



**THOMPSON FERNANDO OLIVEIRA MENDES**

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO E  
DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA GELADA DE UMA INDÚSTRIA  
FARMACÊUTICA**

**LAVRAS - MG  
2019**

**THOMPSON FERNANDO OLIVEIRA MENDES**

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA  
GELADA DE UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso  
de Engenharia de Controle e Automação,  
para a obtenção do título de Bacharel.

Prof. Dr. Daniel Augusto Pereira  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

**THOMPSON FERNANDO OLIVEIRA MENDES**

**AUTOMAÇÃO DO SISTEMA DE GERAÇÃO E DISTRIBUIÇÃO DE ÁGUA  
GELADA DE UMA INDÚSTRIA FARMACÊUTICA**

**AUTOMATION PROCESS OF GENERATION AND DELIVERY OF COLD  
WATER OF A PHARMACEUTICAL INDUSTRY**

Trabalho de Conclusão de Curso  
apresentado à Universidade Federal de  
Lavras, como parte das exigências do Curso  
de Engenharia de Controle e Automação,  
para a obtenção do título de Bacharel.

APROVADO em: 19 de novembro de 2019.  
Prof. Dr. Daniel Augusto Pereira UFLA  
Prof. Dr. Vinicius Miranda Pacheco UFLA

Prof. Dr. Daniel Augusto Pereira  
Orientador

**LAVRAS - MG  
2019**

*Dedico à minha mãe Ilta que ainda bem que não me levou ao fonoaudiólogo, meu pai Robson pelo nome ímpar, meu irmão Joaniz que tive as melhores lutas e minha irmã Bárbara, a maior chorona que já conheci.*

## AGRADECIMENTOS

Agradecer as pessoas, os momentos e lugares é o maior reconhecimento que não é sozinho que se caminha e atinge seus objetivos. Então tenho muito que agradecer, pois foi no apoio que conquistei meus passos.

À Deus, por toda direção e resguardo.

Aos meus pais que se precisei do trigo eles me deram o bolo pronto, meus irmãos que me ensinaram que das brigas aos abraços de paz só basta um momento de reflexão e todos familiares que me guardam, mesmo sem eu saber, em suas orações. Obrigado a toda minha família pelos ensinamentos de honestidade e ética, pois aprendi ser assim dentro de casa.

A todas as pessoas que tive contato em toda minha jornada, pois foi vivendo e vendo momentos tão marcantes que me construí quem sou hoje. Em especial meus amigos de Governador Valadares, que mesmo distantes, basta uma mensagem para nos reconectarmos em sintonia, à minha namorada Camila, pelo apoio e cumplicidade desde que nos conhecemos e nos tornamos companheiros, aos meus irmãos por escolha da indescritível República Cabaré que foi meu lar por tantos anos e vivi momentos que nunca imaginei que viveria, aos meus amigos de Lavras e companheiros de turma, aos mestres e técnicos do Departamento de Automática (DAT) que me transmitiram a vontade de realmente gerar conhecimento e ensinaram a pensar ao invés de apenas concordar com que se vê.

Ao Centro acadêmico de engenharia de controle e automação onde fiz amizades intensas e pude trilhar uma caminhada tão gratificante e de muitos conhecimentos.

Ao meu orientador Daniel que tão pacientemente me auxilia e guia.

E por fim, à Boehringer Ingelheim, empresa que faço estágio e onde estou vivendo tantos aprendizados e conhecendo pessoas que certamente levarei pelo resto da vida.

*“O que sustenta meu corpo são minhas ideias [...] se me proibirem de andar sobre a água,  
nado sobre a terra.” (Sérgio Vaz)*

## RESUMO

Esse trabalho relata a troca e automação de alguns componentes do sistema de geração e distribuição de água gelada, da empresa Boehringer Ingelheim do Brasil, atuante como indústria farmacêutica de fármacos humanos e animais, localizada em Itapeverica da Serra/SP. Devido ao aumento da demanda de água gelada (até 6°C) foi necessário realizar a troca de alguns componentes do sistema chamado de banco de gelo, e foi acompanhado todas as etapas de instalação desses equipamentos, bem como sugeridos melhorias para o processo. Foram instalados controladores, inversores de frequência e sensores, para garantir o envio de água em uma temperatura máxima para todos os consumidores dessa utilidade, além de modernizar o processo e aumentar sua robustez. Foi desenvolvido um novo painel de comando, seguindo as regras da NR-10, para o controle desses componentes. O escopo inicial foi elaborado em meados de 2018 e sua finalização ocorreu em meados de 2019. Com os métodos de automação e controles sugeridos, o sistema se tornou mais robusto.

**Palavras-chave:** Banco de gelo. Automação. Trocas de calor.

## **ABSTRACT**

This paper references the switch of some equipments of the generation and delivery of cold water of the company Boehringer Ingelheim, who acts as a pharmaceutical industry, supplying medicines for human and animal health, addressed on Itapecerica da Serra/SP. With a rising demand of cold water (until 6°C) it was necessary switch some components of the system called Banco de gelo, and it was watched the installation of these equipments, as well some improvements were suggested to the process. It was installed controllers, frequency inverters and sensors, to ensure the send in the maximum temperature of the utility to its consumer, modernization of the process and rise your performance. It was developed a brand new panel control, following the NR-10 rules, to control this components. The project's briefing it happened in half of 2018 and the end of the installations in half of 2019. With the automation methods suggested, the system became more powerful.

**Keywords:** Banco de gelo. Automation. Heating transferring.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 - Ciclo de compressão a vapor .....	18
Figura 2 - PT-100 .....	19
Figura 3 - Condicionamento de um PT-100 .....	19
Figura 4 - Chave de nível .....	20
Figura 5 - Válvula de controle de três vias .....	22
Figura 6 - Escoamento em uma bomba centrífuga .....	23
Figura 7 - Exemplo de supervisório .....	24
Figura 8 - Diagrama de Blocos .....	25
Figura 9 - Fluxo de geração de água gelada. ....	30
Figura 10 - Malha de controle da temperatura do condensador .....	36
Figura 11 - Malha de controle da temperatura final da água gelada de envio.....	37
Figura 12 - Torre de resfriamento.....	39
Figura 13 - Bombas Centrífugas.....	39
Figura 14 - Painel de comando .....	40
Figura 15 - Condensador .....	40
Figura 16 - Chiller .....	41
Figura 17 - Tanque de "gelo" .....	41
Figura 18 - IHM integrada com controlador do compressor .....	42
Figura 19 - Tela supervisório.....	42
Figura 20 - Válvula de 3 vias.....	43
Figura 21 - Atuador da válvula.....	43
Figura 22 - Controlador da válvula .....	44
Figura 23 - Quadro de comando do controlador.....	44

## **LISTA DE TABELAS**

Tabela 1 - Resumo do processo de refrigeração por compressão.....	18
Tabela 2 - Resumo do processo de geração de água gelada (continua) .....	31
Tabela 3 - Cronograma de Atividades .....	33
Tabela 4 - Resumo das Características Técnicas.....	34

## ABREVIACOES

CLP	Controlador Lógico Programável
CPU	<i>Central Processing Unit</i> ou Unidade de Processamento Central
DAT	Departamento de Automática
F	Frequência
IHM	Interface Homem Máquina
LED	<i>Light Emitting Diode</i> ou Diodo Emissor de Luz
NA	Normal Aberto
NF	Normal Fechado
NR	Norma Regulamentadora
C	Graus Celsius
PID	Proporcional, Integral e Derivativo
PWM	<i>Pulse Width Modulation</i> ou Modulador de Largura de Pulso
UFLA	Universidade Federal de Lavras
V	Tensão

## SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>14</b>
<b>1.1.1. Objetivos Gerais .....</b>	<b>15</b>
<b>1.1.2. Objetivos Específicos .....</b>	<b>15</b>
<b>2. REFERENCIAL TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
<b>2.1. Ciclo termodinâmico de refrigeração.....</b>	<b>16</b>
<b>2.2. Funcionamento de instrumentos, atuadores e controladores .....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.1. Sensores de temperatura (PT-100).....</b>	<b>18</b>
<b>2.2.2. Sensor de nível mínimo (Chave de nível).....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.3. Fluxostato .....</b>	<b>20</b>
<b>2.2.4. Válvula de controle .....</b>	<b>21</b>
<b>2.2.5. Bombas centrífugas .....</b>	<b>22</b>
<b>2.2.6. Inversores de frequência .....</b>	<b>23</b>
<b>2.2.7. Interface Homem Máquina .....</b>	<b>24</b>
<b>2.3. Técnicas de controle.....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.1. Malhas de controle .....</b>	<b>25</b>
<b>2.3.2. On/off .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.3. Controle PID .....</b>	<b>26</b>
<b>2.3.4. Ação de controle dos inversores de frequência .....</b>	<b>27</b>
<b>3. DESENVOLVIMENTO .....</b>	<b>29</b>
<b>3.1. Descrição do sistema .....</b>	<b>29</b>
<b>3.2. Levantamento de dados, análise do sistema e definição de escopo .....</b>	<b>32</b>
<b>3.3.1. Automação do nível mínimo da torre de resfriamento .....</b>	<b>35</b>
<b>3.3.2. Controle de temperatura da entrada do condensador .....</b>	<b>36</b>
<b>3.3.3. Controle da abertura da válvula de três vias .....</b>	<b>37</b>
<b>3.3.4. Parametrização dos inversores de frequência.....</b>	<b>38</b>
<b>3.4. Elaboração do desenho de ligação elétrica e montagem do painel elétrico ...</b>	<b>38</b>
<b>3.5. Implementação e Startup/ As built.....</b>	<b>38</b>
<b>3.6. Discussões .....</b>	<b>44</b>
<b>4. CONCLUSÃO .....</b>	<b>46</b>
<b>5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA.....</b>	<b>48</b>
<b>ANEXO A - Fluxograma de geração de água gelada.....</b>	<b>50</b>

<b>ANEXO B - Desenho do painel de comando.....</b>	<b>51</b>
--	-----------

## 1. INTRODUÇÃO

A Boehringer Ingelheim é uma indústria farmacêutica, nascida em 1885 na Alemanha, e atualmente concentra suas atividades em áreas terapêuticas de doenças cardiovasculares, respiratórias, metabólicas, virais, do sistema nervoso central e oncologia. “Atualmente está entre as 20 maiores empresas farmacêutica do mundo” (BOEHRINGER INGELHEIM, 2019). No Brasil, começou suas atividades há cerca de 60 anos e divide suas unidades produtivas em fármacos humanos e veterinários, sendo a planta de medicamentos humanos localizada em Itapeperica da Serra – SP e a de medicamentos veterinários em Paulínia-SP. Também possui uma fazenda no Paraná, para a produção de matéria prima, além de estar presente nacionalmente com equipes comerciais.

O presente trabalho será aplicado na planta de fármacos humanos, localizada em Itapeperica da Serra – SP. Nessa unidade produtiva, há diversos subsistemas internos (fornecedores) que necessitam de uma fonte de água gelada com temperatura de até 6°C para concluir suas funções de maneira correta. O sistema térmico responsável pela geração e distribuição da água na temperatura requerida é chamado de banco de gelo.

Atualmente as áreas/equipamentos solicitantes da utilidade são os reatores na produção de medicamentos líquidos e sólidos, o sistema de ar-condicionado do Departamento de Engenharia (DE) e do Laboratório de Desenvolvimento Analítico (DAE), além dos sistemas de purificação de água.

O banco de gelo foi desenvolvido inicialmente em 1995, sendo utilizado apenas para atender os reatores presentes na produção de medicamentos líquidos, porém com o passar dos anos houveram expansões gradativas da fábrica, bem como a adição de outros equipamentos solicitantes de água gelada. Assim, o sistema perdeu a eficiência necessária para atender às necessidades do *site*, portanto foi preciso planejar a troca de alguns equipamentos do sistema térmico para aumentar a eficiência do processo. Os equipamentos que serão trocados são: Condensador, torre de refrigeração, válvula de controle e duas bombas centrífugas ligadas à torre.

A partir de algumas observações feitas nos novos equipamentos instalados, notou-se a possibilidade implantar melhorias no sistema automatizando-o, com a instalação de sensores e controladores, para que ele opere de maneira mais segura e evite danos e prejuízos.

O trabalho será estruturado de forma a referenciar teoricamente os assuntos abordados (capítulo 2), evidenciar os esforços realizados para efetivação do projeto e os resultados obtidos (capítulo 3) e toda a conclusão obtida com o que foi feito (capítulo 4).

### **1.1.1. Objetivos Gerais**

O objetivo geral do trabalho é a implementação dos novos equipamentos do sistema térmico de resfriamento de água da indústria farmacêutica Boehringer Ingelheim, além da instalação de componentes de leitura e controle, afim de automatizar o processo, de modo que a temperatura da água enviada aos consumidores finais seja de, aproximadamente, 4°C.

### **1.1.2. Objetivos Específicos**

Os objetivos específicos do trabalho são:

- Instalação de sensor e controle de nível mínimo da torre de resfriamento;
- Instalação de um sensor e controle de temperatura na entrada do condensador;
- Instalação de inversores de frequência para acionar, parar e controlar as bombas;
- Instalação de sensor e controle da válvula de 3 vias;

## 2. REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1. Ciclo termodinâmico de refrigeração

Basicamente, o ciclo termodinâmico de refrigeração funciona de modo que, ao receber trabalho por alguma aplicação, o sistema absorva calor de um ambiente que possui uma baixa temperatura e rejeita energia para um ambiente em alta temperatura.

Diversas aplicações em engenharia térmica operam de acordo com um ciclo termodinâmico. O conceito de ciclo termodinâmico advém do fato de que a substância de trabalho nestes sistemas passa por sucessivas transformações (mudanças de estado termodinâmico) e volta sempre a um estado inicial. (NETO, P. C. B, 2019)

Para construção de um ciclo de refrigeração é necessário entender as propriedades físicas das substâncias que circulam por ele. Essas substâncias são os fluidos de refrigeração, que são os fluidos responsáveis pelas trocas térmicas nos sistemas, sendo capaz de absorver calor e resfriar um ambiente de maneira controlada. Suas propriedades físicas permitem que ele absorva o calor de um ambiente e o resfrie, passando da fase líquida para a gasosa, uma vez que evapora ao absorver calor e se liquefaz ao perder. Por esse motivo, o fluido de refrigeração apresenta temperatura de evaporação (temperatura para se transformar em vapor) menor que a de condensação (temperatura para se transformar em líquido).

O processo mecânico responsável por realizar a principal troca de calor do sistema é a compressão a vapor, que reúne um conjunto de equipamentos operando em sequência e de maneira cíclica, permitindo o resfriamento de um sistema. Ele é composto por um compressor, um condensador, uma válvula ou dispositivo de expansão e um evaporador. A Figura 1, ilustra o funcionamento do processo.

No entanto, antes de prosseguir com as explicações, convém observar que o sistema de refrigeração forma um circuito fechado e, ao percorrer todo o ciclo, o fluido de refrigeração retorna ao ponto inicial e segue mais uma vez para reiniciar o processo.

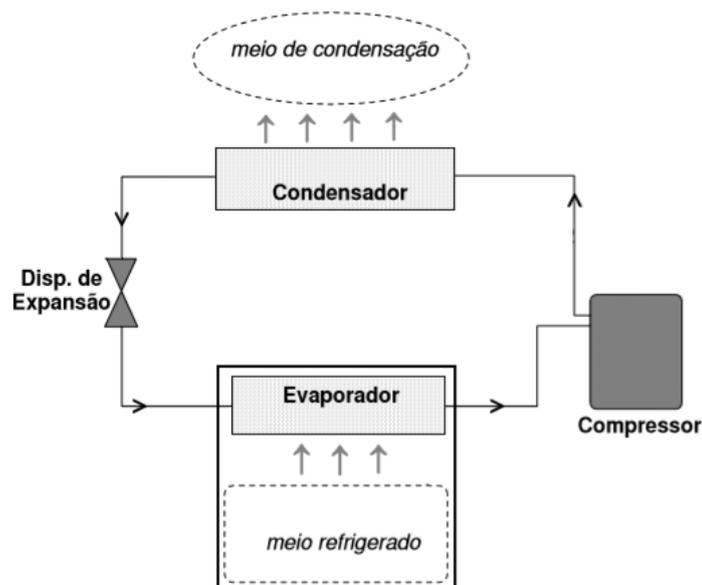
O compressor é considerado o “coração” do ciclo de refrigeração, pois é ele o responsável por bombear o fluido refrigerante pelo sistema. Para comprimir o fluido, ele o suga na forma de vapor, confinando-o em um êmbolo e realiza trabalho sobre ele, de forma que um pistão o empurra contra as paredes desse êmbolo. Com isso, a estrutura molecular do fluido irá se comprimir e, portanto, aumentar sua pressão molecular, o que conseqüentemente aumenta a sua temperatura, pois essas grandezas são diretamente proporcionais. Esse vapor comprimido será conduzido até o condensador.

O condensador é um equipamento que possui diversas tubulações internas, que circulam o fluido refrigerante. O fluido irá trocar calor com um ambiente chamado de condensação, que possui temperatura menor que a dele, então esse meio absorve calor do fluido, tornando-o mais frio, e faz com que ele se torne líquido. Em outras palavras, o compressor deixa o fluido refrigerante no ponto para que ele se transforme em líquido, pois como já dito anteriormente, o fluido necessita de trocar energia térmica para que possa mudar de estado físico, e isso só ocorre no condensador.

