – Controlador Eletrônico TLY29 (Controlador digital microprocessado com três saídas a relé configuráveis e uma saída auxiliar)**

**Fonte: Autoria própria.**



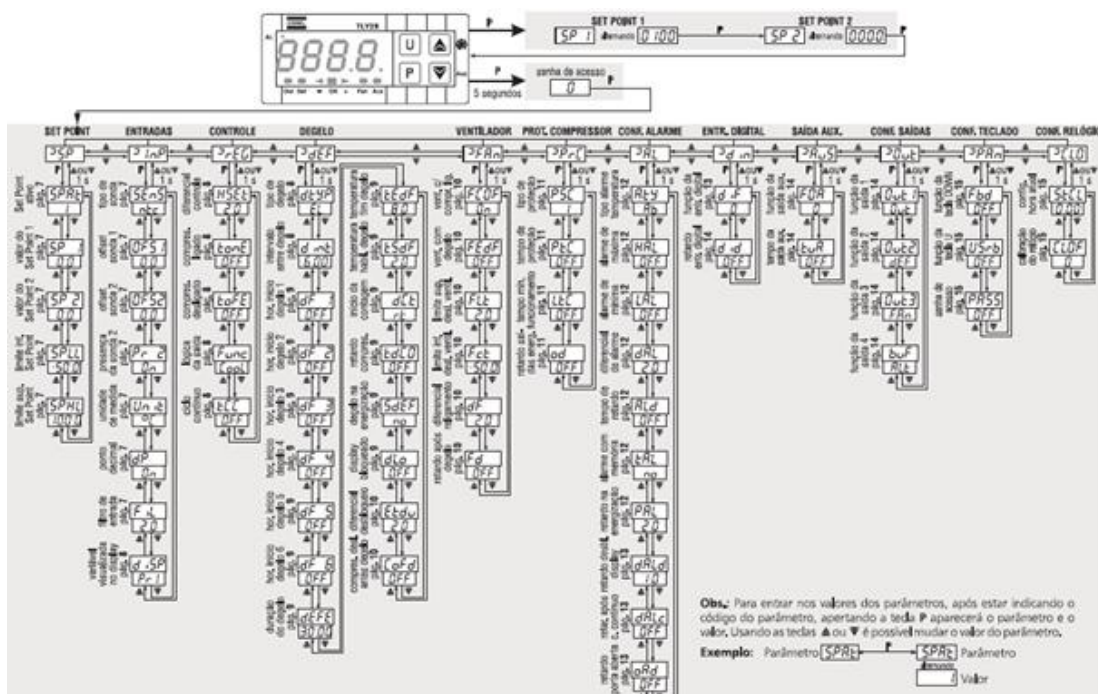
A Tab. 4 apresenta dados técnicos importantes do controlador TLY 29.

**Tabela 4 – Especificações técnicas controlador TLY 29**

Alimentação:	12, 24, 100 a 240 Vca
Frequência:	48 a 63 Hz
Temperatura de funcionamento:	0 a 50°C
Dimensões:	33 x 75 x 64 mm
Reserva de marcha:	4 horas
Consumo:	3 VA aproximadamente
Umidade de operação:	30 a 95% UR (sem condensação)
Precisão da leitura:	± 0,5 do fundo de escala %

Fonte – Coel.

Mapa de configuração do fabricante representado conforme Quadro 2.



**Quadro 2: Mapa de configuração controlador TLY 29**

Fonte: Full Gauge controls.

Configurações da tabela de parâmetros do fabricante conforme Quadro 3.

Fun	Descrição	CELSIUS				FAHRENHEIT			
		Mín	Máx	Unid	Padrão	Min	Máx	Unid	Padrão
<i>Cod</i>	Código de Acesso	-99	999	-	0	-99	999	-	0
<i>S-1</i>	Sensor 1 ligado ou desligado	0-deslig.	1-lig.	-	1-lig.	0-deslig.	1-lig.	-	1-lig.
<i>S-2</i>	Sensor 2 ligado ou desligado	0-deslig.	1-lig.	-	0-deslig.	0-deslig.	1-lig.	-	0-deslig.
<i>S-3</i>	Sensor 3 ligado ou desligado	0-deslig.	1-lig.	-	0-deslig.	0-deslig.	1-lig.	-	0-deslig.
<i>OF1</i>	Offset de indicação do sensor 1	-5.0	5.0	°C	0.0	-9	9	°F	0
<i>OF2</i>	Offset de indicação do sensor 2	-5.0	5.0	°C	0.0	-9	9	°F	0
<i>OF3</i>	Offset de indicação do sensor 3	-5.0	5.0	°C	0.0	-9	9	°F	0
<i>Ind</i>	Modo de indicação no display	0	5	-	0	0	5	-	0
<i>dIF</i>	Modo do cálculo diferencial	0	3	-	0	0	3	-	0
<i>AUc</i>	Modo do cálculo de médias	0	4	-	0	0	4	-	0
<i>Addr</i>	Endereço na rede RS-485	1	247	-	1	1	247	-	1

**Quadro 3: Parâmetros de configuração do controlador TLY 29**

Fonte: Full Gauge controls.

