



UNIVATES - UNIVERSIDADE DO VALE DO TAQUARI
CURSO DE ENGENHARIA ELÉTRICA

**PROJETO DE MONITORAMENTO REMOTO PARA EQUIPAMENTO
DE REFRIGERAÇÃO DE AMBIENTES UTILIZANDO SISTEMA
SCADA**

Tarley da Silva Oliveira

Lajeado, junho de 2020

Tarley da Silva Oliveira

**PROJETO DE MONITORAMENTO REMOTO PARA EQUIPAMENTO
DE REFRIGERAÇÃO DE AMBIENTES UTILIZANDO SISTEMA
SCADA**

Monografia apresentada na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso – Etapa II, do Curso de Engenharia Elétrica, da Universidade do Vale do Taquari – Univates, como parte da exigência para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Prof. Me. Yuri Solis Stypulkowski

Lajeado, junho de 2020

RESUMO

O presente trabalho foi desenvolvido visando uma maior eficiência no monitoramento de sistema de refrigeração de salas elétricas da empresa Duratex, visto que a mesma apresenta grandes perdas financeiras devido a temperatura elevada destes ambientes, diminuindo a vida útil de equipamentos eletrônicos existentes no interior destas salas. Anteriormente ao desenvolvimento deste projeto tal monitoramento era realizado visualmente em campo por equipe técnica de refrigeração, porém devido a apresentar um número limitado de colaboradores neste setor esta forma de monitoramento não se mostra eficiente para atender a quantidade de equipamentos de refrigeração existentes. Diante deste cenário ao decorrer desta atividade será apresentado projeto de implantação de sistema de monitoramento remoto dos equipamentos de refrigeração existentes na empresa Duratex, através de sistema SCADA. Para alcançar este objetivo foram instalados *hardwares* e *softwares* para integração dos equipamentos de refrigeração com rede de comunicação industrial existente na empresa, sendo possível que o monitoramento dos equipamentos de refrigeração possa ser realizado remotamente por qualquer computador nas dependências da fábrica, o qual possua acesso a rede de comunicação industrial e software de supervisão adequado. Com este monitoramento remoto foi possível maior agilidade no diagnóstico de falhas e conseqüentemente maior assertividade na tomada de decisões para manutenção e conservação dos equipamentos de refrigeração.

Palavras-chave: Equipamentos de refrigeração. Rede de comunicação. Monitoramento remoto.

ABSTRACT

The present work was developed aiming at a greater efficiency in the monitoring of the refrigeration system of electrical rooms of the company Duratex, since it presents great financial losses due to the high temperature of these environments, reducing the useful life of electronic equipment inside these rooms. Prior to the development of this project, such monitoring was carried out visually in the field by a refrigeration technical team, but due to the limited number of employees in this sector, this form of monitoring is not efficient to meet the amount of existing refrigeration equipment. In view of this scenario, during the course of this activity, a project will be presented for the implementation of a remote monitoring system for the refrigeration equipment existing at Duratex, through the SCADA system. To achieve this objective, hardware and software were installed to integrate refrigeration equipment with the company's existing industrial communication network, making it possible for refrigeration equipment to be monitored remotely by any computer on the factory premises, which has access to industrial communication network and adequate supervision software. With this remote monitoring, greater agility in the diagnosis of failures was possible and, consequently, greater assertiveness in decision-making for maintenance and conservation of refrigeration equipment.

Keywords: Refrigeration equipment. Communication network. Remote monitoring.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Sistema de refrigeração com evaporador e condensador.....	18
Figura 3 - Esquema de ligação RS-485 utilizando conector modelo DB9, com resistores de terminação.	22
Figura 4 - Comportamento da tensão no barramento RS-485.	23
Figura 11 - Fluxograma do projeto de monitoramento remoto dos equipamentos de refrigeração.	28
Figura 12 - Localização das salas elétricas e sala de monitoramento.	29
Figura 13 - Sistema de refrigeração dutado utilizado em sala elétrica da Duratex....	30
Figura 2 - Fluxograma de sistema de refrigeração utilizando uma unidade evaporadora 40VX e três unidades condensadoras 38EX.....	32
Figura 14 - Painel elétrico instalado para a coleta de dados das unidades condensadoras 38EX da sala elétrica de número 4 (quatro).	34
Figura 15 - Exemplo de conexão para comunicação com protocolo fechado das unidades condensadoras 38EX.....	35
Figura 16 - Esquemático de ligação do gateway K35402026O.....	36
Figura 17 - Declaração de hardware no software TIA Portal.....	38
Figura 18 - Parâmetros de configuração da CM 1241.....	39
Figura 19 - Declaração de bloco Modbus Comm Load no software TIA Portal.	41
Figura 20 – Lógica para contador de passos e acionamento do bit “trigger”.....	42
Figura 21 - Declaração de bloco Modbus Master no software TIA Portal.	43
Figura 22 - Estrutura organizacional dos projetos das salas elétricas 1, 2 e 3.....	44
Figura 23 - Estrutura organizacional dos projetos das salas elétricas 4, 5 e 6.....	45
Figura 24 – Estrutura de declaração de variáveis no software KEPServerEX.	47
Figura 25 – Representação do sistema de refrigeração da sala elétrica de número 5 (cinco).	48
Figura 5 - Diagrama de blocos com as etapas do projeto.	53
Figura 6 - Imagem ilustrativa de painel utilizado.	54
Figura 7 - Fonte de tensão contínua da família SITOP.	55

Figura 8 - Gateway modelo K35402026O.	55
Figura 9 - CLP S7 1200 com módulos CM.	56
Figura 10 - Disjuntor monopolar da família 5SX.	57
Figura 26 - Imagem do software TIA Portal com a leitura dos dados de unidade 38EX mestre.	59
Figura 27 - Imagem do software TIA Portal com a leitura dos dados de unidade 38EX escrava.	60
Figura 28 - Equipe técnica de refrigeração realizando monitoramento através do supervisão.	61

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 - OS's executadas nos meses de fevereiro e março referentes aos equipamentos de refrigeração das salas elétricas.	62
Gráfico 2 - OS's executadas nos meses de abril e maio referentes aos equipamentos de refrigeração das salas elétricas.	63

LISTA DE TABELAS

Tabela 5 - Comparação entre as camadas do modelo OSI e protocolo Modbus.	20
Tabela 6 - Formato de código utilizado no protocolo Modbus RTU.....	21
Tabela 7 - Elementos básicos em ladder.	26
Tabela 1 - Legenda de fluxograma da figura 2.....	32
Tabela 2 - Exemplo de arquitetura de sistema de refrigeração para uma capacidade de 720.000 BTU/h.	33
Tabela 3 - Variáveis disponíveis para monitoramento da unidade condensadora mestre.	37
Tabela 4 - Variáveis disponíveis para monitoramento das unidades condensadoras escravas 1 e 2.....	37
Tabela 8- Frame de solicitação para unidades 38EX.....	35
Tabela 9 - Configuração da DIP do gateway.....	36
Tabela 10 - Endereço IP das salas elétricas.	39
Tabela 11 - Dados para configuração do parâmetro MB DATA ADDR.	42
Tabela 12 – Parâmetros gerais configurados no software KEPServerEX.....	46
Tabela 13 – Parâmetros configurados para monitoramento da sala elétrica de número 1 (um).....	46
Tabela 14 – Declaração de variável de temperatura externa da unidade condensadora 10098.1.....	46
Tabela 15 – Descrição dos displays presentes na unidade evaporadora.	49
Tabela 16 - Descrição dos displays presentes na unidade condensadora.....	49
Tabela 17 - Custos financeiros para viabilização do projeto de monitoramento remoto.	51

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ASCII	<i>American Standard Code of Information Interchange</i> - Código Padrão Americano para o Intercâmbio de Informação
CLP	Controlador Lógico Programável
CM	<i>Communication Module</i> - Módulo de Comunicação
COM	<i>Component Object Model</i> - Modelo de Objeto Componente
CPU	<i>Central Processing Unit</i> - Unidade Central de Processamento
CRC	<i>Cyclic Redundancy Check</i> - Valor de Checagem da Mensagem.
DAQ	<i>Data acquisition</i> - Sistema de Aquisição de Dados
DCOM	<i>Distributed Component Object Model</i> - Modelo de Objeto Distribuído
MAC	<i>Media Access Control</i> - Controle de Acesso de Mídia
OLE	<i>Object Linking and Embedding</i> - Vinculação e Incorporação de Objetos
OPC	<i>Open Platform Communications</i> - Plataforma de Comunicação Aberta
OS	Ordem de Serviço
OSI	<i>Open System Interconnection</i> - Interconecção de Sistema Aberto
RTU	<i>Remote Terminal Unit</i> - Unidade Terminal Remota

PCM Planejamento e Controle de Manutenção

SCADA *Supervisory Control and Data Acquisition* - Supervisão Controle e
Aquisição de Dados

TCP *Transmission Control Protocol* - Protocolo de Controle de Transmissão

TIA *Totally Integrated Automation* - Automação Totalmente Integrada

UDP *User Datagram Protocol* - Protocolo de datagrama do usuário

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	13
1.1 Objetivo geral	14
1.2 Objetivos específicos	14
1.3 Justificativa do trabalho	14
1.4 Delimitação do trabalho.....	16
1.5 Estrutura do trabalho	16
2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Sistema de ar condicionado	17
2.1.1 Tipos de aparelhos de ar condicionado.....	17
2.1.2 Ar condicionado dutado.....	18
2.1.3 Unidade evaporadora	19
2.1.4 Unidade condensadora	19
2.2 Sistema de comunicação	19
2.2.1 Protocolo Modbus.....	20
2.2.2 O modelo Modbus RTU.....	21
2.2.3 Rede serial RS-485	21
2.2.4 Servidor OPC	23
2.2.5 TCP/IP.....	23
2.2.6 Endereço MAC	24
2.2.7 <i>Switch</i>	24
2.3 Controlador Lógico Programável (CLP)	24
2.3.1 Linguagem <i>Ladder</i>	25
2.4 Sistema SCADA	26
3 IMPLEMENTAÇÃO	28
3.1 Equipamentos de refrigeração	29
3.1.1 Sistema Ecosplit DC Inverter.....	31
3.2 Instalações elétricas.....	33
3.3 Comunicação com unidades 38EX	36
3.4 Interface entre CLP e sistema SCADA.....	45
3.5 Representação ilustrativa	47
3.6 Custos	50
4 METODOLOGIA	52
4.1 Etapas do projeto	52
4.2 Materiais.....	53
4.2.1 Caixa Rittal	54
4.2.2 Fonte SITOP	54
4.2.3 <i>Gateway</i> K35402026O	55
4.2.4 CLP S7-1200.....	56
4.2.5 Disjuntores 5SX.....	57
4.2.6 TIA Portal	57
4.2.7 KEPServerEX.....	58
4.2.8 FactoryTalk View.....	58

5 RESULTADOS E CONSIDERAÇÕES FINAIS	59
6 CONSIDERAÇÕES FINAIS	64
6.1 Trabalhos futuros	65
7 REFERENCIAS	67
APÊNDICE A – Tela SR1 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 1 (um).	70
APÊNDICE B – Tela SR2.1 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 2 (dois).	71
APÊNDICE C – Tela SR2.2 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 2 (dois).	72
APÊNDICE D – Tela SR3 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 3 (três).	73
APÊNDICE E – Tela SR4 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 4 (quatro).	74
APÊNDICE F – Tela SR5 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 5 (cinco).	75
APÊNDICE G – Tela SR6 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 6 (seis).	76

1 INTRODUÇÃO

Nos dias atuais a utilização de sistemas de controle da temperatura ambiente tem se tornado um índice básico do dia a dia das pessoas, com a utilização de equipamentos de ar condicionado em âmbitos residenciais, comerciais e veiculares. A procura por estes equipamentos visa um maior conforto, buscando manter o ambiente em uma temperatura agradável, sendo utilizado também para o controle da umidade relativa do ar e até mesmo para purificação do ambiente com a utilização de filtros específicos em alguns equipamentos.

Porém a primeira unidade moderna de refrigeração de ar não surgiu com o intuito de geração de conforto e sim devido a uma necessidade industrial. Foi no ano de 1902, onde o engenheiro Willis Carrier desenvolveu na cidade de Nova Iorque a primeira unidade moderna de refrigeração do ar, como solução para as indústrias gráficas as quais enfrentavam problemas devido aos seus trabalhos serem prejudicados durante o verão, pois o papel se dilata ao absorver a umidade do ar, desta forma fazendo com que houvesse imperfeições nas impressões. O equipamento mecânico desenvolvido por Carrier, resfriava o ar da fábrica através da circulação de ar por dutos resfriados artificialmente (CRAWFORD, 2012).

Com o passar dos anos os sistemas de refrigeração industrial tem evoluído tecnologicamente, mantendo suas elevadas potências, porém, utilizando equipamentos de menor porte, além de sistemas de controle sofisticados, garantindo maior precisão e confiabilidade no controle da temperatura. Visto a maior complexidade destes sistemas se faz necessário uma manutenção técnica especializada, onde a possibilidade de monitoramento remoto é vista como uma

alternativa importante em ambientes industriais com grande número de equipamentos (FLORÉZ, *et. al.* 2005).

1.1 Objetivo geral

O presente trabalho tem por objetivo o projeto de monitoramento remoto de equipamentos de refrigeração industrial com sistema SCADA, utilizando rede de comunicação industrial. Este projeto foi implementado na empresa Duratex, em equipamentos de refrigeração utilizados para controlar a temperatura interna de salas elétricas.

1.2 Objetivos específicos

Para atender ao objetivo geral, este trabalho possui os seguintes objetivos específicos:

- Coleta dos dados das unidades condensadoras, e transmissão por protocolo de comunicação;
- Instalação de infraestrutura elétrica para passagem dos cabos e painéis elétricos;
- Conversão de protocolo de comunicação Carrier em Modbus RTU, utilizando *gateways*, e na sequência conversão para protocolo TCP/IP com CLP's modelo S71200 do fabricante Siemens;
- Programação dos CLP's utilizando *software* TIA Portal;
- Programação dos *softwares* KEPServerEX e SCADA *FactoryTalk View da Rockwell Automation*;
- Criação de supervisório no *software* FactoryTalk View;
- Treinamento da equipe técnica para utilização do monitoramento remoto projetado e implementado;

1.3 Justificativa do trabalho

No início do ano de 2019 a Duratex realizou altos investimentos financeiros em equipamentos de refrigeração destinados especificamente as suas salas elétricas para controlar a temperatura destes ambientes. Segundo dados da empresa o custo total deste projeto foi de R\$1.483.189,00.

Tal investimento se justifica, pois, no interior destas salas contem inúmeros componentes eletrônicos, os quais necessitam refrigeração para a troca de calor, sendo tais equipamentos eletrônicos fundamentais para a viabilização de diversos processos produtivos da empresa.

No ano de 2018 devido a utilização de equipamentos de refrigeração já obsoletos, os interiores das salas elétricas apresentavam uma média de temperatura de 40°C durante o dia, o que ocasionava a diminuição da vida útil dos equipamentos eletrônicos encontrados nestes ambientes.

Um dos pontos expressivos ocorridos devido as altas temperaturas foi a drástica diminuição da vida útil de bancos de capacitores utilizados para correção do fator de potência da empresa. As falhas na correção do fator de potência geravam multas das concessionárias de energia a empresa, que segundo dados disponibilizados pela Duratex no mês de setembro de 2018 chegou-se ao valor de R\$65.000,00 mensal.

Além dos bancos de capacitores, diversos equipamentos eletrônicos demonstravam defeitos em virtude das altas temperaturas no interior das salas elétricas, porém o ponto de maior relevância se deu devido a defeito apresentado em inversor de frequência modelo PowerFlew 700, com tensão alternada de 690V e potência de 132kW, pois além dos custos de reposição do equipamento, o maior impacto desta ocorrência foi a dificuldade de encontrar no mercado equipamento compatível com a aplicação, gerando uma parada de fábrica de aproximadamente 48 horas.

Contudo, após a instalação dos novos equipamentos de refrigeração, o monitoramento e manutenção deste sistema mostrou-se ineficiente, pois devido à grande quantidade de equipamentos de refrigeração e uma quantidade pequena de técnicos responsáveis por este setor, muitas falhas não eram percebidas, eventualmente ainda gerando elevação da temperatura das salas elétricas e conseqüentemente o comprometimento dos equipamentos eletrônicos instalados.

Com a implantação do projeto de monitoramento remoto será possível um melhor aproveitamento da mão de obra da equipe técnica de refrigeração disponível

na empresa, utilizando as informações de forma ilustrativa em local centralizado para atuar de maneira preventiva a possíveis anomalias nos equipamentos.

1.4 Delimitação do trabalho

Este trabalho se limita a implementação de sistema SCADA para monitoramento remoto dos equipamentos de refrigeração das 6 (seis) salas elétricas da empresa Duratex, sendo o monitoramento realizado especificamente nas variáveis coletadas das unidades condensadoras, em um total de 36 (trinta e seis) unidades.

1.5 Estrutura do trabalho

No capítulo 2 se encontra o referencial teórico, onde são abordadas as teorias referentes aos equipamentos de refrigeração utilizados nas salas elétricas, assim como os *hardwares*, *softwares* e linguagens de programação utilizados para comunicação e monitoramento destes equipamentos.

No capítulo 3 se encontra a metodologia, mencionando os materiais e softwares utilizados durante o projeto para que fosse possível o desenvolvimento do mesmo.

No capítulo 4 se encontra a implementação, descrevendo a elaboração da infraestrutura de instalações elétricas, a programação de hardwares utilizando *softwares* específicos para estabelecimento da comunicação e monitoramento dos equipamentos de refrigeração, assim como os custos envolvidos neste projeto.

No capítulo 5 se encontram os resultados e as considerações finais, relatando os resultados obtidos após a concretização do projeto e seus efeitos, assim como os conhecimentos utilizados durante a elaboração do projeto e futuras melhorias.

No capítulo 6 se encontram os referenciais bibliográficos, onde são citados os documentos que serviram de embasamento para viabilização deste projeto.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

2.1 Sistema de ar condicionado

O condicionamento de ar com o objetivo de controlar não somente a temperatura, mas a pureza, umidade e distribuição de ar em determinado ambiente são definidos como sistemas de ar condicionado, ou simplesmente ar condicionado (FLORÉZ, et. al. 2005).

Para o devido fim o conceito base de um sistema de condicionamento de ar se baseia na utilização da evaporação de um fluido refrigerante não inflamável para fornecer a refrigeração. Através de um compressor o gás refrigerante é comprimido, onde este gás em alta pressão e temperatura é conduzido a um trocador de calor sendo resfriado e condensado passando ao estado líquido (FILHO, 2014).

O gás, ao ser conduzido a uma válvula de expansão vaporiza diminuindo sua pressão e se tornando gás frio, conduzido em sequência ao trocador de calor de uma unidade evaporadora absorvendo calor. Desta forma o sistema mantém a temperatura do ambiente controlada, posteriormente reiniciando o ciclo novamente (FILHO, 2014).