Após essa etapa, o fluido é direcionado para uma válvula de expansão que irá expandir o líquido (por controle de diferencial de pressão, saindo de um ambiente com pressão alta passando para um com pressão baixa) fazendo com que ele fique mais frio, pois ao perder pressão, ele também irá diminuir sua temperatura.

E por fim, essa água gelada irá passar para o evaporador, que funciona de maneira semelhante ao condensador, só que nesse caso, o meio de condensação é o próprio fluido refrigerante, tentará resfriar um ambiente com temperatura maior que a do fluido (meio refrigerado). Sendo assim, ele absorve calor desse meio, o que fará com que o fluido absorva a energia do ambiente, fazendo com que se torne, mais uma vez, vapor. Esse vapor irá voltar ao compressor, que irá comprimir o fluido e começar todo o ciclo novamente.

Figura 1 - Ciclo de compressão a vapor



Fonte: NETO, P.C.B. (2019).

A Tabela 1, resume todo o processo que ocorre no ciclo.

Tabela 1 - Resumo do processo de refrigeração por compressão.

<b>PROCESSO (SEQUENCIAL)</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>ESTADO FÍSICO</b>	<b>TEMPERATURA DO FLUIDO</b>
Compressor	Comprime o fluido, aumentando sua pressão e temperatura.	Vapor	Muito Quente
Condensador	O fluido troca calor com o meio condensador e fica frio.	Líquido	Fria
Válvula de Expansão	A válvula expande o fluido, deixando-o com pressão e temperatura muito baixa.	Líquido	Muito Fria
Evaporador	O compressor suga o vapor quente e o comprime reiniciando todo o processo.	Vapor	Quente

Fonte: Autor (2019).

## **2.2. Funcionamento de instrumentos, atuadores e controladores**

### **2.2.1. Sensores de temperatura (PT-100)**

As termoresistências são sensores de temperatura usados amplamente nos processos industriais e laboratoriais, por suas condições de alta estabilidade, repetibilidade, resistência à contaminação e altíssima precisão de leitura. Seu princípio de medição se baseia na variação do valor da resistência elétrica de um condutor metálico em função da temperatura. (PTSENSORES, 2019)

Os mais comumente utilizados são os com haste de Platina e Níquel, pois apresentam uma boa linearidade, uma ampla faixa de utilização e são muito resistentes à oxidação. O nome PT-100 é adotado devido suas resistências elétricas a 0 °C ser 100 Ω.

A Figura 2, apresenta uma termoresistência.

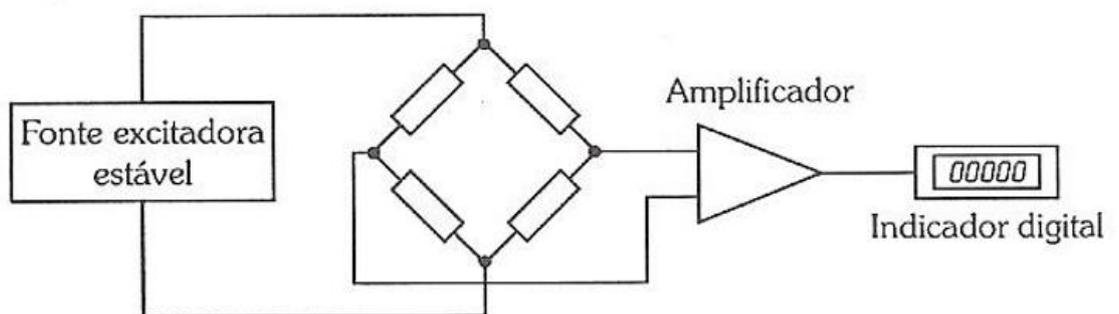
Figura 2 - PT-100



Fonte: IOPE (2019).

Para ser capaz de converter sua variação de resistência elétrica em um valor de temperatura correspondente, as termoresistências são condicionadas em um circuito eletrônico, onde há uma fonte de excitação (tensão), uma ponte de resistores, em que são relacionadas as resistências das cargas com a do sensor, até que a ponte entre em equilíbrio (método mais utilizado) e um circuito amplificador de sinal (Figura 3).

Figura 3 - Condicionamento de um PT-100



Fonte: SILVA (2018)

### 2.2.2. Sensor de nível mínimo (Chave de nível)

Detectores ou chaves são instrumentos digitais que possuem em suas saídas apenas dois valores discretizados (0/1), indicando uma mudança na variável de processo medida (SILVA, F. O., 2018).

No cenário de detecção de nível, o sensor é instalado na lateral do reservatório onde o fluido está acondicionado, de modo que uma haste permanece fixa, como referência, e outra móvel. A haste móvel, tem uma de suas extremidades junto à parte fixa, ficando assim em balanço. Quando o nível aumenta ou diminui, a haste em balanço se encontra ou se afasta da referência e envia um sinal digital para o controlador. Assim, é possível identificar se o nível atingiu um valor máximo ou um valor mínimo. A Figura 4, ilustra uma chave de nível.

Figura 4 - Chave de nível



Fonte: EICOS (2019).

### 2.2.3. Fluxostato

Para determinar se há, ou não, um fluxo de um líquido escoando por uma tubulação, utiliza-se um fluxostato. Basicamente, seu funcionamento consiste no deslocamento de uma haste, indo em direção a um ponto de referência, de modo que é estabelecido um valor de deslocamento máximo para ela, que ao ser atingido, o instrumento envie um sinal discreto (0 ou 1 – liga ou desliga) para algum componente de acionamento.

O funcionamento de um fluxostato é baseado no deslocamento do líquido pela tubulação (fluxo). O aumento do fluxo, acima do valor pré-regulado no equipamento, faz com que um dispositivo seja acionado, ativando um contato do tipo NA [Normal Aberto (quando não energizado é uma abertura no circuito, fechando ao receber um comando elétrico)] ou um contato NF [Normal Fechado (quando não energizado já um contato no circuito, abrindo ao receber um comando elétrico)] enviando ao restante do

sistema a informação do ponto em que o fluxo foi atingido, permitindo a ativação de variados comandos (LEFOO, 2019).

#### **2.2.4. Válvula de controle**

As válvulas são componentes que regulam, de maneira automática ou não, a passagem de fluxo - a vazão, de um fluido.

As válvulas de controle variam a área de passagem (vazão) do fluido manipulado por meio do posicionamento relativo de uma peça móvel no seu interior, em função do sinal de controle aplicado. É constituída por um atuador e o corpo. O atuador é o elemento responsável por gerar força eletromotriz para funcionamento da válvula. O corpo é a parte que executa a ação de controle, permitindo a variação da vazão do fluido no seu interior (SILVA, F. O., 2018).

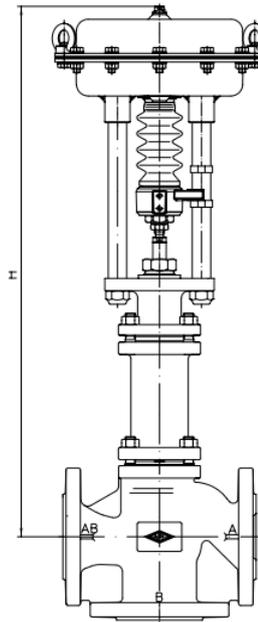
Há diversos tipos de válvulas de controle, porém, serão enfatizadas as válvulas de globo convencional, pois são as de maior utilização industrial.

Normalmente as válvulas globo são empregadas onde é necessário realizar operações frequentes de abertura e fechamento. Permitem um controle mais eficiente do fluido e sofrem desgastes mínimos com a erosão, porém, oferecem elevada perda de carga devido à mudança brusca de direção imposta ao fluido.

Seu mecanismo é formado por um anel fixo em um corpo esférico. O anel sede e o obturador de uma válvula globo estão no meio do dispositivo e paralelos ao tubo de escoamento do fluido, é o que permite a abertura quando o atuador é girado no sentido anti-horário. No movimento inverso, fecha a passagem do fluido ou controla o fluxo. As válvulas globo podem ser estruturadas para lidar com fluxo em qualquer direção (MECÂNICA INDUSTRIAL, 2019).

As válvulas também podem ter funções que vão além de impedir/permitir o fluxo do fluido, elas também podem desempenhar papel de mistura ou separação, que são configuradas em três vias. Para misturas, fluidos vindos por duas das vias se encontram na terceira, e para separação, o fluido vindo de uma via se separa nas outras duas. Para ambos os casos, é necessário um atuador instalado junto à haste da válvula. Normalmente estes atuadores são elétricos (consistem de um eletroímã do tipo solenóide ou de um motor elétrico) ou pneumáticos (substituem o uso do diafragma flexível por um pistão metálico, que lhes possibilita operar em níveis de pressão de carga superiores).

Figura 5 - Válvula de controle de três vias



Fonte: ARMATUREN (2019).

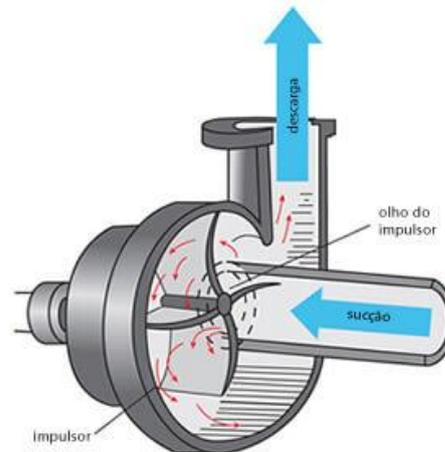
### 2.2.5. Bombas centrífugas

As bombas centrífugas são utilizadas para transferência de um grande volume de líquido. São compostas por um dispositivo impulsor, normalmente um motor axialmente acoplado com um dispositivo rotor.

Seu funcionamento consiste na transformação de energia cinética em energia de pressão. O líquido é succionado pela ação do impulsor que gira rapidamente dentro da carcaça da bomba. Este movimento produz uma zona de vácuo (no centro) no rotor e outra de alta pressão (na periferia) (VIEIRA, 2013).

Em outras palavras, o líquido irá chegar de confronto ao rotor, pela ação de giro do impulsor. Isso fará com que no centro do rotor seja criada uma zona de vácuo devido à força centrífuga (força resultante que repele um corpo do centro da trajetória de um movimento circular, empurrando-o para as extremidades). Dessa forma, o líquido irá para a extremidade do rotor, que seguirá para saída da carcaça da bomba. Nesse momento, a energia cinética do líquido é transformada em força de pressão, uma vez que ele “ganhará um impulso” para seguir sua trajetória (Figura 6).

Figura 6 - Escoamento em uma bomba centrífuga



Fonte: DEGRAUS (2019).

### 2.2.6. Inversores de frequência

Devido à quantidade de cargas que necessitam de um alto desempenho, a alimentação elétrica utilizada nas indústrias é a trifásica. Um circuito trifásico é denominado assim por receber três fases de alimentação alternada senoidal, que são defasadas entre si por  $120^\circ$ . Por se tratar de uma alimentação alternada, a frequência de oscilação da onda é uma variável importante, pois é ela que determina o número de oscilações que a onda dá em um determinado período de tempo.

Para manipular um motor trifásico, portanto, é necessário se atentar para a frequência que o mesmo está operando, pois sua velocidade de giro está diretamente ligada à sua frequência de indução. Em outras palavras, o inversor de frequência relaciona frequência entregue ao motor com sua capacidade de giro (velocidade), de modo que relaciona a tensão aplicada nos seus terminais a sua frequência, portanto, ao alterar a frequência também se altera sua velocidade de giro.

Por essa razão, os inversores são muito utilizados para acionamento de motores trifásicos, pois são capazes de alterar a frequência de indução do motor para controlar sua velocidade.

Os inversores utilizam a técnica de PWM (*Pulse Width Modulation*) para alterar a frequência das cargas ligadas a ele. O PWM modula a largura do pulso de um sinal, afim de regular o período que este sinal fica em nível lógico alto, assim, é capaz de controlar a potência entregue a carga.

Um inversor de frequência é um dispositivo capaz de gerar uma tensão e frequência trifásicas ajustáveis, com a finalidade de controlar a velocidade de um motor de indução trifásico. Uma característica importante do inversor é que à medida que os requisitos de velocidade do motor em uma determinada aplicação mudam, o inversor de frequência pode simplesmente subir ou descer a velocidade do motor a fim de atender as novas exigências de operação (CITISYSTEMS, 2019).

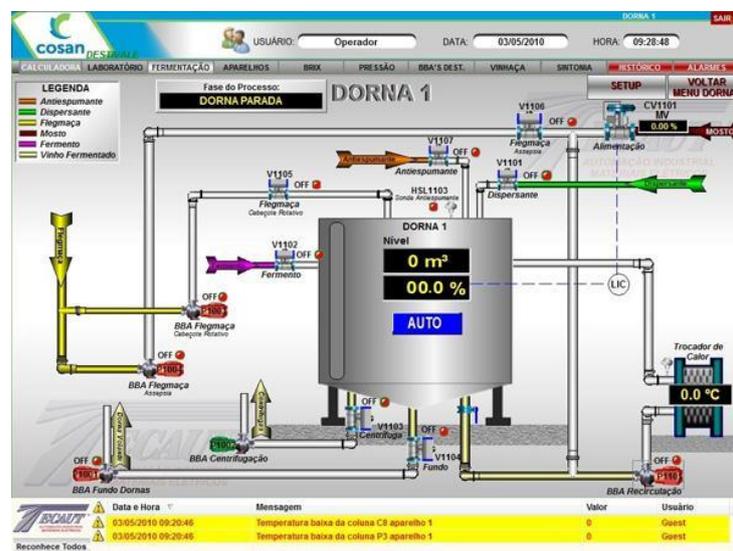
Suas habilidades vão muito além de apenas partir e interromper o funcionamento de motores. Atualmente, os inversores são programáveis com um programa de desenvolvimento semelhante a um CLP, são capazes de interpretar um sinal analógico de um sensor e atuar no sistema através da variação da rotação do motor, (item abordado posteriormente, subseção 3.3.4.) dentre tantas outras atribuições.

### 2.2.7. Interface Homem Máquina

A IHM pode ser qualquer tipo de interfaceamento entre o ser humano e um sistema físico, como um conjunto de botões e LEDs (Diodo Emissor de Luz) indicando operação ou não de uma carga ou até mesmo, sofisticados telas de computadores com um conjunto de objetos, funcionalidades, sentido de fluxo, dentre tantas outras funcionalidades.

Supervisórios são um tipo sofisticado de IHM, que permitem o registro de dados, manipulação desses dados em gráficos, geração de alarmes de segurança para não conformidade de processo, atuação remota no sistema, leitura de diversas variáveis em paralelo, dentre outros. A Figura 7, mostra um exemplo de uma tela de um sistema supervisório.

Figura 7 - Exemplo de supervisório



Fonte: TECAUT (2019).

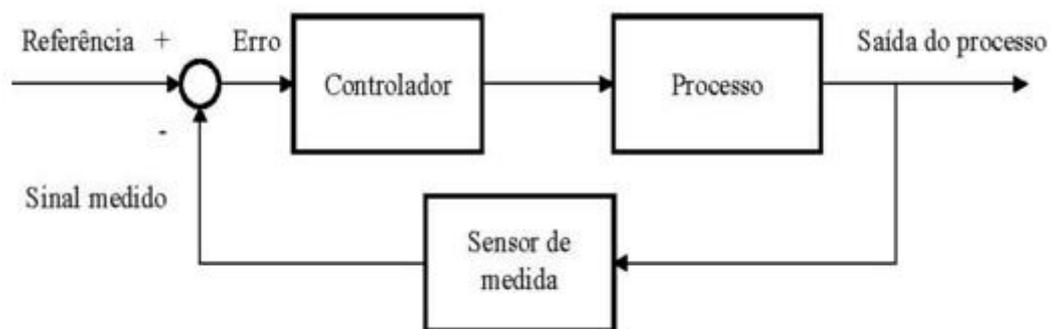
## 2.3. Técnicas de controle

### 2.3.1. Malhas de controle

Uma malha de controle é o conjunto de elementos que participam do funcionamento de um processo físico, normalmente composto por um controlador, um atuador e um sensor, com o objetivo de manter uma determinada variável de processo regulada.

As malhas de controle podem ser representadas esquematicamente, indicando o fluxo de sinal entre os componentes que a compõem. A Figura 8 é um exemplo de como pode ser representada uma malha de controle.

Figura 8 - Diagrama de Blocos



Fonte: ÁREA DE TESTE (2015).

Para que um sistema funcione de maneira automática, ou seja, sem interferência manual de ajuste físico, é montado uma malha de controle, que como o próprio nome já diz tem o intuito de controlar algum tipo de grandeza. Para tanto, terá um valor de referência, chamado de *setpoint*, tal que o objetivo final do sistema seja alcançar esse valor da grandeza desejada.

O controlador tem a função de ajustar o erro entre o valor de referência e o valor atual de processo. Há milhares de formas de ajuste desse erro, desde técnicas bem simples, como o *on/off* (item abordado posteriormente, na seção 3.3.2.), até opções com melhor performance e baixo custo operacional de computação, como o PID (item abordado posteriormente, na subseção 3.3.3.). Além disso, também há recursos extremamente robustos e de alta performance como o uso de inteligência artificial e redes neurais, porém estas não fazem parte do escopo deste projeto.

O atuador irá receber o sinal de ajuste do controlador, para que se comporte de maneira que tente imprimir um resultado o mais próximo possível do desejado (*setpoint*). Por fim, o sensor lê a saída do processo e envia o sinal para o controlador, para que mais uma vez ele tente corrigir o erro entre o referencial e o valor atual da variável de processo.