O PCT-1600 plus é um controlador de pressão para ser utilizado em centrais de refrigeração que necessitem de controle nos seus estágios de sucção e descarga. Conta com 3 sensores de pressão e 3 de temperatura, que podem ser utilizados para a configuração de alarmes internos e externos. Possui sistema de setpoint mínimo e máximo para evitar que, por engano, regulem-se pressões exageradamente baixas ou altas. Ajuste para aviso de manutenção baseado no número de horas de operação e outras funções que serão estudadas e aplicadas ao longo do trabalho. Conforme Fig. 5.



**Figura 5 – Controlador Digital de Pressão para Centrais de Refrigeração PCT-1600 PLUS**

**Fonte: Autoria própria.**

A Tab. 5 apresenta dados técnicos importantes do controlador PCT 1600.

**Tabela 5 – Especificações técnicas controlador PCT 1600**

Alimentação:	80 a 260 Vca
Frequência:	50 a 60 Hz
Temperatura de funcionamento:	0 a 50°C
Dimensões:	160 x 77 x 90 mm
Resolução de pressão:	1 psi / 0.1 bar
Corrente máxima por saída:	5(3)A /250Vca 1/8HP
Umidade de operação:	10 a 90% UR (sem condensação)

**Fonte – Full Gauge.**

O controle da pressão na sucção dos compressores é de suma importância para o bom funcionamento do ciclo pois, segundo Razuk (2011), se o sistema de refrigeração operar com pressão de sucção inferior, resultarão em danos da seguinte ordem:

Redução da capacidade do compressor;



Ineficiência do sistema com aumento do consumo de energia para a mesma quantidade de calor a retirar;

Mais desgaste mecânico no compressor;

Aumento do superaquecimento na sucção.

O FG-Wi Converter é um transmissor (ou receptor) que tem a finalidade de converter dados do padrão RS-485 para radio frequência (RF) e vice-versa, de modo que os controladores da linha possam se comunicar com o Sitrad sem a necessidade de fios (wireless). Com ele, as instalações que se conectam ao Sitrad via par de fios (RS-485) podem passar a realizar esta comunicação wireless. Conforme Fig. 6.



**Figura 6 – Transmissor FG-Wi converter RS-485**

**Fonte: Autoria própria.**

Conforme as câmaras atingem as temperaturas de regime programadas (-30°C e -5°C), os compressores são desligados e voltam a operar quando ocorrer um retardo de variação de temperatura de  $\pm 3.1^{\circ}\text{C}$ . O *retardo de operação dos compressores* é configurado no próprio controlador *TL Y29*.

Estes dados são captados através de termopares capazes de operar em temperaturas entre -50 e 150°C, conforme Fig. 7.



**Figura 7 – Termopar Full Gauge**

**Fonte: A autoria própria**

O termopar é instalado conforme as indicações do fabricante, sempre em direção contrária ao fluxo de refrigerante. O isolamento é realizado por meio de fita isotérmica, para que obter maior precisão na leitura, para que não ocorra alterações térmicas do ambiente, conforme Fig. 8.



**Figura 8 – Termopar com fita termo isolante**

**Fonte: Autoria própria.**

### 3.2 VÁCUO E CARGA DE REFRIGERANTE (R404A)

Conforme a bancada é solicitada, poderá sofrer algum tipo de vazamento, seja por falha dos equipamentos ou por má operação. Em ambos os casos citados pode ocorrer perda de volume refrigerante no circuito diminuindo o rendimento do sistema. Uma ação necessária é repor o fluido refrigerante no circuito de forma precisa, seguindo as especificações de projeto e os procedimentos de vácuo e carga.

A realização de carga consiste na pesagem da carga de refrigerante a ser introduzida no sistema. Podendo ser feito quando o sistema requerer carga completa e a quantidade de carga necessária.