2.1.1 Tipos de aparelhos de ar condicionado

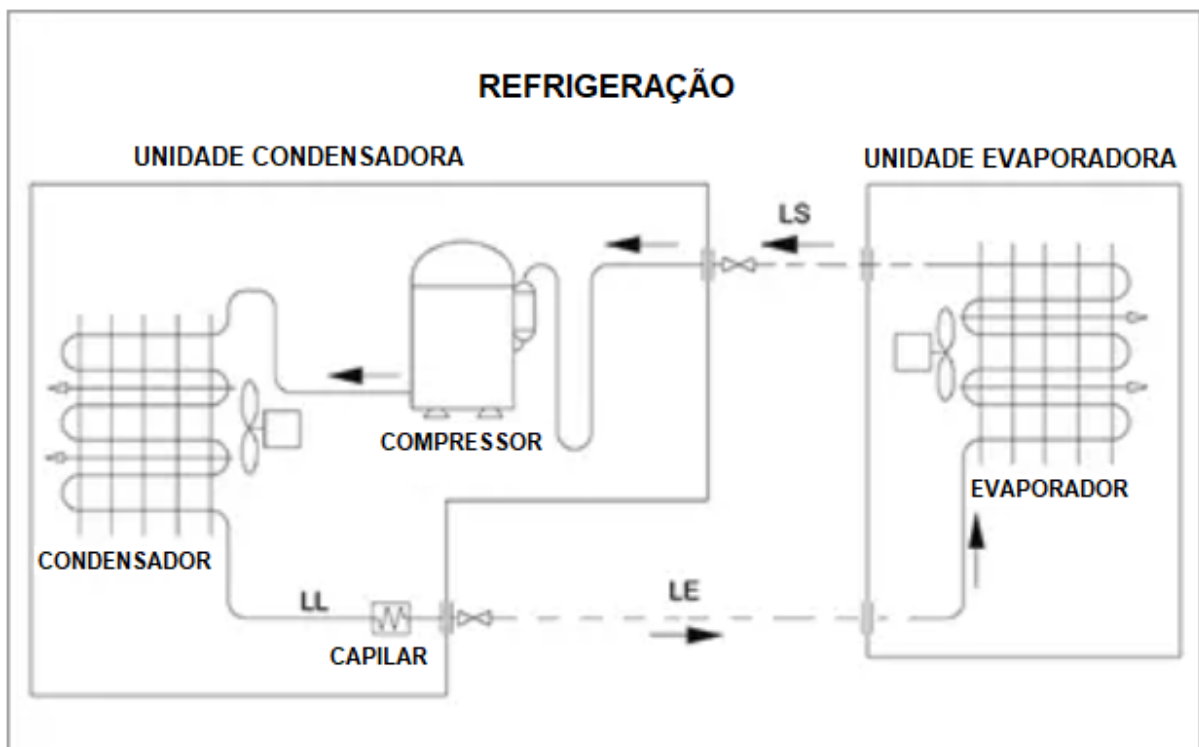
Pode-se levar em consideração diversos critérios para classificação dos sistemas de refrigeração, devido ao seu porte e capacidade ou mesmo quanto a utilização específica. O presente trabalho foi baseado em um sistema de ar condicionado dutado, devido a necessidade de alta capacidade e a robustez para aplicação industrial.

2.1.2 Ar condicionado dutado

O ar condicionado dutado é um sistema de refrigeração de grande porte, utilizado para o condicionamento da temperatura de áreas extensas. O referido modelo utiliza tubulações normalmente metálicas que se originam de um equipamento de refrigeração central conduzindo de forma uniforme o ar condicionado para todo o ambiente, assim estes sistemas devem apresentar grandes potencias (CREDER, 2014).

O equipamento central possui uma unidade evaporadora que realiza a troca de calor com o ar ambiente, o condicionamento é realizado através de serpentinas que contém gás refrigerante. Esse refrigerante em estado gasoso é enviado a uma unidade condensadora localizada no exterior do ambiente, onde o gás é passado para o estado líquido dando início ao processo de refrigeração como pode ser visto na Figura 1.

Figura 1 - Sistema de refrigeração com evaporador e condensador.



Fonte: MILLER, *et. al.* (2019).

2.1.3 Unidade evaporadora

A unidade evaporadora é constituída de um sistema de dutos de cobre revestidos por serpentina de alumínio por onde trafega o fluido de baixa pressão e temperatura, realizando a troca de temperatura com o ambiente a ser condicionado.

Possui dispositivo de expansão composto por tubo capilar de material cobreado o qual tem a função de diminuir a pressão do gás refrigerante presente. Alguns possuem sistema de filtragem do ar, o qual é composto por filtros nas aletas do evaporador que impedem a passagem de impurezas (WIRZ, 2012).

A umidade do ar removida através do evaporador é recolhida pelo sistema de drenagem do condensado, por fim o sistema de ventilação de ar forçado é responsável pela troca de calor entre a evaporadora e o ambiente a ser condicionado.

2.1.4 Unidade condensadora

A unidade condensadora é constituída de um sistema de dutos de cobre revestidos por serpentina de alumínio por onde trafega o fluido de alta pressão e temperatura na saída de um compressor, realizando a troca de temperatura com o ambiente exterior.

Tal compressor tem a função de impulsionar a circulação do gás refrigerante, provocando a condensação do mesmo, sua refrigeração acontece ao passar por uma serpentina aletada, por onde ventiladores forçam a passagem de ar (STOECKER, *et. al.* 2002).

2.2 Sistema de comunicação

As unidades condensadoras utilizadas no decorrer deste projeto possibilitam o acesso as variáveis medidas no processo de refrigeração através de protocolo fechado no padrão RS-485, possibilitando assim que seja estabelecido monitoramento remoto, sendo uma ferramenta importante para que se mantenha o funcionamento do equipamento de forma eficiente.

2.2.1 Protocolo Modbus

No ano de 1979 surgia o protocolo Modbus através da empresa Modicon Industrial Automation Systems, sendo um dos primeiros protocolos desenvolvidos ainda utilizados. Este sistema é amplamente difundido, sendo um dos mais utilizados no mundo devido ser um protocolo aberto, com facilidade na operação e manutenção.

O padrão Modbus é um protocolo para comunicação serial que possibilita a comunicação mestre/escravo, onde somente 1 (um) dispositivo mestre inicia as transações e os dispositivos escravos respondem de acordo com as requisições (EMBARCADOS, 2014).

Levando-se em referencia o modelo OSI, o protocolo Modbus atua nas camadas 1 (um), 2 (dois) e 7 (sete) conforme Tabela 1.

Tabela 1 - Comparação entre as camadas do modelo OSI e protocolo Modbus.

Camada	Modelo OSI	Protocolo MODBUS
7	Aplicação	Protocolo MODBUS de aplicação
6	Apresentação	Vazio
5	Sessão	Vazio
4	Transporte	Vazio
3	Rede	Vazio
2	Enlace	Protocolo MODBUS em linha serial
1	Física	RS-232, RS-422 ou RS-485

Adaptado em: 07/08/2019 de JUERGEN, 2012

- Camada Física: RS232 - RS485 - Ethernet TCP/IP (Modbus TCP)
- Enlace: utilização de rede em formato mestre/escravo, onde somente o mestre solicita os dados e o escravo responde somente ao mestre.
- Aplicação: utilização de funções de leitura e escrita de dados do tipo bit e word.

O protocolo Modbus pode ser transmitido no formato ASCII, RTU ou TCP onde estes modos definem o formato como serão organizados os bytes na mensagem a ser

enviada. Sendo que alguns equipamentos como CLPs não permitem a seleção destes formatos, possuindo modo de comunicação fixo (JUERGEN, 2012).

2.2.2 O modelo Modbus RTU

Este formato de protocolo em linha serial utiliza a metodologia mestre/escravo. Desta forma o mestre envia comandos para um ou diversos escravos, onde os escravos aguardam a solicitação do mestre para transmissão de seus dados, não havendo comunicação direta entre os escravos.

Os meios físicos utilizados nesta comunicação são o RS-232, RS-422 ou RS-485, sendo este último o mais utilizado devido sua praticidade com utilização de apenas 2 (dois) fios. O meio físico RS-232 é utilizado para pequenas distâncias em comunicação ponto a ponto (MODBUS-IDA, 2006).

Para efetuar a transmissão, é organizado um código de bytes de acordo com o formato de Modbus utilizado. A Tabela 2 apresenta formato de código utilizado em Modbus RTU.

Tabela 2 - Formato de código utilizado no protocolo Modbus RTU

Start	Endereço	Função	Dados	CRC	Fim
Silêncio	2 Bytes	2 Bytes	N Bytes	2 Bytes	Silêncio

Adaptado em: 07/08/2019 de MODBUS-IDA, 2006

O código é delimitado por um par de intervalos de silêncios, ou seja, períodos nos quais o barramento não possui comunicação.

Entre o par de intervalos de silêncio o mestre envia o endereço do escravo, a função a ser executada, os dados desta função, além de um código CRC.

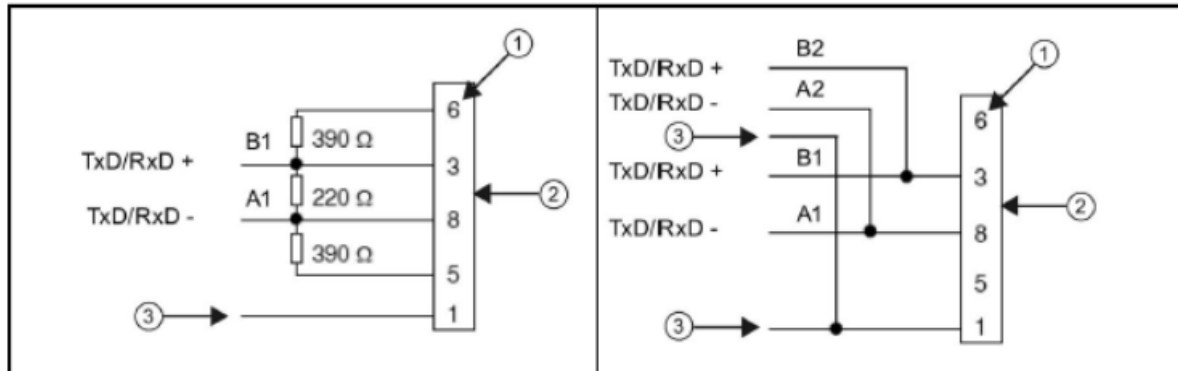
2.2.3 Rede serial RS-485

A rede serial RS-485 tem a possibilidade de conexões multi-ponto, o que possibilita a conexão de 32 (trinta e dois) nós na mesma rede com taxas de transmissão de 10Mbps considerando distâncias de até 1,2Km (NOVUS, 2007).

Este meio físico utiliza 2 (dois) fios com os equipamentos ligados em paralelo,

apresentando resistência a ruídos elétricos quando exposto em ambiente industrial, utilizando sinais de corrente elétrica para comunicação. O DB9 é um padrão físico de conector muito utilizado para comunicação em rede serial RS-485, um exemplo de montagem deste conector pode ser visto na Figura 2.

Figura 2 - Esquema de ligação RS-485 utilizando conector modelo DB9, com resistores de terminação.



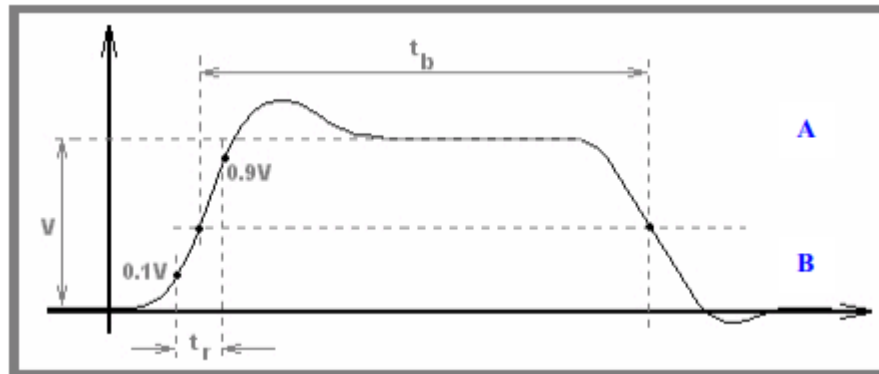
Fonte: PEGAIA (2017).

Em muitas aplicações é necessária a montagem dos fios em conectores padrões para compatibilidade com os equipamentos a serem utilizados. Em geral é recomendado o uso de resistores de terminação para casamento de impedância nas pontas da rede (FERREIRA, 2008).

A metodologia de transmissão de sinais através da rede serial RS-485 se baseia em níveis de tensão elétrica, onde quando o terminal A apresenta sinal de tensão negativa em relação ao terminal B se configura sinal lógico 1 (um), conseqüentemente quando o terminal A apresenta sinal de tensão negativo em relação ao terminal B se configura sinal lógico 0 (zero).

Na Figura 3 pode-se ver o comportamento da tensão na transmissão do barramento RS-485.

Figura 3 - Comportamento da tensão no barramento RS-485.



Fonte: CUNHA (2000).

2.2.4 Servidor OPC

A utilização de especificação OPC facilita a comunicação entre cliente e servidor sendo necessário a utilização de apenas 1 (um) *drive*. Tal tecnologia se baseia em Microsoft OLE, COM e DCOM definidas pela OPC Foundation.

Geralmente a tecnologia OPC é utilizada no âmbito de automação industrial para viabilizar a interface entre sistemas CLP e SCADA, recebendo dados de hardwares de controle e fornecendo estas informações a aplicações de monitoramento e controle de processos (ROCHA, 2013).

Desta forma a especificação OPC estabelece as regras para que sejam desenvolvidos sistemas com interfaces normalizadas para comunicação dos dispositivos de campo como PLCs, sensores e atuadores com sistemas de monitorização, supervisão e gestão, interligando desta forma os diferentes níveis hierárquicos.

2.2.5 TCP/IP

O protocolo de comunicação TCP/IP tem se tornado amplamente utilizado na área industrial com a finalidade de interligar todos os níveis de cadeia de suprimentos em um único padrão de rede.

Geralmente as industrias apresentam inúmeros protocolos de comunicação para troca de informações devido a particularidades de fabricantes de equipamentos

com protocolos específicos, como pode ser citado DeviceNet, AS-i, Profibus DP. A padronização da comunicação em 1 (um) único protocolo como TCP/IP proporciona uma maior agilidade no acesso de informações do processo industrial, sendo possível aumentar de forma eficiente a gestão (LUGLI, *et. al.* 2009).

Na camada física este protocolo pode apresentar aplicações com fibra óptica, sem fio (*wireless*), sendo a utilização de cabo ethernet combinado com conector RJ45 a técnica mais difundida para esta tecnologia.

2.2.6 Endereço MAC

Em redes Ethernet os equipamentos são identificados através seu endereço MAC, sendo um código alfanumérico único de 48 bits, apresentado no formato hexadecimal contido em cada equipamento de uma rede (MENEGOTTO, 2011).

A primeira metade do endereço identifica o fabricante do equipamento sendo a segunda metade designada pelo fabricante para exclusividade dos equipamentos. Teoricamente não devem existir equipamentos com mesmo endereço MAC (RUFINO, 2007).

2.2.7 Switch

Switch é um equipamento utilizado para comutação de redes, possuindo varias portas de conexão chamadas portas de interface.

Através do endereço MAC de cada equipamento conectado a rede o *switch* tem a capacidade de organizar o envio de pacotes de dados.

Este dispositivo envia dados apenas para a saída vinculada ao endereço MAC necessário, caso não seja encontrado um endereço MAC associado os dados são enviados a todas as portas que estiverem ativas, exceto para a emissora (FILIPPETTI, 2006).

2.3 Controlador Lógico Programável (CLP)

Os Controladores Lógicos Programáveis (CLP), também conhecidos como *programmable logic controller* (PLC) são atualmente os dispositivos de controle mais

utilizados na indústria, sendo composto basicamente por um computador microprocessado que através de ferramentas gráficas e textuais desenvolvidos pelo usuário realiza funções específicas dentro de processos industriais.

Foram criados na década de 60 para suprir demanda da indústria automobilística, onde as empresas visavam melhorar a tecnologia de suas linhas de produção para se manterem competitivas no mercado, surgindo assim o CLP como alternativa para os sistemas de controle a relés (SILVEIRA, *et. al.* 1998).

O primeiro dispositivo foi desenvolvido pela empresa Gould Modicon em 1969, basicamente o controlador substituiu a necessidade de arranjos físicos em painéis elétricos para controle de processos, sendo possível a alteração de logicas através de computadores para gerenciamento de processos.

O controle consiste do recebimento de variáveis do processo através de dispositivos capazes de transferir grandezas físicas utilizando sinais elétricos, processando esses dados de acordo com configurações selecionadas pelo usuário e realizando a ação desejada para alcançar os resultados esperados no processo (AZEVEDO, 2018).

O componente principal de um CLP é sua CPU composta basicamente pelo processador e a memória. Geralmente também possuem módulos de entrada e saída, sendo estes modulares, além do sistema de ligação físico chamado de barramento.

Os CLPs possuem a capacidade de troca de dados através de diversos protocolos e meios físicos, sendo possível a supervisão de variáveis do processo através de computadores com *softwares* específicos, formando sistemas de controle integrado (NATALE, 2008).

2.3.1 Linguagem *Ladder*



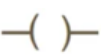
O método mais utilizado para programação de CLPs é chamado modelo *Ladder*, sendo o primeiro modelo a ser estabelecido, foi desenvolvido buscando reproduzir diagramas elétricos de forma gráfica, baseados em lógica de relés, para que fosse mais rapidamente aceito pelo mercado (GEORGINI, 2007).

Através de *software* como o TIA Portal é possível realizar de forma virtual lógicas antes realizados através de intertravamentos físicos via relés, além de disponibilizar ao usuário vários blocos pré-programados para utilização de tempos, contadores, comparadores e cálculos matemáticos. Através destes *softwares* é possível definir o tipo de comunicação a ser utilizado (SIEMENS, 2014).

A programação em *ladder* consiste em uma representação gráfica de duas linhas verticais ilustradas como em diagramas elétricos o polo positivo e negativo de uma fonte de alimentação elétrica.

Entre as linhas verticais são utilizados ramais horizontais onde se encontram os símbolos representando relés, botões, sensores presentes no ambiente físico o qual enviando sinais elétricos para as entradas do CLP apresentam seus estados em tempo real de forma gráfica conforme a Tabela 3 (NATALE, 2018).

Tabela 3 - Elementos básicos em *ladder*.

Nomenclatura	Abreviação	Símbolo
Contato normalmente aberto	NA	
Contato normalmente fechado	NF	
Bobina ou saída		

Adaptado em: 08/08/2019 de NATALE, 2008.

2.4 Sistema SCADA

O sistema SCADA, muito utilizado para criação de sistemas de controle e supervisórios na indústria, possibilita o monitoramento e comando de grandes processos físicos através de um computador centralizando as informações, utilizando animações intuitivas ao usuário.

A forma mais comum de sua aplicação recebe informações vindas do CLP na forma de tags¹, transformando estas informações em animações ilustrativas para que o cliente possa ter o controle do processo de forma clara (SANTOS, 2014).

¹ Tags são códigos alfanuméricos utilizados para identificar equipamentos ou mesmo variáveis de processos industriais (SILVEIRA, *et. al.* 1998).

Apresenta a possibilidade de criação de bancos de dados, viabilizando a análise do histórico de informações de equipamentos, além disso é possível a geração de alarmes, onde o usuário ao estar realizando o monitoramento do processo através do SCADA recebe avisos referentes a fatos relevantes do processo.

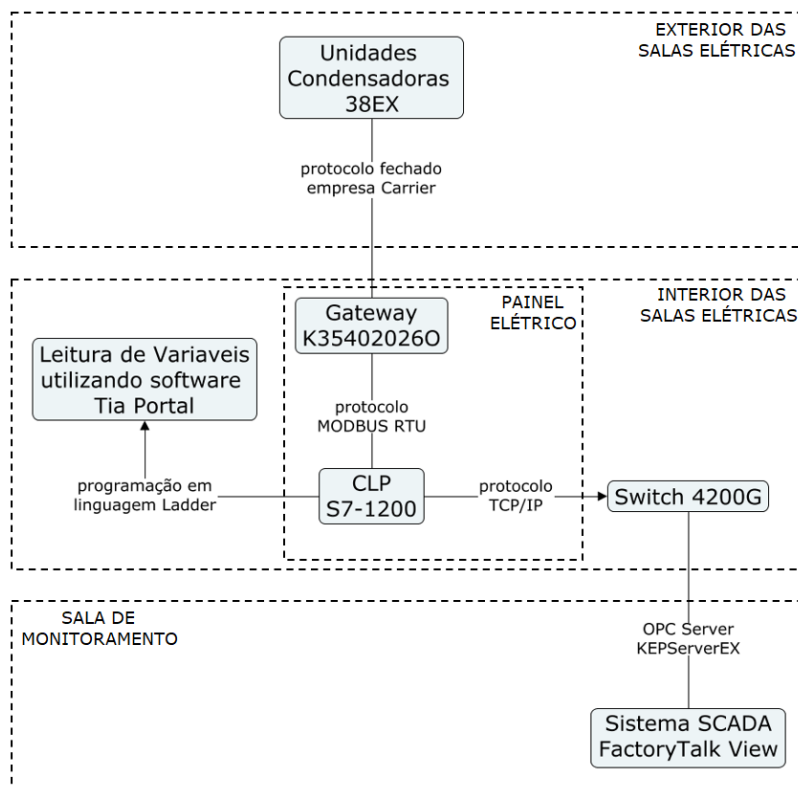
Devido ao monitoramento de variáveis de forma remota, aumenta a segurança de pessoas. Possibilitando controlar processos a distância, evitando a exposição a equipamentos e produtos que possam causar acidentes (NATALE, 2008).

