



ANA CRISTINA PORTO SILVEIRA

**CONTROLE DE FORNECIMENTO DE ÁGUA EM UM
CONDOMÍNIO DE SÃO JOÃO DEL REI-MG**

LAVRAS – MG

2019

ANA CRISTINA PORTO SILVEIRA

**CONTROLE DE FORNECIMENTO DE ÁGUA EM UM CONDOMÍNIO DE SÃO
JOÃO DEL REI-MG**

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. Vinícius de Miranda Pacheco
Orientador

**LAVRAS – MG
2019**

ANA CRISTINA PORTO SILVEIRA

**CONTROLE DE FORNECIMENTO DE ÁGUA EM UM CONDOMÍNIO DE SÃO
JOÃO DEL REI-MG**

**WATER SUPPLY CONTROL IN A APARTMENT COMPLEX OF SÃO JOÃO DEL
REI-MG**

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.

APROVADA em 14 de novembro de 2019.

Dr. Fábio Domingues de Jesus

Eng. João Paulo de Carvalho Pedroso

Prof. Dr. Vinícius Miranda Pacheco

Orientador

LAVRAS – MG

2019

AGRADECIMENTOS

A Deus, sem o qual, não estaria aqui.

Aos meus pais, por todo esforço e dedicação que tiveram pra que eu pudesse cursar esta graduação.

À minha irmã por ser um exemplo de dedicação e inspiração.

Ao meu avô por acreditar em mim mesmo quando eu mesma não acreditei.

Aos meus tios e primos, principalmente meus padrinhos, por todo apoio e torcida durante estes anos.

Às meninas que moraram comigo pelo companheirismo e pelas lições que não se aprendem em casa.

Aos meus colegas que contribuíram para que eu crescesse como profissional e como pessoa.

Aos professores pela boa vontade em passar o conhecimento que adquiriram durante essa jornada.

À Universidade Federal de Lavras e ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade de poder estudar e usufruir do que a universidade oferece.

Aos funcionários da Oficina Sbampato LTDA. por me ensinarem além dos livros.

RESUMO

Um painel elétrico de comando é um compartimento modular utilizado para a alocação de componentes eletrônicos. A combinação das correntes e tensões destes dispositivos no interior do painel elétrico deve atender à necessidade industrial ou, em muitos casos, domiciliar. Com a automação e o surgimento de novas tecnologias, painéis elétricos são muito utilizados por serem versáteis e possuírem um manuseio e manutenção simples, agregando-as para uma melhor eficiência e maiores aplicações. Neste trabalho, será apresentado o projeto de um painel para um condomínio localizado na cidade de São João del Rei, em Minas Gerais, pela microempresa Oficina Sbampato a fim de se fazer o controle do fornecimento de água para o mesmo. Este sistema possui duas bombas, de água fria e quente, esta última, fornece água aquecida através de uma bomba de circulação de água quente, pressurizador ou resistência de passagem, dependendo da vontade do operador. Para a bomba de água fria, serão utilizadas duas caixas d'água, aqui chamadas de A e B, podendo ser escolhidas de modo manual ou automático. Em ambas as caixas e na de água quente estão instaladas boias para a demarcação do nível de água presente em cada uma e, no painel, representadas por LED's. São eles, 1/8, 1/4, 1/2, 3/4 e caixa cheia. Para cada bomba, de água quente ou fria, possui também botões de emergência e alarmes, este acionado pelo relé de tempo.

Palavras chave: Painéis elétricos. Controle. Sistemas de bombeamento.

ABSTRACT

An electrical control panel is a modular compartment used for the allocation of electronic components. The combination of currents and voltages of these devices within the electrical panel must meet the industrial or, in many cases, household needs. With automation and emergency of the new technologies, electrical panels are widely used because they are versatile and have a simple handling and maintenance, adding them for better efficiency and larger applications. In this paper, a panel project for a apartment complex located in the city of São João del Rei, in Minas Gerais, by the Oficina Sbampato will be presented in order to control the water supply to it. This system has two pumps, cold water and hot, the later, providing heated water through a hot water circulation pump, pressurizer or through resistance, dependig on the operator's wishes. For the cold water pump, two water boxes are used, here called A and B, and can be chosen manually or automatically. In both the boxes and in the hot water box floats are installed for the demarcation of the water level present in each one and, in the panel, represented by LED's. They are 1/8, 1/4, 1/2, 3/4 and full box. Each pump, hot and cold water, also has emergency buttons and alarms, the later triggered by the time relay.

Keywords: Electrical panels. Control. Pump system.

LISTA DE FIGURAS

Figura 2.1 – Sequência para acionamento de um motor.....	13
Figura 2.2 – Curvas de disparo de um Disjuntor.....	14
Figura 2.3 – Modelos de Contatores Siemens.....	15
Figura 2.4 – Esboço de um Contator.....	16
Figura 2.5 – Representação de um Contato NA.....	17
Figura 2.6 – Associação em série de contatos do tipo NA.....	17
Figura 2.7 – Associação em paralelo de contatos do tipo NA.....	17
Figura 2.8 – Representação de um contato NF.....	18
Figura 2.9 – Associação em série de contatos do tipo NF.....	19
Figura 2.10 – Associação em paralelo de contatos do tipo NF.....	19
Figura 2.11 – Contator Siemens.....	20
Figura 2.12 – Contator Siemens.....	21
Figura 2.13 – Relé de Tempo Siemens.....	21
Figura 2.14 – Relé de tempo com retardo na energização.....	22
Figura 2.15 – Relé de tempo com retardo na desenergização.....	22
Figura 2.16 – Identificação das Botoeiras segundo as normas.....	23
Figura 2.17 – Identificação dos Sinaleiros segundo as normas.....	24
Figura 2.18 – Boia simples.....	25
Figura 2.19 – Boias NA e NF.....	25
Figura 3.1 – Secção 1 da legenda para a simbologia dos componentes.....	27
Figura 3.2 – Secção 2 da legenda para a simbologia dos componentes.....	27
Figura 3.3 – Fator de Correção para Temperaturas.....	29
Figura 3.4 – Fator de Correção para Agrupamentos.....	30
Figura 3.5 – Tipos de linhas elétricas.....	31
Figura 3.6 – Capacidade de condução de corrente para os métodos de referência.....	32
Figura 3.7 – Seção mínima dos condutores.....	32
Figura 4.1 – Abastecimento de água fria.....	34
Figura 4.2 – Abastecimento de água quente.....	34
Figura 4.3 – Visão geral do Circuito de Potência.....	39
Figura 4.4 – Secção 1 do Circuito de Potência.....	40
Figura 4.5 – Secção 2 do Circuito de Potência	41
Figura 4.6 – Botão de emergência do condomínio.....	42
Figura 4.7 – Botão de emergência do apartamento.....	42
Figura 4.8 – Ativação da resistência do boiler.....	43
Figura 4.9 – Ativação da bomba de circulação.....	43
Figura 4.10 – Ativação da resistência de passagem e das bombas de água quente e fria.....	44
Figura 4.11 – Alarme de água fria.....	45
Figura 4.12 – Alarme de água quente.....	46
Figura 4.13 – Sinalização água fria.....	46
Figura 4.14 – Sinalização água quente.....	47
Figura 4.15 – Linha de bornes.....	47

LISTA DE TABELAS

Tabela 2.1 – Associação em série de contatos do tipo NA.....	18
Tabela 2.2 – Associação em paralelo de contatos do tipo NA.....	18
Tabela 2.3 – Associação em série de contatos do tipo NF.....	19
Tabela 2.4 – Associação em paralelo de contatos do tipo NF.....	20
Tabela 3.1 – Esquema de distribuição segundo a NBR5410.....	31
Tabela 4.1 – Corrente calculada para cada equipamento.....	35
Tabela 4.2 – Dimensionamento dos Contatores.....	36
Tabela 4.3 – Corrente dos Contatores.....	36
Tabela 4.4 – Corrente de projeto.....	36
Tabela 4.5 – Corrente corrigida.....	37
Tabela 4.6 – Seção métrica dos condutores.....	37
Tabela 4.7 – Dimensionamento dos Disjuntores.....	38
Tabela 4.8 – Relação dos componentes utilizados no projeto.....	38
Tabela 4.9 – Aplicação de cada borne.....	48

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO.....	10
1.1	Objetivo.....	11
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	12
2.1	Circuitos de Potência.....	12
2.1.1	Proteção e Acionamento de Motores Elétricos.....	12
2.1.2	Disjuntores.....	13
2.2	Circuitos de Comando.....	15
2.2.1	Contatores.....	15
2.2.1.1	Contatos Normal Aberto.....	16
2.2.1.2	Contatos Normal Fechado.....	18
2.2.1.3	Identificação dos Contatos.....	20
2.2.2	Relés de Tempo.....	21
2.2.3	Botoeiras e Chaves.....	22
2.3	Circuitos de Sinalização.....	23
2.3.1	Sinaleiros.....	23
2.3.2	Boias.....	24
3	MATERIAIS E MÉTODOS.....	26
3.1	AutoCad.....	26
3.2	Dimensionamento dos Componentes.....	28
3.2.1	Dimensionamento dos Condutores.....	28
3.2.2	Dimensionamento dos Disjuntores.....	33
4	RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	34
4.1	Dimensionamento dos Componentes.....	35
4.1.1	Cálculo da Corrente.....	35
4.1.2	Dimensionamento dos Contatores.....	35
4.1.3	Dimensionamento dos Condutores.....	36
4.1.4	Dimensionamento dos Disjuntores.....	37
4.1.5	Relação dos componentes elétricos.....	38
4.2	Circuitos.....	38
4.2.1	Circuitos de Potência.....	39
4.2.2	Circuitos de Comando.....	41
4.2.2.1	Botões de Emergência.....	41
4.2.2.2	Boiler.....	43
4.2.2.3	Bomba de Circulação de Água Quente.....	43
4.2.2.4	Resistência de Passagem e Bombas de Água Quente e Fria.....	44
4.2.2.5	Alarmes.....	45
4.2.3	Circuitos de Sinalização.....	46
4.2.4	Linha de Bornes.....	47
5	CONCLUSÃO.....	49
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	50
	ANEXO A – Legenda.....	51
	ANEXO B – Circuito de Força.....	52
	ANEXO C – Circuito de Comando.....	53
	ANEXO D – Circuito de Comando.....	54

ANEXO E – Circuito de Sinalização.....	55
ANEXO F – Linha de Bornes.....	56

1 INTRODUÇÃO

O avanço da tecnologia tem acarretado no aumento do uso de sistemas industriais mais elaborados e modernos e, devido à popularização dos serviços automatizados, este recurso tem conquistado também maior espaço em projetos arquitetônicos, sejam residenciais ou empresariais. Assim, as tecnologias submetem-se à realização de tarefas cada vez mais complexas e visam a substituição parcial ou total do homem em suas atividades, principalmente lógicas, repetitivas e sistemáticas.