A realização do vácuo no sistema garante que não tenhamos circulando gases não condensáveis, tais como o ar atmosférico. Caso tenhamos no sistema algum problema dessa magnitude, o visor nos mostrará que devemos realizar ações corretivas no sistema.

Toda umidade deve ser removida do sistema por meio de bomba de vácuo, da mesma forma com os gases não condensáveis. Apenas uma bomba de vácuo é

capaz de efetuar uma desidratação. É impossível efetuar a desidratação do sistema com o compressor, pois este não consegue atingir níveis de vácuo capazes de efetuar a evaporação de toda a umidade interna do sistema (RAZUK, 2011).

### 3.2.1 Procedimento para realizar o Vácuo

Com auxílio de manifold e bomba de vácuo seguiu as seguintes etapas:

- Engatar a mangueira amarela na bomba
- Abrir o registro azul do manifold
- Esperar a pressão de aproximar de -1(zero absoluto)
- Fechar o registro azul e desligar a bomba.

O procedimento de realização do vácuo conforme Fig. 9.



**Figura 9 – Realização do vácuo**

**Fonte: Autoria própria.**

### 3.2.2 Procedimento para realizar a Carga

Com o auxílio de balança digital, fluido R404A e manifold segue-se os seguintes passos:

- Engatar a mangueira amarela no botijão, que deve estar virado para baixo, conforme ilustrado na figura
- Zerar a balança
- Abrir o registro azul vagarosamente até atingir 950g de refrigerante. A quantidade de refrigerante no ciclo depende das condições de projeto.
- A carga foi realizada com o compressor ligado

Na Fig. 10. Observa-se o processo de carga.

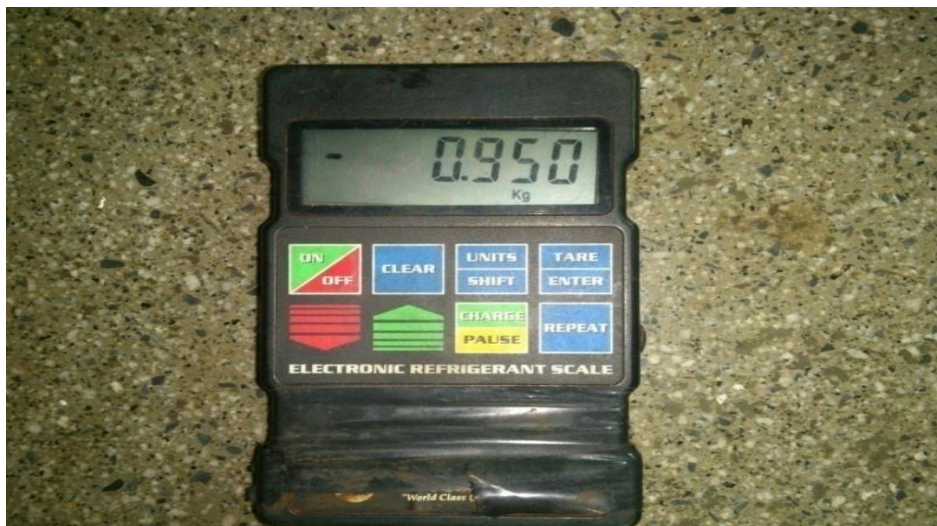


**Figura 10 – Carga sendo realizada**

**Fonte: Autoria própria.**



A quantidade de gás que entra no sistema é controlada através da balança de precisão mostrada na Figura . 11.



**Figura 11 – Balança de precisão**

**Fonte: Autoria própria**

Após a realização do vácuo e configuração do programa Sitrad e iniciado o primeiro ciclo de atividades da bancada, observou-se que poderia estar ocorrendo um problema elétrico em função do não acionamento da solenóide 3, prejudicando as condições de operação de projeto.. O sistema estava demorando a atingir as temperaturas de congelamento nas câmaras um e dois.

O problema foi solucionado após verificadas as possíveis causas:

- Causa 1 - Problemas elétricos
- Causa 2 - Compressor em curto-circuito
- Causa 3 – Solenóide travada
- Causa 4 - Carga de fluido refrigerante baixa, pode acontecer ao longo do tempo, devido à algum vazamento ou prática que tenha sido realizada no sistema.
- Causa 5 - Válvulas de expansão não calibradas: as válvulas vêm calibradas de fábrica e, por isso, não é recomendado alterar sua configuração inicial. Porém, seu ajuste pode ter sido realizado de forma incorreta por algum usuário.