3 IMPLEMENTAÇÃO

O presente projeto consiste no monitoramento de sistema de refrigeração de 6 (seis) salas onde constam equipamentos elétricos da empresa Duratex, a qual é localizada na Av. Júlio de Castilhos, nº 1787, bairro Coqueiros, cidade de Taquari-RS.

Utilizando os materiais citados na seção 3 o projeto foi realizado seguindo o fluxograma da Figura 4.

Figura 4 - Fluxograma do projeto de monitoramento remoto dos equipamentos de refrigeração.



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

3.1 Equipamentos de refrigeração

As salas elétricas já apresentavam em funcionamento equipamentos de refrigeração instalados, segundo dados do Google Earth a distância entre a primeira e a sexta sala elétrica é de aproximadamente 450m, como pode ser observado na Figura 5, onde as salas elétricas estão indicadas de 1 (um) a 6 (seis), além da indicação da sala onde será realizado o monitoramento.

Figura 5 - Localização das salas elétricas e sala de monitoramento.



Fonte: adaptado de Google Earth em 2019.

As salas elétricas apresentam sistemas de refrigeração dutado como demonstrado da Figura 6, utilizando equipamentos da empresa Midea Carrier, modelo EcoSplit. Cada uma destas salas apresenta diferentes configurações de sistemas de refrigeração devido as mesmas possuírem diferentes cargas térmicas em seu interior.

Figura 6 - Sistema de refrigeração dutado utilizado em sala elétrica da Duratex.



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

A sala elétrica número 1 (um) apresenta 2 (dois) sistemas de refrigeração idênticos, cada um constituído por 2 (duas) unidades condensadoras modelo 38EX20 e 1 (uma) unidade evaporadora modelo 40VX, totalizando uma capacidade de refrigeração de 960.000 BTU.

A sala elétrica número 2 (dois) apresenta 4 (quatro) sistemas de refrigeração, 2 (dois) destes constituídos cada 1 (um) por 2 (duas) unidades condensadoras modelo 38EX20 e 1 (uma) unidade evaporadora modelo 40VX, os outros 2 (dois) sistemas de refrigeração são constituídos cada um por 3 (duas) unidades condensadoras modelo 38EX15 e 1 (uma) unidade evaporadora modelo 40VX, totalizando uma capacidade de refrigeração de 2.040.000 BTU.

A sala elétrica número 3 (três) apresenta 2 (dois) sistemas de refrigeração idênticos, cada um constituído por 3 (duas) unidades condensadoras modelo 38EX15 e 1 (uma) unidade evaporadora modelo 40VX, totalizando uma capacidade de refrigeração de 1.080.000 BTU.

A sala elétrica número 4 (quatro) apresenta 2 (dois) sistemas de refrigeração idênticos, cada um constituído por 2 (duas) unidades condensadoras modelo 38EX20 e 1 (uma) unidade evaporadora modelo 40VX, totalizando uma capacidade de refrigeração de 960.000 BTU.

A sala elétrica número 5 (cinco) apresenta 2 (dois) sistemas de refrigeração idênticos, cada um constituído por 2 (duas) unidades condensadoras modelo 38EX20 e 1 (uma) unidade evaporadora modelo 40VX, totalizando uma capacidade de refrigeração de 960.000 BTU.

A sala elétrica número 6 (seis) apresenta 2 (dois) sistemas de refrigeração idênticos, cada um constituído por 1 (uma) unidades condensadoras modelo 38EX20 e 1 (uma) unidade evaporadora modelo 40VX, totalizando uma capacidade de refrigeração de 480.000 BTU.

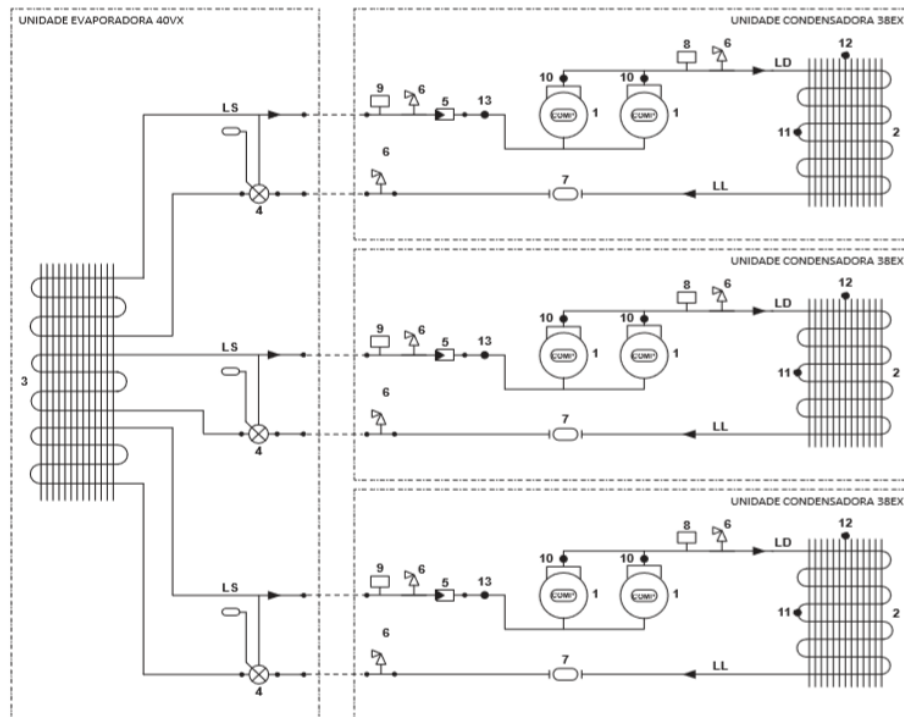
Assim totalizando 14 (quatorze) evaporadoras e 30 (trinta) unidades condensadoras instaladas na fábrica.

3.1.1 Sistema Ecosplit DC Inverter

O Ecosplit DC Inverter é um modelo de sistema de refrigeração da empresa Midea Carrier, onde as unidades condensadoras trabalham em conjunto em um sistema de compensação, com ventiladores que utilizam pás múltiplas minimizando os níveis de ruídos em baixa frequência com motor de corrente contínua. Com sistema modular e compacto possibilita variadas combinações entre unidades evaporadoras e unidades condensadoras, atendendo a diferentes aplicações.

Para unidades evaporadoras apresenta os modelos 40MX, 40TR e 40VX, da mesma forma para as unidades condensadoras apresenta a mesma quantidade de modelos 38ES, 38EV e 38EX. Na Figura 7 pode ser visto exemplo de utilização.

Figura 7 - Fluxograma de sistema de refrigeração utilizando uma unidade evaporadora 40VX e três unidades condensadoras 38EX.



Fonte: CARRIER (2019)

Tabela 4 - Legenda de fluxograma da figura 7.


LEGENDA	
1.	Compressor
2.	Condensador
3.	Evaporador
4.	Válvula de expansão termostática com equalização externa
5.	Filtro de tela
6.	Válvula de serviço e tomada de pressão
7.	Filtro secador
8.	Pressostato de alta pressão
9.	Pressostato de baixa pressão
10.	Sensor de temperatura de descarga
11.	Sensor de temperatura do meio do condensador
12.	Sensor de temperatura do ar externo
13.	Sensor de temperatura de sucção
14.	Acumulador de sucção

Adaptado em: 05/08/2019 de CARRIER, 2019

As unidades 40VX apresentam a maior capacidade dentre as demais, são compostas basicamente pelos módulos trocador e ventilador.

Combinando uma arquitetura com 1 (uma) unidade evaporadora 40VX e 3 (três) unidades condensadoras 38EX20 pode-se chegar a uma capacidade nominal de refrigeração de 720.000 BTU/h como pode ser visto na Tabela 5.

Tabela 5 - Exemplo de arquitetura de sistema de refrigeração para uma capacidade de 720.000 BTU/h.

Equipamento	Capacidade	Ilustração
40VX + 3 x (38EX20)	720.000 BTU/h	

Adaptado em: 05/08/2019 de CARRIER, 2019

As unidades condensadoras 38EX operam em um sistema mestre/escravo, onde a unidade mestre exerce controle sobre as unidades escravas, modulando a capacidade do sistema de acordo com o valor de temperatura desejado.

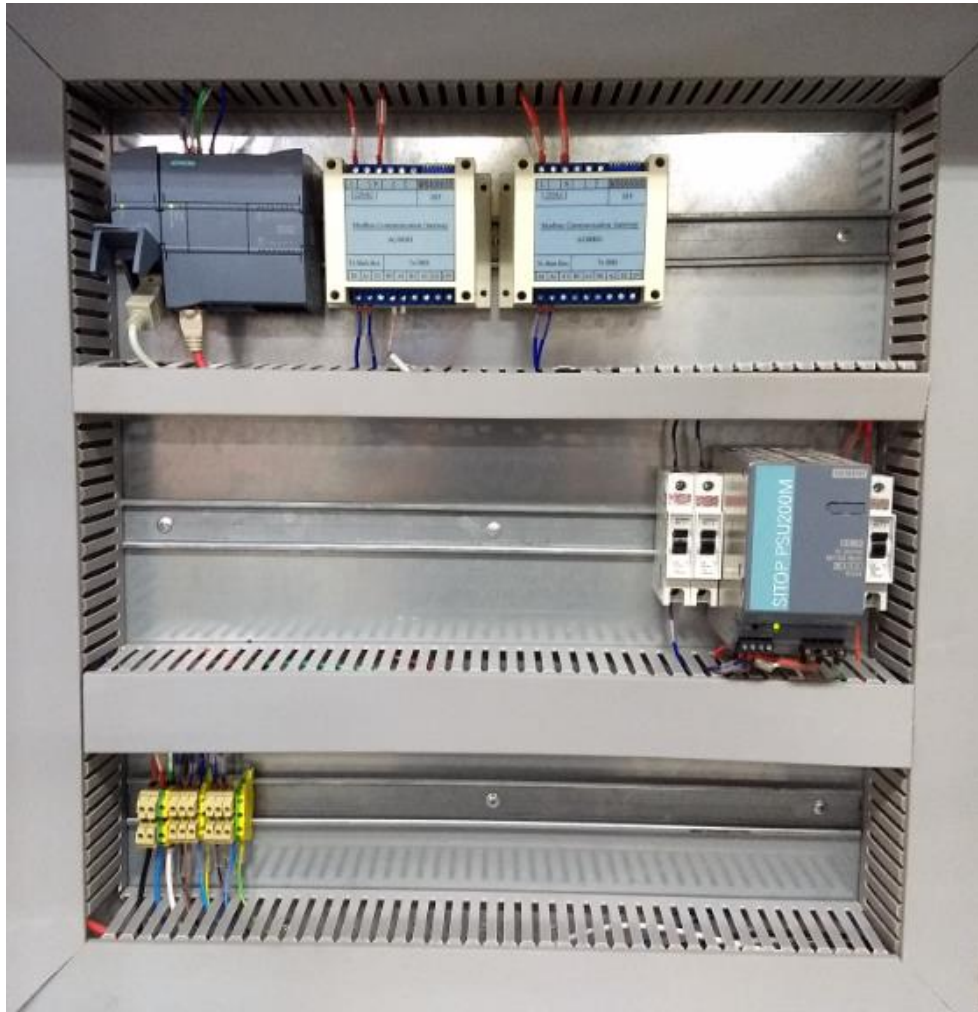
Estas unidades oferecem alta tecnologia com monitoramento de variáveis físicas do processo através da combinação de *software* integrado com sistema eletrônico, o qual coleta informações de sensores que garantem um melhor controle e proteção para o equipamento.

3.2 Instalações elétricas

Buscando maior eficiência na manutenção do sistema de refrigeração das salas elétricas foi realizado projeto de monitoramento remoto destes equipamentos, especificamente das unidades condensadoras, para que se possa centralizar as informações destes equipamentos em local de fácil acesso.

Para isso foram instalados 1 (um) painel elétrico dentro de cada sala elétrica, totalizando 6 (seis) painéis elétricos com a finalidade de coletar as informações enviadas pelas unidades condensadoras modelo 38EX, a Figura 8 apresenta imagem de um dos painéis elétricos instalados.

Figura 8 - Painel elétrico instalado para a coleta de dados das unidades condensadoras 38EX da sala elétrica de número 4 (quatro).



Fonte: elaborado pelo autor (2019).

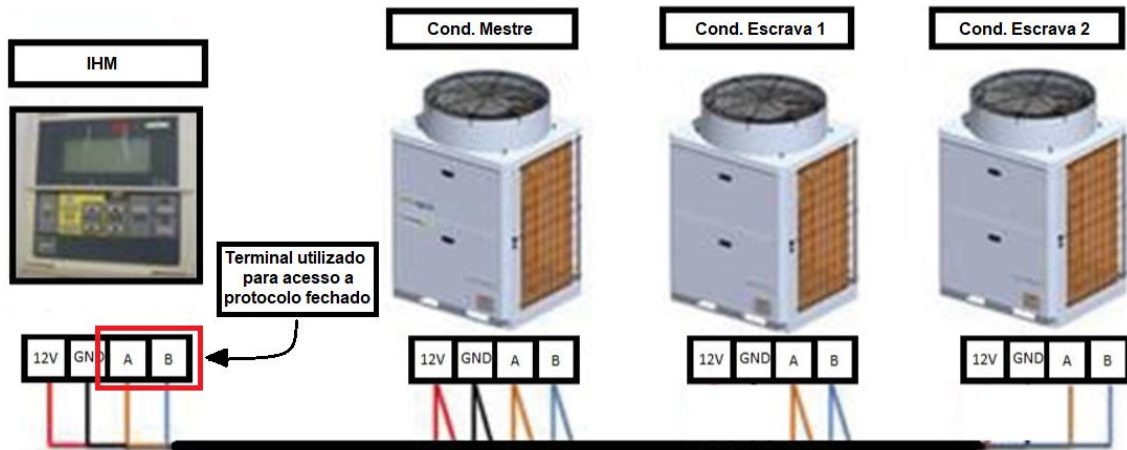
O painel elétrico é constituído de caixa Rittal, contendo 1 (uma) fonte modelo SITOP PSU200M, 1 (um) *gateway*² para conversão do sinal de comunicação de cada um dos sistemas de refrigeração, modelo K35402026O, e um CLP SIMATIC S7-1200, composto por 1 (uma) CPU 1212C e 1 (um) módulo CM 1241 RS422/485, além de 2 (dois) disjuntores modelo 5SX1 106-7 e 1 (um) disjuntor modelo 5SX1 110-7.

Foi realizado passagem de cabeamento elétrico entre a IHM de controle do sistema de refrigeração e o painel elétrico localizado no interior da sala elétrica, possibilitando comunicação do protocolo fechado da empresa Midea Carrier de modo

²Gateway é um componente responsável por estabelecer a comunicação entre duas diferentes redes, ou seja, viabiliza sistemas de comunicação através da conversão de protocolos de acordo com suas especificações (FILIPPETTI, 2006).

serial no padrão RS-485. Conforme orientação da mesma foi utilizado cabo blindado 2x0.5mm². A Figura 9 exemplifica a conexão elétrica realizada.

Figura 9 - Exemplo de conexão para comunicação com protocolo fechado das unidades condensadoras 38EX.



Fonte: adaptado do manual da unidade condensadora 38EX (2019).

Os *gateways* K35402026O recebem o sinal proveniente das unidades 38EX tendo a função de converter o protocolo fechado da empresa Midea Carrier para protocolo Modbus RTU, possibilitando assim a comunicação com o CLP SIMATIC S7-1200.

De acordo com o fabricante o padrão de frame de solicitação utilizado pelo *gateway*, segue o formato da Tabela 8.

Tabela 6- Frame de solicitação para unidades 38EX

Endereço	Função	Registrador Início	Nº de Registradores	CRC
1 byte	1 byte	2 bytes	2 bytes	2 bytes

Fonte: adaptado do manual do *gateway* K35402026 (2019).

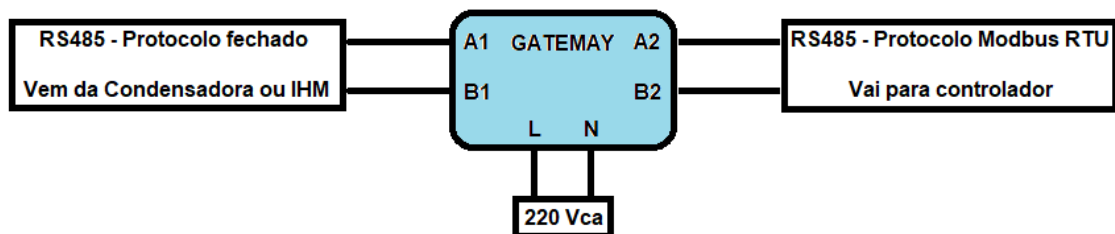
A configuração da DIP existente no *Gateway*, foi realizada conforme orientação do fabricante como segue a Tabela 9.

Tabela 7 - Configuração da DIP do *gateway*.

8	7	6	5	4	3	2	1	Descrição
Check		Taxa de Transmissão		Endereço				
0	0							Sem paridade, 2 stop bit
		0	1					9600
				0	0	0	0	Gateway endereço 1
				0	0	0	1	Gateway endereço 2
				até
				1	1	1	1	Gateway endereço 16

Fonte: adaptado do manual do *gateway* K35402026 (2019).

Na Figura 10 é demonstrado esquemático de ligação elétrica do *gateway*.

Figura 10 - Esquemático de ligação do *gateway* K35402026O.

Fonte: adaptado do manual do *gateway* K35402026 (2019).

3.3 Comunicação com unidades 38EX

Para o estabelecimento de comunicação com as unidades condensadoras 38EX é necessário que seja realizada conversão do protocolo de comunicação enviado pelas mesmas, já que este é um protocolo fechado utilizado pelo fabricante.

Para tal objetivo a empresa Carrier disponibiliza *gateway* específico, o qual converte o sinal de comunicação recebido do equipamento de refrigeração para protocolo Modbus RTU.

Através da utilização do protocolo Modbus RTU é possível acessar o valor de variáveis predefinidas pelo fabricante do equipamento conforme Tabelas 6 e 7.

Tabela 8 - Variáveis disponíveis para monitoramento da unidade condensadora mestre.

Variáveis (unidade condensadora mestre)
Tipo do Sistema
Código do Erro
Temperatura Externa
Temperatura Meio do Condensador
Temperatura de Sucção
Temperatura Descarga Comp.1
Temperatura Descarga Comp.2
Temperatura Dissipador Calor
Ajuste da DIP
Corrente Comp. 1
Corrente Comp. 2
Entradas Digitais (DI)
Saídas Digitais (DO)
Frequência Comp.
Corrente Comp.
Tensão Barramento DC
Velocidade Motor do Condensador
Calculo de Demanda
Temperatura Ambiente
Temperatura Ambiente
Versão <i>Software</i> Principal

Adaptado em: 05/08/2019 de CARRIER, 2014

Tabela 9 - Variáveis disponíveis para monitoramento das unidades condensadoras escravas 1 e 2.