Até o final do século XIX, a produção dos bens era exercida exclusivamente por meio da força muscular. Com a Revolução Industrial, no começo do século XX, o homem foi substituído, em grande parte, pelas máquinas. A este processo é dado o nome de produção mecanizada, no qual o homem ainda possui uma função dentro do processo, entretanto, como controlador do mesmo e não mais como o executor da tarefa. Devido à constante evolução das máquinas, estas se tornaram mais autônomas. Logo, estas precisam de menor intervenção humana, assumindo, assim, as tarefas e as decisões sobre as mesmas. Isto ocorreu, inicialmente, graças aos dispositivos mecânicos, hidráulicos e pneumáticos. Atualmente, com a parte eletrônica, esses dispositivos foram substituídos pela produção automatizada, utilizando dos conhecimentos de inteligência artificial, que realizam tarefas complexas e tomam decisões rápidas e eficientes no controle do processo.

A complexidade do sistema automatizado pode variar de modo que os sistemas mais simples mantêm a interferência do homem no processo. Outrora, os mais sofisticados, utilizam da participação humana somente como um gerenciador das etapas.

Um painel elétrico pode ser construído de modo que haja total, parcial ou nenhuma intervenção humana sobre o processo. Nele se encontram componentes elétricos tais como disjuntores, contadores, fusíveis e, atualmente, novas tecnologias como soft-starters e inversores de frequência. São eles os responsáveis por receber os comandos do circuito elétrico e, assim, acionar as máquinas relacionadas. Tais dispositivos são escolhidos de acordo com a necessidade do cliente, seja ele pessoa física ou jurídica, fazendo com que sejam versáteis e adaptáveis a diversas situações.

Na maioria de suas aplicações, os painéis são os responsáveis pelo acionamento do motor elétrico, sendo, assim, o intermediário entre a ação do homem e o funcionamento da máquina a ser controlada. O motor elétrico realiza a conversão da energia elétrica, provinda do painel em energia mecânica. A presença desta energia elétrica, tanto em corrente alternada

quanto em contínua, gera um movimento no eixo, podendo ser aplicado de diversas formas, dependendo do resultado da aplicação desejada para este motor.

Por serem o centro de controle do sistema elétrico, os painéis precisam ser projetados, construídos e manuseados com muita cautela e responsabilidade, pois operam com baixas e altas tensões, que podem além de danificar máquinas, motores e, entre outros, causar danos à saúde humana.

1.1 Objetivo

O objetivo deste trabalho é o desenvolvimento do projeto de um painel elétrico para o controle do fornecimento de água em um condomínio localizado na cidade de São João del Rei, MG.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

Para que seja projetado um painel é preciso, primeiramente, que sejam escolhidos os componentes e conceitos que melhor se adequem ao que foi proposto e também às exigências do ambiente.

Nas instalações existem três tipos de circuitos, classificados como:

- a) Circuitos de Potência,
- b) Comando
- c) Sinalização.

Estes circuitos podem ser independentes entre si no aspecto da construção física. Entretanto, os circuitos estão relacionados de forma que o Circuito de Potência aciona o Circuito de Comando e o Circuito de Sinalização informa ao operador sobre o Circuito de Potência e, conseqüentemente, o andamento do processo. A fim de oferecer suporte à escolha dos componentes, serão apresentadas a seguir importantes definições.

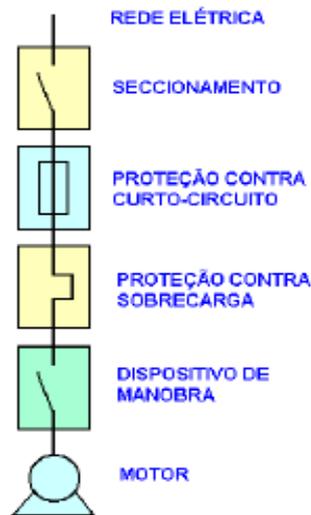
2.1 Circuitos de Potência

O Circuito de Potência, também conhecido como Circuito de Força ou Circuito Principal, é, geralmente, trifásico e alimenta a carga principal. Esta carga exige uma corrente elevada, o que acarreta condutores com grandes bitolas e chave liga/desliga capaz de interromper a corrente que passa pelo mesmo.

2.1.1 Proteção e Acionamento de Motores Elétricos

Para entender um comando elétrico é necessário, primeiramente, a ciência de que os principais objetivos de um painel elétrico são proteger o operador e fornecer uma lógica de comando. A partir do princípio de que deve-se primar pela proteção do operador, na concepção de um painel elétrico deve ser adotada uma sequência dos elementos para a partida e manobra dos motores, identificada pela Figura 2.1, que é o diagrama de blocos do projeto de quaisquer circuitos.

Figura 2.1 – Sequência para acionamento de um motor.



Fonte: Souza (2009)

a) Seccionamento

O primeiro passo da sequência, demonstrada na Figura 2.2, deve ser usado durante a verificação e manutenção do circuito, desde que o mesmo encontre-se sem carga;

b) Proteção contra Curto-Circuito

O segundo passo da sequência ilustrada na Figura 2.2, como o próprio título induz, se dedica à proteção dos condutores do circuito terminal;

c) Proteção contra Sobrecarga

Este passo da sequência, o terceiro, como pode-se perceber pela Figura 2.2, é destinado para a proteção das bobinas do enrolamento do motor utilizado no projeto;

d) Dispositivo de Manobra

É o quarto, e último, passo da sequência o responsável por ligar, ou desligar, o motor de forma segura. Deste modo, é dispensado o contato do operador no circuito de potência, no qual circula a maior corrente.

2.1.2 Disjuntores

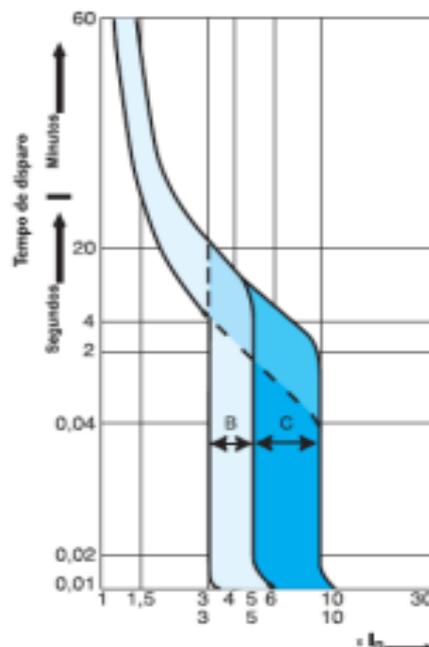
Disjuntores são dispositivos que protegem o sistema de curto-circuito e sobrecarga. Podem ser mono, bi, tri ou tetrapolar. A sua corrente nominal deve ser menor, ou igual, à máxima admitida pela instalação à qual pretende se proteger.

De acordo com a NBR IEC 60947-2 (ABNT,2013), os disjuntores são dispositivos de manobra e proteção, capazes de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, como também executam estas ações sobre correntes anormais, como as de curto circuito. Esta interrupção da corrente se dá através de um dispositivo interno constituído por lâminas de dois metais com coeficientes de dilatação diferentes soldadas. Devido ao aquecimento, os metais se dilatam de forma desigual provocado por uma corrente de sobrecarga que, por sua vez interrompe a passagem de corrente no circuito. Disjuntores termomagnéticos são capazes de neutralizar uma elevação de temperatura ambiente através de um segundo par bimetálico.

Além dos dispositivos bimetálicos, os disjuntores possuem relés magnéticos que desligam o disjuntor quando passa pelo mesmo uma corrente de curta duração ou em um curto circuito em uma ou mais fases. Existem ainda alguns que possuem bobina de mínima. Estes desarmam quando não há tensão em uma das fases.

As curvas de disparo de um disjuntor são normatizadas pela NBR IEC 60898 (ABNT, 2004) e são exemplificadas pela Figura 2.2.

Figura 2.2 – Curvas de disparo de um Disjuntor



Fonte: WEG.