- Causa 6 - Filtro: Está localizado logo após o condensador, com a depreciação temporal, o filtro pode perder sua capacidade filtrante e até mesmo bloquear parte da vazão de refrigerante.

O primeiro passo a ser realizado foi a verificação de toda instalação elétrica para certificar-se que não havia qualquer tipo de anormalidade no sistema.

Verificou-se ainda que o compressor estava operando nas condições elétricas normais de acordo com indicação do fabricante. Conforme Fig.12.



**Figura 12 – Compressor Aspera T 2168GK**

**Fonte: Autoria própria**

Nova carga de 950g de R404A no circuito. Para essa atividade, foram aplicados os procedimentos para vácuo e carga descritos anteriormente. Mesmo realizando estas duas etapas, o ciclo continuava a operar com grande lentidão. E, então, partiu-se para o próximo item da lista de possíveis causas: troca do filtro.

Verificando a válvula solenoide constatou-se que a mesma entrava em regime de trabalho hora não, optou-se na substituição da mesma para que eliminar qualquer tipo de dúvida do funcionamento do sistema conforme Fig. 13.



**Figura 13– Válvula solenóide**

**Fonte: Aatoria própria**

O refrigerante foi totalmente retirado do ciclo novamente, com uma bomba, no processo de vácuo. O filtro foi retirado e um novo foi introduzido, soldado e devidamente verificado quanto à presença de vazamento. E a nova carga foi realizada.

Com os procedimentos realizados na bancada, o ciclo voltou a operar em boas condições. Os benefícios foram constatados rapidamente em função do tempo para atingir a condição de regime esperada.

A Tab. 6, mostra através de uma comparação, o efeito das melhorias em relação à temperatura atingida em cada ponto da bancada de refrigeração, quando o ciclo encontra-se em regime de temperaturas da câmara 1 (-30°C) e câmara 2 (-5°C).



**Tabela 6 – Comparativos de temperaturas dos pontos monitorados**

<b>Pontos monitorados</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Entr. Comp. 1	15 °	-18.8 °
Saída Comp. 1	52 °	52.7 °
Entr. Comp. 2	35 °	35,8 °
Saída Comp. 2	90 °	76.9 °
Entr. Sub. Resfr	40 °	31.1 °
Saída Sub. Resfr	40 °	30.3 °
Saída Evap. 1	-17 °	-25 °
Saída Evap. 2	-0.5 °	-7.3 °
Entr. Evap. 3	-0.5°	-38 °
Saída Evap. 3	-0.5 °	-38 °

**Fonte: Aatoria própria.**

### 3.2.3 Sistema de Aquisição

Os termopares foram posicionados nos pontos considerados fundamentais para o ciclo de refrigeração. Cada termopar foi ligado ao **TI-33Ri plus** e ao **PCT-1600 plus** da Full Gauge, que transferem os dados por meio do FG-Wi para o programa de aquisição de dados SITRAD, todos os controladores estão ligados em série.

Este programa realiza a leitura dos dados a cada 0,5 ou 0,25 segundos, dependendo da velocidade que o usuário necessite podendo ser configurado com velocidades diferentes.

A interface do programa Sitrad é mostrada na Fig. 14.