### **2.3.2. On/off**

Basicamente, o funcionamento da ação de controle *on/off* consiste em acionar o atuador caso o valor da variável de processo esteja abaixo do valor de referência e desligar caso esteja acima. Porém, com essa metodologia o sinal fica oscilando em torno do *setpoint*, pois devido ao tempo de reação do atuador, o valor não fica estabilizado sem erro em regime permanente. Muito utilizado para controlar grandezas de temperatura e nível.

A ação de controle liga-desliga pode assim ser considerada a ação de controle mais simples e mais econômica. Entretanto, este tipo de ação possui limitações no que diz respeito ao comportamento dinâmico e em regime permanente do sistema em malha fechada. Suas aplicações restringem-se a sistemas onde não é necessária precisão nem um bom desempenho dinâmico (ECE UFRGS, 2019).

### **2.3.3. Controle PID**

O funcionamento de um controlador PID consiste na combinação de três ganhos que em conjunto são capazes de regular um processo, tentando diminuir o erro entre o valor medido e o requerido, pelo *setpoint*, além de atuar, também, na parte transitória de um sistema (antes que ele entre em regime permanente. São esses ganhos: Ganho proporcional (P), integral (I) e derivativo (D).

O ganho proporcional é responsável por fazer com que o sinal de saída se aproxime do valor de *setpoint*, ou seja, ele aumenta/ diminui proporcionalmente, ao seu valor, o sinal de saída. O ganho integral tenta suprir o erro em regime permanente da variável de processo, se comparada com o referencial, ou seja, ele é responsável para que o sinal de saída não fique oscilando em torno do *setpoint* e sim atinja seu valor exato (ou muito aproximado). Por fim, o ganho derivativo tenta eliminar a somatória do erro residual que o ganho integral ainda deixa no sistema.

Os ganhos do controlador também impactam de outras maneiras no sistema de controle. O ganho proporcional reduz o tempo que o sinal demora para encontrar com o valor

de referência do sistema (chamado de tempo de subida), e também reduz o erro em regime permanente, porém, sozinho não é capaz de eliminá-lo por completo. Porém, em contra partida, ele aumenta o valor de sobressalto (*overshoot*) do sinal (ultrapassagem do valor de *setpoint*). O ganho integral como já dito, consegue eliminar o erro em regime permanente, porém também contribui para um maior valor de *overshoot*, e ainda aumenta o tempo que o sinal demora para se estabelecer permanentemente (tempo de estabilização). O ganho derivativo consegue reduzir tanto o *overshoot* quanto o tempo de estabilização.

Porém, essas correlações podem não se mostrar exatamente dessa maneira, pois os ganhos estão relacionados entre si e dependem uns dos outros, de modo que ao mudar um desses fatores poderá afetar os demais. Por isso, a escolha dos ganhos deve ser feita de maneira bem criteriosa.

Há vários métodos para calcular os ganhos do controlador PID. Um dos mais comumente utilizados, é o método de otimização de Ziegler-Nichols, que relaciona o ganho proporcional com um ganho crítico - ganho que faz com que o sistema tenha um comportamento não amortecido (na iminência de se tornar não estável). O período de oscilação não amortecida do sistema, é chamado de período crítico.

Os demais ganhos, integral e derivativo, se relacionam com o período crítico e o ganho proporcional, uma vez que o mesmo já foi encontrado. Esses valores de relação das variáveis são tabelados.

#### **2.3.3.1. Auto sintonização PID por sensibilidade limite.**

Diversos controladores atuais já vêm com a função de auto sintonizar os ganhos proporcionais, integrais e derivativos, a fim de facilitar o processo de escolha dos valores adequados para o sistema.

Este método, baseado no ajuste de uma malha fechada até se obterem oscilações com amplitude constante, utiliza um conjunto de fórmulas para determinar os parâmetros do controlador, as quais requerem duas medidas do sistema: o Ganho crítico (Ganho mínimo que torna o processo criticamente estável) e o período de oscilação correspondente (LOURENÇO, JOÃO. 1996).

#### **2.3.4. Ação de controle dos inversores de frequência**

Como já dito anteriormente, os inversores de frequência estão a cada dia mais robustos em suas atividades. De maneira automática, os mesmos conseguem parametrizar todo o sistema em que estão inseridos, interpretam esses parâmetros e desenvolvem leis de controle para ajustar o erro encontrado na malha. São capazes de otimizar os ganhos proporcionais, integrais e derivativos, de maneira automática e aplica-los da maneira mais eficiente.

Além de ser capaz de se auto parametrizar, o inversor possui outros métodos de controle robusto para controlar a velocidade de um motor trifásico, são eles: o controle de relação tensão/ frequência escalar e vetorial. O modo escalar baseia-se no conceito original do conversor de frequência: impõe no motor uma determinada tensão/frequência, visando manter a relação  $V/F$  constante.

Há basicamente dois métodos de controle inerentes aos inversores de frequência, são elas de ação escalar e vetorial.

As principais diferenças entre os dois tipos de controle são que o controle escalar só considera as amplitudes das grandezas elétricas instantâneas (fluxos, correntes e tensões), referindo-as ao estator, e seu equacionamento baseia-se no circuito equivalente do motor, ou seja, são equações de regime permanente. Já o controle vetorial admite a representação das grandezas elétricas instantâneas por vetores, baseando-se nas equações espaciais dinâmicas da máquina, com as grandezas referidas ao fluxo enlaçado pelo rotor, ou seja, o motor de indução é visto pelo controle vetorial como um motor de corrente contínua, havendo regulação independente para torque e fluxo (WEG, 2006).

### **3. DESENVOLVIMENTO**

#### **3.1. Descrição do sistema**

Há 4 circuitos de água fechados no processo. O primeiro deles está localizado entre a torre de resfriamento e o condensador (trocador de calor). A figura 9, mostra o fluxo de geração de água gelada desse sistema. Ela está enumerada de acordo com o os circuitos de água fechada.

A torre de resfriamento é o equipamento responsável por garantir a entrada de água na temperatura definida no condensador, ele possui um sistema de ventilação de ar para assegurar essa condição. Há duas bombas que transferem água da torre para o condensador. Dentro do condensador há canais de circulação de água gelada, que resfria o fluido comprimido, que está quente. [Circuito 1]

O segundo circuito, é o do chiller. É chamado de chiller o conjunto de equipamentos que permitem o resfriamento de fluidos. Ele é composto por um compressor, o condensador, uma válvula de expansão e um evaporador. O compressor comprime o fluido refrigerante (para operação do sistema, será utilizado o fluido refrigerante R-134a) e ao ocorrer esse processo o fluido aumenta sua temperatura. O fluido comprimido é conduzido até o condensador e irá trocar calor com a água gelada (meio de condensação) que passa por ele (que vem da torre de resfriamento). Então, esse meio absorve calor do fluido tornando-o mais frio e fazendo com que ele se torne líquido. Após essa etapa, o fluido é direcionado para a válvula de expansão que irá expandir o líquido fazendo com que ele fique mais frio e, por fim, essa água gelada irá passar para o evaporador, que trocará calor com a água que passa pelas serpentinas presentes no tanque de gelo – reservatório que acumula a água gelada. [Circuito 2]

No terceiro circuito, a água que fica na serpentina retorna ao evaporador para trocar calor com o fluido refrigerante do chiller, para perder energia (calor) e ficar mais fria. O fluido, por sua vez, irá absorver essa energia da água, fazendo com que se torne, mais uma vez, vapor. Esse vapor irá voltar ao compressor, que irá comprimir o fluido e começar todo o ciclo novamente. [Circuito 3]

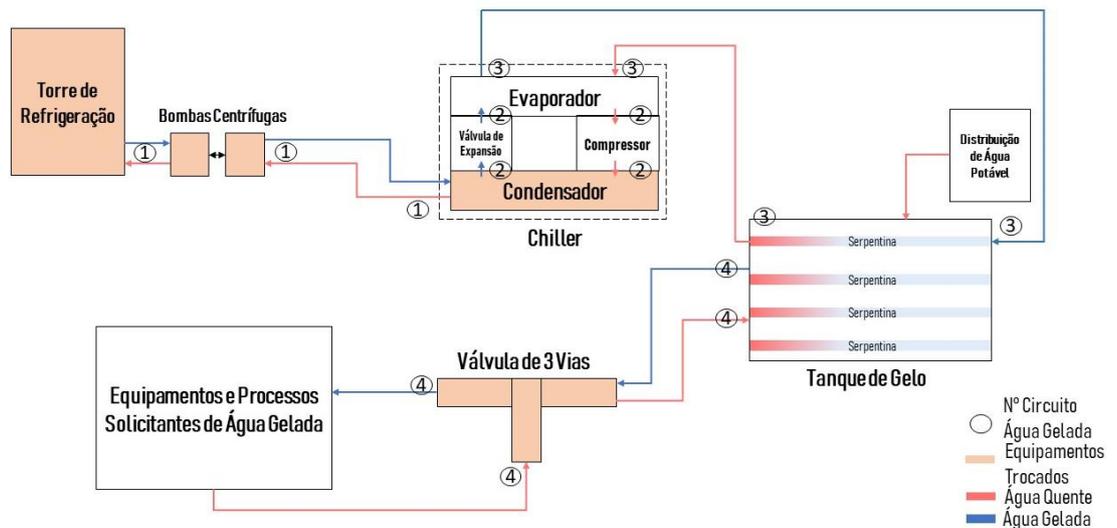
Os solicitantes de água gelada precisam de trabalhar com a água a uma temperatura de 6°C, portanto, a eficiência do sistema de geração de água gelada está referenciada de

modo que envie a utilidade em uma temperatura máxima de 5.5°C, devido às perdas térmicas no caminho até os consumidores.

Por fim, o último circuito de água é da água gelada que vai para os solicitantes. Água potável, vinda da distribuidora municipal, vai para o tanque de gelo e troca calor com as serpentinas que estão dentro dele, deixando-a muito fria. A água gelada sai do tanque e vai diretamente para os consumidores que são os reatores de produção de medicamentos líquidos e sólidos, sistema de purificação de água e climatização de prédios e laboratórios. Como toda a água que é enviada não é utilizada, ela volta para o tanque para poder mais uma vez entrar em contato com as serpentinas, e depois seguir o fluxo novamente.

Após a saída de água gelada (saída do tanque de gelo), há uma válvula de 3 vias para realizar o controle de contato entre a água que está saindo do tanque e a água quente (que retorna dos consumidores). [Circuito 4]

Figura 9 - Fluxo de geração de água gelada.



Fonte: Do autor (2019).

A tabela 2 resume o processo de refrigeração do sistema.

Tabela 2 - Resumo do processo de geração de água gelada (continua).

<b>CIRCUITO</b>	<b>PROCESSO (SEQUENCIAL)</b>	<b>DESCRIÇÃO</b>	<b>FLUIDO</b>	<b>ESTADO FÍSICO</b>	<b>TEMPERATURA DO FLUIDO</b>
1	Torre → Condensador	Água da torre vai para o condensador, para resfriar o fluido refrigerante (R-134a).	Água	Líquido	Fria
2	Compressor	Comprime o R-134a, aumentando sua pressão e temperatura.	R-134a	Vapor	Muito Quente
2	Condensador	O R-134a troca calor com a água que vem da torre e fica frio.	R-134a	Líquido	Fria
2	Válvula de Expansão	A válvula expande o fluido, deixando-o com pressão e temperatura muito baixa.	R-134a	Líquido	Muito Fria
3	Serpentina/Evaporador	No evaporador a água da serpentina entra em contato com o R-134a e fica fria, pois o fluido refrigerante absorve sua energia e fica quente.	R-134a	Vapor	Quente

Tabela 2 - Resumo do processo de geração de água gelada (conclusão).

3	Serpentina/ Evaporador	No evaporador a água da serpentina entra em contato com o R-134a e fica fria, pois o fluido refrigerante absorve sua energia e fica quente.	Água	Líquido	Muito Fria
4	Tanque de Gelo/ Serpentinas	Água que veio da distribuição municipal, troca calor com as serpentinas e fica muito gelada e vai para os consumidores.	Água	Líquida	Muito fria

Legenda: → Sentido do fluido; / Contato entre os fluidos

Fonte: Autor (2019).

### 3.2. Levantamento de dados, análise do sistema e definição de escopo

Como já dito, o sistema térmico foi perdendo sua eficiência no decorrer do tempo, pois a fábrica foi gradativamente se expandindo e aumentando o número de unidades requerentes de água gelada para execução de suas atividades. Além disso, houve um descuido de manutenção dos equipamentos do sistema, o que ocasionou a obstrução dos canais internos do condensador fazendo com que o mesmo não conseguisse mais atender a necessidade dos solicitantes da utilidade, o que gerou a necessidade de troca do equipamento. Além do condensador, a válvula de controle (três vias) parou de funcionar de maneira devida, passando a exercer o papel de uma válvula sem nenhuma ação de controle sobre ela. Como o sistema foi paralisado, alugou-se um chiller da empresa Agreko para suprir nossas atividades até a implementação das ações levantadas.

Para dimensionar os novos equipamentos foi contratada uma empresa especialista em sistemas térmicos. A empresa selecionada foi a NewArt. A NewArt foi até a Boehringer Ingelheim, em Itapeccerica da Serra/SP e levantou todas as necessidades de projeto e indicou as melhores opções para substituição dos equipamentos danificados.

Com os dados levantados, foi elaborado um fluxograma do sistema (Anexo A).

Com todos os novos parâmetros técnicos alinhados montou-se um cronograma para execução de compra, instalação e reativação do sistema.

A Tabela 4, mostra cronograma seguido.

Tabela 3 - Cronograma de Atividades

AÇÃO	2018					2019								
	Ago	Set	Out	Nov	Dez	Jan	Fev	Mar	Abr	Mai	Jun	Jul	Ago	Set
Edital de concorrência da empresa especialista em sistemas refrigeradores	█													
Finalização de contrato com empresa vencedora		█												
Visitas <i>in loco</i> para levantamento dos dados de projeto			█	█										
Apresentação das propostas sugeridas					█									
Edital de concorrência para compra do novo condensador, válvula, torre e bombas						█	█							
Finalização dos pedidos de compra								█	█					
Recebimento torre										█				
Recebimento bombas											█			
Instalação torres e bombas												█		
Ligação da nova tubulação													█	
Instalação novo painel elétrico														█
Recebimento condensador														
Instalação novo condensador														
Reativação do <i>chiller</i>														
Recebimento válvula														
Instalação válvula 3 vias														
Recebimento controlador válvula														
Instalação controlador														
Finalização do projeto														

Fonte: Autor (2019)

### 3.3. Estudo e apresentação de soluções e melhorias

Alinhando o novo condensador com a necessidade e ritmo de operação das unidades solicitantes de água gelada, também foi apontado que seria necessário adquirir uma nova torre de resfriamento, pois o novo trocador de calor precisaria de operar com um maior volume de água. Portanto, também foi necessário novas bombas de transferências capazes de trabalhar com maior volume e pressão. Para evitar danos às mesmas, será instalado um sensor de nível mínimo na torre, para que caso ocorra alguma interrupção ou obstrução de água, as bombas parem de funcionar. Para acionar essas bombas, foi também apontado a aquisição de mecanismos para acioná-las e o escolhido foi um inversor de frequência.

A Tabela 4 relaciona os parâmetros de funcionamento de cada equipamento adquirido, de acordo com o dimensionamento sugerido pela empresa especializada contratada.

Tabela 4 - Resumo das Características Técnicas (continua).

<b>EQUIPAMENTOS</b>	<b>PARÂMETROS</b>		
<b>Bombas Centrí fugas</b>	Marca	KSB	
	Modelo	METB100-065-200 GG A 00454A	
	Vazão Nominal	60,04 [m <sup>3</sup> /h]	
	Rendimento	76,00 [%]	
	Potência Motor Elétrico	6,11 [cv] (4,50 [kW])	
	Pressão de Funcionamento Permissível	13,80 [bar]	
	Tensão de Operação Motor	380 [V]	
	<b>Torre de Resfriamento</b>	Marca	Vettor
		Modelo	VTF-32/15/PR-G-1
Marca Motor Elétrico		WEG	
Tensão de Operação Motor		220/380 [V]	
Vazão de Água		60,00 [m <sup>3</sup> /h]	
Potência Motor Elétrico		5,00 [cv] (3, 67 [kW])	

Tabela 4 - Resumo das Características Técnicas (conclusão).

<b>Condensador</b>	Marca	Johnson Controls
	Modelo	COKW - 322502
	Pressão de Trabalho	6-21 [bar]
	Vazão	55,4 [m3/h]
<b>Válvula 3 Vias</b>	Marca	Armaturen
	Modelo	ARI-STEVI 12450
	Vazão Máxima	83,00 [m3/h]
	Pressão Máx. Entrada	4,00 [bar]

Fonte: Autor (2019).

Com a compra efetuada pelo departamento de compras, foi observado que seria possível a melhoria do sistema. Ao automatizar algumas de suas partes, essas melhorias têm o objetivo de aumentar a eficiência do sistema, além de ajudar a prevenir danos em alguns equipamentos.

Foi dividida em 5 etapas a execução das melhorias apontadas: Controle de nível mínimo da torre de resfriamento; controle de temperatura da entrada do condensador; controle da abertura da válvula de três vias; comunicação entre sensores, CLP e supervisórios; e parametrização dos inversores de frequência que controlam, acionam e param as bombas de transferência entre a torre de resfriamento e o chiller e também o motor do ventilador da torre.