Os disjuntores de curva “B” disparam instantaneamente com correntes entre 3 e 5 vezes a corrente nominal e isto pode ser percebido observando-se o eixo horizontal do gráfico da

Figura 2.2. Esse tipo de disjuntor é indicado para circuitos com cabos que percorram grandes distâncias ou com características resistivas.

Os disjuntores que se enquadram na curva do tipo “C”, por meio da mesma lógica dos de tipo B, possuem o disparo para correntes de 5 a 10 vezes a nominal. Logo, eles são indicados para cargas indutivas.

2.2 Circuitos de Comando

Diferente dos circuitos de potência, o Circuito de Comando apresenta uma baixa corrente, logo, seus condutores são finos e a chave liga/desliga interrompem ou permitem a passagem de correntes de valor bem inferior das do circuito de potência. Neste circuito, as “cargas” são representadas pela bobina que aciona o mecanismo que permite a mudança de estado do contator, abrir ou fechar, através de seus contatos.

2.2.1 Contatores

Conforme Niskier e Macintyre (2005), os contatores são capazes de estabelecer, conduzir e interromper correntes em condições normais do circuito, inclusive sobrecargas de funcionamento previstas. A Figura 2.3 ilustra diversos modelos de contatores.

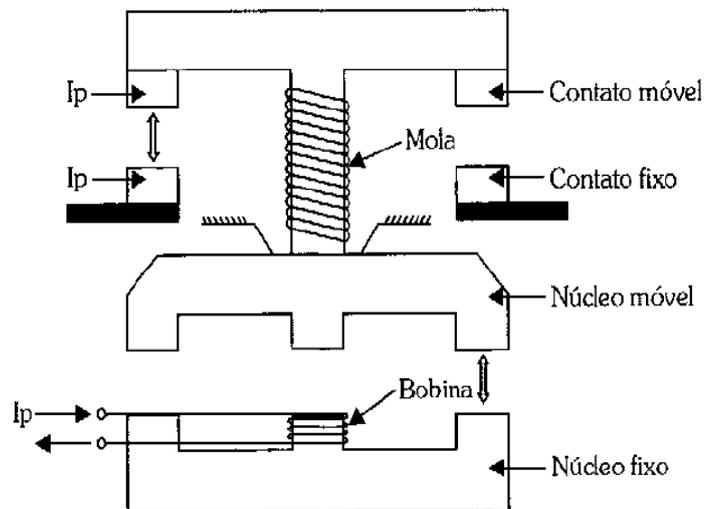
Figura 2.3 – Modelos de Contatores Siemens



Fonte: Siemens.

Franchi (2008) afirma que por meio de seu circuito de baixa corrente, os contatores controlam as correntes mais elevadas. São constituídos por uma bobina, conforme a Figura 2.4, que, alimentada por uma corrente, gera um campo magnético no núcleo fixo que atrai o núcleo móvel, fechando, assim, o circuito. Quando a alimentação desta bobina se dá por encerrada, o campo é interrompido, voltando ao estágio inicial.

Figura 2.4 – Esboço de um Contator



Fonte: Franchi (2008).

São quatro as principais partes de um contator:

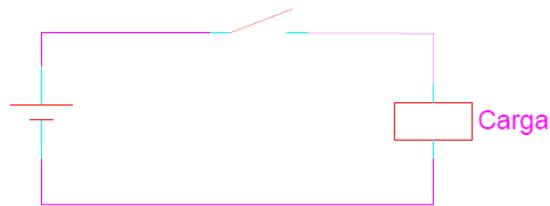
- A bobina é a entrada de controle do contator que, quando ligada a uma fonte de tensão, circula na mesma uma corrente elétrica que, por sua vez, cria um campo magnético que envolve o núcleo de ferro;
- O núcleo de ferro está acoplado ao contato e é atraído pelo campo magnético para dentro da bobina, logo, o movimento feito pelo núcleo afeta diretamente o contato, acionando-o;
- O contato é, então, acionado pelo núcleo e acoplado a uma mola que, por sua vez, tende fazê-lo voltar ao repouso. Entretanto, quando a bobina está desenergizada, a força da mola é menor que a do campo magnético, de modo que o núcleo móvel seja atraído pelo fixo. As bobinas recebem sempre a denominação A1/A2;
- A mola é a responsável por retornar o contato ao repouso quando a bobina é desenergizada, cessando o campo magnético e a mola se torna “mais forte” que o núcleo.

Os contadores possibilitam o comando de um circuito à distância cujos contatos mudam de estado quando o contator é energizado, podendo ser de dois tipos: contatos Normal Aberto ou Normal Fechado. Deste modo o operador aciona o contator e este, o equipamento de potência que está associado a ele, sinalizando ao operador o status do equipamento.

2.2.1.1 Contatos Normal Aberto

No contato do tipo NA, ou Normal Aberto, não há passagem de corrente quando em repouso. Logo, a carga não será acionada nesta configuração, conforme a Figura 2.5.

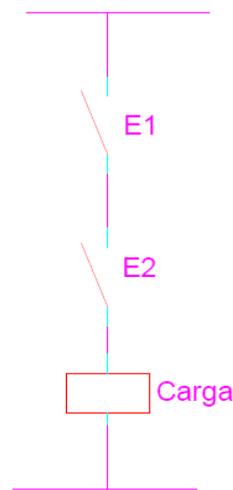
Figura 2.5 – Representação do contato NA.



Fonte: Da autora (2019).

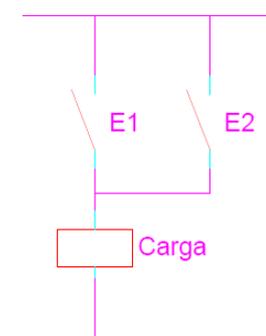
A partir do conceito de normal aberto, é possível que sejam feitas diversas associações deste contato, afim de se obter uma melhor resposta no projeto. São elas a associação em série e em paralelo, identificadas nas Figuras 2.6 e 2.7, respectivamente.

Figura 2.6 – Associação em série de contatos do tipo NA



Fonte: Da autora (2019).

Figura 2.7 – Associação em paralelo de contatos do tipo NA



Fonte: Da autora (2019).

Para um melhor entendimento das associações dos contatos, é comum a construção de uma tabela que elucide as combinações possíveis entre os contatos. É dado a esta tabela o nome

de “Tabela Verdade”. A configuração em série é mostrada na Tabela 2.1 e em paralelo, na Tabela 2.2.

Tabela 2.1 – Associação em série de contatos do tipo NA.

Contato E1	Contato E2	Carga C1
Repouso	Repouso	Desligada
Repouso	Acionado	Desligada
Acionado	Repouso	Desligada
Acionado	Acionado	Ligada

Fonte: Da autora (2019)

Tabela 2.2 – Associação em paralelo de contatos do tipo NA.

Contato E1	Contato E2	Carga C1
Repouso	Repouso	Desligada
Repouso	Acionado	Ligada
Acionado	Repouso	Ligada
Acionado	Acionado	Ligada

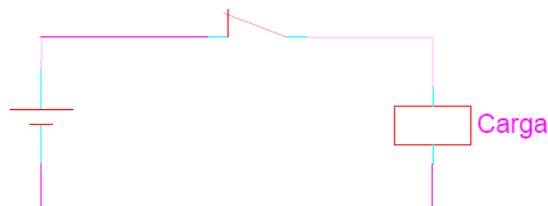
Fonte: Da autora (2019).

Quando os contatos estão associados de forma semelhante aos da Figura 2.6, percebe-se pela Tabela 2.1 que a carga somente será acionada se os dois contatos estiverem energizados, assim caracterizando o que é chamado de “função E”. Seguindo o mesmo raciocínio, ao serem analisados os contatos da Figura 2.7 e a Tabela 2.2, a carga será acionada se o primeiro contato estiver acionado ou o segundo, ou seja, basta que um seja energizado para que a carga também seja. Assim, esta é a “função OU”.

2.2.1.2 Contatos Normal Fechado

De forma análoga aos contatos do tipo Normal Aberto, os contatos Normal Fechado, ou NF, permitem a passagem da corrente quando estão em repouso. Deste modo, a carga será acionada quando os contatos se encontrarem nesta configuração, demonstrada na Figura 2.8.

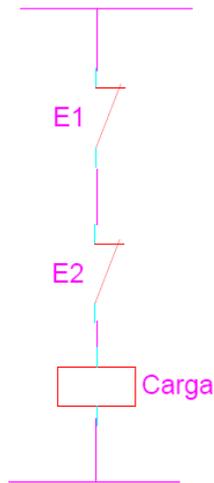
Figura 2.8 – Representação do contato NF.



Fonte: Da autora (2019).

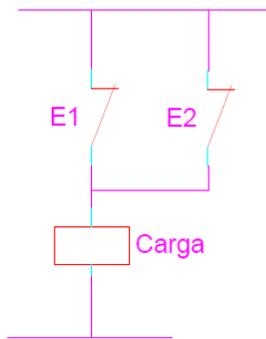
Os contatos NF também podem ser associados de modo a abranger um maior número de projetos. As associações são semelhantes às dos contatos NA, sendo a associação em série, ilustrada na Figura 2.9 e a associação em paralelo, na Figura 2.10.

Figura 2.9 – Associação em série de contatos do tipo NF



Fonte: Da autora (2019).

Figura 2.10 – Associação em paralelo de contatos do tipo NF



Fonte: Da autora (2019).

As “Tabelas Verdade” deste tipo de contato são construídas de forma semelhante às dos contatos NA e podem ser observadas nas Tabelas 2.3 e 2.4, sendo as associações em série e em paralelo, respectivamente demonstradas.