Variáveis (unidade condensadora escrava 1)
Código do Erro
Temperatura Externa
Temperatura Meio do Condensador
Temperatura de Sucção
Temperatura Descarga Comp.1
Temperatura Descarga Comp.2
Ajuste da DIP
Corrente Comp. 1
Corrente Comp. 2
Entradas Digitais (DI)
Saídas Digitais (DO)
Velocidade Motor do Condensador

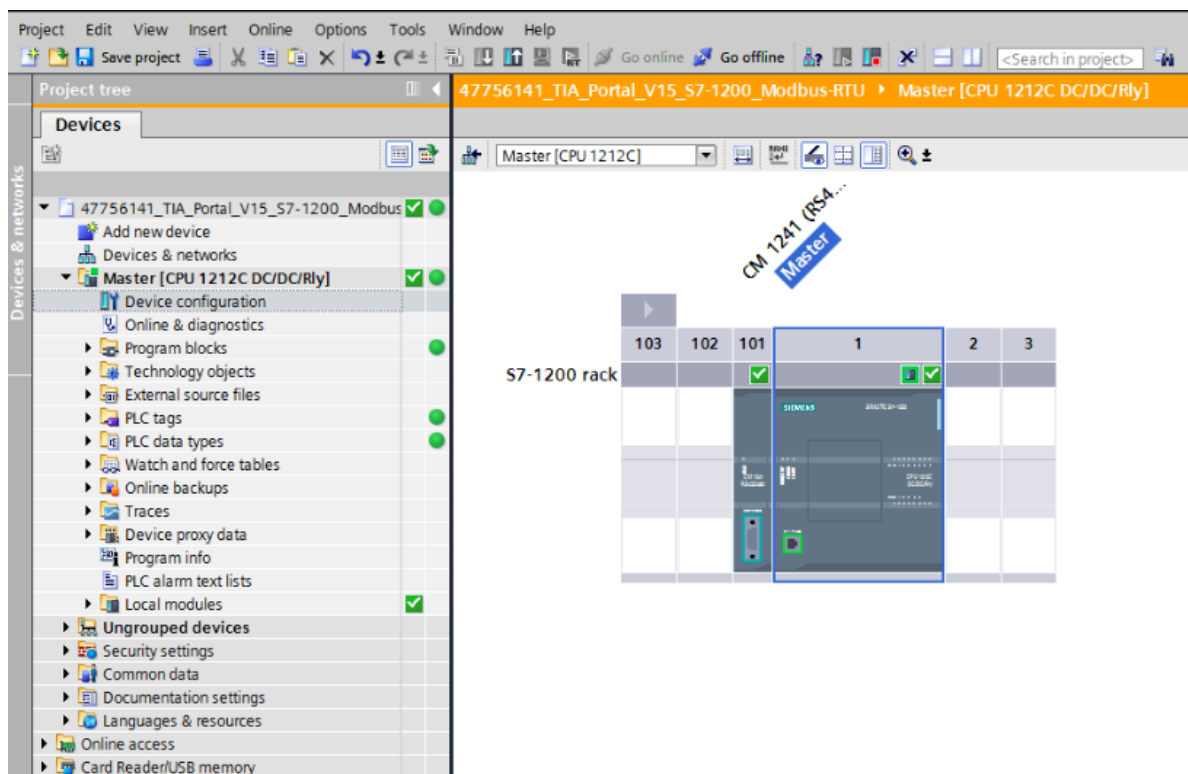
Adaptado em: 05/08/2019 de CARRIER, 2014

O sinal de saída do *gateway* em protocolo Modbus é enviado ao CLP SIMATIC S7-1200 que recebe este sinal através do módulo CM 1241 RS422/485 de forma serial no padrão RS-485. A conexão elétrica do cabeamento ao *gateway* é realizada via bornes, porém a ligação do cabeamento ao módulo CM 1241 RS422/485 necessita de um conector DB9 conforme demonstrado na Figura 4 do capítulo 2.

A primeira sala a ser realizado comunicação foi a sala elétrica número 3 (três) devido a mesma possuir 3 (três) unidades condensadoras, o que poderia apresentar maior complexidade. O sinal recebido pelo CLP S7-1200 foi acessado através do *software* de programação TIA Portal V15, o qual apresenta em sua biblioteca funções preestabelecidas para o processamento dos dados de uma rede em protocolo Modbus.

No *software* TIA Portal primeiramente foi declarado o hardware utilizado. Ao iniciar o *software* o mesmo realiza questionamento referente a CPU que será utilizada na aplicação, neste caso o modelo 1212C, sendo necessário declarar ainda o modulo de comunicação CM 1241 RS422/485, presente na biblioteca do *software*, como ilustrado na Figura 11.

Figura 11 - Declaração de hardware no *software* TIA Portal



Fonte: elaborada pelo autor (2019).

Nas configurações da CPU 1212C declarou-se o endereço de rede Ethernet TCP/IP, o qual foi definido como 172.20.243.3 seguindo padrão de endereçamento estabelecido pela empresa Duratex, visto que o endereçamento do equipamento é necessário para que o mesmo seja acessado pela rede de comunicação industrial da empresa, os demais endereços foram definidos conforme Tabela 10.

Tabela 10 - Endereço IP das salas elétricas.

Sala Elétrica	Endereço IP
Sala 1	172.20.243.1
Sala 2	172.20.243.2
Sala 3	172.20.243.3
Sala 4	172.20.243.4
Sala 5	172.20.243.5
Sala 6	172.20.243.6

Fonte: elaborada pelo autor (2019).

Além da CPU o modulo de comunicação CM 1241 deve ser configurado. Primeiramente deve ser selecionado o modo de operação, neste caso selecionado RS-485.

Os demais parâmetros foram configurados conforme características do escravo a ser acessado, neste caso seguiu-se as orientações do fabricante como pode ser visto na Figura 12.

Figura 12 - Parâmetros de configuração da CM 1241.

Operating mode

- Full duplex (RS422) 4-wire operation point to point
- Full duplex (RS422) 4-wire operation multipoint master
- Full duplex (RS422) 4-wire operation multipoint slave
- Half duplex (RS485) 2-wire operation

Receive line initial state

- None
- Bias with $R(B) > R(A) \geq 0V$

Wire break

- No wire-break check
- Enable wire-break check

Baud rate: 9.6 kbps

Parity: No parity

Data bits: 8 bits per character

Stop bits: 2

Fonte: elaborada pelo autor (2019).

Após a declaração do hardware utilizado foi realizada a programação, neste caso em linguagem *ladder*. Para parametrização do módulo de comunicação se utilizou o bloco Modbus Comm Load, disponível na biblioteca do *software* TIA Portal.

Tal bloco foi instalado na OB1 (Bloco de Organização) devido o mesmo ter a necessidade de ser chamado a todo o ciclo da CPU, foi necessário a configuração dos seguintes parâmetros para estabelecer uma comunicação Modbus com RS-485:

REQ – este parâmetro deve receber um pulso sempre que for necessário a configuração do módulo de comunicação, foi utilizado para acionamento deste parâmetro o bit temporário “#Initial_Call”.

PORT – neste parâmetro é configurado o endereço do modulo de comunicação CM 1241 RS422/485, sendo neste caso o 260.

BAUD – neste parâmetro é configurada a velocidade da rede em bits por segundo, conforme indicação do manual do *gateway* foi configurada a velocidade de 9600.

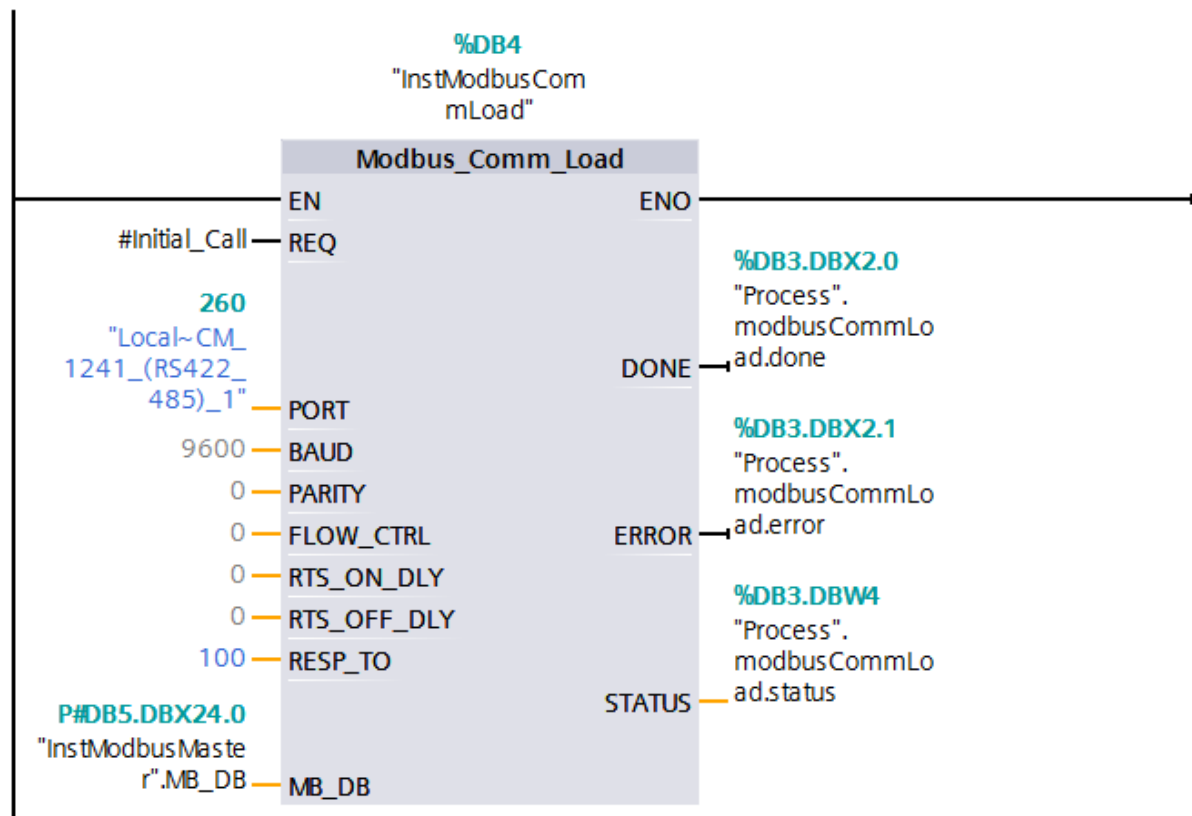
PARIDADE – conforme indicação do manual do *gateway* K35402026O este parâmetro foi configurado com o número 0 (zero), ou seja, sem paridade.

RESP TO – neste parâmetro se configura o tempo máximo em milissegundos que o Modbus deve esperar pela resposta de um escravo antes que seja considerado falha, este parâmetro não foi alterado, permanecendo com o valor pré-definido de 1000 (mil).

MB_DB – neste parâmetro deve ser indicado o bloco DB (Bloco de Dados) que será utilizado no bloco Modbus Master.

Na Figura 13 pode-se ver o exemplo de configuração utilizado no *software* TIA Portal.

Figura 13 - Declaração de bloco Modbus Comm Load no *software* TIA Portal.



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Após a configuração do módulo de comunicação é necessário o acesso aos valores dos registradores via protocolo Modbus RTU, desta forma foi utilizado módulo Modbus Master, disponível na biblioteca do *software* TIA Portal.

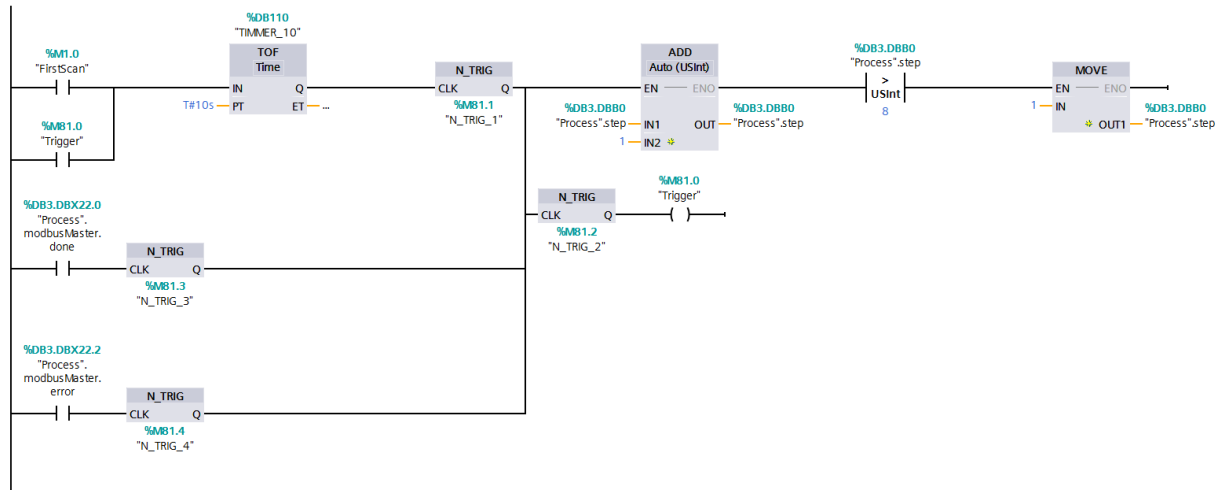
Foram inseridos na OB1 módulos Modbus Master para leitura de cada unidade condensadora, porém é possível a execução de apenas um único módulo por ciclo de CPU, sendo assim foi criado um contator para incrementar após a conclusão de execução de cada bloco, sendo um contador de passos, desta forma realizando a leitura de cada unidade condensadora de forma sequencial.

A configuração do módulo Modbus Master segue a seguinte configuração de parâmetros

REQ – este parâmetro quando acionado envia ao escravo um telegrama, foi utilizado para acionamento deste parâmetro um bit de memória chamado "trigger" o qual é acionado assim que o programa inicia ou assim que o módulo Modbus Master anterior gerar sinal de conclusão de processo sem que haja falha, evitando

congestionamento de solicitações de envios, na Figura 14 é demonstrada a lógica utilizada para contador de passos, assim como acionamento do “trigger”.

Figura 14 – Lógica para contador de passos e acionamento do bit “trigger”.



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

MB ADDR – este parâmetro se refere ao número do escravo na rede, sendo configurado em 2 (dois) conforme a configuração da DIP do *gateway*.

MODE – este parâmetro se refere ao modo de atuação sobre o escravo (ler ou escrever), sendo configurado em 0 (zero) para realização de leitura dos dados do mesmo.

DATA ADDR – este parâmetro indica o número dos dados do escravo a ser acessado, sendo uma combinação de código de função e do endereço, dependendo da característica do escravo.

A Tabela 11 mostra a combinação entre MODE e DATA ADDR realizada de acordo com especificações do manual do *gateway* para formar o endereçamento MODBUS.

Tabela 11 - Dados para configuração do parâmetro MB DATA ADDR.

Código de Função	Significado	Quant.	MB MODE	MB DATA ADDR
4	Leitura de entrada de registro (words)	1 a 125	0	3001 a 39999

Fonte: elaborado pelo autor (2019).

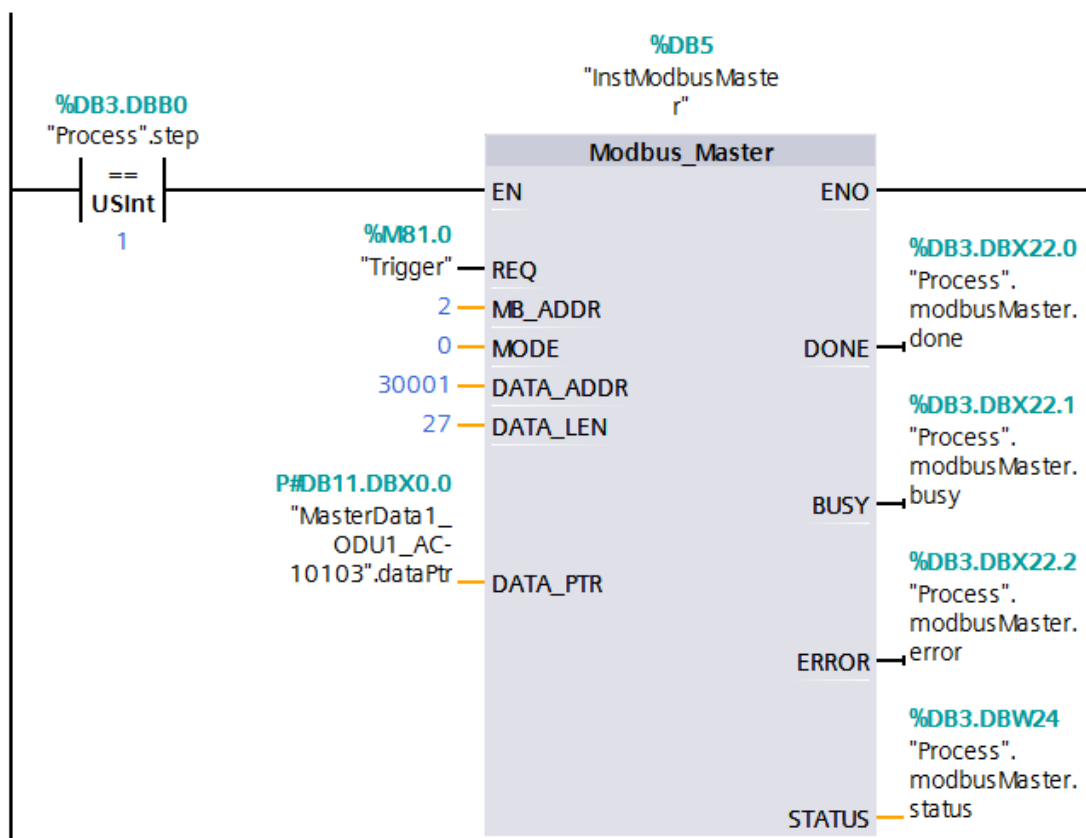
DATA LEN - este parâmetro deve indicar a quantidade de dados que serão acessados a partir do endereço inicial descrito em DATA ADDR, neste caso configurado em 27.

DATA PTR – neste parâmetro é indicado o endereço onde serão armazenados os dados Modbus que serão lidos ou escritos, sendo indicado a utilização de ponteiros, neste caso foi criada a DB11 para receber os dados de leitura.

Para energização do bloco Modbus Master foi utilizado comparador “process.step”. Conforme demonstrado na Figura 18 um contador de passos adiciona o valor 1 (um) após cada conclusão de leitura das variáveis de uma unidade condensadora sem que haja erros, desta forma será realizada a leitura do bloco referente a sua específica unidade condensadora apenas após a confirmação de leitura das variáveis da unidade condensadoras anterior.

Na Figura 15 pode ser visto exemplo de configuração utilizada no *software* TIA Portal para o módulo Modbus Master.

Figura 15 - Declaração de bloco Modbus Master no *software* TIA Portal.



Todas as variáveis são recebidas com tamanho de 16 bits, ou seja, no formato de um inteiro. Levando isto em consideração foi criada uma FC (Bloco de Função) para cada sistema de refrigeração com o intuito de converter os valores de acordo com suas grandezas físicas e salva-los em DBs específicas para cada sistema de refrigeração.

Nas DBs os valores já estão manipulados de forma a serem lidos pelo sistema OPC server, onde os valores de temperatura, velocidade e corrente elétrica são convertidos em reais, possibilitando a visualização dos valores com suas devidas casas decimais, assim como os sinais de entradas e saídas digitais são convertidos em bits, para leitura independente de cada acionamento conforme a lista de variáveis apresentadas nas Tabelas 3 e 4.

As diferenças na programação dos CLPs das demais salas elétricas foi referente ao número de sistemas de refrigeração e unidades condensadoras, sendo necessário a alteração na quantidade de módulos Modbus Master na OB1 e no número de FCs e DBs para organização das variáveis de acordo com a quantidade de unidades condensadoras, como pode ser visto nas Figuras 16 e 17.

Figura 16 - Estrutura organizacional dos projetos das salas elétricas 1, 2 e 3.