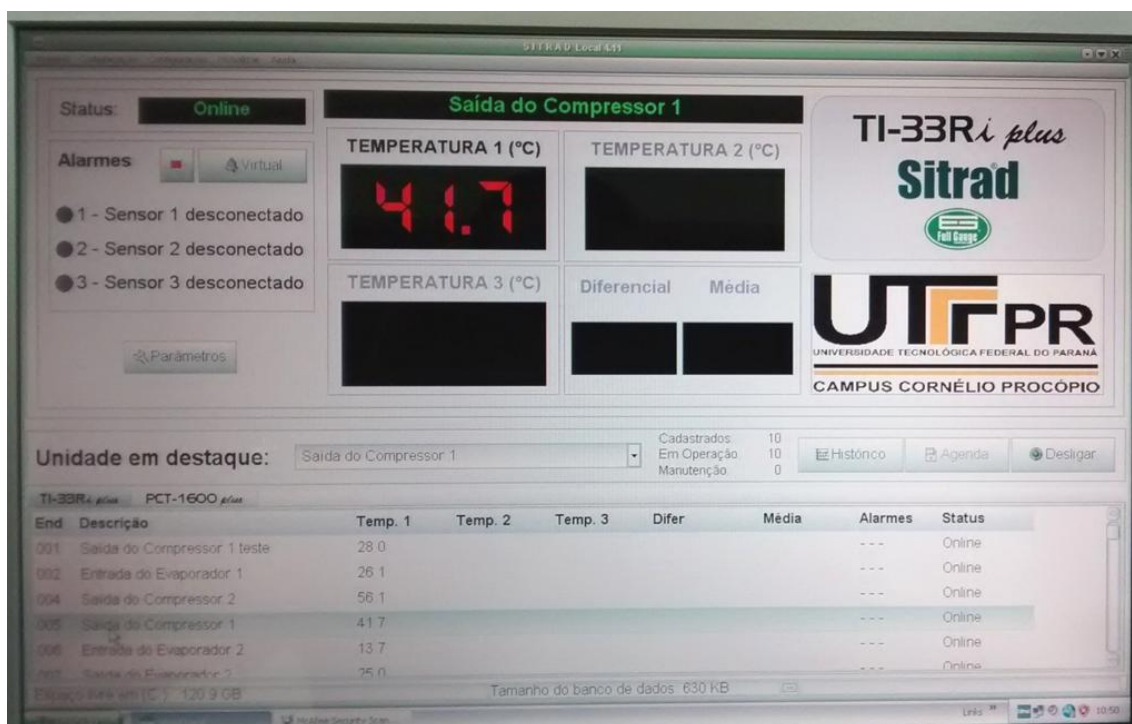


Figura 14 – Interface do programa Sitrad

Fonte: Autoria própria.

Para a segurança dos componentes industriais presentes na bancada de refrigeração, cada ponto foi sujeito a uma configuração de alarme. Caso os limites de alarme sejam atingidos, uma mensagem aparece instantaneamente na interface do programa Sitrad, como mostra a Fig. 15.

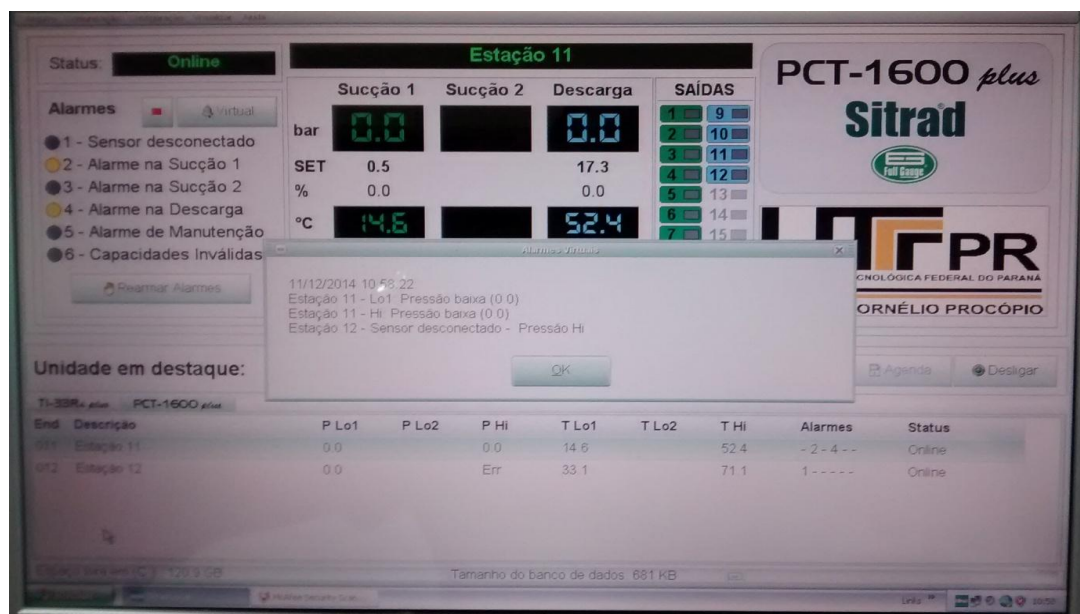


Figura 15 – Alarme virtual do programa Sitrad

Fonte: Autoria própria.

Os alarmes de temperatura foram configurados, conforme Tab. 7:

Tabela 7 – Alarmes de temperaturas (°C)

Pontos monitorados	Set Point Min.	Set Point Max.
Entr. Comp. 1	-22 °	70 °
Saída Comp. 1	15 °	70 °
Entr. Comp. 2	15 °	70 °
Saída Comp. 2	10 °	70 °
Entr. Sub. Resfr	-40 °	50 °
Saída Sub. Resfr	-40 °	60 °
Saída Evap. 1	-30 °	50 °
Saída Evap. 2	-30 °	50 °
Entr. Evap. 3	-35 °	50 °
Saída Evap. 3	-35 °	50 °

Fonte: Autoria própria.