Tabela 2.3 – Associação em série de contatos do tipo NF.

Contato E1	Contato E2	Carga C1
Repouso	Repouso	Ligada
Repouso	Acionado	Desligada
Acionado	Repouso	Desligada
Acionado	Acionado	Desligada

Fonte: Da autora (2019).

Tabela 2.4 – Associação em paralelo de contatos do tipo NF.

Contato E1	Contato E2	Carga C1
Repouso	Repouso	Ligada
Repouso	Acionado	Ligada
Acionado	Repouso	Ligada
Acionado	Acionado	Desligada

Fonte: Da autora (2019).

Ao serem comparadas as mesmas associações para os dois diferentes tipos de contato, percebe-se que as Tabelas 2.1 e 2.3, que representam a associação em série dos contatos, e 2.2 e 2.4, nas quais estão a associação em paralelo dos contatos, são exatamente inversas quanto ao acionamento da carga. Deste modo, a associação em série dos contatos do tipo NF é chamada de “função não E” e a em paralelo de “função não OU”.

2.2.1.3 Identificação dos Contatos

Em um contator, todos os contatos são identificados e isto pode ser melhor exemplificado pela Figura 2.11.

Figura 2.11 – Contator Siemens.



Fonte: Siemens.

Pela Figura 2.11 percebem-se os números 13, 14 até o 44. Estes números indicam que tipo de contato se trata em cada parafuso, sendo 3 a entrada de um NA e 4 a saída do mesmo e 1 a entrada de um NF e 2 a saída deste contato. A casa da dezena desta numeração demonstra a sequência desses contatos da esquerda para a direita do operador, ou seja, 13 é o primeiro contato, 21 é o segundo, 31 o terceiro e 43, o quarto e último contato deste contato. O tipo de contato também é explícito pelas siglas NO e NC, em inglês, *normal opened* e *normal closed*. A bobina do contator sempre serão identificadas por uma letra maiúscula acompanhada de 1 na entrada e 2 na saída, respectivamente, A1 e A2.

Outros contadores utilizam de uma outra forma de se apresentarem no mercado, como na Figura 2.12. Nestes, a letra L indica entrada e T, saída do contato. Os contatos são numerados de forma crescente, na figura de 1 a 6, da esquerda para a direita e de cima para baixo e serão todos do tipo NA, como pode-se perceber no quarto contato.

Figura 2.12 – Contator Siemens.



Fonte: Siemens.

2.2.2 Relés de Tempo

Figura 2.13 – Relé de Tempo Siemens



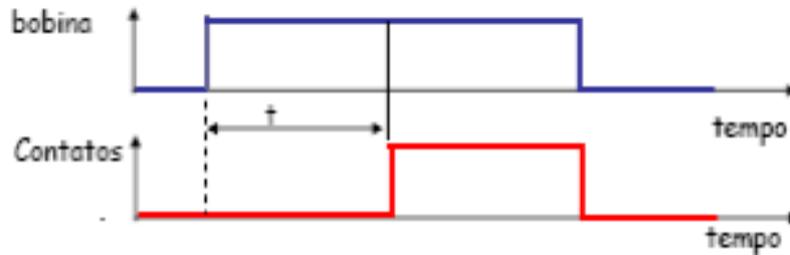
Fonte: Siemens.

Os relés de tempo, ou também conhecidos como relés temporizadores, como o mostrado na Figura 2.13, permitem, em função do tempo ajustado, a conversão do sinal resultante na saída conforme a sua configuração. São dois os tipos de relés temporizadores, com retardo na energização e na desenergização.

a) Relé de Tempo com Retardo na Energização

Como o próprio nome indica, neste relé as chaves atuam um tempo determinado após a energização e retornam ao repouso concomitantemente à desenergização desse equipamento. Este conceito pode ser exemplificado pela Figura 2.14.

Figura 2.14 – Relé de tempo com retardo na energização

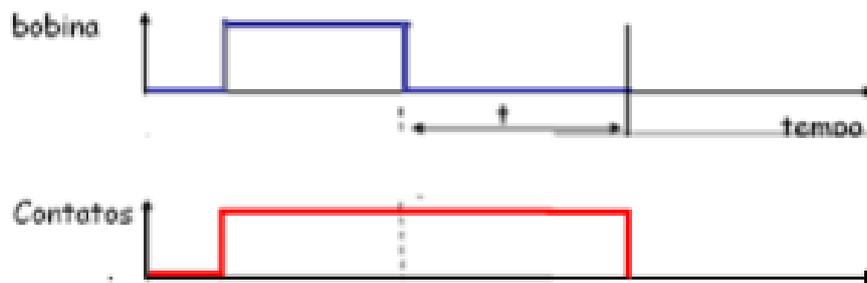


Fonte: Souza (2009)

b) Relé de Tempo com Retardo na Desenergização

Em um relé de tempo com retardo na desenergização, os contatos se fecham juntamente com a energização da bobina e se desenergizam somente um tempo determinado após o relé estar em repouso. Tal fato pode ser melhor elucidado pela Figura 2.15.

Figura 2.15 – Relé de tempo com retardo na desenergização



Fonte: Souza (2009)

2.2.3 Botões e Chaves

Para que se acione um motor é preciso um dispositivo que o ligue, e desligue, como as chaves e as botoeiras. As botoeiras realizam o acionamento de forma manual e atuam diretamente ligadas ao contator pela comutação entre os contatos NA e NF. No mercado, são encontrados dois tipos de botoeiras, do tipo pulsante ou com intertravamento. Esta mantém a posição do contator sempre que acionada até o próximo acionamento. Já as botoeiras do tipo pulsante, só permanecem no estado atual durante o tempo em que está pressionada, voltando ao estado de repouso quando o operador a deixa de pressionar. O significado da cor de cada botoeira é definido pela IEC73 e VDE 0199 e podem ser identificados na Figura 2.16.

Figura 2.16 – Identificação das botoeiras segundo as normas

Cores	Significado	Aplicações típicas
Vermelho 	<ul style="list-style-type: none"> • Parar, desligar • Emergência 	<ul style="list-style-type: none"> • Parada de um ou mais motores. • Parada de unidades de uma máquina. • Parada de ciclo de operação. • Parada em caso de emergência. • Desligar em caso de sobreaquecimento perigoso.
Verde  Preto 	<ul style="list-style-type: none"> • Partir, ligar, pulsar 	<ul style="list-style-type: none"> • Partida de um ou mais motores. • Partir unidades de uma máquina. • Operação por pulsos. • Energizar circuitos de comando.
Amarelo 	<ul style="list-style-type: none"> • Intervenção 	<ul style="list-style-type: none"> • Retrocesso. • Interromper condições anormais.
Azul  Branco 	<ul style="list-style-type: none"> • Qualquer função, exceto as acima 	<ul style="list-style-type: none"> • Reset de relés térmicos. • Comando de funções auxiliares que não tenham correlação direta com o ciclo de operação da máquina.

Fonte: WEG (2007).

As chaves são dispositivos mais simples e de mais baixo custo para o acionamento do motor, uma vez que podem acionar diretamente o motor ou a bobina do contator. Seu funcionamento se dá de forma simples, como um interruptor que liga ou desliga o motor. As chaves de três posições seguem o mesmo fundamento, porém podem acionar ou comutar de duas configurações determinadas pelo projetista do comando, mantendo uma das posições para o repouso, ou uma configuração neutra.

2.3 Circuitos de Sinalização

O Circuito de Sinalização, por sua vez, fornece as informações, geralmente em forma de luz ou som, por meio de lâmpadas e/ou alarme sonoros. Estas informações indicam ao operador como está o funcionamento do projeto como, por exemplo, se o sistema está sobrecarregado ou funcionando de forma esperada. Neste circuito, são usados condutores finos.

2.3.1 Sinaleiros

Sinaleiros são os indicadores luminosos do sistema. Geralmente, lâmpadas incandescentes ou LED e indicam o estado dos eventos monitorados. De acordo com a Figura 2.17, assim como as botoeiras, cada cor das lâmpadas possui um significado a ser interpretado pelo operador, conforme a IEC 73 e VDE 0199.

Figura 2.17 – Identificação dos Sinaleiros segundo as normas

Cores	Significado	Aplicações típicas
Vermelho 	<ul style="list-style-type: none"> Condições anormais, perigo ou alarme 	<ul style="list-style-type: none"> Temperatura excede os limites de segurança Aviso de paralisação (ex.: sobrecarga).
Amarelo 	<ul style="list-style-type: none"> Atenção, cuidado 	<ul style="list-style-type: none"> O valor de uma grandeza aproxima-se de seu limite.
Verde 	<ul style="list-style-type: none"> Condição de serviço segura 	<ul style="list-style-type: none"> Indicação de que a máquina está pronta para operar.
Branco 	<ul style="list-style-type: none"> Circuitos sob tensão, funcionamento normal 	<ul style="list-style-type: none"> Máquina em movimento.
Azul 	<ul style="list-style-type: none"> Informações especiais, exceto as acima 	<ul style="list-style-type: none"> Sinalização de comando remoto. Sinalização de preparação da máquina.

Fonte: WEG (2007).

2.3.2 Boias

As boias são medidores que se movem de acordo com a superfície da água, indicando, então, o nível. A medição pode ser tanto contínua, por exemplo, gerando um sinal analógico ao variar a resistência da haste que segura o flutuador, quanto discreta, detectando um limiar, como em uma caixa d'água.