ArCondicionado_SR-01 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	ArCondicionado_SR-02 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	ArCondicionado_SR-03 [CPU 1212C DC/DC/Rly]
Device configuration	Device configuration	Device configuration
Online & diagnostics	Online & diagnostics	Online & diagnostics
Program blocks	Program blocks	Program blocks
Add new block	Add new block	Add new block
Main [OB1]	Main [OB1]	Main [OB1]
INTERFACE_VISU_AC-10097 [FC14]	INTERFACE1_VISU_AC-10099 [FC14]	INTERFACE_VISU_AC-10103 [FC14]
INTERFACE_VISU_AC-10098 [FC140]	INTERFACE2_VISU_AC10100 [FC140]	INTERFACE_VISU_AC-10104 [FC140]
Data_S7>>>VISU_AC-10097 [DB14]	INTERFACE3_VISU_AC10101 [FC16]	Data_S7>>>VISU_AC-10103 [DB14]
Data_S7>>>VISU_AC-10098 [DB140]	INTERFACE4_VISU_AC10102 [FC17]	Data_S7>>>VISU_AC-10104 [DB140]
Data_VISU>>>S7_MAQUINA 1 e 2 [DB15]	Data_S7>>>VISU_AC-10099 [DB14]	Data_VISU>>>S7_MAQUINA 1 e 2 [DB15]
MasterData1_ODU1_AC-10097 [DB11]	Data_S7>>>VISU_AC-10100 [DB140]	MasterData1_ODU1_AC-10103 [DB11]
MasterData2_ODU2_AC-10097 [DB12]	Data_S7>>>VISU_AC-10101 [DB16]	MasterData2_ODU2_AC-10103 [DB12]
MasterData3_ODU1_AC-10098 [DB21]	Data_S7>>>VISU_AC-10102 [DB17]	MasterData3_ODU3_AC-10103 [DB13]
MasterData4_ODU2_AC-10098 [DB22]	Data_VISU>>>S7_MAQUINA 1 e 2 [DB15]	MasterData4_ODU1_AC-10104 [DB21]
Process [DB3]	MasterData1_ODU1_AC-10099 [DB11]	MasterData5_ODU2_AC-10104 [DB22]
	MasterData2_ODU2_AC-10099 [DB12]	MasterData6_ODU3_AC-10104 [DB23]
	MasterData3_ODU3_AC-10099 [DB13]	
	MasterData4_ODU1_AC-10100 [DB21]	
	MasterData5_ODU2_AC-10100 [DB22]	
	MasterData6_ODU3_AC-10100 [DB23]	
	MasterData7_ODU1_AC-10101 [DB31]	
	MasterData8_ODU2_AC-10101 [DB32]	
	MasterData9_ODU1_AC-10102 [DB41]	
	MasterData10_ODU2_AC-10102 [DB42]	
	Process [DB3]	

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Figura 17 - Estrutura organizacional dos projetos das salas elétricas 4, 5 e 6.

ArCondicionado_SR04 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	ArCondicionado_SR05 [CPU 1212C DC/DC/Rly]	ArCondicionado_SR06 [CPU 1212C DC/DC/Rly]
Device configuration	Device configuration	Device configuration
Online & diagnostics	Online & diagnostics	Online & diagnostics
Program blocks	Program blocks	Program blocks
Add new block	Add new block	Add new block
Main [OB1]	Main [OB1]	Main [OB1]
INTERFACE_VISU_AC-10105 [FC14]	INTERFACE_VISU_AC-10107 [FC14]	INTERFACE_VISU_AC-10109 [FC14]
INTERFACE_VISU_AC-10106 [FC140]	INTERFACE_VISU_AC-10108 [FC140]	INTERFACE_VISU_AC-10110 [FC140]
Data_57>>>VISU_AC-10105 [DB14]	Data_57>>>VISU_AC-10107 [DB14]	Data_57>>>VISU_AC-10109 [DB14]
Data_57>>>VISU_AC-10106 [DB140]	Data_57>>>VISU_AC-10108 [DB140]	Data_57>>>VISU_AC-10110 [DB140]
Data_VISU>>>S7_MAQUINA 1 e 2 [DB15]	Data_VISU>>>S7_MAQUINA 1 e 2 [DB15]	Data_VISU>>>S7_MAQUINA 1 e 2 [DB15]
MasterData1_ODU1_AC10105 [DB11]	MasterData1_ODU1_AC-10107 [DB11]	MasterData1_ODU1_AC-10109 [DB11]
MasterData2_ODU2_AC-10105 [DB12]	MasterData2_ODU2_AC-10107 [DB12]	MasterData2_ODU2_AC-10109 [DB12]
MasterData3_ODU1_AC-10106 [DB21]	MasterData3_ODU1_AC-10108 [DB21]	MasterData3_ODU1_AC-10110 [DB21]
MasterData4_ODU2_AC-10106 [DB22]	MasterData4_ODU2_AC-10108 [DB22]	Process [DB3]
Process [DB3]	Process [DB3]	

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

3.4 Interface entre CLP e sistema SCADA

O modelo de CPU 1212C possui porta de comunicação possibilitando a utilização de Ethernet TCP/IP, sendo assim foi utilizado cabeamento Ethernet para conexão a *switch* 4200G de 24 portas, modelo 3CR17661-91.

Cada sala elétrica possui 1 (uma) unidade deste *switch* onde se tem acesso a rede de comunicação industrial da empresa Duratex. Os *switches* de todas as salas elétricas são interligados via fibra optica, possibilitando a troca de dados entre as mesmas.

Além das salas elétricas há pontos estratégicos onde possuem *switches* interligados com a rede industrial, sendo um destes pontos a sala de manutenção central da empresa Duratex, onde foi centralizado o monitoramento dos sistemas de refrigeração.

Devido aos CLPs e sistema SCADA utilizados apresentam fabricantes distintos, sendo Siemens e Rockwell, foi necessário a utilização de *software* OPC para interface entre estes, para possibilitar a leitura das variáveis dos sistemas de refrigeração.

Neste projeto foi utilizado a plataforma OPC KEPServerEX, onde após instalação em computador destinado ao monitoramento centralizado, foi necessário realizar a configuração de parâmetros e declaração das variáveis a serem utilizadas.

Os primeiros parâmetros se referem a configurações gerais sendo configurado de acordo com a Tabela 12.

Tabela 12 – Parâmetros gerais configurados no software KEPServerEX.

Parâmetros	Valores
Nome do Projeto	S7_1200
Drive	Siemens TCP/IP Ethernet
Adaptador de Rede	Realtek PCIe GbE Family Controller

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Após parametrizações gerais é necessário configuração de parâmetros para cada sala elétrica individualmente, como a indicação do IP configurado em seu respectivo CLP, conforme demonstrado na Tabela 13.

Tabela 13 – Parâmetros configurados para monitoramento da sala elétrica de número 1 (um).

Parâmetros	Valores
Nome	SR-01
Drive	Siemens TCP/IP Ethernet
Modelo	S7-1200
IP	172.20.243.1

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Na sequência é declarado individualmente cada variável de acordo com as Tabelas 3 e 4, na Tabela 14 é apresentado os parâmetros necessários.

Tabela 14 – Declaração de variável de temperatura externa da unidade condensadora 10098.1.

Parâmetros	Valores
Nome	AC_10098_1_DB140_DBD8_TEMPERATURA_EXTERNA
Endereço	DB140.DBD8
Modelo	Real
Acesso	Somente Leitura

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Ao todo a fábrica contém 14 unidades condensadoras mestres as quais possuem 21 variáveis medidas e 16 unidades condensadoras escravas as quais possuem 16 variáveis medidas, sendo assim foram totalizadas 550 variáveis declaradas no KEPServerEX, estas foram declaradas de forma estruturada entre salas elétricas e sistemas de refrigeração, como pode ser visto na Figura 18.

Figura 18 – Estrutura de declaração de variáveis no software KEPServerEX.

KEPServerEnterprise 6 Configuration [Connected to Runtime]

File Edit View Tools Runtime Help

Tag Name	Address	Data Type	Scan Rate	Scaling	Description
AC_10098_1_DB140_DBD8_TEMPERATURA_EXTERNA	DB140.DBD8	Float	100	None	TEMPERATURA EX...
AC_10098_1_DB140_DBD12_TEMPERATURA_MEIO_DO_CONDEN...	DB140.DBD12	Float	100	None	TEMPERATURA M...
AC_10098_1_DB140_DBD16_TEMPERATURA_DE_SUCCAO	DB140.DBD16	Float	100	None	TEMPERATURA DE ...
AC_10098_1_DB140_DBD20_TEMPERATURA_DE_DESCARGA_COM...	DB140.DBD20	Float	100	None	TEMPERATURA DE ...
AC_10098_1_DB140_DBD24_TEMPERATURA_DE_DESCARGA_COM...	DB140.DBD24	Float	100	None	TEMPERATURA DE ...
AC_10098_1_DB140_DBD28_TEMPERATURA_DISSIPADOR_CALOR...	DB140.DBD28	Float	100	None	TEMPERATURA DI...
AC_10098_1_DB140_DBD34_CORRENTE_COMPRESSOR_1	DB140.DBD34	Float	100	None	CORRENTE COMP...
AC_10098_1_DB140_DBD38_CORRENTE_COMPRESSOR_2	DB140.DBD38	Float	100	None	CORRENTE COMP...
AC_10098_1_DB140_DBD46_FREQUENCIA_COMPRESSOR_QUAN...	DB140.DBD46	Float	100	None	FREQUENCIA COM...
AC_10098_1_DB140_DBD50_CORRENTE_COMPRESSOR_QUAND...	DB140.DBD50	Float	100	None	CORRENTE COMP...
AC_10098_1_DB140_DBD54_TENSAO_BARRAMENTO_DC_QUAND...	DB140.DBD54	Float	100	None	TENSAO BARRAM...
AC_10098_1_DB140_DBD58_VELOCIDADE_MOTOR_DO_CONDENS...	DB140.DBD58	Float	100	None	VELOCIDADE MOT...
AC_10098_1_DB140_DBD62_CALCULO_DE_DEMANDA	DB140.DBD62	Float	100	None	CALCULO DE DEM...
AC_10098_1_DB140_DBD66_TEMPERATURA_AMBIENTE_RETORN...	DB140.DBD66	Float	100	None	TEMPERATURA A...
AC_10098_1_DB140_DBD70_TEMPERATURA_AMBIENTE_IHM_X_0_1	DB140.DBD70	Float	100	None	TEMPERATURA A...
AC_10098_1_DB140_DBD98_VERSAO_SOFTWARE	DB140.DBD98	Float	100	None	VERSAO SOFTWARE
AC_10098_1_DB140_DBW0_TIPO_DO_SISTEMA(HIGH)	DB140.DBW0	Word	100	None	TIPO DO SISTEMA ...
AC_10098_1_DB140_DBW2_TIPO_DO_SISTEMA(LOW)	DB140.DBW2	Word	100	None	TIPO DO SISTEMA ...
AC_10098_1_DB140_DBW4_CODIGO_ERRO	DB140.DBW4	Word	100	None	CODIGO ERRO
AC_10098_1_DB140_DBX33_0_DIP_1(TIPO_DE_ENDERECO)	DB140.DBX33.0	Boolean	100	None	DIP "1" (TIPO DE E...
AC_10098_1_DB140_DBX33_1_DIP_2(TIPO_DE_ENDERECO)	DB140.DBX33.1	Boolean	100	None	DIP "2" (TIPO DE E...
AC_10098_1_DB140_DBX33_2_DIP_3(CAPACIDADE_0=10/1-15To...	DB140.DBX33.2	Boolean	100	None	DIP "3" (CAPACID...
AC_10098_1_DB140_DBX33_3_DIP_4(QUANTIDADE_DE_ODUs_0=...	DB140.DBX33.3	Boolean	100	None	DIP "4" (QUANTID...
AC_10098_1_DB140_DBX33_4_DIP_5(TIPO_0=INVERTER/1=FIXA)	DB140.DBX33.4	Boolean	100	None	DIP "5" (TIPO 0=IN...
AC_10098_1_DB140_DBX33_5_DIP_6(TENSAO_0=220V/1=380-44...	DB140.DBX33.5	Boolean	100	None	DIP "6" (TENSAO 0...
AC_10098_1_DB140_DBX33_6_DIP_RESERVA	DB140.DBX33.6	Boolean	100	None	DIP "RESERVA"
AC_10098_1_DB140_DBX33_7_DIP_RESERVA	DB140.DBX33.7	Boolean	100	None	DIP "RESERVA"
AC_10098_1_DB140_DBX43_0_ENTRADA_DIGITAL_1(NOT_USED)	DB140.DBX43.0	Boolean	100	None	ENTRADA DIGITAL...
AC_10098_1_DB140_DBX43_1_ENTRADA_DIGITAL_2(NOT_USED)	DB140.DBX43.1	Boolean	100	None	ENTRADA DIGITAL...
AC_10098_1_DB140_DBX43_2_ENTRADA_DIGITAL_3(0=10 ou 15...	DB140.DBX43.2	Boolean	100	None	ENTRADA DIGITAL...
AC_10098_1_DB140_DBX43_3_ENTRADA_DIGITAL_4(EMERGENCIA)	DB140.DBX43.3	Boolean	100	None	ENTRADA DIGITAL...
AC_10098_1_DB140_DBX43_4_ENTRADA_DIGITAL_5(PRESSAO_BA...	DB140.DBX43.4	Boolean	100	None	ENTRADA DIGITAL...
AC_10098_1_DB140_DBX43_5_ENTRADA_DIGITAL_6(PRESSAO_AL...	DB140.DBX43.5	Boolean	100	None	ENTRADA DIGITAL...
AC_10098_1_DB140_DBX45_0_SAIDA_DIGITAL_1(LIGA_COMPRES...	DB140.DBX45.0	Boolean	100	None	SAIDA DIGITAL 1 (...)
AC_10098_1_DB140_DBX45_1_SAIDA_DIGITAL_2(LIGA_COMPRES...	DB140.DBX45.1	Boolean	100	None	SAIDA DIGITAL 2 (...)
AC_10098_1_DB140_DBX45_2_SAIDA_DIGITAL_3(NOT_USED)	DB140.DBX45.2	Boolean	100	None	SAIDA DIGITAL 3 (...)
AC_10098_1_DB140_DBX45_3_SAIDA_DIGITAL_4(LIGA_VENTILAD...	DB140.DBX45.3	Boolean	100	None	SAIDA DIGITAL 4 (...)
AC_10098_1_DB140_DBX45_4_SAIDA_DIGITAL_5(LIGA_AQUECIME...	DB140.DBX45.4	Boolean	100	None	SAIDA DIGITAL 5 (...)

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

3.5 Representação ilustrativa

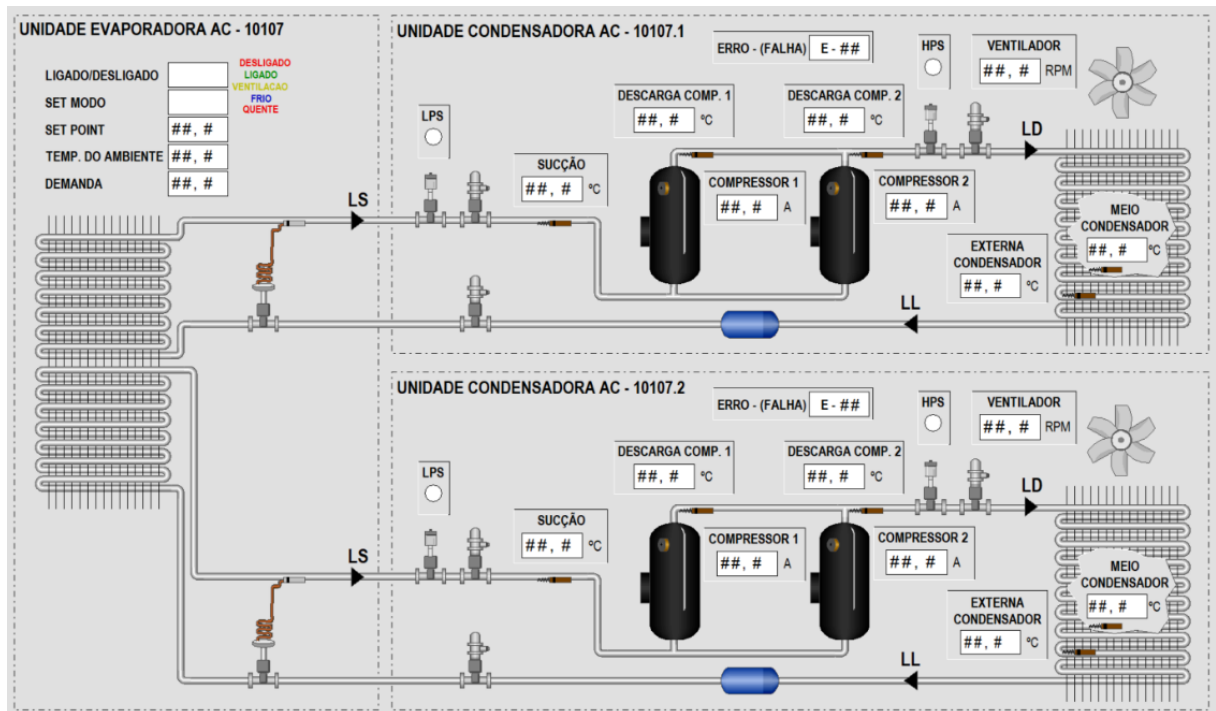
Com todas as variáveis disponíveis através do *server* OPC foi iniciado a configuração do sistema SCADA FactoryTalk View SE.

Na versão Studio, há a possibilidade de criação de telas ilustrativas, onde inicialmente foi necessária a vinculação de um nó de comunicação, sendo selecionado um hospedeiro para leitura de variáveis, onde é necessário indicar a utilização do servidor OPC, neste caso sendo o KEPServerEX, assim todas as variáveis ficam disponíveis para utilização na biblioteca do *software* FactoryTalkView Studio.

A versão FactoryTalkView Studio possui ferramentas de desenho, como inserção de formas geométricas, possibilidade de importação de imagens, biblioteca própria com inúmeros componentes, além da opção de desenho livre, permitindo a criação de inúmeras telas dependendo da criatividade do usuário.

Para representar o sistema de refrigeração de maneira simples e de fácil entendimento a elaboração da arte foi baseada na Figura 7, buscando similaridade com o manual das unidades condensadoras 38EX, onde todos os componentes físicos são representados de forma ilustrativa, como pode ser visto na Figura 19.

Figura 19 – Representação do sistema de refrigeração da sala elétrica de número 5 (cinco).



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Pode ser observado na Figura 25 a ilustração de um dos sistemas de refrigeração da sala elétrica de número 5 (cinco), o qual é constituído por uma unidade evaporadora a qual possui como identificação a tag AC-10107 e duas unidades condensadoras respectivamente identificadas com as tags AC-10107.1 e AC-10107.2.

As linhas pontilhadas delimitam os componentes de cada equipamento, na unidade evaporadora foram inseridos displays constando as indicações da Tabela 15.

Tabela 15 – Descrição dos displays presentes na unidade evaporadora.

Display	Descrição
Ligado/Desligado	Indicação se a unidade evaporadora está ligada
Set Modo	Indicação o modo em que está operando o sistema (aquecimento, resfriamento, ventilação)
Set Point	Indicação a temperatura desejada
Temp. do Ambiente	Indicação a temperatura em que se encontra o ambiente interno da sala
Demanda	Indicação percentual da demanda que está sendo exigida do sistema

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Em cada unidade evaporadora foram inseridos displays constando as indicações da Tabela 16.

Tabela 16 - Descrição dos displays presentes na unidade condensadora.

Display	Descrição
LPS	Indicação do pressostato de baixa pressão
HPS	Indicação do pressostato de alta pressão
SUCÇÃO	Indicação temperatura de sucção
DESCARGA COMP. 1	Indicação da temperatura de descarga do compressor 1
DESCARGA COMP. 2	Indicação da temperatura de descarga do compressor 2
EXTERNA CONDENSADOR	Indicação da temperatura Externa do condensador
MEIO CONDENSADOR	Indicação da temperatura no meio do condensador
COMPRESSOR 1	Corrente elétrica do compressor 1
COMPRESSOR 2	Corrente elétrica do compressor 2
VENTILADOR	Velocidade de rotação do ventilador
ERRO (FALHA)	Código do erro ativo no condensador

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Foram criadas animações para os pressostato de alta e baixa pressão, onde apresentando condições normais de pressão no sistema sua indicação se apresenta na cor verde, todavia ao extrapolar a pressão configurada no sensor sua indicação altera para a cor vermelha.

Caso haja código de erro ativo na unidade condensadora foi criada animação para que o respectivo display altere sua cor de fundo para vermelha, onde ao clicar sobre o mesmo abrirá o manual do equipamento na página referente a diagnóstico de erros conforme manual da empresa Carrier, apresentando as possíveis causas e soluções.

Foram criadas 1 (uma) tela para cada sala elétrica representando o sistema de refrigeração de acordo com os equipamentos existentes, onde basicamente a diferença entre telas consiste na quantidade de unidades evaporadoras e unidades condensadoras presentes em cada sistema.