Foram aplicados alarmes de pressão em três pontos da bancada, conforme Tab. 8:

**Tabela 8 – Alarmes de pressão em (bar)**

<b>Pontos monitorados</b>	<b>Set Point Min.</b>	<b>Set Point Max.</b>
Entr. Comp. 1	2 °	5 °
Entr. Comp. 2	4 °	10 °
Saída Comp. 2	10 °	20 °

**Fonte: Aatoria própria.**

## 4 RESULTADOS

### 4.1 RESULTADOS OBTIDOS CÂMARA 1 E CÂMARA 2

De acordo com as boas práticas de refrigeração foi constatado a necessidade de uma nova configuração nos controladores referentes a câmara 1 e câmara 2, alterando alguns parâmetros dos controladores pré programados pelo fabricante, para que se atinge-se um melhor resultado e capacidade de funcionamento da bancada obteve-se as seguintes programações:

#### 4.1.1 Mapa de configuração da Câmara 1

O set point permite ao usuário alterar as configurações padrões dos controladores, dessa forma programando a bancada de acordo com os parâmetros de regime de funcionamento desejado. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab.9.

**Tabela 9 – Configuração do set point câmara 1.**

PSP:	SET POINT
SPAT:	1
SP1:	-30 °C
SP2:	-22 °C
SPLL:	-58 °C
SPHL:	-10 °C

**Fonte – Aatoria própria.**

As configurações de entrada permite ao usuário selecionar o tipo de entrada desejada . É possível utilizar termistores NTC ou PCT. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 10.

**Tabela 10 – Configuração de entradas câmara 1.**

PIND:	ENTRADAS
SENS:	NTC
OFS1:	0.0
OFS2:	0.0
PR2:	ON
UNIT:	0 °C
DP:	ON
FIL:	2.0
DISP:	PR1

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações de controle permite que o usuário estabeleça valores de ativação ou desativação da saída do compressor relativo ao set point definido. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 11.

**Tabela 11 – Configuração de controle câmara 1.**

PREG:	CONTROLE
HSET:	3.0
TONE:	OFF
TOFE:	OFF
PR2:	COOL
TCC:	OFF

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações de degelo permite que o usuário estabeleça intervalo entre dois degelos consecutivos. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 12.

**Tabela 12 – Configuração de degelo câmara 1.**

---

PDEF:	DEGELO
DTYP:	EL
DINT:	6.00
DF 1:	OFF
DF 2:	OFF
DF 3:	OFF
DF 4:	OFF
DF 5:	OFF
DF 6:	OFF
DEFE:	20.00
TEDF:	10.00
TSDF:	8.00
DCT:	RT
TDC0:	OFF
SDEF:	YES
DLO:	ON
ETDU:	0.0
COFD:	OFF

---

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações do ventilador do evaporador permite que o usuário controle a saída configurada como “Fan”, em função do controle do instrumento e da temperatura medida pela sonda “Pr2 (evaporador). Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 13.

**Tabela 13 – Configuração do ventilador câmara 1.**

PFAN:	VENTILADOR
FCOF:	OFF
FEDF:	OFF
FLT:	99.0
FCT:	-58.0
DF:	0.0
FD:	3.0

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações de proteção do compressor permite que o usuário limite o número de partidas consecutivas do compressor. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 14.

**Tabela 14 – Configuração de proteção do compressor câmara 1.**

PPRC:	PROT. COMPRESSOR
PSC:	2.0
PTC:	2.0
LTC:	OFF
OD:	1.0

**Fonte – Autoria própria.**



As configurações de alarme permite que o usuário ative essa função em qualquer saída. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 15.

**Tabela 15 – Configuração de alarme câmara 1.**

PAL:	CONF. ALARME
ATY:	AB
HAL:	99.0
LAL:	OFF
DAL:	0.0
ALD:	OFF
TAL:	NO
PAL:	OFF
DALD:	OFF
DALC:	OFF
OAD:	OFF

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações de entrada digital permite que o usuário ative ou desative algumas funções como por ex: início de degelo, fim de degelo, início de um ciclo contínuo, sinalização de alarme externo, abertura de com parada dos ventiladores, abertura de porta com parada do compressor e dos ventiladores, controle remoto da saída auxiliar “AUX.”, set point ativo, etc. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 16.