Como a medida é feita diretamente, é preciso que o material para a boia agente a temperatura, composição química e a pressão de trabalho. Outro fator importante para a escolha de uma boia é a sua densidade, de modo que seja menor que a do líquido a ser medido para que ela flutue.

As aplicações das boias mecânicas estão em diversos setores do mercado, tais como medição de nível de gasolina em um veículo, caixas d'água, monitoramento de vazamentos ou enchimentos, dentre outros. A sua principal vantagem é a operação em uma grande gama de líquidos, inclusive corrosivos, além de serem simples e de baixo custo.

A Figura 2.18 representa uma boia simples. Ela pode ser acoplada à parede da caixa d'água conforme o nível desejado sendo esta uma configuração de uma boia NA, ou seja, quando em contato com a água, a boia se fecha.

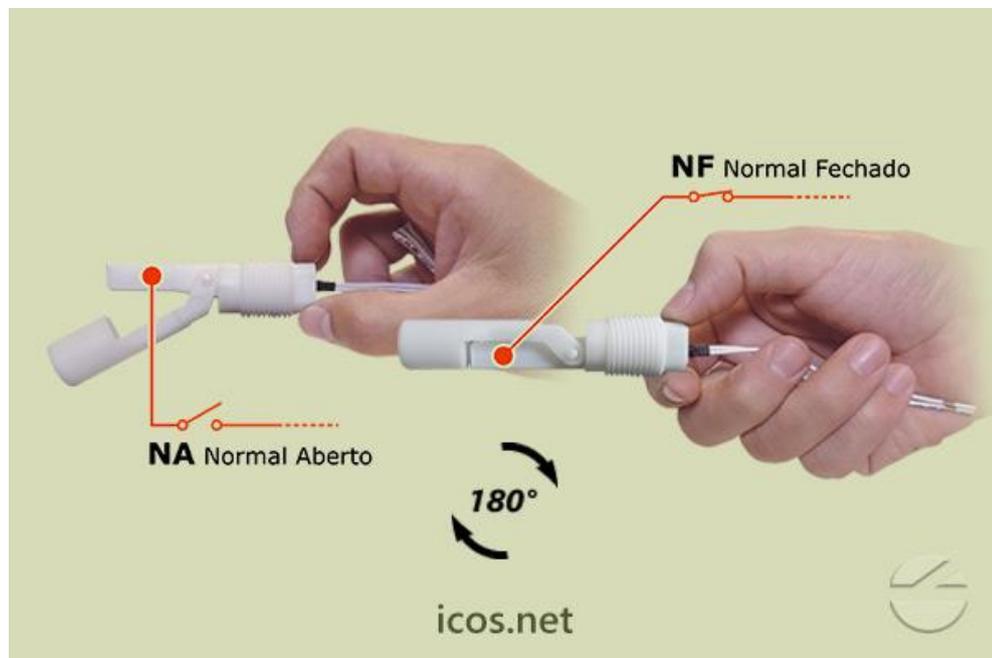
Figura 2.18 – Boia simples



Fonte: Eicos (2019).

Caso haja necessidade, de acordo com a lógica do processo, de uma boia do tipo NF, para uso, por exemplo no fundo da caixa para a indicação de que a caixa está vazia, basta utilizar da boia como na Figura 2.19. Então, ela se abrirá quando em contato com a água.

Figura 2.19 – Boias NA e NF



Fonte: Eicos (2019).

3 MATERIAIS E MÉTODOS

De acordo com Cotrim (2008), para ser construído um painel elétrico é necessário que o projetista siga determinados passos a fim de atender da melhor forma as exigências do cliente e as especificações das normas da ABNT, de modo que o projeto feito seja eficiente e, principalmente, seguro.

Antes que se comece o projeto em si, é preciso que haja um contato com o cliente para ser estudado o objetivo a ser desempenhado pelo painel, como também a relação de componentes previamente instalados no local e que devem estar contidos no projeto. Aqui é gerada uma lista dos desejos do cliente e informações do local da futura instalação. Assim, são analisadas as instalações elétricas do ambiente de trabalho para uso das mesmas, tais como a modalidade e as tensões de fornecimento, o padrão a ser utilizado no projeto, dentre outros.

Com o esclarecimento das fontes a serem utilizadas e as recomendações, é desenvolvido um esquema básico da instalação, para ser aprovado e/ou modificado pelo cliente. É nesta etapa que é feito o dimensionamento dos componentes a serem utilizados no projeto e os esquemas unifilares, ou trifilares, de potência, comando e sinalização e recomenda-se o uso de um software para tornar mais claro o entendimento do leitor do projeto, neste caso, o AutoCad.

A última etapa da elaboração do projeto é a especificação dos componentes onde é listada a quantidade dos materiais usados e um orçamento dos componentes necessários à realização do projeto, desde as canaletas até a caixa do painel em si. Novamente há um contato com o cliente para a aprovação do orçamento do projeto como um todo. Com o aval do cliente, é iniciada a construção do painel, com atenção aos esquemas dos circuitos e às normas de segurança para a montagem e os testes, procurando sempre seguir à risca a lista dos componentes orçada anteriormente.

3.1 AutoCad

O AutoCad é um software que possibilita a elaboração dos desenhos esquemáticos que, posteriormente, servirão de base para a construção do painel e o entendimento do mesmo quando se faz necessária a manutenção por terceiros. Por isto, é preciso que haja uma uniformidade na representação dos componentes do desenho, de modo que seja explícito e didático para qualquer leitor.

Uma legenda é usada para a concepção do desenho no AutoCad, implicando em uma forma intuitiva de elaborar o esquema no software, além de garantir uma economia de tempo

para o projetista. As Figuras 3.1 e 3.2 ilustram a tabela utilizada como legenda para a transcrição do esquema para o software em todos os projetos da Oficina Sbampato e, conseqüentemente, neste projeto seguindo as normas da ABNT para a simbologia.

Figura 3.1 – Secção 1 da Legenda para a simbologia dos componentes

SÍMBOLO LITERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM	SÍMBOLO LITERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM	SÍMBOLO LITERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM
K		CONTATOS CONTATOR NA «NF (COMANDO)	KT		RELÉ DE IMPULSO	TFT		TRANSFORMADOR DE FORÇA ESTRELA/TRÂNGULO
S		BOTÃO DE IMPULSO NA «NF	V		VÁLVULA SOLENÓIDE	Q		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO AJUSTÁVEL
SI		INTERRUPTOR NA «NF	F		RELÉ TÉRMICO	Q		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO MAGNÉTICO AJUSTÁVEL
KT		CONTATO COM RETARDO NA ENERGIZAÇÃO NA «NF	H		INDICADOR ACÚSTICO (BUZINA)	Q		DISJUNTOR TERMOMAGNÉTICO FIXO
KT		CONTATO COM RETARDO NA DEENERGIZAÇÃO NA «NF	P		INSTRUMENTO INDICADOR	F		FUSÍVEL
S		BOTÃO DE EMERGÊNCIA NA «NF	P		INSTRUMENTO REGISTRADOR	Q		SECCIONADORA FUSÍVEL
F		CONTATO RELÉ TÉRMICO NA «NF	P		INSTRUMENTO INDICADOR	Q		INTERRUPTOR-SECCIONADORA
B		CONTATO TERMOSTATO NA «NF	TC		TRANSFORMADOR DE CORRENTE	Q		SECCIONADORA
S		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO NA «NF	TC		TRANSFORMADOR DE CORRENTE (DESTINADO AO UNIFILAR)	K		CONTATOR - CONTATO FORÇA
KT		RELÉ DE IMPULSO	TA		AUTOTRANSFORMADOR	K		CONTATOR COM ABERTURA AUTOMÁTICA
K		BOBINA DE CONTATORA E ACOPLADOR A RELÉ	TA		AUTOTRANSFORMADOR (DESTINADO AO UNIFILAR)	U		INVERSOR DE FREQUÊNCIA
KT		ORGÃO DE CONTROLE DE RELÉ COM RETENÇÃO MECÂNICA	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO	U		ARRANCADOR ELETRÔNICO (SOFT-STARTER)
KT		TEMPORIZADOR RETARDADO NA DEENERGIZAÇÃO	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO (DESTINADO AO UNIFILAR)	M		MOTOR TRIFÁSICO
KT		TEMPORIZADOR RETARDADO NA ENERGIZAÇÃO	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO COM DERIVAÇÃO	M		MOTOR MONOFÁSICO

Fonte: Oficina Sbampato LTDA.

Figura 3.2 – Secção 2 da legenda para a simbologia dos componentes

SÍMBOLO LITERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM	SÍMBOLO LITERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM
U		CONVERSOR CC/CC	H		LÂMPADA DE SINALIZAÇÃO COM INDICAÇÃO DE TIPO E COR
G		RETIFICADOR CA/CC	H		LÂMPADA FLUORESCENTE COM INDICAÇÃO DO TIPO
C		RETIFICAÇÃO EM CONEXÃO DE ONDA PLENA (PONTE)	F		PARA - RAIO
G		BATERIA	R		CALEFATOR / RESISTOR
C		CAPACITOR	E		LUMINÁRIA FLUORESCENTE COMPACTA
X		TERMINAL CONECTOR			LUMINÁRIA FLUORESCENTE COMPACTA (PL)
T		TRANSDUTOR DE CORRENTE			DISJUNTOR
X		CONTATO DE EXTRAÇÃO TOMADA PINO E BAGUE			TEMPORIZADOR CICLICO
-		ACOPLAMENTO DIRETO			
B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NA) 3 FIOS			
B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NF) 3 FIOS			
B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NA) 2 FIOS			
B		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO (NF) 2 FIOS			
E		VENTILADOREXAUSTR			

Fonte: Oficina Sbampato LTDA.