### 3.3.1. Automação do nível mínimo da torre de resfriamento

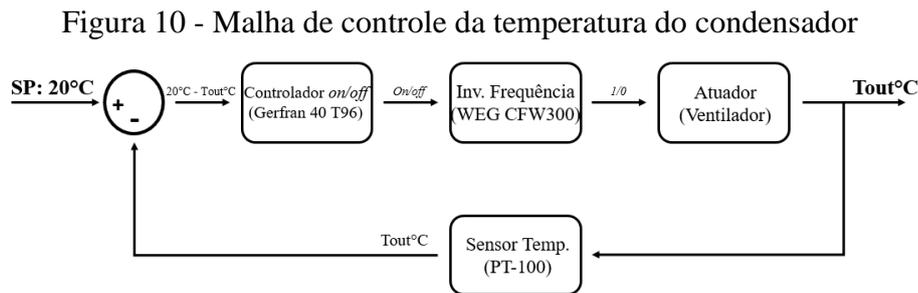
Foi instalado na base da torre, uma bóia de nível que tem o objetivo de desligar as bombas centrífugas, caso seja detectado baixa quantidade de volume de água no reservatório. Ela está acondicionada de modo que ao aferir que o nível de água está baixo, ela interrompe o funcionamento de todo o sistema, desligando o motor da torre, bem como as bombas centrífugas, o que conseqüentemente desligará todo o *chiller*, uma vez que ao interromper o envio de água para o condensador, há um fluxostato na tubulação para desligar o equipamento.

Na página 10 do Anexo B, pode ser visto como eletricamente está à disposição da boia, indicando como ela é capaz de interromper o funcionamento do sistema ao detectar um baixo nível de água.

### 3.3.2. Controle de temperatura da entrada do condensador

O condensador é o equipamento responsável por resfriar o fluido refrigerante, que irá, por sua vez, resfriar a água que vai para as serpentinas. O fabricante recomenda uma temperatura de operação do mesmo, tal que, a mínima condição, para que o condensador consiga resfriar o fluido refrigerante, suficientemente, é que a temperatura da água de entrada, seja de 29°C.

Afim de satisfazer a recomendação do fornecedor e garantir que o condensador trabalhe na temperatura correta, foi implementado uma técnica de controle para o sistema. Para realizar o controle do motor elétrico da torre, foi instalado um controlador Gerfran, modelo 40T 96, que utiliza a ação de controle *on/off* para atingir o *setpoint* programado. A figura 10, mostra como foi montada a malha de controle para esse sistema.



Fonte: Do autor (2019).

Como é possível observar, além do controlador, foi instalado um transmissor de temperatura (PT-100, 3 fios) na tubulação de entrada do condensador, ele envia para o controlador a temperatura da água que chega no trocador de calor, para que ele possa operar de maneira correta. Foi escolhido esse tipo de sensor, por ter baixo custo, manutenção simples, fácil instalação, boa precisão de leitura de parâmetro, além de já pertencer aos itens de estoque da empresa.

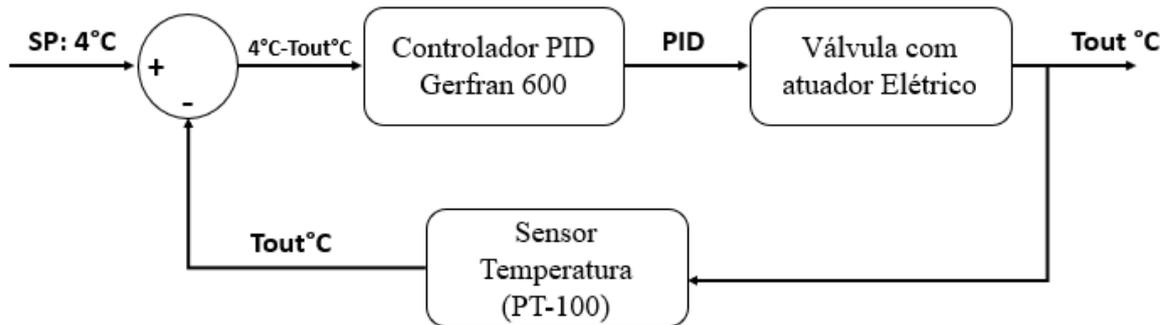
O controlador foi parametrizado, de modo que: se a temperatura da água de entrada no condensador for maior do que 25°C, o motor da torre aciona, para que consiga resfriar a água do processo, e caso ele consiga atingir o valor de 20 °C, o motor interrompe seu funcionamento. Vide Anexo B, página 10.

Além dos componentes citados na malha de controle, foi instalado um fluxoeestado, na tubulação de saída do condensador, para caso o mesmo não detecte fluxo de água, ele manda um comando para interromper o funcionamento do *chiller*.

### 3.3.3. Controle da abertura da válvula de três vias

Após a saída do banco de gelo, há uma válvula de controle para regular o envio de água gelada aos consumidores da utilidade, além de garantir a temperatura da água ao sair do tanque de gelo. Essa válvula possui um atuador elétrico acoplado, para poder se comunicar com o controlador. A Figura 11 representa a malha de controle do sistema.

Figura 11 - Malha de controle da temperatura final da água gelada de envio.



Fonte: Do autor (2019).

Na tubulação de saída do tanque, há um sensor de temperatura (PT 100, 3 fios), que envia ao supervisor a temperatura da água de envio para os consumidores. Esse sensor era utilizado apenas para enviar a informação para a IHM e foi trocado por um novo, pois o antigo estava com problemas no seu transmissor.

A válvula deve operar de modo que ocorra a reutilização da água que retorna dos consumidores, caso a mesma esteja até 4°C, se misturando com a água de saída do tanque. Caso ela esteja em uma temperatura superior, ela deve voltar para o tanque de gelo para perder calor mas uma vez.

Além de se comunicar com o sistema supervisor, o PT-100 também envia a temperatura da água de saída do tanque para o controlador da válvula, Gefran 600, que interpreta a informação, mandando a mesma abrir mais ou menos, até que o sensor registre a temperatura de *setpoint*, 4°C, e cesse a mistura.

A ação de controle utilizada para atingir a operação correta do sistema foi um PID. O controlador utilizado nesta aplicação, possui a função de auto sintonização, conseguindo encontrar os melhores valores de ganho integral, proporcional e derivativo. O mesmo utiliza técnica de sensibilidade limite para realizar esse processo.

#### **3.3.4. Parametrização dos inversores de frequência**

Os inversores de frequência foram utilizados como dispositivos de acionamento das bombas centrífugas e do motor da torre de resfriamento. As bombas operam em 60 Hz – velocidade nominal.

No Anexo B, página 08, pode ser visto como o inversor de frequência que controla o motor da torre está ligado eletricamente.

#### **3.4. Elaboração do desenho de ligação elétrica e montagem do painel elétrico**

Com base nas informações adquiridas pela a empresa que fez o estudo do projeto, foi feito um desenho do esquemático elétrico do conjunto torre, bombas centrífugas, inversores, controladores e sensores.

O painel foi montado conforme as normas estabelecidas pela NR-10.

No Anexo B está referenciado o desenho do painel feito pela empresa Líder.

#### **3.5. Implementação e Startup/ As built**

No dia 20 de julho de 2019, foi iniciado a execução do ligamento de todos os equipamentos em conjunto.

A execução foi feita pela Boheringer Ingelheim, juntamente com a Johnson Controls, fornecedora do novo condensador e responsável pela manutenção do conjunto dos equipamentos que formam o *chiller*.

Antes no início da partida dos equipamentos, foi realizada uma manutenção no compressor e na válvula de expansão para assegurar, o correto funcionamento de todos os componentes.

Abaixo estão evidenciadas imagens referentes dos equipamentos trabalhados no projeto. (FIGURAS 12 a 23)

Figura 12 - Torre de resfriamento



Fonte: Do autor (2019).

Figura 13 - Bombas Centrífugas



Fonte: Do autor (2019).

Figura 14 - Painel de comando



Fonte: Do autor (2019).

Figura 15 - Condensador



Fonte: Do autor (2019).

Figura 16 - Chiller



Fonte: Do autor (2019).

Figura 17 - Tanque de "gelo"



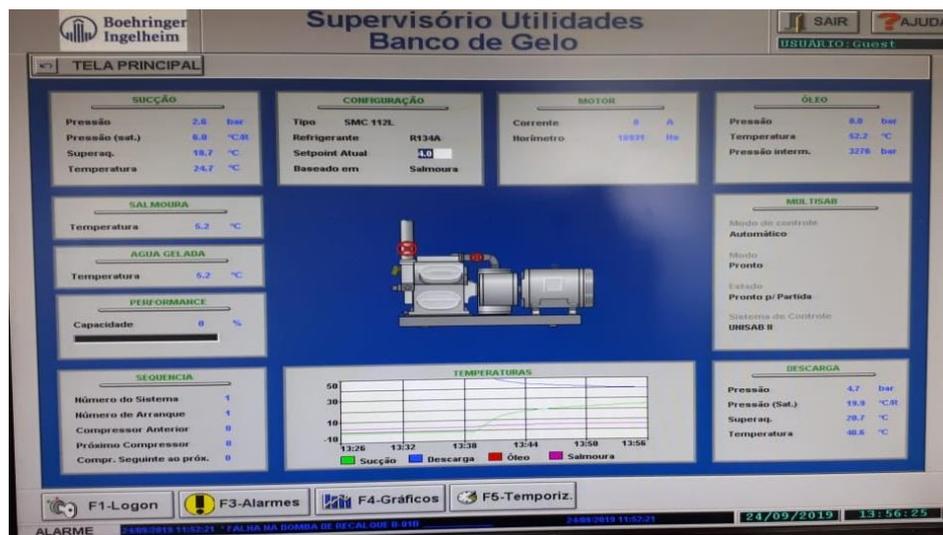
Fonte: Do autor (2019).

Figura 18 - IHM integrada com controlador do compressor



Fonte: Do autor (2019).

Figura 19 - Tela supervisorio



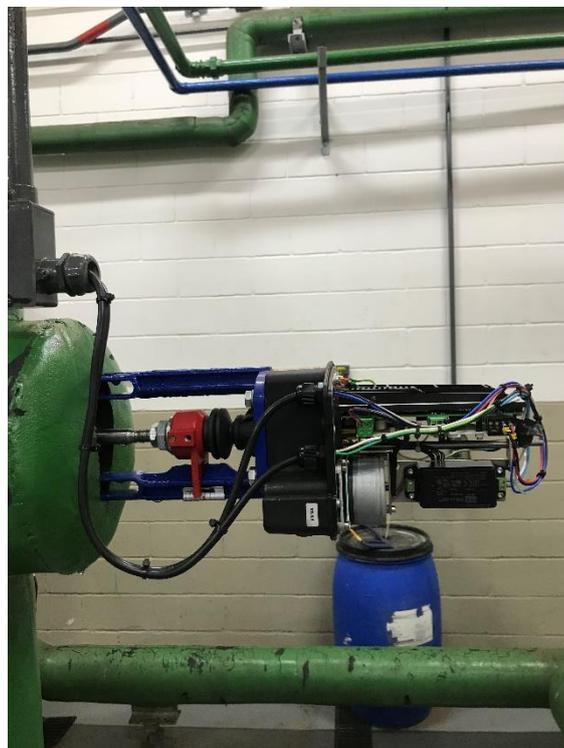
Fonte: Do autor (2019).

Figura 20 - Válvula de 3 vias



Fonte: Do autor (2019).

Figura 21 - Atuador da válvula



Fonte: Do autor (2019).

Figura 22 - Controlador da válvula



Fonte: Do autor (2019).

Figura 23 - Quadro de comando do controlador



Fonte: Do autor (2019).

### 3.6 Discussões

Desde o início de operação do sistema foi observado como a temperatura climática influencia no processo. Nos dias mais frios, o motor da torre funciona menos vezes, pois tem

menos dificuldade em resfriar a água do processo. Nos dias mais quentes, além da alta temperatura do clima, o compressor se esforça muito, e, conseqüentemente, também esquenta mais, transmitindo um pouco de calor para a água de condensação. Isso faz que o motor se esforce mais (fique mais tempo ligado), para diminuir ao máximo a temperatura de envio para o condensador.

Foi parametrizado um *setpoint* (20°C), com 9°C abaixo do recomendado pelo fornecedor (29°C), justamente devido a essas variações climáticas, que impactam diretamente no rendimento do motor.

Inicialmente a válvula de controle foi instalada de modo manual. Foi estabelecido um valor de abertura de 50%, ou seja, 50% da água que voltava dos consumidores eram redirecionados a eles e os outros 50% voltava ao tanque para passar pelo processo de troca novamente. Foi visto que essa configuração estava injetando água quente no circuito, pois o sensor de temperatura da saída do tanque estava registrando valores superiores ao projetado, 6°C. Com a instalação do controlador, a modulação de abertura foi automatizada, e foi observada a regularização da temperatura enviando água em uma temperatura abaixo do limite máximo.

Foi estabelecido um *setpoint*, de envio de água gelada para os consumidores, de 4°C. Após a auto sintonização do controlador, os ganhos proporcionais, integrais e derivativos, foram, respectivamente: 1.0, 0.25 e 1.0.

O compressor, foi parametrizado para funcionar de modo automático, ou seja, quando a temperatura da água das serpentinas estiver a 3°C, o mesmo deve interromper seu funcionamento, pois pode ocorrer o risco de congelamento das mesmas, impedindo o fluxo de água para continuação do processo de troca de calor. Ele também aumenta seu percentual de desempenho à medida que necessita de água mais fria, ou seja, quanto mais quente estiver a água da serpentina, mais ele se esforçará para tentar resfriá-la.

#### 4. CONCLUSÃO

Esse trabalho apresenta a troca de alguns equipamentos do sistema de geração de água gelada da empresa Boehringer Ingelheim, pois estes estavam com muitas avarias e não estavam mais atendendo a necessidade dos consumidores internos. Foi instalado um novo condensador, uma nova válvula de controle, uma nova torre de resfriamento e novas bombas centrífugas, além disso, também foi instalado sensores e controladores na malha do sistema, afim de automatizá-lo.

Os componentes de automatização dos processos, foram incorporados aos equipamentos, para melhorar sua performance, uma vez que estes apresentavam funcionamento manual, e sem a devida supervisão, poderiam gerar danos aos equipamentos recém instalados.

Foi instalado uma chave de nível na torre de refrigeração, para que a mesma detecte se há nível suficiente no reservatório, pois em caso de baixo volume, as bombas centrífugas não puxem ar da tubulação, evitando assim sua cavitação. O sensor de temperatura instalado na entrada do condensador, para que envie um sinal para o controlador, em caso a temperatura esteja acima do estabelecido pelo fornecedor, assim a torre de resfriamento seja acionada, para regular a temperatura de entrada do trocador de calor. Sem esse conjunto (sensor + controlador), a torre deveria ficar com seu ventilador ligado 100% do tempo, desgastando mais seu motor, além de consumir mais energia elétrica. Também foi instalado um fluxostato na tubulação de saída do condensador, para verificar se há passagem de água no retorno da mesma para a torre, na sua ausência, mais uma vez, as bombas puxariam ar da tubulação, podendo estragar sua estrutura interna, além de não permitir a detecção de problemas de circulação de água dentro do trocador de calor.

Após o término de instalação e ajuste fino de todos os parâmetros de automatização dos componentes, o sistema atingiu seu objetivo (enviar água em uma temperatura menor que 6°C), e ainda após os processos de controle e automação sugeridos, foi observada maior robustez em seu funcionamento, melhorando seu desempenho.

Contudo, ainda é possível fazer algumas melhorias quanto aos componentes automatizados no processo, uma vez que houve uma troca de funcionários que lideravam o projeto, e na época de escopo não foram levados em consideração. No painel de comando seria interessante colocar um dispositivo luminoso para indicar quando as bombas centrífugas não estiverem em funcionamento devido ao nível mínimo da torre ser detectado.

As bombas também teriam melhor desempenho caso fossem controladas por uma ação de controle PID, não necessitando ficarem ligadas em 60 Hz todo o tempo, economizando uma certa quantia de energia.

Além disso, seria melhor, tanto para o gerenciamento, quanto para a robustez do processo, que todos os dispositivos estivessem ligados a um CLP, pois além da melhoria no desempenho, a integração com o sistema supervisório utilizado pela empresa, o Metasys da Johnson Controls, teria menos dificuldade.

A versão do supervisório utilizado é muito antiga, atualmente utiliza-se um supervisório Indosoft, e nele há poucas informações relevantes para o processo, além de permitir apenas visualização dos parâmetros, ou seja, não é possível realizar nenhum comando remotamente.

## 5. REFERÊNCIA BIBLIOGRÁFICA

ARMATUREN. **Control valve – 3-way-form (mixing/divirting valve)**. p.1-20, ago./2017.

AUTOMAÇÃO INDUSTRIAL. **A pirâmide da automação industrial**. Disponível em: <https://www.automacaoindustrial.info/a-piramide-da-automacao-industrial/>. Acesso em: 13 jul. 2019.

CITISYSTEMS. **Inversor de Frequência**. Disponível em: <https://www.citisystems.com.br/inversor-de-frequencia/>. Acesso em: 13 jul. 2019.

DEGRAUS. **Entenda o funcionamento de uma bomba centrífuga**. Disponível em: <https://www.degraus.com.br/entenda-o-funcionamento-de-uma-bomba-centrifuga/>. Acesso 03 Nov 2019.