**Tabela 16 – Configuração da entrada digital câmara 1.**

PDIN:	ENTR. DIGITAL
DIF:	8.0
DID:	OFF

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações da saída auxiliar permite que o usuário ative ou desative qualquer saída auxiliar do instrumento. Para isto, basta configurar no grupo de parâmetros “P out” a saída que se deseja utilizar como auxiliar. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 17.

**Tabela 17 – Configuração da saída auxiliar câmara 1.**

PAUS:	SAÍDA AUX.
FOA:	0.0
TUA:	OFF

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações das saídas permite que o usuário programe qualquer saída do instrumento como por ex: buzzer interno. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 18.

**Tabela 18 – Configuração das saídas câmara 1.**

POUT:	CONF. SAÍDAS
OUT 1:	OUT
OUT 2:	DEF
OUT 3:	FAN
BUF:	ALT

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações do teclado permite que o usuário programe as teclas “U” / “AUX.”, além das funções normais podem ser configuradas para executar outras funções. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 19.

**Tabela 19 – Configuração do teclado câmara 1.**

PPAN:	CONF. TECLADO
FBD:	OFF
USRB:	OFF
PASS:	123

**Fonte – Aatoria própria.**

As configurações do relógio permite que o usuário programe hora atual e caso perceba alguma imprecisão do relógio é possível efetuar uma calibração diária. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 20.

**Tabela 20 – Configuração do relógio câmara 1.**

PCLO:	CONF. RELÓGIO
STCL:	0.00
CLOF:	0.0

**Fonte – Aatoria própria.**

#### 4.1.2 Mapa de configuração da Câmara 2

O set point permite ao usuário alterar as configurações padrões dos controladores, dessa forma programando a bancada de acordo com os parâmetros de regime de funcionamento desejado. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 21.

**Tabela 21 – Configuração do set point câmara 2.**

PSP:	SET POINT
SPAT:	1
SP1:	-5 °C
SP2:	-5 °C
SPLL:	-58 °C
SPHL:	-5 °C

**Fonte – Aatoria própria.**

As configurações de entrada permite ao usuário selecionar o tipo de entrada desejada . É possível utilizar termistores NTC ou PCT. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 22.

**Tabela 22 – Configuração de entradas câmara 2.**

PIND:	ENTRADAS
SENS:	NTC
OFS1:	0.0
OFS2:	0.0
PR2:	ON
UNIT:	0 °C
DP:	ON
FIL:	2.0
DISP:	PR1

**Fonte – Aatoria própria.**

As configurações de controle permite que o usuário estabeleça valores de ativação ou desativação da saída do compressor relativo ao set point definido. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 23.

**Tabela 23 – Configuração de controle câmara 2.**

PREG:	CONTROLE
HSET:	3.0
TONE:	OFF
TOFE:	OFF
PR2:	COOL
TCC:	OFF

**Fonte – Aatoria própria.**

As configurações de degelo permite que o usuário estabeleça intervalo entre dois degelos consecutivos. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 24.

**Tabela 24 – Configuração de degelo câmara 2.**

PDEF:	DEGELO
DTYP:	EL
DINT:	6.00
DF 1:	OFF
DF 2:	OFF
DF 3:	OFF
DF 4:	OFF
DF 5:	OFF
DF 6:	OFF
DEFE:	20.00
TEDF:	10.00
TSDF:	8.00
DCT:	RT
TDC0:	OFF
SDEF:	YES

DLO:	ON
ETDU:	0.0
COFD:	OFF

---

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações do ventilador do evaporador permite que o usuário controle a saída configurada como “Fan”, em função do controle do instrumento e da temperatura medida pela sonda “Pr2 (evaporador). Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 25.

**Tabela 25 – Configuração do ventilador câmara 2.**

PFAN:	VENTILADOR
FCOF:	OFF
FEDF:	OFF
FLT:	99.0
FCT:	-58.0
DF:	0.0
FD:	3.0

---

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações de proteção do compressor permite que o usuário limite o número de partidas consecutivas do compressor. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 26.

**Tabela 26 – Configuração de proteção do compressor câmara 2.**

PPRC:	PROT. COMPRESSOR
PSC:	2.0
PTC:	2.0
LTC:	OFF
OD:	1.0

---

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações de alarme permite que o usuário ative essa função em qualquer saída. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 27.