Foi necessária a criação de 2 (duas) telas para representar o sistema de refrigeração da sala elétrica de número 2 (dois), devido a mesma apresentar o maior número de equipamentos instalados dentre as demais salas.

3.6 Custos

Os custos em projetos são de relevância para confirmar a viabilização do mesmo, sendo necessário alcançar o equilíbrio entre os valores financeiros disponíveis para execução e uma boa qualidade das instalações.

Para este projeto foram utilizados 6 (seis) caixas Rittal modelo AX 1077.000, onde constam os dispositivos responsáveis por receber, converter e transmitir os dados das unidades condensadora 38EX.

Cada caixa possui 2 (dois) disjuntores, modelo 5SX1 106-7 para a proteção em corrente alternada e 1 (um) disjuntor modelo 5SX1 110-7 para proteção em corrente contínua. Estas possuem fonte modelo SITOP PSU200M, utilizada para alimentação elétrica do CLP.

Em geral cada caixa também possui 1 (um) *gateway* modelo K35402026O, com exceção da caixa instalada na sala elétrica número 2 (dois) que possui maior quantidade de unidades condensadoras 38EX, sendo necessário a utilização de 4 (quatro) *gateways*.

Todos os quadros elétricos contêm 1 (uma) CPU S7-1200 modelo 1212C em conjunto com 1 (um) módulo de comunicação CM 1241.

Para a elaboração do projeto de monitoramento remoto foi necessário a aquisição de *software* FactoryTalk View SE station, neste caso adquirido licença para 100 (cem) telas, em virtude de planejamento de futuras ampliações.

Da mesma forma é necessário a aquisição de server OPC para realização da interface entre *software* de CLP e *sistema SCADA*. Neste caso adquirido licença do software KEPServerEX.

Os materiais utilizados na infraestrutura elétrica como eletroduto galvanizado, cabeamento e fiação elétrica, são itens de estoque da empresa, sendo assim foram considerados valores financeiros médios cadastrados no sistema.

Segundo dados disponibilizados pela Duratex é possível perceber na Tabela 12 os custos financeiros necessários para viabilizar o projeto de monitoramento remoto utilizando os equipamentos mencionados anteriormente.

Estabelecendo relação entre o valor de R\$52,585,50 necessário para viabilização do projeto de monitoramento remoto com o valor de R\$1.483.189,00 investido na instalação dos equipamentos de refrigeração das salas elétricas, o qual foi mencionado no capítulo de introdução, conclui-se que o presente projeto corresponde a acréscimo de 3,5% do valor total.

Tabela 17 - Custos financeiros para viabilização do projeto de monitoramento remoto.

Item	Quant.	Custo Unitário	Custo Total
Quadro Elétrico Rittal	6	R\$ 1.036,00	R\$ 6.216,00
Disjuntor 5SX1 106-7	12	R\$ 26,78	R\$ 321,36
Disjuntor 5SX1 110-7	6	R\$ 32,49	R\$ 194,94
Fonte Siemens SITOP PSU200M	6	R\$ 1.152,35	R\$ 6.914,10
CPU S7-1200 1212C	6	R\$ 1.324,97	R\$ 7.949,82
Módulo de Comunicação CM 1241	6	R\$ 633,05	R\$ 3.798,30
Gateway K35402026O	14	R\$ 432,48	R\$ 6.054,72
Licença FactoryTalk View SE Station	1	R\$ 9.750,80	R\$ 9.750,80
Licença KEPServerEX	1	R\$ 8.385,46	R\$ 8.385,46
Materiais Elétricos	1	R\$ 3.000,00	R\$ 3.000,00
TOTAL			R\$ 52.585,50

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4 METODOLOGIA

4.1 Etapas do projeto

Para viabilização do projeto de monitoramento remoto dos equipamentos de refrigeração inicialmente foi necessário realizar a coleta dos dados provenientes das unidades condensadoras. Esses dados são transmitidos por protocolo de comunicação fechada da empresa Carrier, ou seja, de propriedade do fabricante.

Para isso foi necessário a instalação de infraestrutura elétrica para passagem de cabeamento entre as unidades condensadoras localizadas no exterior de cada sala elétrica até o sistema de processamento dos dados localizado no interior destas salas.

Para isso foram instalados painéis elétricos, compostos por *gateways* que possuem a função de converter o protocolo fechado da empresa Carrier em protocolo Modbus RTU. Posteriormente este protocolo foi convertido em protocolo TCP/IP através de CLPs onde foram utilizados modelos da família S71200 da Siemens para integração dos dados a rede industrial da empresa utilizando *switches* já existentes.

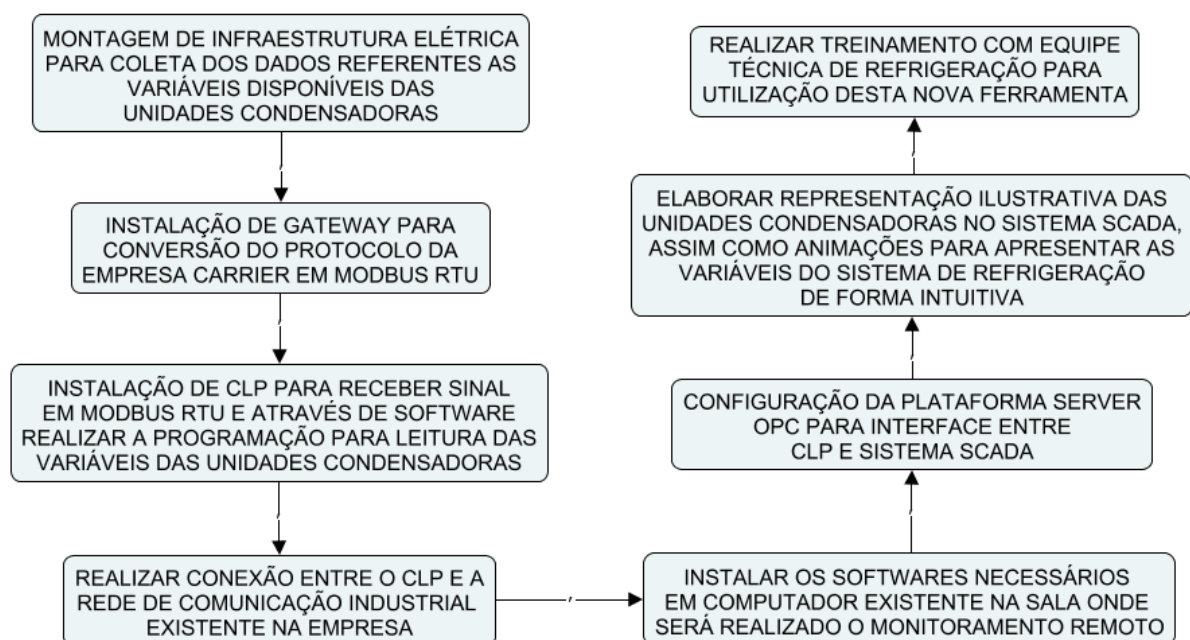
Nestes CLPs foram realizadas as programações necessárias através do *software* TIA Portal para processamento dos dados e envio dos valores de variáveis medidas das unidades condensadoras até a unidade de monitoramento remoto.

Com o sistema de comunicação concluído todas as variáveis foram declaradas no *software* KEPServerEX, possibilitando a comunicação com *software* SCADA FactoryTalk View da Rockwell Automation.

No *software* FactoryTalk View foi criado supervisor onde foram representadas as unidades condensadoras de forma ilustrativa a fim de apresentar a visualização dos valores das variáveis físicas dos equipamentos de refrigeração de forma intuitiva.

Ao final o monitoramento remoto foi apresentado ao departamento de manutenção da Duratex e realizado treinamento com equipe técnica de refrigeração para que pudesse haver o melhor proveito desta ferramenta. O diagrama de blocos da Figura 20 representa de forma resumida as etapas do projeto.

Figura 20 - Diagrama de blocos com as etapas do projeto.



Fonte: elaborado pelo autor (2020).

4.2 Materiais

Para a escolha dos materiais a serem utilizados neste projeto levou-se em consideração principalmente os padrões estabelecidos pela empresa Duratex, a qual tem predefinido fabricantes e marcas de equipamentos para aplicações específicas, visando otimizar o controle de seu estoque, além de manter a equipe técnica de manutenção atualizada com treinamentos de tais equipamentos.

4.2.1 Caixa Rittal

Seguindo padrão de painéis elétricos das instalações da Duratex, foi utilizado para o presente projeto caixa da fabricante Rittal, a qual apresenta conformidade com a norma IEC 62208 estabelecendo os requisitos de segurança para invólucros vazios destinados a conjunto de manobra e controle de baixa tensão.

Tal caixa apresenta altura e largura de 760mm com profundidade de 300mm, sendo estas dimensões consideradas adequadas para que o painel possua espaço reserva para futuras ampliações do sistema.

É confeccionado em chapa de aço com porta única onde há 2 (dois) fechos de lingueta para fechamento, possuindo incorporado placa de montagem, configurando assim o modelo AX 1077.000, onde pode ser visto imagem ilustrativa na Figura 21.

Figura 21 - Imagem ilustrativa de painel utilizado.



Adaptado em: 02/11/2019 de RITTAL, 2019.

4.2.2 Fonte SITOP

Seguindo padrão de componentes eletrônicos das instalações da Duratex, foi utilizado para o presente projeto fonte de alimentação da fabricante Siemens, sendo utilizado modelo SITOP PSU200M como ilustrada na Figura 22, a qual possui

alimentação de tensão alternada de 110 a 220V e saída de tensão contínua de 24V com capacidade de saída de corrente contínua de 10A.

Figura 22 - Fonte de tensão contínua da família SITOP.



Fonte: SIEMENS (2016).

4.2.3 Gateway K35402026O

Para a conversão do protocolo fechado da empresa Carrier em protocolo Modbus foi utilizado *gateway* disponibilizado pela empresa Carrier modelo K35402026O apresentado na Figura 23.

Figura 23 - Gateway modelo K35402026O.



Fonte: CARRIER (2014)

4.2.4 CLP S7-1200

Seguindo padrão de equipamentos de automação das instalações da Duratex, foi utilizado para o presente projeto CLPs da fabricante Siemens, da família de produtos S7-1200, a qual apresenta melhor custo benefício para aplicações de pequeno e médio porte.

As unidades de processamento desta família possuem entradas e saídas integradas, sendo modular, possibilitando o acréscimo de módulos de leituras de variadas grandezas físicas conforme a necessidade do cliente, sendo assim para esta aplicação foi definido o modelo de CPU 1212C, a qual possui 50kB de memória, apresentando 6 (seis) entradas digitais de tensão contínua de 24V, 6 (seis) saídas a relé e 2 (duas) entradas analógicas de tensão contínua de 0 a 10V.

Este modelo de CPU apresenta disponibilidade de comunicação através de rede *Profinet* (ethernet com norma aberta TCP/IP) possuindo 1 (uma) porta RJ45, além de possibilidade de adição de módulos de comunicação CM conforme a Figura 24, possibilitando a comunicação através de diferentes meios físicos como RS-232/RS-485, assim, nesta aplicação se utilizou o módulo de comunicação CM 1241 que possibilita a utilização de RS-232 ou RS-485.

Figura 24 - CLP S7 1200 com módulos CM.



Fonte: SIEMENS (2019).

4.2.5 Disjuntores 5SX

Seguindo padrão de componentes elétricos das instalações da Duratex, foi utilizado para o presente projeto disjuntores monopolares da fabricante Siemens, da família de produtos 5SX conforme Figura 10.

De acordo com manual da fonte SITOP PSUM200 foi utilizado disjuntor modelo 5SX1 106-7, o qual possui valor nominal de tensão alternada de 220V, corrente alternada de 6A, curva de atuação tipo C e capacidade de curto-circuito de 5kA. Os mesmos foram utilizados para os *gateways* K35402026O.

De acordo com manual da fonte CPU S7-1200 foi utilizado disjuntor modelo 5SX1 110-7, o qual possui valor nominal de tensão contínua de 24V, corrente contínua nominal de 10A, curva de atuação tipo C e capacidade de curto-circuito de 15kA.

Figura 25 - Disjuntor monopolar da família 5SX.



Fonte: SIEMENS (2016).

4.2.6 TIA Portal

Para programação do CLP S7-1200 a Duratex possui a licença do *software* TIA Portal versão 15, o qual é utilizado em diversas aplicações envolvendo equipamentos da fabricante Siemens, integrando componentes indispensáveis na área de automação como programação, sistema de supervisão, drives e periféricos descentralizados em um unico *software*. Possui grandes bibliotecas se tornando mais intuitivo, facilitando a sua utilização, além de possibilidade de simulações.

4.2.7 KEPServerEX

Para realizar a interface dos dados provenientes do CLP com o *sistema SCADA* foi definido a utilização do server OPC da desenvolvedora Kepware, especificamente a plataforma OPC server KEPServerEX, sendo este já utilizado em demais aplicações da Duratex.

Tal sistema OPC é compatível com diversas *softwares* de automação, possibilitando a comunicação entre diferentes marcas conhecidas do mercado.

4.2.8 FactoryTalk View

Para geração de supervisórios a Duratex utiliza sistema SCADA da desenvolvedora Rockwell Automation, onde a maioria dos processos da empresa utiliza o *software* RSView 32.

Para este projeto foi utilizado *software* FactoryTalk View sendo uma poderosa ferramenta de supervisão SCADA desenvolvida pela Rockwell Automation, sucessora da versão RSView 32.

É utilizada para realizar a interface entre homem e máquina. Proporcionando gráficos de alta qualidade, assim possibilitando ao usuário gerenciamento de processos de grande porte, através de um sistema intuitivo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

Para a confirmação da veracidade das informações foi utilizado *software* TIA Portal, onde é possível acessar os valores declarados nas DBs em tempo real. Assim, no interior de cada sala elétrica foram comparados os valores obtidos via *software* com os valores apresentados nas IHMs dos sistemas de refrigeração. Desta forma foram validadas as leituras das variáveis de todas as unidades condensadoras 38EX, como pode ser visto nas Figuras 26 e 27.

Figura 26 - Imagem do *software* TIA Portal com a leitura dos dados de unidade 38EX mestre.

MasterData_ODU1_MAQ1											
	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static										
2	dataPtr	"typeDataPtr"	0.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Data area used to communicate with the Modbus slave
3	send	"typeDataPtr"	54.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	receive	"typeDataPtr"	108.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	data	Array[0..26] of ...	108.0								
6	data[0]	Int	108.0	0	261		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TIPO DO SISTEMA (VER EM HEXA)
7	data[1]	Int	110.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CODIGO ERRO
8	data[2]	Int	112.0	0	27		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA EXTERNA
9	data[3]	Int	114.0	0	42		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA MEIO DO CONDENSADOR
10	data[4]	Int	116.0	0	6		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA DE SUCCAO
11	data[5]	Int	118.0	0	84		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA DE DESCARGA COMPRESSOR 1
12	data[6]	Int	120.0	0	85		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA DE DESCARGA COMPRESSOR 2
13	data[7]	Int	122.0	0	-55		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA DISSIPADOR CALOR (QUANDO INVERTER)
14	data[8]	Int	124.0	0	48		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		AJUSTE DA DIP
15	data[9]	Int	126.0	0	43		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CORRENTE COMPRESSOR 1 (FIXO) X 0,25
16	data[10]	Int	128.0	0	43		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CORRENTE COMPRESSOR 2 (FIXO) X 0,25
17	data[11]	Int	130.0	0	2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ENTRADAS DIGITAIS (DI) BITS-0 SIGNIFICA ENTRADAS 6-1
18	data[12]	Int	132.0	0	15		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		SAIDAS DIGITAIS (DO) BIT4-0 SIGNIFICA SAIDAS 5-1
19	data[13]	Int	134.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		FREQUENCIA COMPRESSOR (QUANDO INVERTER)
20	data[14]	Int	136.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CORRENTE COMPRESSOR (QUANDO INVERTER)
21	data[15]	Int	138.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TENSAO BARRAMENTO DC (QUANDO INVERTER)
22	data[16]	Int	140.0	0	852		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		VELOCIDADE MOTOR DO CONDENSADOR (RPM)
23	data[17]	Int	142.0	0	92		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CALCULO DE DEMANDA
24	data[18]	Int	144.0	0	-55		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA AMBIENTE(RETORNO-AI8) X 0,1
25	data[19]	Int	146.0	0	222		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA AMBIENTE(IHM) X 0,1
26	data[20]	Int	148.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
27	data[21]	Int	150.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
28	data[22]	Int	152.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
29	data[23]	Int	154.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
30	data[24]	Int	156.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
31	data[25]	Int	158.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
32	data[26]	Int	160.0	0	12		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		VERSAO SOFTWARE

Fonte: elaborado pelo autor (2020).

Figura 27 - Imagem do *software* TIA Portal com a leitura dos dados de unidade 38EX escrava.

MasterData_ODU2_MQ1											
	Name	Data type	Offset	Start value	Monitor value	Retain	Accessible f...	Writa...	Visible in ...	Setpoint	Comment
1	Static										
2	dataPtr	*typeDataPtr	0.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		Data area used to communicate with the Modbus slave
3	send	*typeDataPtr	54.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
4	receive	*typeDataPtr	108.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
5	data	Array[0..26] of Int	108.0				<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		
6	data[0]	Int	108.0	0	256		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA (TIPO DO SISTEMA (VER EM HEXA))
7	data[1]	Int	110.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CODIGO ERRO
8	data[2]	Int	112.0	0	28		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA EXTERNA
9	data[3]	Int	114.0	0	32		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA MEIO DO CONDENSADOR
10	data[4]	Int	116.0	0	16		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA DE SUCCAO
11	data[5]	Int	118.0	0	61		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA DE DESCARGA COMPRESSOR 1
12	data[6]	Int	120.0	0	32		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		TEMPERATURA DE DESCARGA COMPRESSOR 2
13	data[7]	Int	122.0	0	-55		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
14	data[8]	Int	124.0	0	50		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		AJUSTE DA DIP
15	data[9]	Int	126.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CORRENTE COMPRESSOR 1 (FIXO) X 0,25
16	data[10]	Int	128.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		CORRENTE COMPRESSOR 2 (FIXO) X 0,25
17	data[11]	Int	130.0	0	2		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		ENTRADAS DIGITAIS (DI) BITS-0 SIGNIFICA ENTRADAS 6-1
18	data[12]	Int	132.0	0	72		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		SAIDAS DIGITAIS (DO) BIT4-0 SIGNIFICA SAIDAS 5-1
19	data[13]	Int	134.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
20	data[14]	Int	136.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
21	data[15]	Int	138.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
22	data[16]	Int	140.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		VELOCIDADE MOTOR DO CONDENSADOR (RPM)
23	data[17]	Int	142.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
24	data[18]	Int	144.0	0	-55		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA (TEMPERATURA AMBIENTE(RETORNO-AIB) X 0,1)
25	data[19]	Int	146.0	0	221		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA (TEMPERATURA AMBIENTE(IHM) X 0,1)
26	data[20]	Int	148.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
27	data[21]	Int	150.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
28	data[22]	Int	152.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
29	data[23]	Int	154.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
30	data[24]	Int	156.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
31	data[25]	Int	158.0	0	0		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		RESERVA
32	data[26]	Int	160.0	0	12		<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>	<input checked="" type="checkbox"/>		VERSAO SOFTWARE

Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Após a confirmação da veracidade dos dados monitorados os mesmos foram vinculados as animações criadas no *software* FactoryTalk View, utilizando biblioteca criada a partir do *software* KEPServerEX conforme citado na seção 4.5. As imagens de cada sala elétrica em funcionamento podem ser vistas nos Apêndices A, B, C, D, E, F e G.

Com a conclusão das telas ilustrativas foi realizado treinamento com a equipe técnica de refrigeração e supervisor da área de manutenção da empresa Duratex, onde foram informados os significados de cada representação ilustrativa e variáveis monitoradas, além do modo de navegação entre telas e acesso a diagnóstico de falhas conforme descrito no capítulo 4.5, como pode ser observado na Figura 28.

Figura 28 - Equipe técnica de refrigeração realizando monitoramento através do supervísório.