3.2 Dimensionamento dos Componentes

Para um projeto de um painel elétrico, é necessário que haja o dimensionamento dos componentes a serem utilizados de modo a manter a segurança dos equipamentos previamente instalados e a sua ativação. Deste modo, é possível que haja o correto funcionamento preestabelecido no objetivo do projeto.

O dimensionamento dos componentes se baseia em conhecer a corrente que irá circular pelos circuitos. Com a ciência desta grandeza e o auxílio de tabelas normalizadas, os componentes se tornam, também, conhecidos.

Sabe-se que, pela Lei de Ohm e de acordo com a NBR 5410 (ABNT,2004) para motores trifásicos,

$$P = \frac{VI\sqrt{3}}{\cos\phi \cdot \eta} \quad (1)$$

na qual a corrente I [A] é diretamente relacionada à potência P [W] do motor que se deseja acionar, à tensão V [V] da rede elétrica que alimenta o painel, neste caso, $v = 220V$ e ao rendimento η do equipamento analisado.

Quando, na placa de identificação do equipamento, a potência informada encontra-se em cavalo-vapor [cv], faz-se a conversão desta medida para Watts [W] para melhores resultados nos cálculos. A conversão é dada por

$$cv = 736W \quad (2)$$

3.2.1 Dimensionamento dos Condutores

Para o dimensionamento dos condutores, foi utilizado o critério da máxima capacidade de condução de corrente, estabelecido pela NBR 5410 (ABNT,2004).

Neste critério, a máxima capacidade de condução de corrente de um condutor é informada por meio de tabelas específicas contidas na norma e seu objetivo é verificar se os condutores suportam a corrente prevista para o circuito. A esta corrente é dado o nome de I_B , a corrente de projeto. Este cálculo se dá pela Equação 3, e esta uma reformulação da Lei de Ohm,

$$I_B = \frac{P}{V} \quad (3)$$

em que a I_B [A] é a corrente prevista para o circuito. Neste critério, ainda são considerados dois fatores de correção que expressam a capacidade de condução elétrica dos

condutores. São eles, o fator de correção para temperatura (F_{CT}) e o fator de correção para agrupamento (F_{CA}).

O F_{CT} corrige o valor de capacidade de condução de corrente do condutor, pois, sua isolação suporta determinada temperatura. A Figura 3.3 ilustra a tabela 40 da NBR 5410 (ABNT, 2004) que demonstra a relação entre a isolação e a temperatura para a determinação do fator de correção para temperaturas.

Figura 3.3 – Fator de Correção para Temperaturas

Temperatura °C	Isolação	
	PVC	EPR ou XLPE
Ambiente		
10	1,22	1,15
15	1,17	1,12
20	1,12	1,08
25	1,06	1,04
35	0,94	0,96
40	0,87	0,91
45	0,79	0,87
50	0,71	0,82
55	0,61	0,76
60	0,50	0,71
65	–	0,65
70	–	0,58
75	–	0,50
80	–	0,41
Do solo		
10	1,10	1,07
15	1,05	1,04
25	0,95	0,96
30	0,89	0,93
35	0,84	0,89
40	0,77	0,85
45	0,71	0,80
50	0,63	0,76
55	0,55	0,71
60	0,45	0,65
65	–	0,60
70	–	0,53
75	–	0,46
80	–	0,38

Fonte: ABNT (2004).

O F_{CA} corrige o valor de capacidade de condução de corrente do condutor, porque a quantidade de circuitos agrupados também influencia na temperatura dos condutores devido ao calor proveniente da circulação da corrente a qual estão submetidos. A Figura 3.4 retrata a tabela 42 da NBR 5410 (ABNT, 2004) que relaciona o número de circuitos, ou cabos multipolares com a forma de agrupamento destes condutores.

Figura 3.4 – Fator de Correção para Agrupamentos

Ref.	Forma de agrupamento dos condutores	Número de circuitos ou de cabos multipolares											Tabelas dos métodos de referência	
		1	2	3	4	5	6	7	8	9 a 11	12 a 15	16 a 19		≥20
1	Em feixe: ao ar livre ou sobre superfície; embutidos; em conduto fechado	1,00	0,80	0,70	0,65	0,60	0,57	0,54	0,52	0,50	0,45	0,41	0,38	36 a 39 (métodos A a F)
2	Camada única sobre parede, piso, ou em bandeja não perfurada ou prateleira	1,00	0,85	0,79	0,75	0,73	0,72	0,72	0,71	0,70				36 e 37 (método C)
3	Camada única no teto	0,95	0,81	0,72	0,68	0,66	0,64	0,63	0,62	0,61				
4	Camada única em bandeja perfurada	1,00	0,88	0,82	0,77	0,75	0,73	0,73	0,72	0,72				38 e 39 (métodos E e F)
5	Camada única sobre teto, suporte etc.	1,00	0,87	0,82	0,80	0,80	0,79	0,79	0,78	0,78				

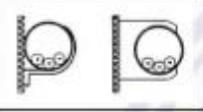
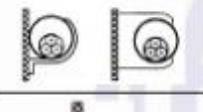
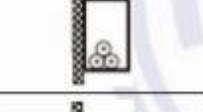
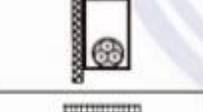
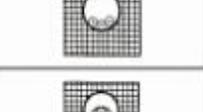
Fonte: ABNT (2004).

Com os cálculos da corrente de projeto I_B e dos fatores de correção, é calculada, então, a corrente corrigida $I_{B'}$ [A], ou corrente fictícia de projeto, de acordo com a Equação 4

$$I_{B'} = \frac{I_B}{F_{CA} \times F_{CT}} \quad (4)$$

Esta corrente fictícia é usada somente para efeito de dimensionamento da seção dos condutores, devido às condições considerando os fatores supracitados, além de ser necessário o uso da tabela 33 da NBR 5410 (ABNT, 2004), demonstrada parcialmente pela Figura 3.5.

Figura 3.5 – Tipos de linhas elétricas

Método de instalação número	Esquema ilustrativo	Descrição	Método de referência ¹⁾
1		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A1
2		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em parede termicamente isolante ²⁾	A2
3		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B1
4		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção circular sobre parede ou espaçado desta menos de 0,3 vez o diâmetro do eletroduto	B2
5		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B1
6		Cabo multipolar em eletroduto aparente de seção não-circular sobre parede	B2
7		Condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B1
8		Cabo multipolar em eletroduto de seção circular embutido em alvenaria	B2

Fonte: ABNT (2004).

Conhecido o método de referência, deve-se identificar a quantidade de condutores carregados do circuito para serem consultadas as tabelas referentes à condução de corrente do condutor. Esta quantidade é indicada pela Tabela 3.1.

Tabela 3.1 – Esquema de distribuição, segundo a NBR5410.

Esquema	Quantidade de condutores
Monofásico a dois condutores	Um condutor de fase e um neutro (L1 e N)
Monofásico a três condutores	Dois condutores de fase e um neutro (L1, L2 e N)
Bifásico a três condutores	Dois condutores de fase e um neutro (L1, L2 e N)
Trifásico a três condutores	Três condutores de fase (L1, L2 e L3)
Trifásico a quatro condutores	Três condutores de fase e um neutro (L1, L2, L3 e N)

Fonte: Da autora (2019).

Executada a coleta dos dados, é possível que seja feita a consulta à tabela 36 da NBR5410 (ABNT, 2004) a fim de ser encontrado o cabo que melhor se adequa ao projeto. A Figura 3.6 ilustra, parcialmente, a tabela 36.

Figura 3.6 – Capacidade de condução de corrente para os métodos de referência.

Condutores: cobre e alumínio
Isolação: PVC
Temperatura no condutor: 70°C
Temperaturas de referência do ambiente: 30°C (ar), 20°C (solo)

Seções nominais mm ²	Métodos de referência indicados na tabela 33											
	A1		A2		B1		B2		C		D	
	Número de condutores carregados											
	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3	2	3
(1)	(2)	(3)	(4)	(5)	(6)	(7)	(8)	(9)	(10)	(11)	(12)	(13)
Cobre												
0,5	7	7	7	7	9	8	9	8	10	9	12	10
0,75	9	9	9	9	11	10	11	10	13	11	15	12
1	11	10	11	10	14	12	13	12	15	14	18	15
1,5	14,5	13,5	14	13	17,5	15,5	16,5	15	19,5	17,5	22	18
2,5	19,5	18	18,5	17,5	24	21	23	20	27	24	29	24
4	26	24	25	23	32	28	30	27	36	32	38	31
6	34	31	32	29	41	36	38	34	46	41	47	39
10	46	42	43	39	57	50	52	46	63	57	63	52
16	61	56	57	52	76	68	69	62	85	76	81	67
25	80	73	75	68	101	89	90	80	112	96	104	86
35	99	89	92	83	125	110	111	99	138	119	125	103
50	119	108	110	99	151	134	133	118	168	144	148	122
70	151	136	139	125	192	171	168	149	213	184	183	151
95	182	164	167	150	232	207	201	179	258	223	216	179
120	210	188	192	172	289	239	232	206	299	259	246	203
150	240	216	219	196	309	275	265	236	344	299	278	230
185	273	245	248	223	353	314	300	268	392	341	312	258
240	321	286	291	261	415	370	351	313	461	403	361	297
300	367	328	334	298	477	426	401	358	530	464	408	336
400	438	390	398	355	571	510	477	425	634	557	478	394
500	502	447	456	406	656	587	545	486	729	642	540	445
630	578	514	526	467	758	678	626	559	843	743	614	506
800	669	593	609	540	881	788	723	645	978	865	700	577
1 000	767	679	698	618	1 012	906	827	738	1 125	996	792	652

Fonte: ABNT (2004).