**Tabela 27 – Configuração de alarme câmara 2.**

PAL:	CONF. ALARME
ATY:	AB
HAL:	99.0
LAL:	OFF
DAL:	0.0
ALD:	OFF
TAL:	NO
PAL:	OFF
DALD:	OFF
DALC:	OFF
OAD:	OFF

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações de entrada digital permite que o usuário ative ou desative algumas funções como por ex: início de degelo, fim de degelo, início de um ciclo contínuo, sinalização de alarme externo, abertura de com parada dos ventiladores, abertura de porta com parada do compressor e dos ventiladores, controle remoto da saída auxiliar “AUX.”, set point ativo, etc. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 28.

**Tabela 28 – Configuração da entrada digital câmara 2.**

PDIN:	ENTR. DIGITAL
DIF:	8.0
DID:	OFF

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações da saída auxiliar permite que o usuário ative ou desative qualquer saída auxiliar do instrumento. Para isto, basta configurar no grupo de parâmetros “P out” a saída que se deseja utilizar como auxiliar. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 29.

**Tabela 29 – Configuração da saída auxiliar câmara 2.**

PAUS:	SAÍDA AUX.
FOA:	0.0
TUA:	OFF

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações das saídas permite que o usuário programe qualquer saída do instrumento como por ex: buzzer interno. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 30.

**Tabela 30 – Configuração das saídas câmara 2.**

POUT:	CONF. SAÍDAS
OUT 1:	OUT
OUT 2:	DEF
OUT 3:	FAN
BUF:	ALT

**Fonte – Autoria própria.**



As configurações do teclado permite que o usuário programe as teclas “U” / “AUX.”, além das funções normais podem ser configuradas para executar outras funções. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 31.

**Tabela 31 – Configuração do teclado câmara 2.**

PPAN:	CONF. TECLADO
FBD:	OFF
USRB:	OFF
PASS:	123

**Fonte – Autoria própria.**

As configurações do relógio permite que o usuário programe hora atual e caso perceba alguma imprecisão do relógio é possível efetuar uma calibração diária. Foram adotadas as seguintes programações conforme Tab. 32.

**Tabela 32 – Configuração do relógio câmara 2.**

PCLO:	CONF. RELÓGIO
STCL:	0.00
CLOF:	0.0

**Fonte – Autoria própria.**

## 5 CONCLUSÃO

Pelo resultado apresentado na configuração e programação da bancada demonstrou de forma clara a aplicabilidade da metodologia escolhida para o desenvolvimento do trabalho conforme fluxograma desenvolvido para monitoramento dos pontos.

Com a programação adequada e configuração do programa Sitrad obteve-se uma aquisição de dados dos pontos monitorados sem alterações. Caso ocorra alguma alteração no sistema que exceda os *setpoints* programados, o usuário é notificado através de mensagem de alerta interna do programa via “msn”.

No processo de programação do sistema, algumas dificuldades surgiram como, por exemplo, retorno de fluido para compressor, configuração do programa e problemas elétricos que surgiram em válvulas solenóides.

Através do programa Sitrad e dos controladores de temperatura e pressão utilizados pôde ser verificada após sua configuração. Alarmes, temperatura, pressões, degelo, entre outras funções específicas da sua programação conforme modelo e características de cada fabricante.

Auxiliando a visualização e facilitando o aluno nas boas práticas de refrigeração industrial. A finalização deste trabalho mostrou que para um regime de trabalho correto da bancada de refrigeração é muito importante que haja conhecimentos técnicos em configuração e programação dos controladores e para alcançar os resultados esperados.

## REFERÊNCIAS

Controladores COEL. Disponível em: < <http://www.coel.com.br/wp-content/uploads/2012/08/Manual-de-Instru%C3%A7%C3%B5es-Completo-TLY29-rev.1.pdf>>. Acesso em 05 de Julho de 2014.

Controladores Full Gauge Controls. Disponível em: <<http://www.fullgauge.com.br>> . Acesso em 5 de Julho de 2014.

FIORELLI, F. A. S. **Modelagem e Simulação de Sistemas de Refrigeração de Pequeno Porte com Dispositivo e Expansão Constituído por Tubo Capilar.**

Dissertação (Mestrado), EDUSP, São Paulo, 1995.

GEORGE, R. M. Freezing Processes Used in The Food Industry. **Trends in Food & Technology**, vol. 4 p. 134-138, 1993.

Manual Software Sitrad. Disponível em: <<http://www.sitrad.com.br/>>. Acesso em 9 de Julho de 2014.

RAZUK, Henrique Cotait; PINTO, José Carlos. **Frio como utilidade na indústria de bebidas.** In: VENTURINI, Waldemar Gastoni. **Indústria de Bebidas.** São Paulo: Blucher, 2011.