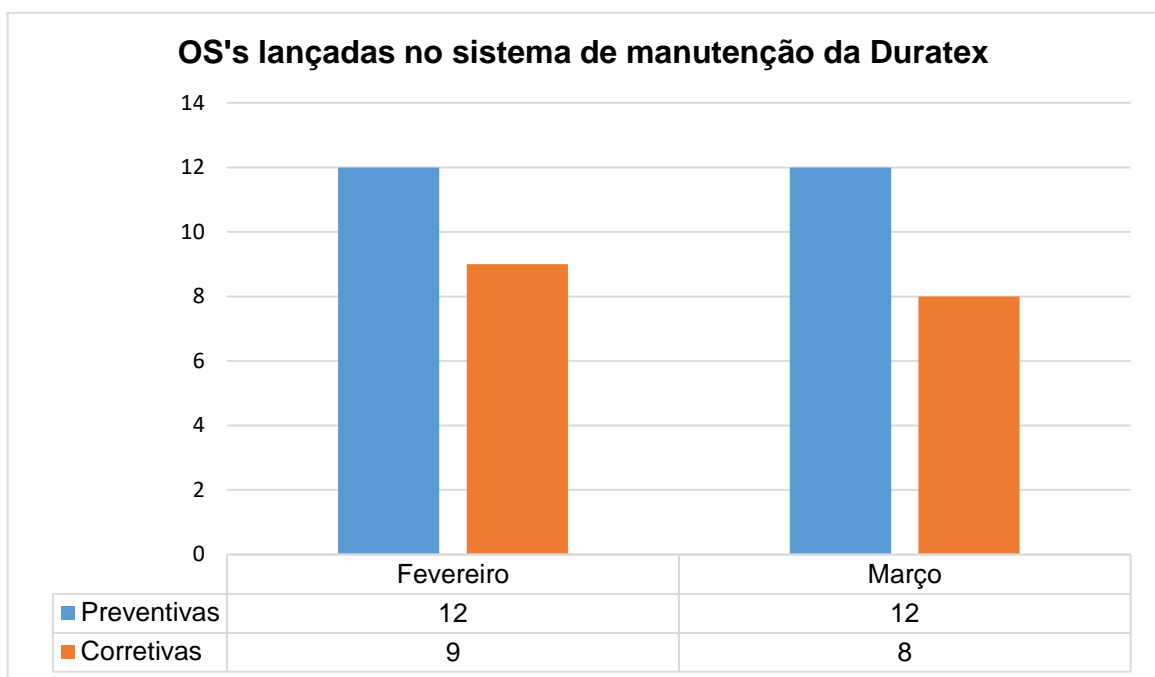
Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

A equipe técnica de refrigeração foi instruída a acessar o supervísório como a primeira atividade diária, para que possa ser realizado levantamento de possíveis falhas e desta forma atuar de maneira assertiva na manutenção dos equipamentos de refrigeração.

Da mesma forma foi solicitado que o supervisor responsável pela área de utilidades da Duratex, a qual engloba os sistemas de refrigeração da empresa, realize diariamente a análise de possíveis falhas via supervísório e informe o setor de Planejamento e Controle de Manutenção (PCM) para que sejam geradas Ordens de Serviço (OS) destinadas aos técnicos de refrigeração, buscando prevenir possíveis defeitos nos equipamentos de refrigeração e desta forma possa ser criado histórico de manutenções realizadas.

Anteriormente a utilização do sistema de monitoramento remoto a equipe técnica de refrigeração realizava como manutenções preventivas a limpeza quinzenal dos equipamentos de refrigeração de cada sala elétrica, totalizando 12 (doze) manutenções preventivas mensais, além das manutenções corretivas devido a elevação das temperaturas das salas elétricas o que causava anomalias nos equipamentos eletrônicos presentes no interior destas salas, como pode ser observado no Gráfico 1.

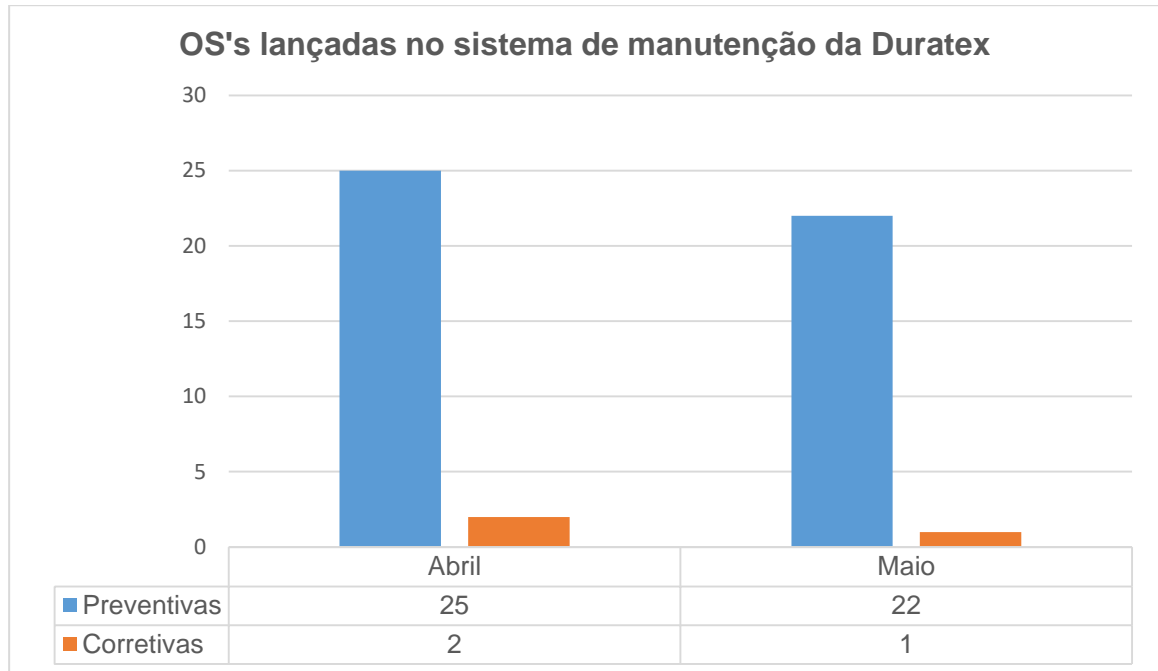
Gráfico 1 - OS's executadas nos meses de fevereiro e março referentes aos equipamentos de refrigeração das salas elétricas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

Nos meses seguintes com o auxílio do monitoramento remoto o número das manutenções preventivas aumentou de 12 (doze) para 25 (vinte e cinco) no mês de abril e de 12 (doze) para 22 (vinte e duas) no mês de maio, onde incluem além de limpezas, a reposição de gás refrigerante, substituição de sensores defeituosos e análise de falhas diversas indicadas através do supervisor. Com isso as manutenções corretivas que representam a elevação da temperatura das salas elétricas diminuíram para apenas 2 (duas) em abril e 1 (uma) em maio, como pode ser observado no gráfico 2.

Gráfico 2 - OS's executadas nos meses de abril e maio referentes aos equipamentos de refrigeração das salas elétricas.



Fonte: Elaborado pelo Autor (2020).

6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Os sistemas de refrigeração de ambientes industriais apresentam alto custo para aquisição e implementação, onde ferramentas que auxiliem no monitoramento destes sistemas se tornam relevantes, contribuindo em manutenções preventivas e consequentemente aumentando a vida útil dos equipamentos envolvidos.

Com a elaboração do projeto de monitoramento remoto dos equipamentos de refrigeração apresentado neste trabalho foi possível a visualização em tempo real de variáveis físicas que anteriormente eram monitoradas em loco, assim além da agilidade na coleta de informações, foi possível aumentar a segurança na execução das atividades da equipe técnica de refrigeração, evitando a exposição as altas temperaturas e pressões presentes no sistema de refrigeração.

Foi tomado o cuidado de manter o cabeamento de comunicação RS485 isolado de demais instalações que pudessem comprometer seu funcionamento, como cabos alimentadores elétricos de demais equipamentos, assim esse meio de comunicação evidenciou bons resultados não apresentando perturbações na transmissão de sinal.

Houve período de familiarização com o protocolo de comunicação MODBUS RTU, visto que o mesmo não é usualmente utilizado na empresa Duratex, porém é facilmente encontrado documentação técnica referente a este protocolo, o que permitiu um bom trabalho em conjunto com o *software* TIA Portal, o qual apresenta blocos específicos para programação utilizando este protocolo como o Modbus Comm Load.

Devido os padrões de utilização de *softwares* da empresa Duratex foi realizada interface entre CLP Siemens e sistema SCADA Rockwell, sendo necessário a utilização da plataforma OPC server. Desta forma todas as variáveis do sistema foram declaradas no software KEPServerEX, onde ao ser possível o apontamento de variáveis direto da biblioteca deste *software* facilitou o desenvolvimento do supervisor no software FactoryTalk View.

Com o supervisor desenvolvido no *software* FactoryTalk View foi possível ter a visibilidade do sistema de refrigeração como um todo, onde a análise das temperaturas em diferentes pontos do equipamento, além da corrente elétrica dos compressores e velocidade do ventilador possibilita um diagnóstico de falhas mais preciso e auxilia na conservação dos equipamentos.

O custo financeiro para implementação do projeto de supervisão apresentou uma parcela de 3,5% do valor total do projeto de instalação dos equipamentos de refrigeração, sendo um valor pequeno se comparado aos seus benefícios.

6.1 Trabalhos futuros

Durante o desenvolvimento do presente trabalho foi possível identificar possíveis pontos de melhorias e trabalhos futuros, dentre eles:

- Criação de banco de dados para histórico de alarmes.
- Adição de gráficos com os dados monitorados, para análise detalhada do funcionamento dos sistemas de refrigeração durante período pré-determinado.
- Aquisição de licença do *software* FactoryTalk ViewPoint, para acesso do monitoramento remoto através de dispositivos mobile.
- Implementar as funções de escrita no supervisor, disponíveis através da comunicação Modbus, viabilizando operações de liga e desliga os equipamentos do sistema de refrigeração e seleção da temperatura desejada de cada sala elétrica de forma remota.

- Utilizar as licenças de *softwares* adquiridas para ampliação dos equipamentos monitorados da área de utilidades como implementação de telas de supervisão para os geradores de energia elétrica da empresa.

7 REFERENCIAS

AZEVEDO, Hugo César Diniz. **Controlador lógico programável aplicado à Indústria 4.0**. 2018. 50 p. Dissertação. (Mestrado) Ciência, Tecnologia e Inovação. Universidade Federal do Rio Grande do Norte. Natal. 2018.

CARRIER DO BRASIL. **Ecosplit & ecosplit DC inverter**: instalação, operação e manutenção 40MX/38EV/38EX. Disponível em: <https://drive.google.com/drive/folders/14XICvqqJaHvRi_tlwLXR7gz7SeCUs2Yx> Acesso em: 05 ago. 2019.

CARRIER DO BRASIL. **Folha de instruções Modbus** - 256.08.728-A. CARRIER, 2014. 4 p.

CRAWFORD, Mark. **Willis Haviland Carrier**. American Society of Mechanical Engineers (ASME). 2012. Disponível em: <<https://www.asme.org/topics-resources/content/willis-haviland-carrier>> Acesso em 09 ago. 2019.

CREDER, Helio. **Instalações de ar condicionado**. 6ª ed. Rio de Janeiro: LTC, 2004. 318 p.

CUNHA, Judson Michel. **Protótipo de rede industrial utilizando o padrão serial RS-485 e protocolo Modbus**. 2000. 104 p. Dissertação (Bacharelado) Ciência da Computação. Universidade Regional de Blumenau. Blumenau. 2000.

EMBARCADOS. **Protocolo Modbus-Fundamentos e Aplicações**. 2014. Disponível em: <<https://www.embarcados.com.br/protocolo-modbus/>>. Acesso em: 06 ago. 2019.

FERREIRA, Castellane Silva. **Sistema de gerenciamento automático de reatores eletrônicos com ajuste do nível de luminosidade para múltiplas lâmpadas fluorescentes**. 2008. 232 p. Dissertação. (Mestrado) Engenharia Elétrica. Universidade Estadual Paulista Júlio de Mesquita Filho. Ilha Solteira. 2008.

FILHO, Guilherme Filippo. **Máquinas térmicas estáticas e dinâmicas**: fundamentos de termodinâmica, características operacionais e aplicações. São Paulo: Érica, 2014. 199 p.

FILIPPETTI, Marco Aurélio. **CCNA 6.0: Guia completo de estudo**. 2ª ed. Florianópolis: Alta Books. 2006. 576 p.

FLORÉZ, C; ALEJANDRO, F. **Implementação de uma bancada de ensaios para análise de estratégias de controle de sistemas de refrigeração e ar condicionado**. 2005. 138 p. Tese (Doutorado). Engenharia Mecânica. Universidade Estadual de Campinas. Campinas. 2004.

GEORGINI, João Marcelo. **Automação aplicada: descrição e implementação de sistemas sequenciais com PLCs**. 9ª ed. São Paulo: Érica. 2007. 236 p.

JUERGEN, Rochol. **Comunicação de Dados**. Porto Alegre: Bookman, 2012. 366 p.

LUGLI, A. B; SANTOS, M. M. D. **Sistemas fieldbus para automação industrial: DeviceNet, CANopen, SDS e Ethernet**. São Paulo: Érica, 2009. 156 p.

MENEGOTTO, Francisco Antônio. **Expansão de rede Gigabit Ethernet**. 2011. 58 p. Dissertação (Bacharelado) Especialização em Teleinformática e Redes de Computadores. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2011.

MILLER, R; MILLER, M. R. **Ar-Condicionado e Refrigeração**. 2ª ed. Rio de Janeiro: LTC. 2019. 564 p.

MODBUS-IDA. **Modbus application protocol specification V1.1b**. 2006. 51 p. Disponível em: <http://www.modbus.org/docs/Modbus_Application_Protocol_V1_1b.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2019.

MODBUS-IDA. **Modbus over serial line specification and implementation guide V1.02**. 2006. 44 p. Disponível em: <http://www.modbus.org/docs/Modbus_over_serial_line_V1_02.pdf>. Acesso em: 07 ago. 2019.

NATALE, Ferdinando. **Automação industrial**. 10ª ed. São Paulo: Érica. 2008. 252 p.

NOVUS, Produtos Eletrônicos LTDA. **Conceitos básicos de RS485 e RS422**. Porto Alegre: 2007. 6 p. Disponível em: <<https://www.novus.com.br/downloads/Arquivos/conceitos%20b%C3%A1sicos%20de%20rs485%20e%20rs422.pdf>>. Acesso em: 08 ago. 2019.

PEGAIA, Denilson. **Modbus RTU master: S7-1200 / S7-1500 / ET200SP**. 2017. 32 p. Disponível em: <https://cache.industry.siemens.com/dl/files/272/109755272/att_940616/v1/STEP7_V1x_MODBUS_RTU.pdf>. Acesso em: 08 ago. 2019.

RITTAL, The System. **Caixa AX**: caixa básica AX em chapa de aço. 2019. 4p. Disponível em: <<https://www.rittal.com/br-pt/product/show/variantdetail.action?categoryPath=/PG0001/PG0002SCHRANK1/PG0021SCHRANK1/PGRP30564SCHRANK1/PRO70743SCHRANK&productID=1077000>>. Acesso em 02 nov. 2019.

ROCHA, Daniel Jasson Ferreira. **Sistemas de supervisão e controle de autômatos**: soluções baseadas em OPC e IEC 60870-5-104. 2013. 148 p. Dissertação (Mestrado) Engenharia Electrotécnica e de Computadores. Instituto Superior de Engenharia do Porto. Porto. 2013

RUFINO, Nelson Murilo de Oliveira. **Seguranças em Redes sem Fio**: Aprenda a proteger suas informações em ambientes wi-fi e bluetooth. 3ª ed. São Paulo: Novatec. 2007. 206 p.

SANTOS, Max Mauro Dias. **Supervisão de sistemas**: funcionalidades e aplicações. 1ª ed. São Paulo. Editora Érica. 2014. 120 p.

SIEMENS, Division Digital Factory. **SIMATIC S7-1200 easy book**. 2015. 454 p. Disponível em: <https://euroec.by/assets/files/siemens/s71200_easy_book_en-US_en-US.pdf> Acesso em 09 ago. 2019.

SIEMENS, Siemens Automation Cooperates with Education. **Módulo TIA Portal 020-011**: Iniciação em programação com SIMATIC S7-1500. 4ª ed. 2014. 79 p. Disponível em: <https://w3.siemens.com/mcms/sce/de/fortbildungen/ausbildungsunterlagen/tia-portal_module/tabcardseiten/Documents/SCE_PT_020-011_R1404_Startup_S7-1500_V13.pdf>. Acesso em 20 out. 2019.

SIEMENS. **Data sheet 6EP1334-3BA10**. 2019. 4 p. Disponível em: <[file:///C:/Users/Tarley/Downloads/6EP13343BA10_datasheet_en%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Tarley/Downloads/6EP13343BA10_datasheet_en%20(1).pdf)>. Acesso em 02 nov. 2019.

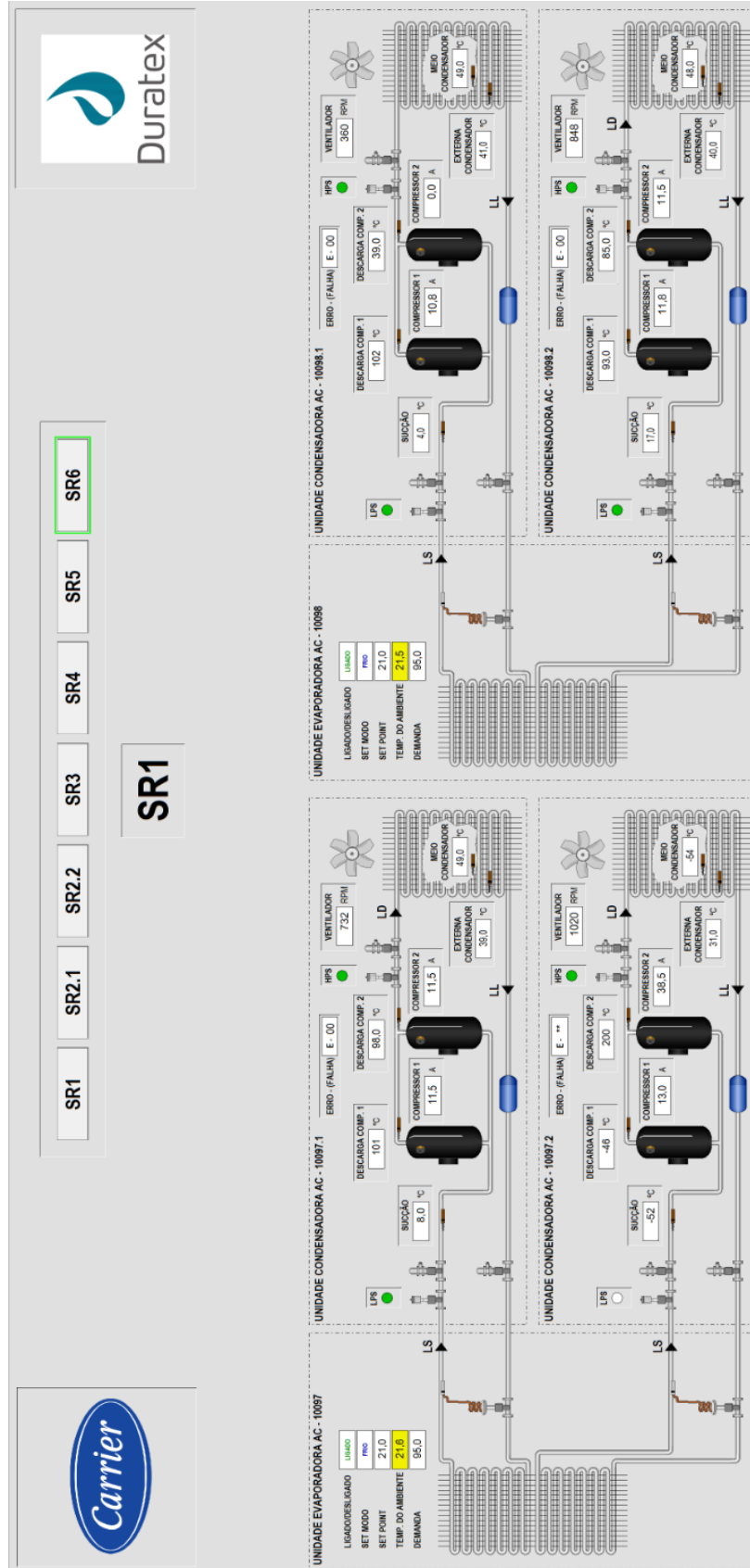
SIEMENS. **Disjuntores 5SX, 5SL, 5SY e 5SP**: a proteção adequada para cada tipo de projeto. 2016. 20 p. Disponível em: <https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/downloads-bt/documents/minidisjuntores/cat%C3%A1logo/catalogo-minidisjuntores_2016_pt-v1.pdf>. Acesso em 02 nov. 2019.