Algumas restrições quanto ao valor da corrente adotada em cada circuito também são definidas pela NBR 5410 e são esclarecidas pela Figura 3.7.

Figura 3.7 – Seção mínima dos condutores.

Tipo de linha		Utilização do circuito	Seção mínima do condutor mm ² - material
Instalações fixas em geral	Condutores e cabos isolados	Circuitos de iluminação	1,5 Cu 16 Al
		Circuitos de força ²⁾	2,5 Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	0,5 Cu ³⁾
	Condutores nus	Circuitos de força	10Cu 16 Al
		Circuitos de sinalização e circuitos de controle	4 Cu
Linhas flexíveis com cabos isolados	Para um equipamento específico	Como especificado na norma do equipamento	
	Para qualquer outra aplicação	0,75 Cu ⁴⁾	
	Circuitos a extra-baixa tensão para aplicações especiais	0,75 Cu	

Fonte: ABNT (2004).

3.2.2 Dimensionamento dos Disjuntores

Para que haja a coordenação entre os condutores e os dispositivos de proteção, as características de atuação dos dispositivos precisam atender as condições da Equação 5

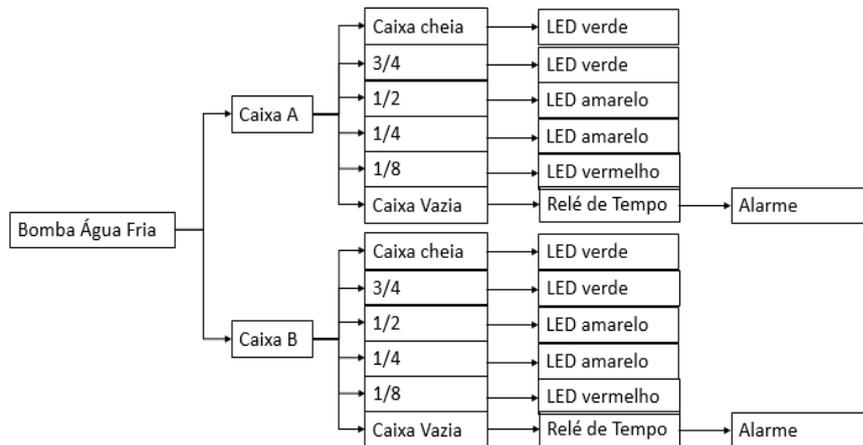
$$I_B \leq I_N \leq I_Z \quad (5)$$

na qual I_B [A] é a corrente de projeto do circuito, I_N [A] a corrente nominal do dispositivo e I_Z [A] a máxima capacidade de condução de corrente dos condutores, nas condições previstas de instalação.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

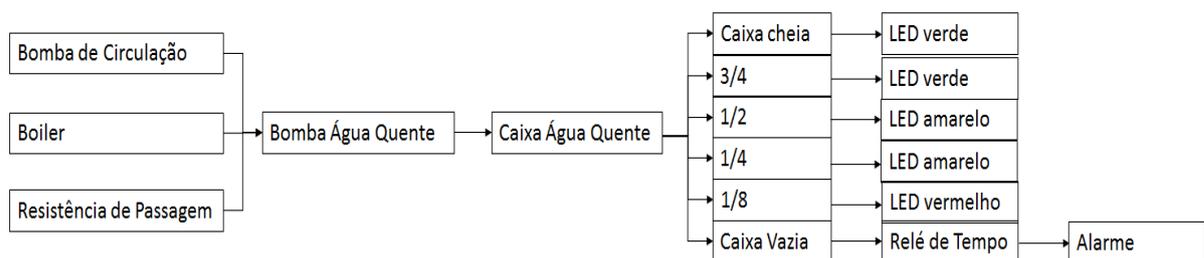
O primeiro passo para o planejamento e montagem de um painel é a definição das partes que comporão o projeto. Este sistema é constituído de duas bombas, aqui denominadas de “Bomba de Água Fria” e “Bomba de Água Quente”. Esta última bomba abastece a caixa d’água com a água aquecida pela Bomba de Circulação de Água Quente, aqui chamada de Bomba de Circulação, Boiler ou pela Resistência de Passagem, acionados pelas chaves de acordo com a vontade do operador. Para a água fria, a bomba pode abastecer duas caixas, A ou B, de modo manual ou automático. Estão instaladas nas três caixas boias para a demarcação do nível de água e monitoramento do mesmo no painel. A Figura 4.1 representa o esquemático para o abastecimento de água fria e a Figura 4.2 para o de água quente.

Figura 4.1 – Abastecimento de água fria.



Fonte: Da autora (2019).

Figura 4.2 – Abastecimento de água quente



Fonte: Da autora (2019).

Definido o funcionamento do sistema, faz-se então necessário o dimensionamento dos dispositivos, eletrônicos ou não. Eles devem ser os que melhor se adequarão ao objetivo proposto, primando sempre pela segurança do operador e o menor custo a ser desembolsado pelo cliente.

4.1 Dimensionamento dos Componentes

A partir da Equação 1 é possível realizar o cálculo da corrente necessária para o correto funcionamento de cada equipamento.

4.1.1 Cálculo da corrente

Primeiro, foi considerado por tabela, $\cos\varphi = 0,85$. Para o acionamento da bomba de circulação, cuja potência é de $P = 1500W$ e com um rendimento $\eta = 0,97$, é preciso uma corrente $I_{BombaCirculacao} = 3,24A$. A resistência do boiler possui uma potência $P = 4000W$ e seu rendimento é $\eta = 1$, logo, para sua ativação é necessária uma corrente $I_{Boiler} = 8,92 A$.

A potência da resistência de passagem é $P = 10500W$ com rendimento $\eta = 1$, portanto, a corrente calculada é de $I_{ResistenciaPassagem} = 23,42A$. Já as bombas de água quente e fria possuem potências demonstradas em cavalo-vapor, fazendo-se necessária a conversão dada pela Equação 2. Sendo assim, uma potência $P = 1/3cv$ é igual a $P = 245W$. Logo, a corrente precisa para o acionamento das bombas com rendimento $\eta = 0,72$ é de $I_{AguaFria} = I_{AguaQuente} = 0,39A$. A Tabela 4.1 elucida mais claramente a corrente fundamental a ativação dos equipamentos, com o arredondamento em uma casa decimal para melhor visualização.

Tabela 4.1 – Corrente calculada para cada equipamento.

Equipamento	Corrente calculada [A]
Bomba de Circulação	3,2
Resistência do Boiler	8,9
Resistência de Passagem	23,4
Bomba de Água Fria	0,4
Bomba de Água Quente	0,4

Fonte: Da autora (2019).

4.1.2 Dimensionamento dos Contatores

A escolha dos contatores é realizada a partir da corrente necessária à ativação dos equipamentos, uma vez que são eles os responsáveis por ligar ou desligar as bombas e resistências. Deste modo, é construída a Tabela 4.2 identificando os contatores utilizados para o projeto.

Tabela 4.2 – Dimensionamento dos Contatores.

Equipamento	Contator
Bomba de Circulação	3RT1015
Resistência do Boiler	3RT1026
Resistência de Passagem	3RT1036
Bomba de Água Fria	3RT1015
Bomba de Água Quente	3RT1015

Fonte: Da autora (2019).

Os contatores foram escolhidos no catálogo de contatores e relés de sobrecarga da empresa Siemens (2019) de forma a possuírem a corrente mais próxima possível da calculada. O contator 3RT1015 é o de menor corrente, não havendo um que se aproximasse de uma corrente $i = 0,4A$ das bombas de água quente e fria. A Tabela 4.3 informa a corrente de cada um destes componentes.

Tabela 4.3 – Corrente dos Contatores

Contator	Corrente nominal do Contator [A]	Corrente calculada [A]
3RT1015	7	3,2
3RT1026	25	8,9
3RT1036	50	23,4
3RT1015	7	0,4
3RT1015	7	0,4

Fonte: Da autora (2019).

4.1.3 Dimensionamento dos Condutores

Para o dimensionamento dos condutores do projeto, é preciso seguir os passos previstos pela NBR 5140 (ABNT, 2004). Assim, primeiramente é calculada a corrente de projeto para cada equipamento, a partir da Equação 3. A Tabela 4.4 demonstra os resultados deste cálculo.

Tabela 4.4 – Corrente de projeto

Equipamento	I_B [A]
Bomba de Circulação	6,8
Resistência do Boiler	18,2
Resistência de Passagem	47,7
Bomba de Água Fria	1,1
Bomba de Água Quente	1,1

Fonte: Da autora (2019).

Para dimensionar os condutores pelo critério da máxima capacidade de condução, são considerados ainda dois fatores de correção, o F_{CT} e o F_{CA} . Pela Figura 3.3, adotando uma temperatura ambiente máxima de $35^{\circ}C$ e considerando que o condutor seja revestido de PVC, é encontrado um valor de $F_{CT} = 0,94$. Para o F_{CA} , considerando, pela Figura 3.4, a referência 2

com 5 circuitos, tem-se um $F_{CA}=0,73$. Assim, com os dados coletados nos cálculos e tabelas, é possível que seja calculado, pela Equação 4, a corrente corrigida de projeto I_B . Os valores encontrados são demonstrados na Tabela 4.5.