ECE UFRGS. **Ação Liga-Desliga**. Disponível em: <http://www.ece.ufrgs.br/~jmgomes/pid/Apostila/apostila/node20.html>. Acesso em: 13 jul. 2019.

EICOS. **Sensor de Nível LA16M-40**. Disponível em: [https://www.eicos.com.br/sensor-de-nivel/montagem-lateral/LA16M-40/?gclid=Cj0KCQjw9fntBRCGARIsAGjFq5GUdukTnXbZD72ab-zKEKCqBwBK17O9myl13GguppJqzU0U140Rd1EaAsLTEALw\\_wcB](https://www.eicos.com.br/sensor-de-nivel/montagem-lateral/LA16M-40/?gclid=Cj0KCQjw9fntBRCGARIsAGjFq5GUdukTnXbZD72ab-zKEKCqBwBK17O9myl13GguppJqzU0U140Rd1EaAsLTEALw_wcB). Acesso em 03 Nov 2019.

IOPE. **Sensor Temperatura PT100**. Disponível em: <http://www.iope.com.br/sensor-temperatura-pt100>. Acesso em: 03 Nov 2019.

LEFOO. **O Fluxoestado**. Disponível em: <https://www.lefoo.com.br/novidades/o-fluxoestado>. Acesso em 07 Nov 2019.

LOURENÇO, João. **SINTONIA DE CONTROLADORES P.I.D. ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA** p. 1-12, jan./1996.

MECÂNICA INDUSTRIAL. **O que é uma válvula globo?**. Disponível em: <https://www.mecanicaindustrial.com.br/157-o-que-e-uma-valvula-globo/>. Acesso em: 13 jul. 2019.

MUNIZ, Sérgio R..**Resumo Controladores PID: PID**. 1. ed. São Paulo: USP, 2017. p. 1-4.

NETO, P. C. B. **Termodinâmica Volume II: Termodinâmica aplicada**. 1. ed. São José/ SC: IFSC, 2019. p. 1-47.

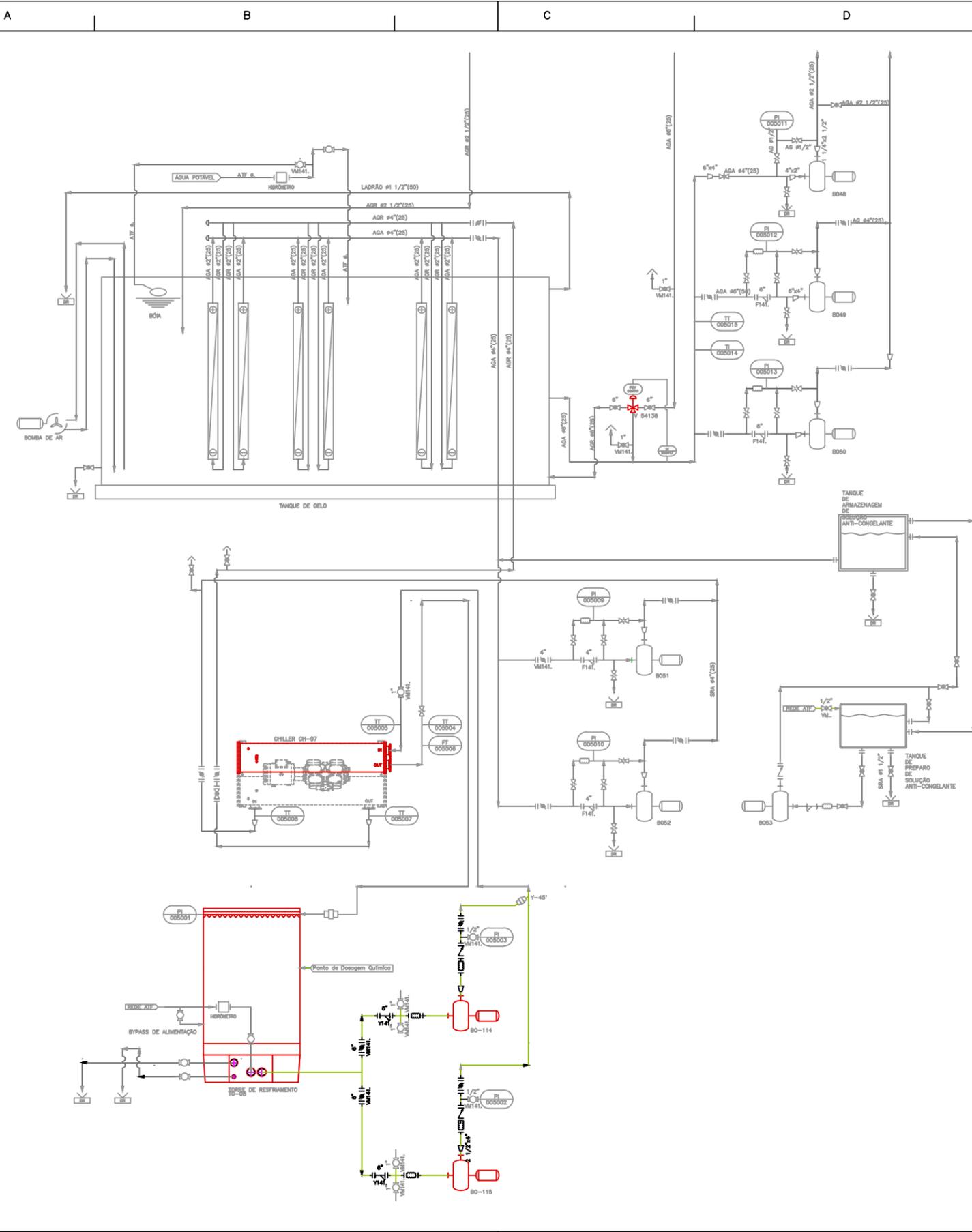
**Operações Unitárias I: Transferência de quantidade de movimento**. 1. ed. Campinas: UNICAMP, 2019. p. 1-39.

SILVA, Felipe Oliveira. **Instrumentação**: Instrumentação. 1. ed. Lavras: UFLA, 2018. p. 1-31.

TECAUT. **AUTOMAÇÃO**. Disponível em: <<http://www.tecaut.com.br/base.asp?pag=automacao.asp>>. Acesso em 03 Nov 2019.

VIEIRA, S. RODRIGRO. **Disciplina de Operações Unitárias I**: Bombas e Compressores. 1. ed. Fortaleza: UFCE, 2013. p. 1-37.

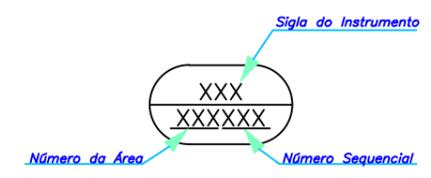
WONDERWARE. **O que é interface homem-máquina (HMI)?**. Disponível em: <https://www.wonderware.com/pt-br/hmi-scada/what-is-hmi/>. Acesso em: 13 jul. 2019.



Legenda

	Bomba Centrífuga		Válvula Esfera
	Válvula em 3 Vias		Válvula Borboleta
	Redução Excêntrica		Válvula Globo
	Redução Concêntrica		Filtro Y
	Junta de Dilatação		Válvula de Retenção
	Válvula Gaveta/Balanceamento		

IDENTIFICAÇÃO DE INSTRUMENTAÇÃO



LEGENDA DE LINHAS

	TUBULAÇÃO NOVA (LINHA CHEIA NA COR DO FLUIDO)
	EQUIPAMENTO/TUBULAÇÃO JÁ EXISTENTE (COR CINZA)
	EQUIPAMENTO NOVO (COR VERMELHO)

01	29/07/19	AS BUILT
0	06/06/18	REVISÃO INICIAL
Rev.	Data	Descrição

Nome	T. Mendes	G. Engelmann	T. Araujo	A. Lacerda	P. H. Lima	C. Bevenuto	N. A.	F. Bueno
Assin.							N. A.	
Data							N. A.	
Função	Desenhado	Verificação	Aprovação	Manutenção	Responsável Cliente	EHS&S	Gar. Qua.	

Número Fornecedor:  
N.A.

O original deste documento se encontra arquivado no Departamento de Engenharia.

Título:  
**FLUXOGRAMA BANCO DE GELO**  
Adequação do Sistema de Geração de Água Gelada

Emitido em:	29/07/2019	Desenho controlado:	<input type="checkbox"/>	Número BIBR:	AGL-FLU-BOE-19-01	Rev.:	01
Escola:	S/E	Desenho não controlado:	<input checked="" type="checkbox"/>				

	1	2	3	4	5	6																							
A			<b>Lider Indústria e Comércio de Equipamentos Eireli.</b>																										
			R. Aurantina, 51 – Sacomã – SP CEP 04248-050 Tel. (11) 2915-3100																										
B	Empresa / Cliente	SLV																											
	Número de desenho	OP 188	Proposta comercial	PTC19059-3																									
C	Número do pedido do cliente	-	Documentos de referência	Projeto básico																									
	<b>PAINEL DE COMANDO TORRE E BOMBAS- 380V 3F+N+PE</b>																												
C	Responsável pelo projeto: MARCO		Verificado por: RENATO		Data: 12/06/2019																								
	Aprovado por: ???				Data: ???																								
	<table border="1"> <thead> <tr> <th>Revisão</th> <th>Data</th> <th>Responsável</th> <th>Descrição</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>12/06/2019</td> <td>MARCO</td> <td>EMISSÃO PARA COMENTARIOS</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>16/07/2019</td> <td></td> <td>As bulas</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>19/08/2019</td> <td>RUBENS</td> <td>As bulas revisada</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> <tr> <td>5</td> <td></td> <td></td> <td></td> </tr> </tbody> </table>						Revisão	Data	Responsável	Descrição	1	12/06/2019	MARCO	EMISSÃO PARA COMENTARIOS	2	16/07/2019		As bulas	3	19/08/2019	RUBENS	As bulas revisada	4				5		
Revisão	Data	Responsável	Descrição																										
1	12/06/2019	MARCO	EMISSÃO PARA COMENTARIOS																										
2	16/07/2019		As bulas																										
3	19/08/2019	RUBENS	As bulas revisada																										
4																													
5																													
Notas gerais																													
Escala 1:1 Unidade mm Revisão atual  3 Capa Página 1 de 16																													



1

2

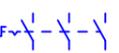
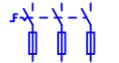
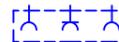
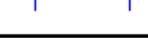
3

4

5

6

## SIMBOLOGIA

 BORNE DE PASSAGEM	 CONTATO INTERRUPTOR FIM DE LINHA MECÂNICO NA, NF e COMUTADOR	 COMUTADOR 2 POSIÇÕES ACIONAMENTO POR CHAVE NA e NF	 TRANSFORMADOR DE TENSÃO MONOFÁSICO UNIVERSAL	 DISPOSITIVO DE PROTEÇÃO CONTRA SURTOS ELÉTRICOS	 CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA TRIPOLAR
 BORNE FUSÍVEL	 CONTATO ELEMENTO DE PRESSÃO NA e NF	 BOTÃO DE EMERGÊNCIA GIRAR PARA DESTRAVAR	 TRANSFORMADOR DE TENSÃO MONOFÁSICO	 CIRCUITOS DE PROTEÇÃO DE BOBINAS TIPO DIODO, VARISTOR e RC	 CHAVE SECCIONADORA ROTATIVA TRIPOLAR PORTA-FUSÍVEL
 BORNE FUSÍVEL C/LED	 CONTATO ELEMENTO TÉRMICO NA e NF	 BOTÃO DE EMERGÊNCIA PUXAR PARA DESTRAVAR	 TRANSFORMADOR DE CORRENTE TIPO JANELA	 INDICADOR DE CORRENTE	 CHAVE SECCIONADORA TRIPOLAR SACA-FUSÍVEL
 TOMADA 3 PÓLOS	 CONTATO ELEMENTO DE VAZÃO NA e NF	 BOTÃO DE EMERGÊNCIA CHAVE PARA DESTRAVAR	 FONTE DE TENSÃO MONOFÁSICA	 INDICADOR DE TENSÃO	 TRANSMISSOR DE TEMPERATURA
 BOBINA ELEMENTO ELETROMAGNÉTICO	 CONTATO ELEMENTO DE NÍVEL NA e NF	 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO UNIPOLAR	 INTERRUPTOR DE APROXIMAÇÃO LIGAÇÃO DIRETA 3 FIOS NA e NF	 INDICADOR GERAL	
 BOBINA ELEMENTO TEMPORIZADO RETARDO NA ENERGIZAÇÃO	 CONTATO ELEMENTO DE NÍVEL INFERIOR NA e NF	 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO BIPOLAR	 INTERRUPTOR DE APROXIMAÇÃO LIGAÇÃO C/CONECTOR 3 FIOS NA e NF	 CONTADOR HORÁRIO (HORÍMETRO)	
 BOBINA ELEMENTO TEMPORIZADO RETARDO NA DEENERGIZAÇÃO	 CONTATO ELEMENTO DE NÍVEL SUPERIOR NA e NF	 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO TRIPOLAR	 INTERRUPTOR DE APROXIMAÇÃO LIGAÇÃO DIRETA E C/CONECTOR 4 FIOS 1 COMUTADOR	 SENSOR TÉRMICO ANALÓGICO 2 FIOS (TERMOPAR)	
 BOBINA VÁLVULA SOLENÓIDE	 CONTATO INTERRUPTOR DE APROXIMAÇÃO NA e NF	 DISJUNTOR-MOTOR TERMOMAGNÉTICO		 SENSOR TÉRMICO OHMICO 3 FIOS (TERMORESISTÊNCIA)	
 CONTATO AUXILIAR NA, NF e COMUTADOR	 CONTATO INTERRUPTOR DE APROXIMAÇÃO POR ELEMENTO MAGNÉTICO NA e NF	 RELE DE SOBRECARGA (BIMETÁLICO)	 MOTOR DE INDUÇÃO MONOFÁSICO	 RESISTOR DE AQUECIMENTO	
 CONTATO NA DE POTÊNCIA	 CONTATO INTERRUPTOR ACIONADO PELOS PÉS NA e NF	 INTERRUPTOR DIFERENCIAL RESIDUAL BIPOLAR	 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO 3 PONTAS	 LUMINÁRIA PARA PAINEL	
 CONTATO AUXILIAR ATRASADO NA e NF	 BOTÃO IMPULSO NA e NF	 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO DIFERENCIAL RESIDUAL BIPOLAR	 MOTOR DE INDUÇÃO TRIFÁSICO 6 PONTAS	 SINALIZADOR VISUAL INCANDESCENTE E LED	
 CONTATO AUXILIAR ADIANTADO NA e NF	 COMUTADOR 2 POSIÇÕES COM TRAVA NA e NF	 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO DIFERENCIAL RESIDUAL BIPOLAR	 EXAUSTOR/ VENTILADOR	 SINALIZADOR SONORO	
 CONTATO TEMPORIZADO ABRE, FECHA E DESLIGA COM RETARDO	 COMUTADOR 3 POSIÇÕES COM TRAVA NA e NF	 INTERRUPTOR DIFERENCIAL RESIDUAL TETRAPOLAR	 UNIDADE CAPACITIVA MONOFÁSICA	 RESISTOR VÁRIAVEL (POTÊNCIOMETRO)	
 CONTATO TEMPORIZADO FECHA, ABRE E LIGA COM RETARDO	 COMUTADOR 2 POSIÇÕES COM RETORNO NA e NF	 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO DIFERENCIAL RESIDUAL TETRAPOLAR	 UNIDADE CAPACITIVA TRIFÁSICA	 COMUTADORA AMPERIMÉTRICA R-S-T	
 CONTATO ELEMENTOS DE SOBRECARGA TÉRMICO E MAGNÉTICO NA, NF	 COMUTADOR 3 POSIÇÕES COM RETORNO NA e NF	 DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO DIFERENCIAL RESIDUAL TETRAPOLAR	 FUSÍVEL	 COMUTADORA VOLTIMÉTRICA RS-ST-RT	

Escala  
1 : 1Unidade  
mmRevisão atual 

SIMBOLOGIA

Página 3 de 16

1

2

3

4

5

6

## CARACTERÍSTICAS ELÉTRICAS

TENSÃO NOMINAL	380Vca
CORRENTE NOMINAL	63A
CORRENTE DE CURTO-CIRCUITO SIMÉTRICA	17KA
TENSÃO DE COMANDO	220VCA
TENSÃO DE SERVIÇO AUXILIAR	

## CARACTERÍSTICAS MECÂNICAS

DIMENSÃO TOTAL (AxLxP)	
CONSTRUÇÃO	
INSTALAÇÃO	
GRAU DE PROTEÇÃO	
ACABAMENTO	
COR DE ACABAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> CINZA RAL7032 <input type="checkbox"/> CINZA RAL7035 <input type="checkbox"/> CINZA MUNSELL N6,5
PLACA DE MONTAGEM	<input checked="" type="checkbox"/> LARANJA RAL2000 <input type="checkbox"/> CINZA MUNSELL N2,5
TRATAMENTO DAS CHAPAS	
ESTRUTURA, PLACA DE MONTAGEM E BASE SOLEIRA	
PORTAS E TAMPAS DE FECHAMENTO	
SISTEMA DE FECHO DAS PORTAS	<input checked="" type="checkbox"/> TIPO FENDA <input type="checkbox"/> ESCAMOTEÁVEL <input type="checkbox"/> YALE
FECHAMENTO POSTERIOR	<input type="checkbox"/> APARAFUSADO <input checked="" type="checkbox"/> SOLDADO
FECHAMENTO LATERAL	<input type="checkbox"/> APARAFUSADO <input checked="" type="checkbox"/> SOLDADO
SISTEMA DE IÇAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> AUSENTE <input type="checkbox"/> PARAFUSO OLHAL <input type="checkbox"/> CANTONEIRA
BORRACHAS DE VEDAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/> SIM <input type="checkbox"/> NÃO
ATERRAMENTO DAS PORTAS	<input checked="" type="checkbox"/> SIM (CABO) <input type="checkbox"/> AUSENTE <input type="checkbox"/> SIM (MALHA)
PONTO PARA ATERRAMENTO DAS PORTAS	<input type="checkbox"/> PARAFUSO BICROMATIZADO <input checked="" type="checkbox"/> AUSENTE
VENEZIANA ESTAMPADA PARA VENTILAÇÃO	<input type="checkbox"/> AUSENTE <input checked="" type="checkbox"/> COM FILTRO <input type="checkbox"/> SEM FILTRO
OUTRO	