SILVEIRA, P. R.; SANTOS. W. E. **Automação e controle discreto**. 9ª ed. São Paulo: Érica. 1998. 230 p.

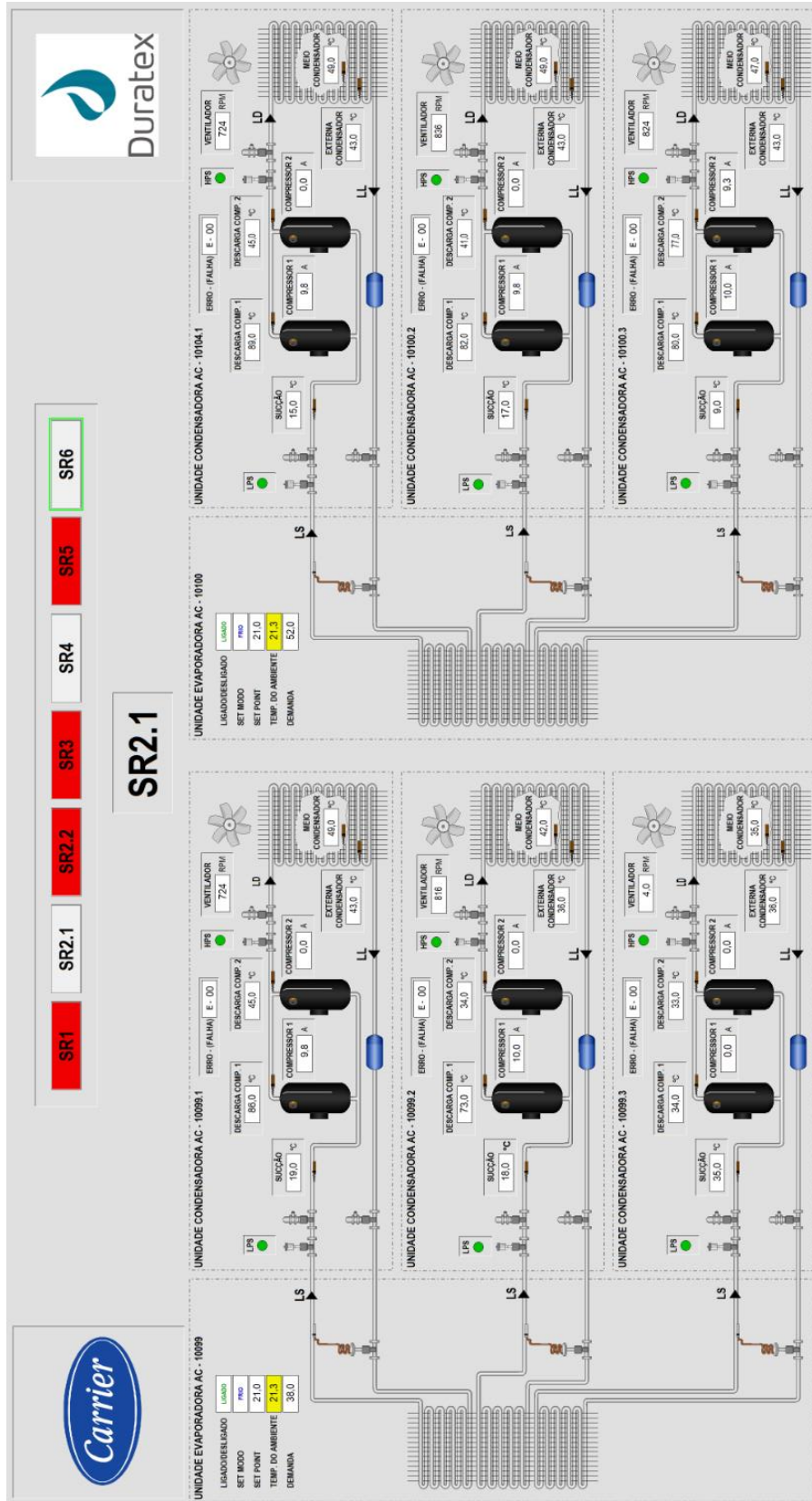
STOECKER, W. F.; JABARDO, J. M. **Refrigeração Industrial**. 2ª ed. São Paulo: Edgard Blucher, 2002. 371 p.

WIRZ, Dick. **Refrigeração comercial**: para técnicos em ar-condicionado. 2ª ed. São Paulo: Cengage Learning. 2012. 479 p.

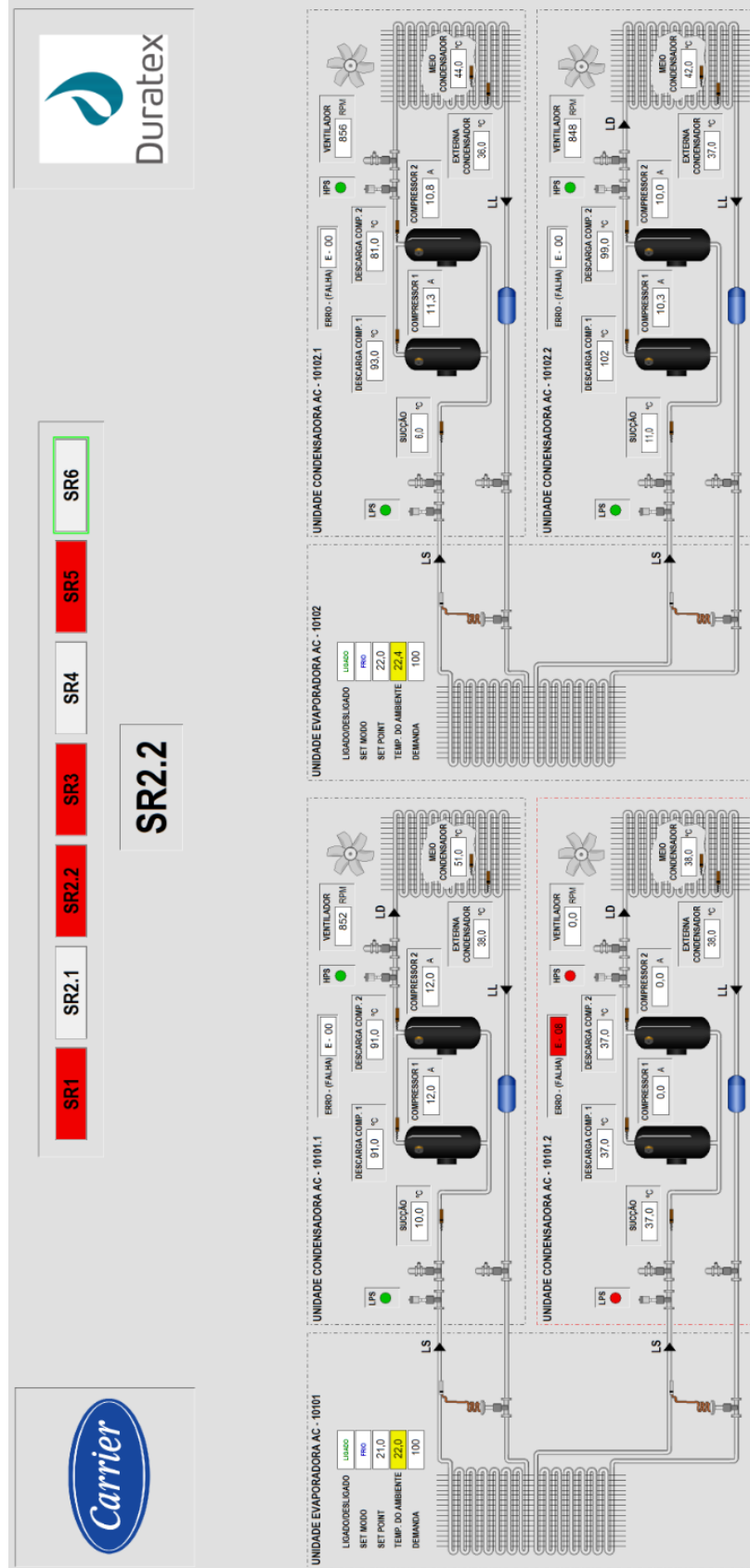
APÊNDICE A – Tela SR1 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 1 (um).



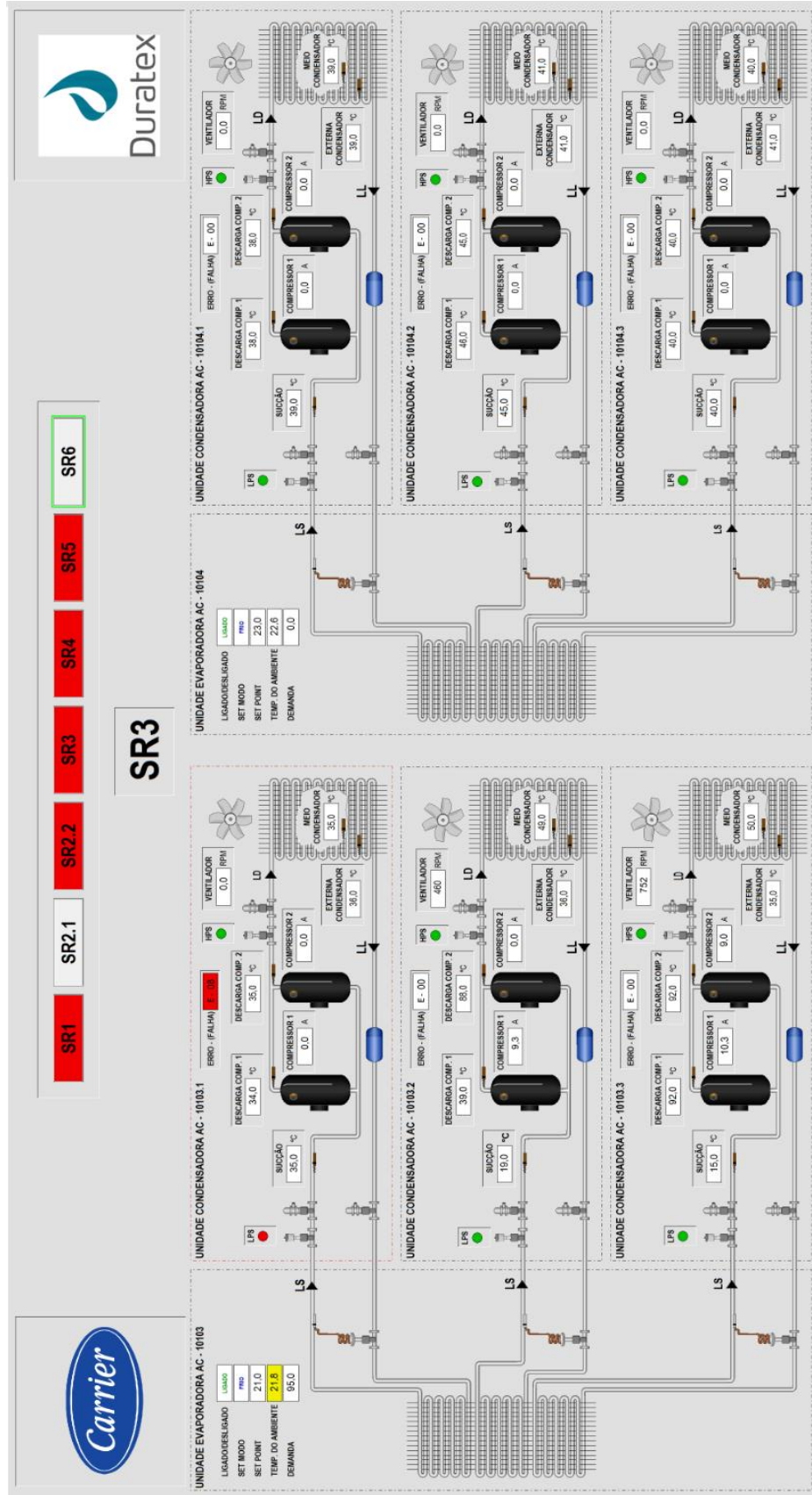
APÊNDICE B – Tela SR2.1 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 2 (dois).



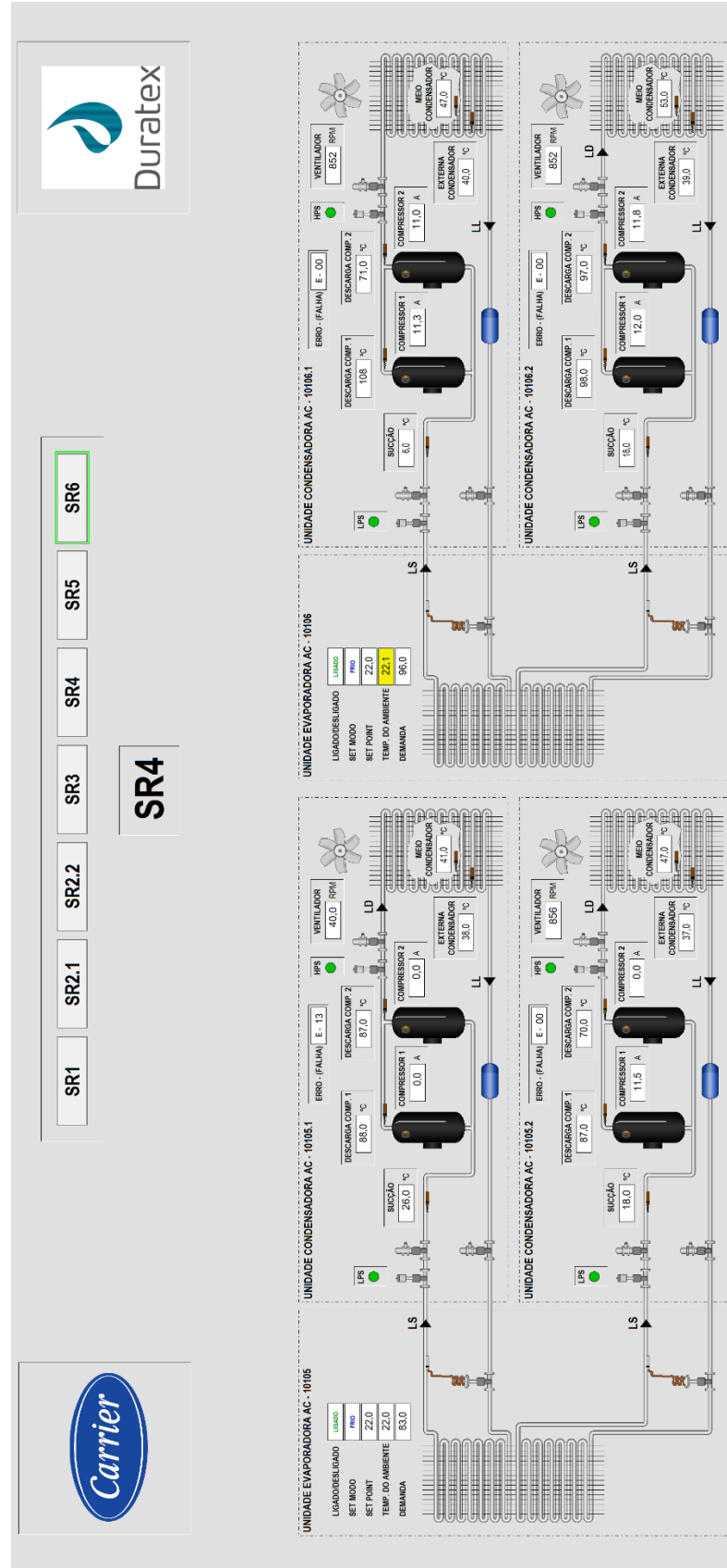
APÊNDICE C – Tela SR2.2 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 2 (dois).



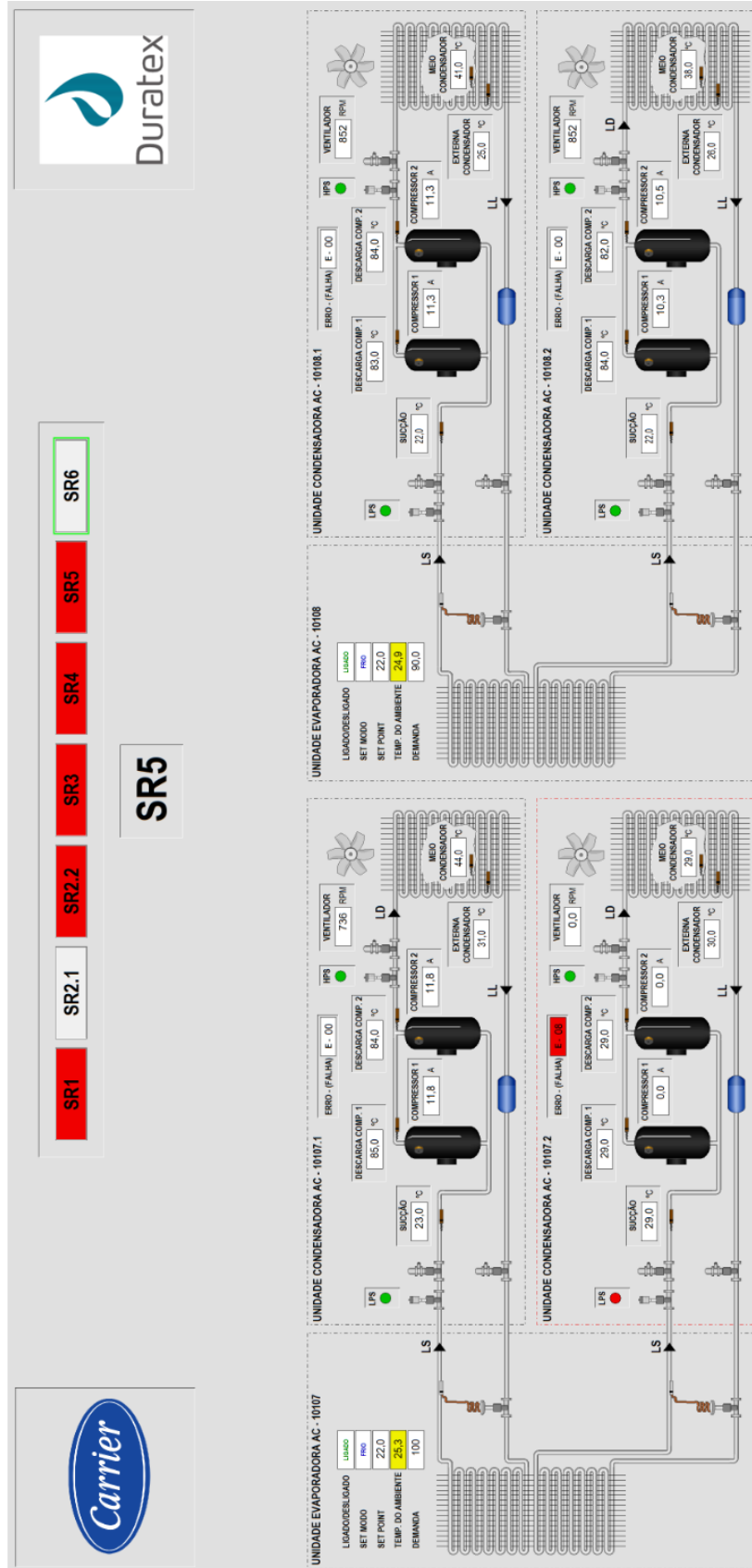
APÊNDICE D – Tela SR3 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 3 (três).



APÊNDICE E – Tela SR4 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 4 (quatro).



APÊNDICE F – Tela SR5 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 5 (cinco).



APÊNDICE G – Tela SR6 de monitoramento dos equipamentos de refrigeração da sala elétrica número 6 (seis).