## BARRAMENTO

MATERIAL	<input checked="" type="checkbox"/> COBRE ELETROLÍTICO <input type="checkbox"/> ALUMÍNIO
ACABAMENTO	<input checked="" type="checkbox"/> PRATEADO <input type="checkbox"/> NATURAL <input type="checkbox"/> ESTANHADO
IDENTIFICAÇÃO	<input type="checkbox"/> PINTURA <input checked="" type="checkbox"/> AUSENTE <input type="checkbox"/> FITA
FASE R	<input checked="" type="checkbox"/> AZUL ESCURO <input type="checkbox"/> OUTRO
FASE S	<input checked="" type="checkbox"/> BRANCO <input type="checkbox"/> OUTRO
FASE T	<input checked="" type="checkbox"/> ROXO <input type="checkbox"/> OUTRO
NEUTRO	<input checked="" type="checkbox"/> AZUL CLARO <input type="checkbox"/> OUTRO
TERRA	<input checked="" type="checkbox"/> VERDE <input type="checkbox"/> OUTRO
POSITIVO	<input type="checkbox"/> VERMELHO <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO
NEGATIVO	<input type="checkbox"/> PRETO <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO
ISOLAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/> AUSENTE <input type="checkbox"/> TERMORETRÁTIL <input type="checkbox"/> FITA
CONEXÕES	<input checked="" type="checkbox"/> PARAFUSO BICROMATIZADO <input type="checkbox"/> PARAFUSO INOX
PROTEÇÃO CONTRA CONTATO ACIDENTAL	<input type="checkbox"/> POLICARBONATO CRISTAL <input checked="" type="checkbox"/> CHAPA DE AÇO

## PLAQUETAS

MATERIAL	PLASTICO/ACRILICO
COR DO FUNDO	PRETO
COR DA INSCRIÇÃO	BRANCO
FIXAÇÃO	<input checked="" type="checkbox"/> AUTO-ADESIVA <input type="checkbox"/> PARAFUSADA <input type="checkbox"/> REBITADA
IDENTIFICAÇÃO INTERNA (TAG'S)	
IDIOMA	<input checked="" type="checkbox"/> PORTUGUÊS <input type="checkbox"/> OUTRO
OUTRO	

## CONDUTORES IDENTIFICAÇÕES

POTÊNCIA	<input checked="" type="checkbox"/> PRETO <input type="checkbox"/> VERMELHO <input type="checkbox"/> CINZA
COMANDO CA	<input type="checkbox"/> BRANCO <input checked="" type="checkbox"/> VERMELHO <input type="checkbox"/> CINZA
COMANDO CC	<input checked="" type="checkbox"/> AZUL ESCURO <input type="checkbox"/> VERMELHO/PRETO (+/-)
SINAL ANALÓGICO	<input type="checkbox"/> AZUL CLARO <input checked="" type="checkbox"/> VERMELHO/PRETO (+/-)
CONTATO SECO	<input type="checkbox"/> AMARELO <input checked="" type="checkbox"/> CINZA
MEDICAÇÃO DE TENSÃO	<input checked="" type="checkbox"/> VERMELHO <input type="checkbox"/> BRANCO <input type="checkbox"/> CINZA
MEDICAÇÃO DE CORRENTE	<input checked="" type="checkbox"/> VERMELHO <input type="checkbox"/> BRANCO <input type="checkbox"/> CINZA
CONDUTOR NEUTRO	<input checked="" type="checkbox"/> AZUL CLARO
CONDUTOR TERRA	<input checked="" type="checkbox"/> VERDE/AMARELO <input type="checkbox"/> VERDE
POTÊNCIA	<input type="checkbox"/> 2,5mm (MÍNIMO) <input type="checkbox"/> PVC-750V-70°C <input checked="" type="checkbox"/> PVC-0,6/1KV-70°C
COMANDO CA	<input type="checkbox"/> 1mm (MÍNIMO) <input checked="" type="checkbox"/> PVC-750V-70°C <input checked="" type="checkbox"/> PVC-0,6/1KV-70°C
COMANDO CC	<input type="checkbox"/> 1mm (MÍNIMO) <input type="checkbox"/> PVC-750V-70°C <input checked="" type="checkbox"/> PVC-0,6/1KV-70°C
SINAL ANALÓGICO	<input type="checkbox"/> 1mm (MÍNIMO) <input type="checkbox"/> PVC-750V-70°C <input checked="" type="checkbox"/> PVC-0,6/1KV-70°C
SINAL AUXILIAR	<input type="checkbox"/> 1mm (MÍNIMO) <input type="checkbox"/> PVC-750V-70°C <input checked="" type="checkbox"/> PVC-0,6/1KV-70°C
MEDICAÇÃO DE TENSÃO	<input type="checkbox"/> 2,5mm <input type="checkbox"/> PVC-750V-70°C <input checked="" type="checkbox"/> PVC-0,6/1KV-70°C
MEDICAÇÃO DE CORRENTE	<input type="checkbox"/> 2,5mm <input type="checkbox"/> PVC-750V-70°C <input checked="" type="checkbox"/> PVC-0,6/1KV-70°C
POTÊNCIA	<input type="checkbox"/> CONFORME NECESSIDADE <input checked="" type="checkbox"/> ILHOS (TUBULAR) <input type="checkbox"/> FORQUILHA <input type="checkbox"/> OLHAL
COMANDO	<input type="checkbox"/> CONFORME NECESSIDADE <input checked="" type="checkbox"/> ILHOS (TUBULAR) <input type="checkbox"/> FORQUILHA <input type="checkbox"/> OLHAL
OUTROS	<input checked="" type="checkbox"/> CONFORME NECESSIDADE <input type="checkbox"/> ILHOS (TUBULAR) <input type="checkbox"/> FORQUILHA <input type="checkbox"/> OLHAL



COMPONENTE


 IDENTIFICAÇÃO NUMÉRICA SEQUENCIAL SOMENTE NO COMANDO

 IDENTIFICAÇÃO PELO TAG DO COMPONENTE + TERMINAL DE LIGAÇÃO

 IDENTIFICAÇÃO "DE-PARA" (TAG + TERMINAL DE LIGAÇÃO INICIAL ... TAG + TERMINAL DE LIGAÇÃO FINAL)

OBSERVAÇÃO:

## CARACTERÍSTICAS GERAIS

COMANDO CA	<input type="checkbox"/> 110V <input checked="" type="checkbox"/> 220V <input type="checkbox"/> OUTRO
COMANDO CC	<input type="checkbox"/> 12V <input checked="" type="checkbox"/> 24V <input type="checkbox"/> OUTRO
MOTORIZADO	<input type="checkbox"/> 127V <input checked="" type="checkbox"/> 220V <input type="checkbox"/> OUTRO
ILUMINAÇÃO	<input type="checkbox"/> 110V <input checked="" type="checkbox"/> 220V <input type="checkbox"/> OUTRO
EXAUSTÃO/VENTILAÇÃO	<input type="checkbox"/> 110V <input checked="" type="checkbox"/> 220V <input type="checkbox"/> OUTRO
AQUECIMENTO	<input type="checkbox"/> 127V <input checked="" type="checkbox"/> 220V <input type="checkbox"/> OUTRO
TOMADA	<input type="checkbox"/> 127V <input checked="" type="checkbox"/> 220V <input type="checkbox"/> OUTRO
ENTRADA DOS CABOS DE POTÊNCIA	<input type="checkbox"/> SUPERIOR <input type="checkbox"/> INFERIOR <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO
SAÍDA DOS CABOS DE POTÊNCIA	<input type="checkbox"/> SUPERIOR <input type="checkbox"/> INFERIOR <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO
ENTRADA DOS CABOS DE COMANDO	<input type="checkbox"/> SUPERIOR <input type="checkbox"/> INFERIOR <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO
SAÍDA DOS CABOS DE COMANDO	<input type="checkbox"/> SUPERIOR <input type="checkbox"/> INFERIOR <input checked="" type="checkbox"/> OUTRO
OBSERVAÇÃO	

## NOTAS GERAIS

Escala  
1 : 1Unidade  
mmRevisão atual 

Construção

Página 4 de 16



1

2

3

4

5

6

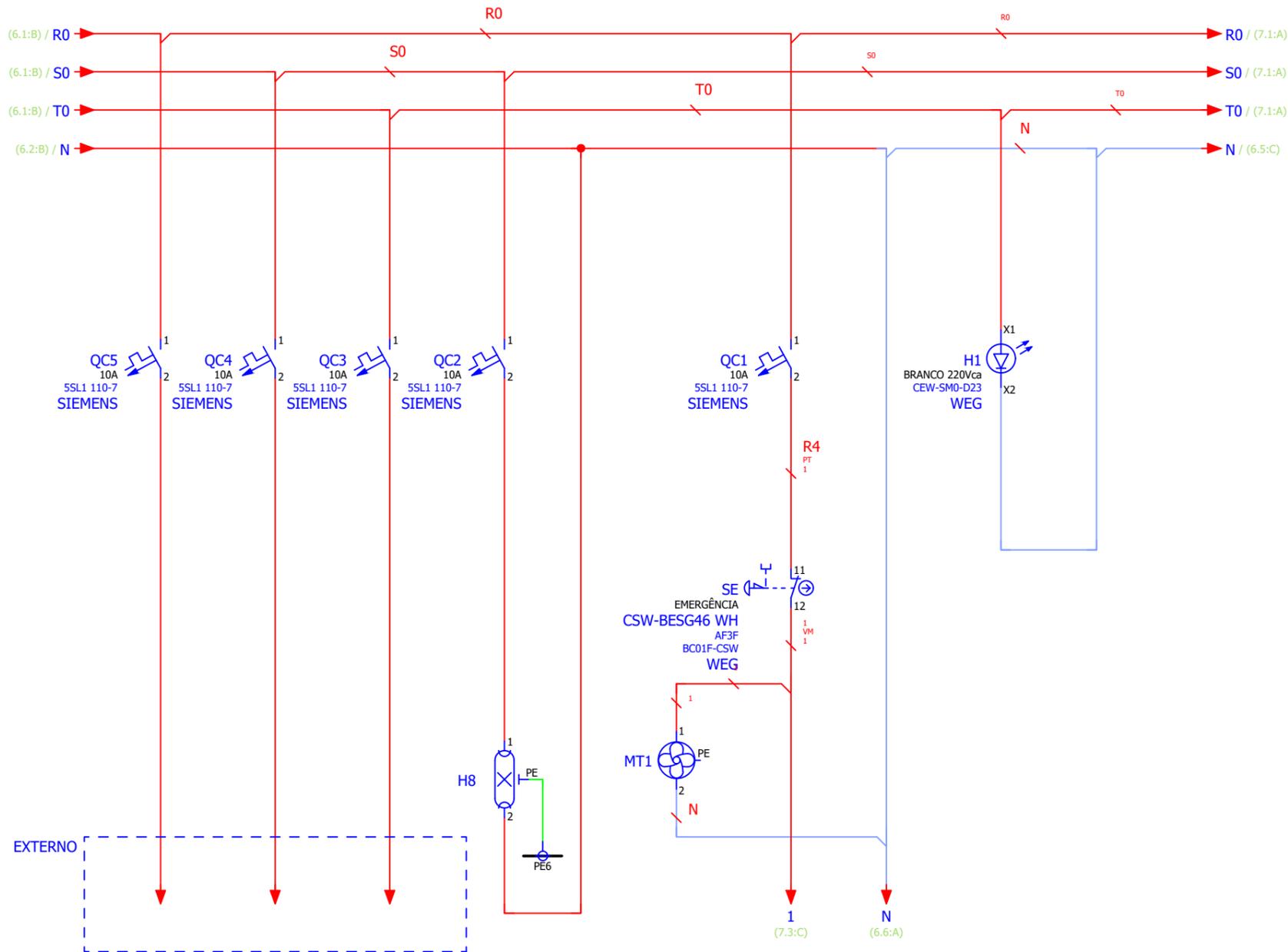
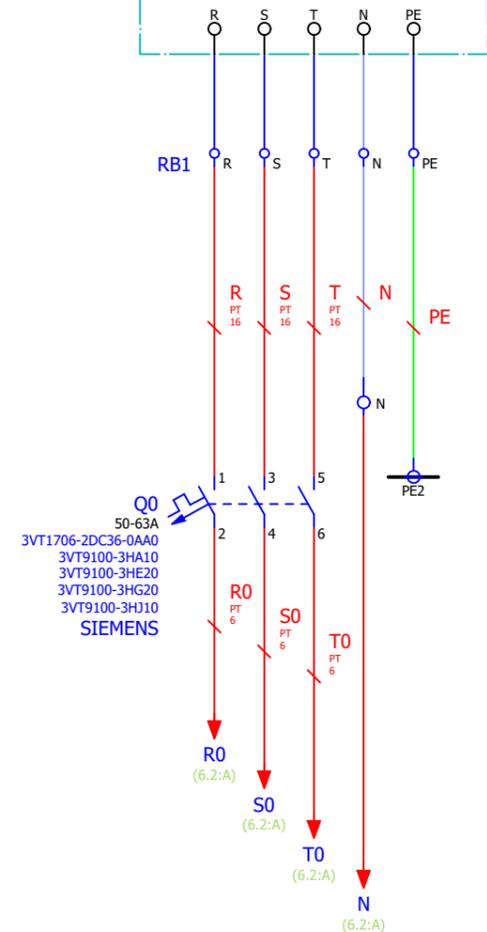
A

B

C

ALIMENTAÇÃO 380VCA

=Alimentação 380V60Hz



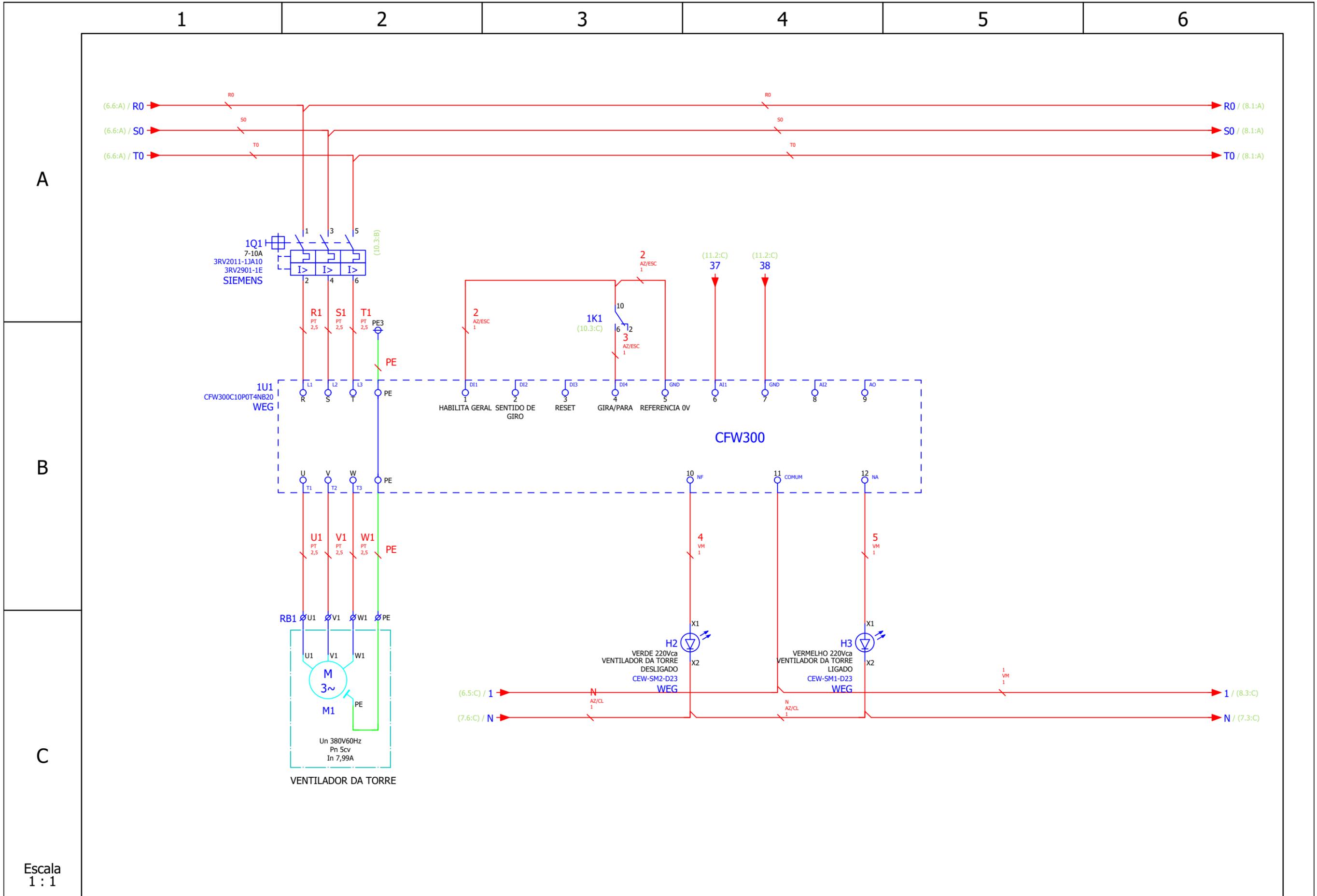
Escala 1:1

Unidade mm

Revisão atual 3

Diagrama

Página 6 de 16



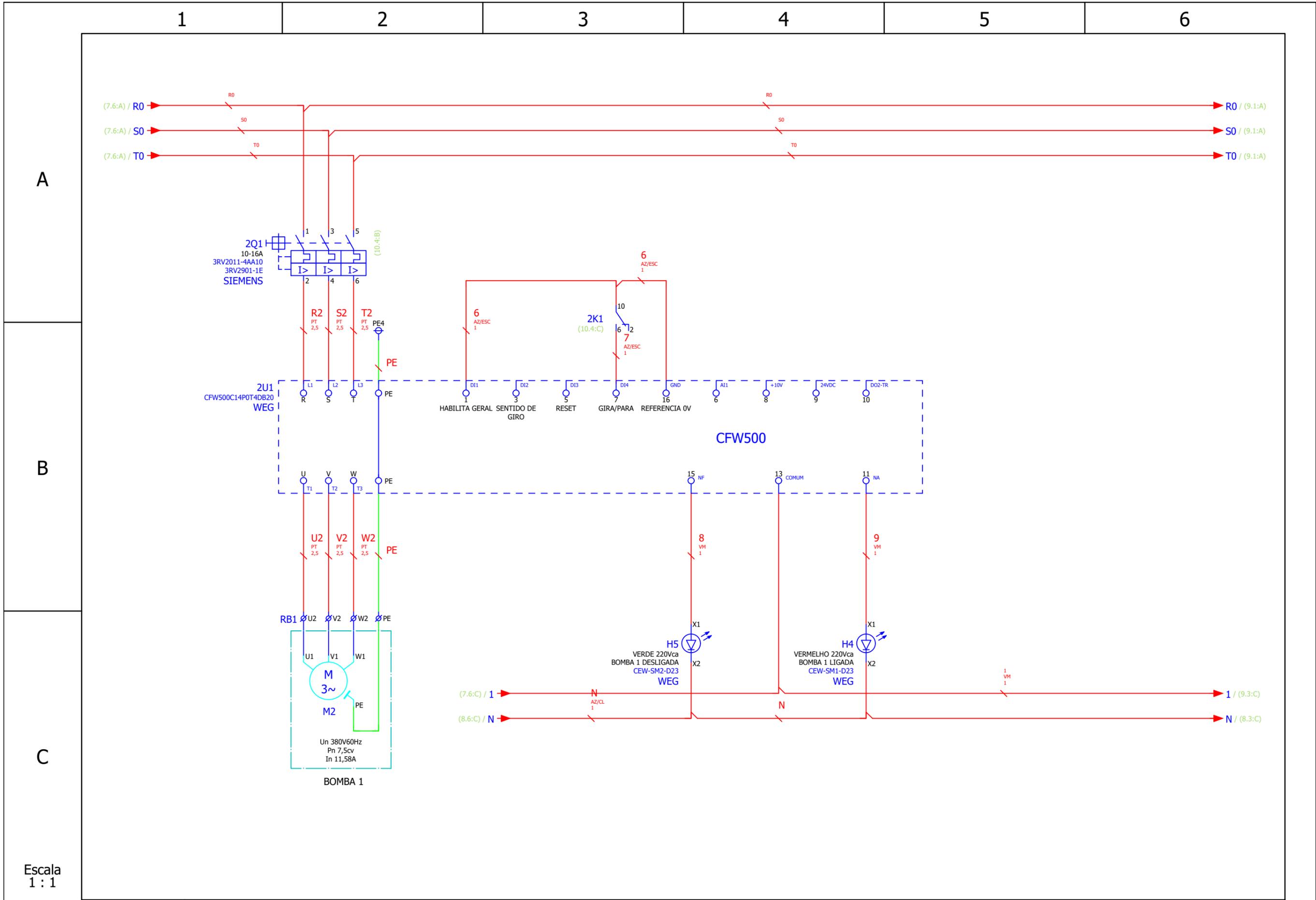
Escala  
1 : 1

Unidade  
mm

Revisão atual **3**

Diagrama

Página 7 de 16



Escala  
1 : 1

Unidade  
mm

Revisão atual **3**

Diagrama

Página 8 de 16

1

2

3

4

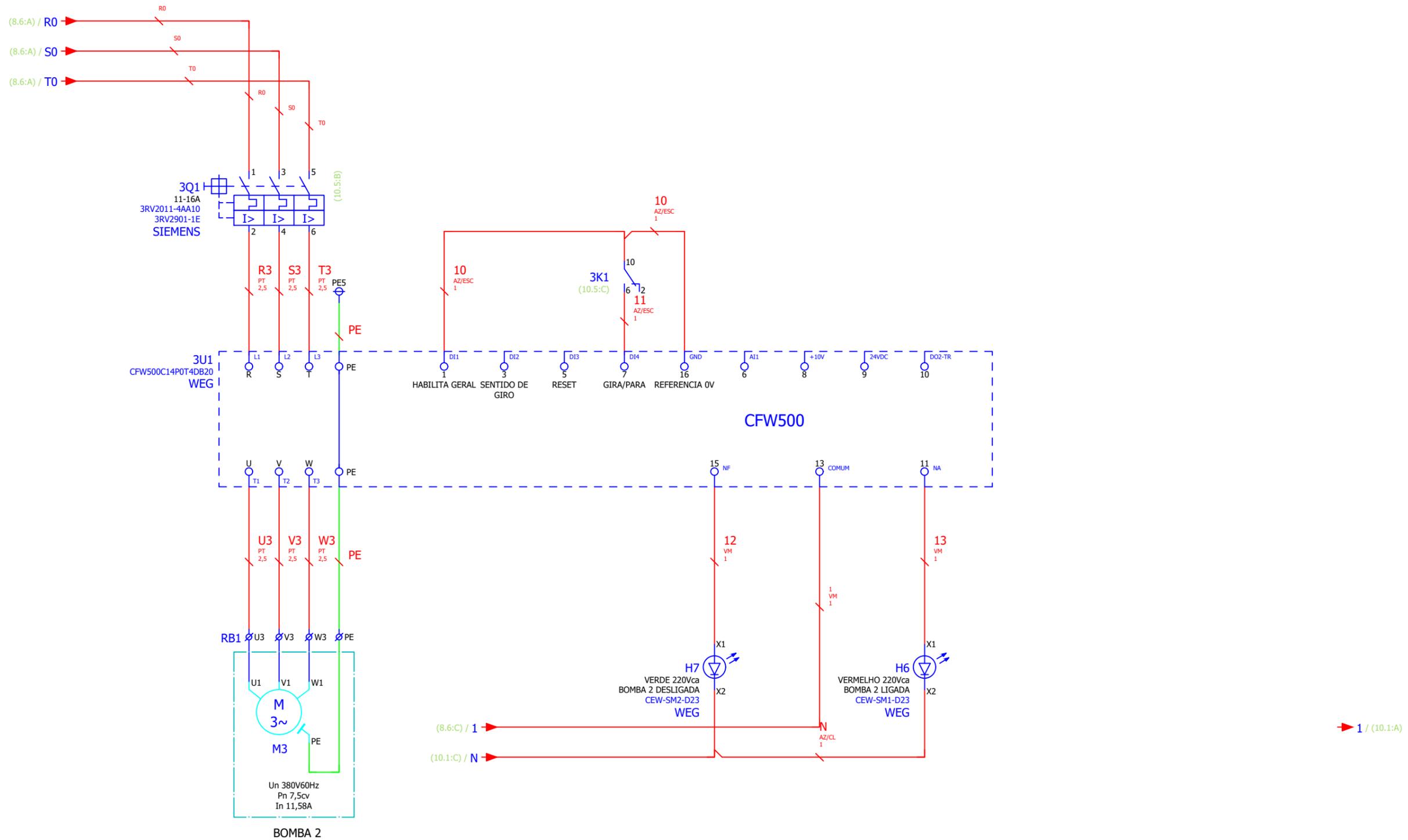
5

6

A

B

C



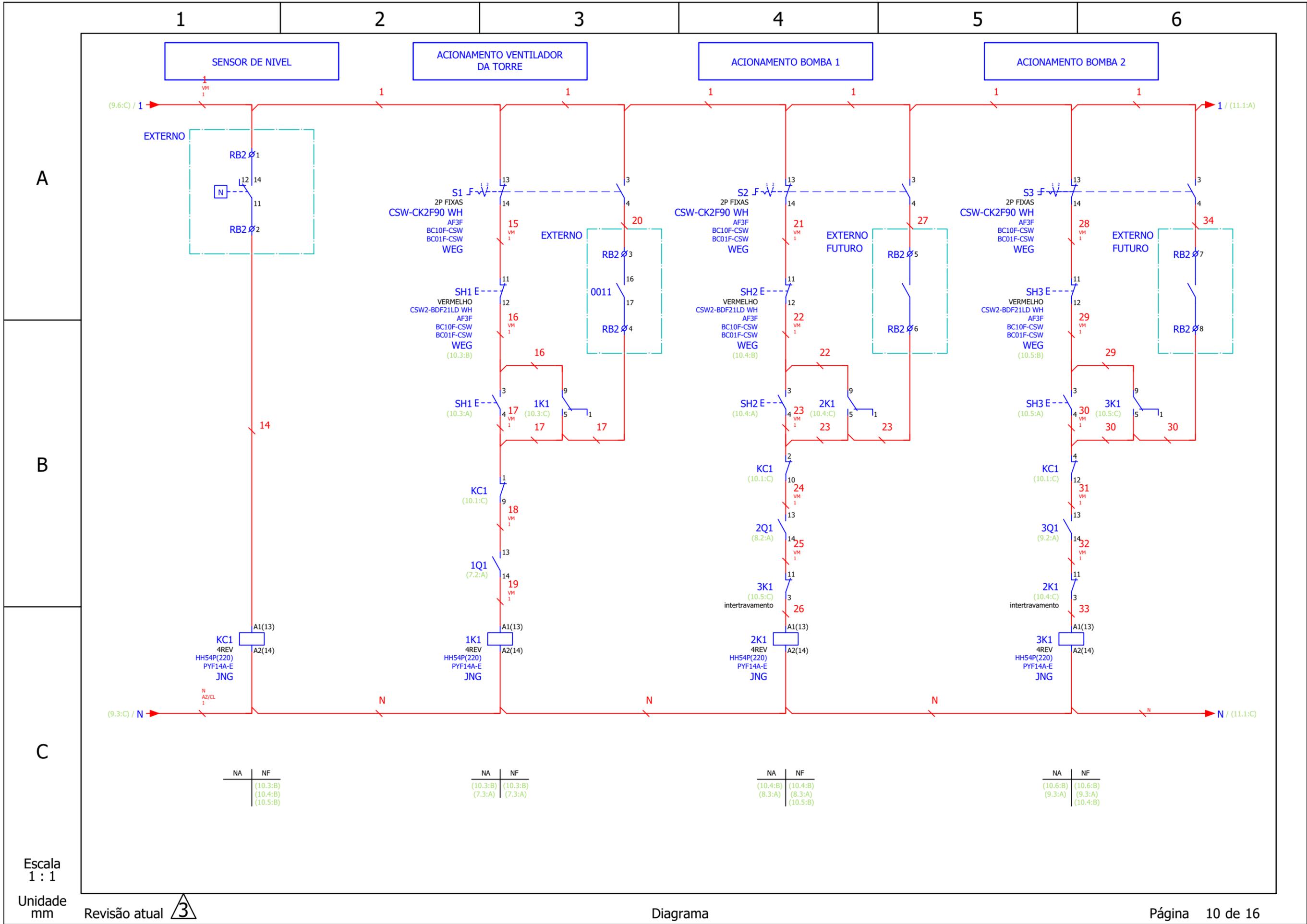
Escala  
1 : 1

Unidade  
mm

Revisão atual **3**

Diagrama

Página 9 de 16



1  
SENSOR DE NIVEL

2  
ACIONAMENTO VENTILADOR DA TORRE

3  
ACIONAMENTO BOMBA 1

4  
ACIONAMENTO BOMBA 2

A

B

C

NA	NF
	(10.3:B)
	(10.4:B)
	(10.5:B)

NA	NF
(10.3:B)	(10.3:B)
(7.3:A)	(7.3:A)

NA	NF
(10.4:B)	(10.4:B)
(8.3:A)	(8.3:A)
	(10.5:B)

NA	NF
(10.6:B)	(10.6:B)
(9.3:A)	(9.3:A)
	(10.4:B)

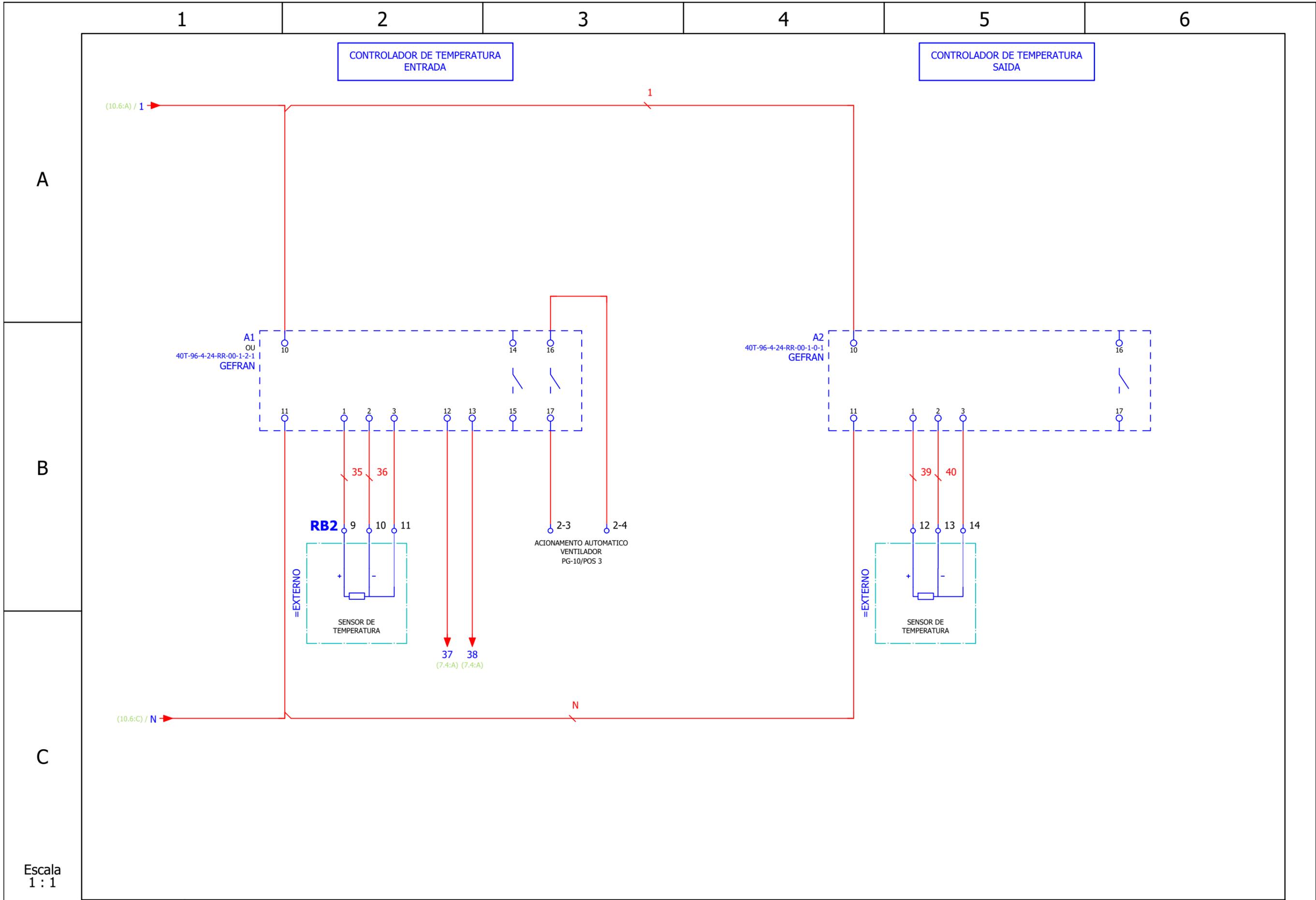
Escala  
1 : 1

Unidade  
mm

Revisão atual **3**

Diagrama

Página 10 de 16



Escala  
1 : 1

Unidade  
mm

Revisão atual **3**

Diagrama

Página 11 de 16

Escala  
1 : 1

Unidade  
mm

Revisão atual

3

Régua de bornes

Página 12 de 16

C

B

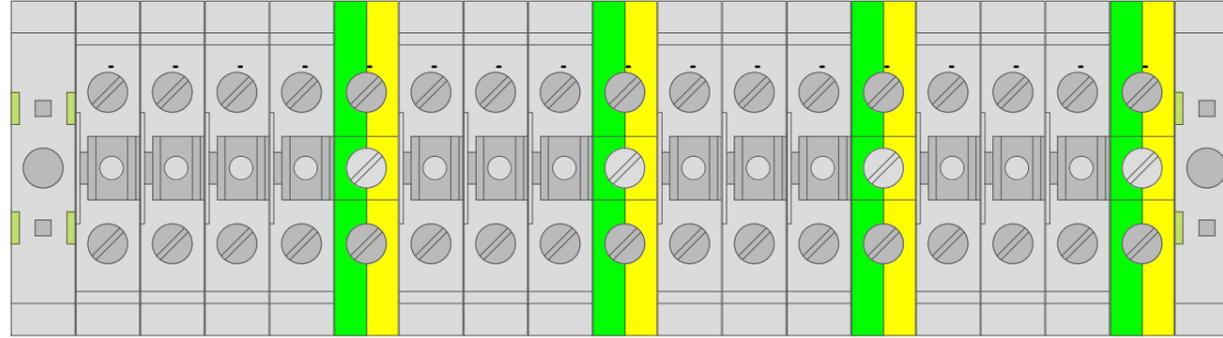
A

Régua

**=+-RB1**

Alimentação geral 380V60Hz

Descrição do alvo	Cabo externo	Tag do alvo	Terminal
Alimentação geral 380V60Hz		R	R
Alimentação geral 380V60Hz		S	S
Alimentação geral 380V60Hz		T	T
Alimentação Neutro		N	N
Alimentação Terra		PE	PE
VENTILADOR DA TORRE		-M1	U1
VENTILADOR DA TORRE		-M1	V1
VENTILADOR DA TORRE		-M1	W1
VENTILADOR DA TORRE		-M1	PE
BOMBA 1		-M2	U1
BOMBA 1		-M2	V1
BOMBA 1		-M2	W1
BOMBA 1		-M2	PE
BOMBA 2		-M3	U1
BOMBA 2		-M3	V1
BOMBA 2		-M3	W1
BOMBA 2		-M3	PE



Modelo	Página
PF3-BTW	
BTWP 6	(6.1:A)
BTWP 6	(6.1:A)
BTWP 6	(6.1:A)
BTWP 6	(6.2:A)
BTWP 6/10T	(6.2:A)
BTWP 4	(7.2:C)
BTWP 4	(7.2:C)
BTWP 4	(7.2:C)
BTWP 2,5/4T	(7.2:C)
BTWP 4	(8.2:C)
BTWP 4	(8.2:C)
BTWP 4	(8.2:C)
BTWP 2,5/4T	(8.2:C)
BTWP 4	(9.2:C)
BTWP 4	(9.2:C)
BTWP 4	(9.2:C)
BTWP 2,5/4T	(9.2:C)
PF3-BTW	

1

2

3

4

5

6

Escala  
1 : 1

Unidade  
mm

Revisão atual

3

Régua de bornes

Página 13 de 16

C

B

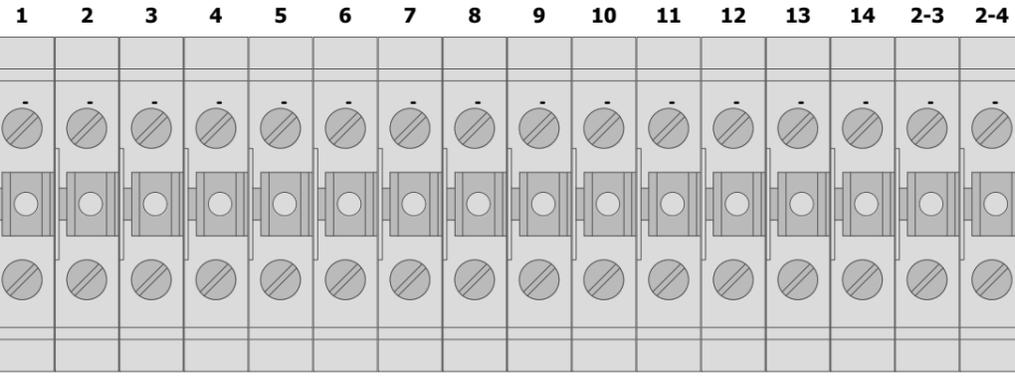
A

Régua  
**==+-RB2**

SENSOR DE TEMPERATURA

Descrição do alvo	Cabo externo	Tag do alvo	Terminal	Régua de bornes															
				1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	2-3	2-4
SENSOR DE NIVEL			14																
SENSOR DE NIVEL			11																
ACIONAMENTO REMOTO VENTILADOR		-0011	16																
ACIONAMENTO REMOTO VENTILADOR		-0011	17																
ACIONAMENTO REMOTO BOMBA 1																			
ACIONAMENTO REMOTO BOMBA 1																			
ACIONAMENTO REMOTO BOMBA 2																			
ACIONAMENTO REMOTO BOMBA 2																			
SENSOR DE TEMPERATURA																			
SENSOR DE TEMPERATURA																			
SENSOR DE TEMPERATURA																			
SENSOR DE TEMPERATURA																			
SENSOR DE TEMPERATURA																			
SENSOR DE TEMPERATURA																			

Modelo	Página
BTWP 2,5	(10.1:A)
BTWP 2,5	(10.1:A)
BTWP 2,5	(10.3:A)
BTWP 2,5	(10.3:B)
BTWP 2,5	(10.5:A)
BTWP 2,5	(10.5:B)
BTWP 2,5	(10.6:A)
BTWP 2,5	(10.6:B)
BTWP 2,5	(11.2:B)
BTWP 2,5	(11.2:B)
BTWP 2,5	(11.2:B)
BTWP 2,5	(11.5:B)
BTWP 2,5	(11.3:B)
BTWP 2,5	(11.3:B)



1 2 3 4 5 6

1

2

3

4

5

6

# Plaquetas de identificação e dados técnicos

A

**Líder Indústria e Comércio de Equipamentos Eireli.**  
 R. Aurantina, 51 – Sacomã – SP  
 São Paulo - SP - CEP04248-050  
 Telefone: (11) 2915-3000

Modelo: PAINEL DE COMANDO TORRE E BOMBA 380V 3F+N+PE

OP: OP 188      Pedido compra: -

Alimentação: 380VCA      Fabricação: 06/2019

Controle: 220VCA      Construção: 63A

Corrente nominal: 63A      Instalação: 17KA

Corrente curto-circuito: 380Vca      Grau de proteção: 220VCA

60

110

Plaqueta fabricada em acrílico, fundo branco com inscrição preta.

B

C

TAG	TIPO	DESCRIÇÃO
0	E	PAINEL DE COMANDO TORRE E BOMBA 380 VCA 3F + N + PE

Escala 1 : 1

Unidade mm

Revisão atual 

1

2

3

4

5

6

# Plaquetas externas

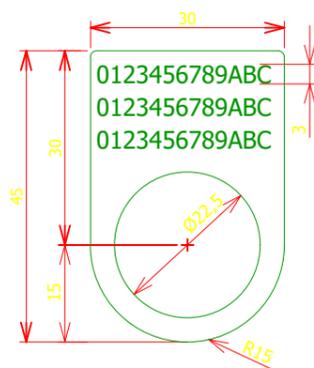
A

B

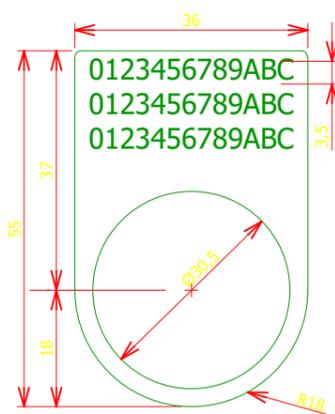
Tag	Tipo	Descrição	Tag	Tipo	Descrição
A1	A	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	H7	A	BOMBA 2 DESLIGADA
A2	A	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	S1	A	VENTILADOR LOCAL REMOTO
H1	A	PAINEL ENERGIZADO	S2	A	BOMBA 1 LOCAL REMOTO
H2	A	VENTILADOR DA TORRE DESLIGADO	S3	A	BOMBA 2 LOCAL REMOTO
H3	A	VENTILADOR DA TORRE LIGADO	SE	A	EMERGENCIA
H4	A	BOMBA 1 LIGADA	SH1	A	VENTILADOR DA TORRE LIGA/DESLIGA
H5	A	BOMBA 1 DESLIGADA	SH2	A	BOMBA 1 LIGA/DESLIGA
H6	A	BOMBA 2 LIGADA	SH3	A	BOMBA 2 LIGA/DESLIGA

C

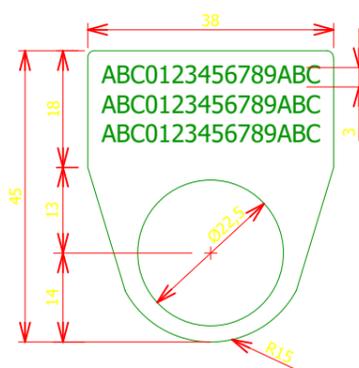
TIPO X1 - ACRÍLICO CRISTAL GRAVAÇÃO ATÉ TRÊS LINHAS



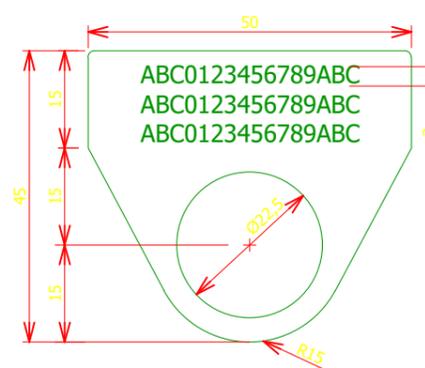
TIPO X2 - ACRÍLICO CRISTAL GRAVAÇÃO ATÉ TRÊS LINHAS



TIPO X3 - ALUMÍNIO GRAVAÇÃO ATÉ TRÊS LINHAS



TIPO X4 - ALUMÍNIO GRAVAÇÃO ATÉ TRÊS LINHAS



Tipo: A, B, C, D ou H

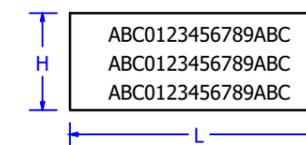
Especificação		
Tipo	Dimensões	
	H	L
A	15	40
B	20	50
C	20	120
D	30	70
H		

Plaquetas fabricadas em acrílico

Cor de fundo:

Cor da inscrição:

Gravação em até 3 linhas



Escala 1 : 1

Unidade mm

Revisão atual **3**

1

2

3

4

5

6

## Lista de materiais

Ítem	Tag	Código	Referência	Descrição	Quant.	Fabricante
1	-1Q1	3RV2011-1JA10	3RV2011-1JA10	DISJUNTOR-MOTOR TRIPOLAR 690V Icu=50kA/380V 7-10A	1	SIEMENS
2	-2Q1;-3Q1	3RV2011-4AA10	3RV2011-4AA10	DISJUNTOR-MOTOR TRIPOLAR 690V Icu=50kA/380V 10-16A	2	SIEMENS
3	-1Q1;-2Q1;-3Q1	3RV2901-1E	3RV2901-1E	BLOCO CONTATO AUXILIAR FRONTAL 1NA/1NF	3	SIEMENS
4	-Q0	3VT1706-2DC36-0AA0	3VT1706-2DC36-0AA0	DISJUNTOR CAIXA MOLDADA TRIPOLAR TÉRMICO/MAGNÉTICO AJUSTÁVEL 50-63A 25kA/380-415V PROTEÇÃO EM CIRCUITOS DE DISTRIBUIÇÃO	1	SIEMENS
5	-Q0	3VT9100-3HA10	3VT9100-3HA10	ACOPLAMENTO FRONTAL PARA MANOPLA EM PORTA DE PAINEL PARA DISJUNTOR 3VT1	1	SIEMENS
6	-Q0	3VT9100-3HE20	3VT9100-3HE20	MANOPLA ROTATIVA PARA PORTA DE PAINEL PRETA COM BLOQUEIO POR CADEADO PARA DISJUNTOR 3VT1	1	SIEMENS
7	-Q0	3VT9100-3HG20	3VT9100-3HG20	ACIONAMENTO EXTERNO PARA PORTA DE PAINEL IP66 PARA DISJUNTOR 3VT1	1	SIEMENS
8	-Q0	3VT9100-3HJ10	3VT9100-3HJ10	EIXO PROLONGADOR 350mm PARA ACIONAMENTO EM PORTA DE PAINEL PARA DISJUNTOR 3VT1	1	SIEMENS
9	-QC1...-QC5	5SL1 110-7	5SL1 110-7	MINIDISJUNTOR UNIPOLAR TERMOMAGNETICO 10A CURVA C 5kA/127-220V	5	SIEMENS
10	-A2	40T-96-4-24-RR-00-1-0-1	40T-96-4-24-RR-00-1-0-1	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	1	GEFRAN
11	-A1	40T-96-4-24-RR-00-1-2-1	40T-96-4-24-RR-00-1-2-1	CONTROLADOR DE TEMPERATURA	1	GEFRAN
12	-0	286118	286118	FECHO MANOPLA COM TRAVA PARA CADEADO PRETO	1	TASCO
13	-S1...-S3;-SE;-SH1...-SH3	12670264	AF3F	FLANGE DE MONTAGEM 3 POSICOES FRONT-BACK	7	WEG
14	-SE	10045238	APE	PLAQUETA PARA BOTAO DE EMERGENCIA FURO 22,5mm	1	WEG
15	-S1...-S3;-SE;-SH1...-SH3	12891186	BC01F-CSW	BLOCO CONTATO ADITIVO 1NF FRONT-BACK	7	WEG
16	-S1...-S3;-SH1...-SH3	12891184	BC10F-CSW	BLOCO CONTATO ADITIVO 1NA FRONT-BACK	6	WEG
17	-RB2	10261734	BTWP 2,5	BORNE PASSAGEM PARAFUSO 2,5mm²	16	WEG
18	-RB1	10261744	BTWP 2,5/4T	BORNE TERRA PARAFUSO 4mm² VERDE/AMARELO	3	WEG
19	-RB1	10261735	BTWP 4	BORNE PASSAGEM PARAFUSO 4mm² CINZA	9	WEG
20	-RB1	10261736	BTWP 6	BORNE PASSAGEM PARAFUSO 6mm² CINZA	4	WEG
21	-RB1	10261745	BTWP 6/10T	BORNE TERRA PARAFUSO 6/10mm² VERDE/AMARELO	1	WEG
22	-H1	10046534	CEW-SM0-D23	SINALIZADOR MONOBLOCO 22,5mm LED BRANCO 220Vca	1	WEG
23	-H3;-H4;-H6	10046530	CEW-SM1-D23	SINALIZADOR MONOBLOCO 22,5mm LED VERMELHO 220Vca	3	WEG
24	-H2;-H5;-H7	10046531	CEW-SM2-D23	SINALIZADOR MONOBLOCO 22,5mm LED VERDE 220Vca	3	WEG
25	-1U1	14147974	CFW300C10P0T4NB20	INVERSOR DE FREQUENCIA ALIMENTACAO TRIFASICA/TRIFASICA 200-240V SAIDA TRIFASICA 220V 10A	1	WEG
26	-2U1;-3U1	12105917	CFW500C14P0T4DB20	INVERSOR DE FREQUENCIA ALIMENTACAO TRIFASICA 380-480V SAIDA TRIFASICA 14A 7,5cv - 5,5kW 380-440V MEC.C	2	WEG
27	-0	CP-863	CP-863	QUADRO COMANDO SOBREPOR IP-54 800x600x300mm	1	PRESSMAT
28	-SH1...-SH3	12914942	CSW2-BDF21LD WH	FRONTAL BOTAO PULSADOR FACEADO DUPLO S/ILUMINACAO 22,5mm C/GRAVACAO VERDE-LIGA/VERMELHO-DESLIGA	3	WEG
29	-SE	13034654	CSW-BESG46 WH	FRONTAL BOTAO EMERGENCIA COM TRAVA GIRAR PARA SOLTAR 22,5mm C/GRAVACAO EMERGENCIA VERMELHO	1	WEG
30	-S1...-S3	12882308	CSW-CK2F90 WH	FRONTAL COMUTADOR 2 POSICOES FIXAS 90° 22,5mm PRETO	3	WEG
31	-MT1	CVENT1	CVENT1	MICROVENTILADOR 120x120x38mm 110/220V	1	DANLUZ
32	-1K1;-2K1;-3K1;-KC1	HH54P(220)	HH54P(220)	RELE INTERFACE 4REV 5A 220Vca	4	JNG
33	-RB1	10289060	PF3-BTW	POSTE FINAL P/TRILHO TS-35 CINZA	2	WEG
34	-1K1;-2K1;-3K1;-KC1	PYF14A-E	PYF14A-E	BASE PARA RELE MY4N PARA MONTAGEM EM TRILHO DIN TS35	4	JNG
35	-0	10290297	ST-BTW	SUPORTE PARA FIXACAO DE TRILHO TS-35 ELEVADO A 30°	3	WEG
36	-MT1	VEN1	VEN1	GRELHA E FILTRO 150x150mm	1	DANLUZ
37	H-8	10142	10142	LUMINARIA INTERNA PARA PAINEL DE EMERGENCIA COM 12 SUPER LEDS	1	OUROLUX

Escala  
1 : 1Unidade  
mmRevisão atual 

Lista de peças

Página 16 de 16