Tabela 4.5 – Corrente corrigida

Equipamento	I_B [A]
Bomba de Circulação	9,9
Resistência do Boiler	26,5
Resistência de Passagem	69,6
Bomba de Água Fria	1,6
Bomba de Água Quente	1,6

Fonte: Da autora (2019).

Pela Figura 3.5, o método que mais se adequa à configuração do projeto é o método 7. Logo, o método de referência a ser usado futuramente é o B1 e, por meio da Tabela 3.1, identifica-se o esquema de condutores trifásico a três condutores. Então, com a posse destes dados, é possível identificar na Figura 3.6 a seção métrica dos condutores a serem utilizados no painel, desde que em concordância com a Figura 3.7, declarados na Tabela 4.6.

Tabela 4.6 – Seção métrica dos condutores

Equipamento	Seção métrica [mm²]	Corrente nominal dos condutores (I_z [A])
Bomba de Circulação	2,5	21
Resistência do Boiler	4	28
Resistência de Passagem	25	89
Bomba de Água Fria	2,5	21
Bomba de Água Quente	2,5	21

Fonte: Da autora (2019).

Pelos Circuitos de Comando e Sinalização, diferentemente do Circuito de Força, transitam correntes de menor valor. Por isso, os cabos usados nesses circuitos não precisam de bitolas de grandes valores e isto pode ser provado pelo fato de que um cabo de $0,75\text{mm}^2$, que transmite uma corrente de, no máximo, 7A, é utilizado para a montagem dos dois circuitos, além de ser de mais fácil manuseio e menor custo.

4.1.4 Dimensionamento dos Disjuntores

Para o dimensionamento dos disjuntores que melhor se adequam ao sistema, é necessária a ciência das correntes de projeto, fornecidas pela Tabela 4.4, e a corrente nominal de cada condutor, informada pela Tabela 4.6, de modo que a corrente do disjuntor esteja entre o valor das duas correntes anteriormente citadas. Assim, o dimensionamento do disjuntor para

cada equipamento é esclarecido pela Tabela 4.7, seguindo os valores de corrente nominal dos disjuntores segundo a NBR NM 60898 (ABNT, 2004) e a NBR IEC 60947-2 (ABNT, 2013).

Tabela 4.7 – Dimensionamento dos Disjuntores

Equipamento	I_B [A]	I_Z [A]	Corrente nominal do disjuntor (I_N [A])
Bomba de Circulação	6,8	21	16
Resistência do Boiler	18,2	28	25
Resistência de Passagem	47,7	89	63
Bomba de Água Fria	1,1	21	4
Bomba de Água Quente	1,1	21	4

Fonte: Da autora (2019).

4.1.5 Relação dos componentes elétricos

Para um melhor entendimento do sistema, os disjuntores e contatores são nomeados de acordo com as normas técnicas para uma uniformidade de modo que seja padrão a nomenclatura para qualquer leitor. Na Tabela 4.8 são declarados os componentes e seus respectivos “nomes”.

Tabela 4.8 – Relação dos componentes

Nomenclatura	Componente	Modelo
K1	Contator	3RT1034
K2	Contator	3RT1036
K3	Contator	3RT1026
K4	Contator	3RT1026
K5	Contator	3RT1015
K6	Contator	3RT1026
K7	Contator	3RT1036
K8	Contator	3RT1015
K9	Contator	3RT1015
Q1	Disjuntor	40A
Q2	Disjuntor	63A
Q3	Disjuntor	16A
Q4	Disjuntor	25A
Q5	Disjuntor	63A
Q6	Disjuntor	4A
Q7	Disjuntor	4A

Fonte: Da autora (2019).

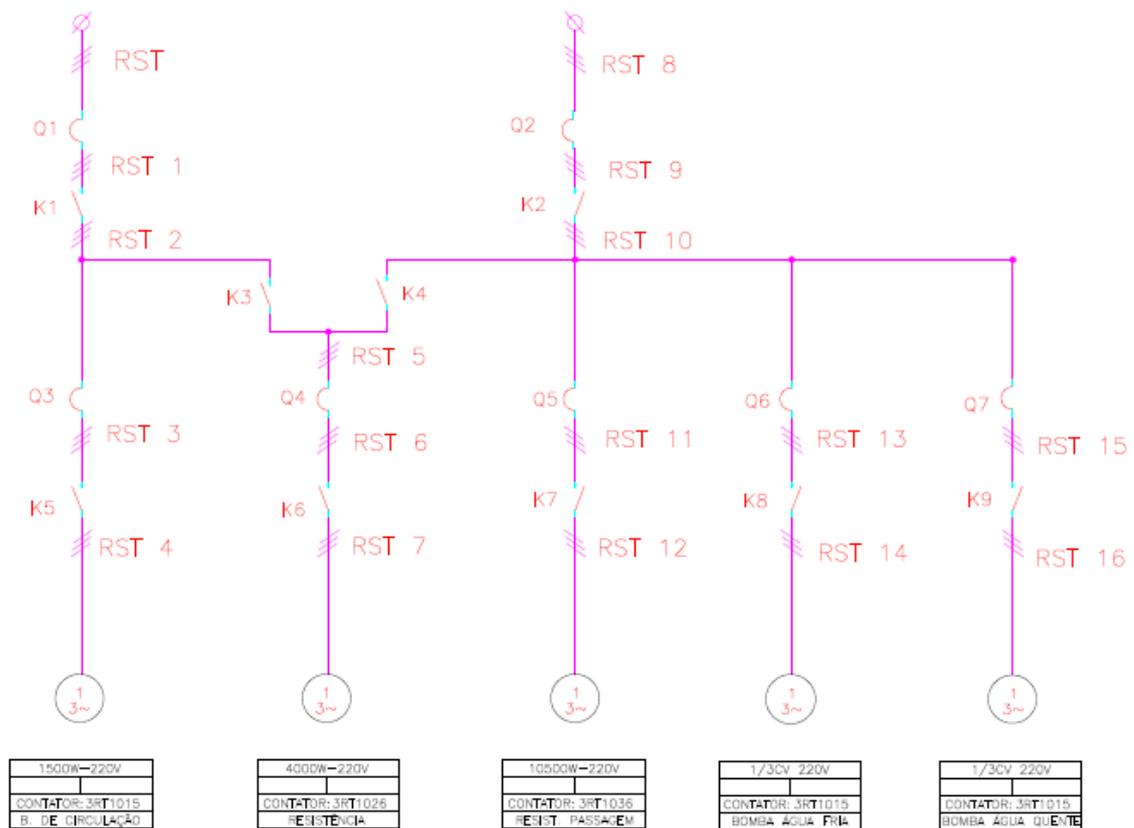
4.2 Circuitos

Para melhor análise da construção dos circuitos, é viável a separação dos mesmos de acordo com a classificação de cada um. São eles circuitos de potência, de comando e de sinalização.

4.2.1 Circuito de Potência

Primeiramente, é ilustrada a visão geral do circuito de potência, como na Figura 4.3. Ao serem comparadas as imagens denominadas Figura 2.1 e Figura 4.3, identifica-se como seccionamento os contatores Q1 e Q2. A proteção contra sobrecarga é feita pelos disjuntores Q3, Q4, Q5, Q6 e Q7. E, por último, os dispositivos de manobra são os contatores K5, K6, K7, K8 e K9.

Figura 4.3 – Visão geral do Circuito de Potência



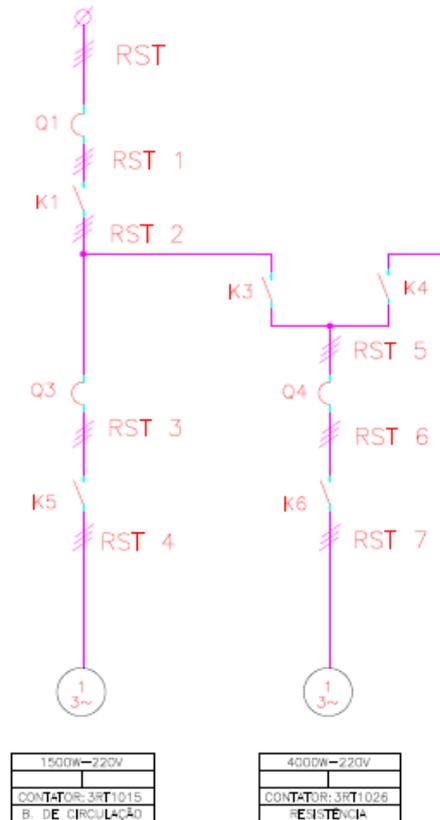
Fonte: Da autora (2019).

Com o desmembramento deste circuito, será melhor o entendimento das suas partes. Vale ressaltar que este é um circuito trifásico, logo, o mesmo se apresenta na configuração unifilar, ou seja, as três fases são representadas por uma única linha.

A Figura 4.4 representa o acionamento da bomba de circulação e da resistência do boiler que já se encontram instalados no condomínio. A alimentação, que vem da rede elétrica, “entra” pelo borne e recebe a identificação R, S e T para chegar até o disjuntor geral do condomínio Q1 e, então, sai do mesmo como RST 1 chegando ao K1, contator de emergência. Dos contatos NA de K1, tem-se RST 2 que entram no disjuntor Q3, que, por sua vez realiza a proteção da bomba

de circulação. Deste disjuntor saem RST 3 que alimentam K5 e este fará o acionamento do motor da bomba de circulação por RST 4.

Figura 4.4 – Secção 1 do Circuito de Potência



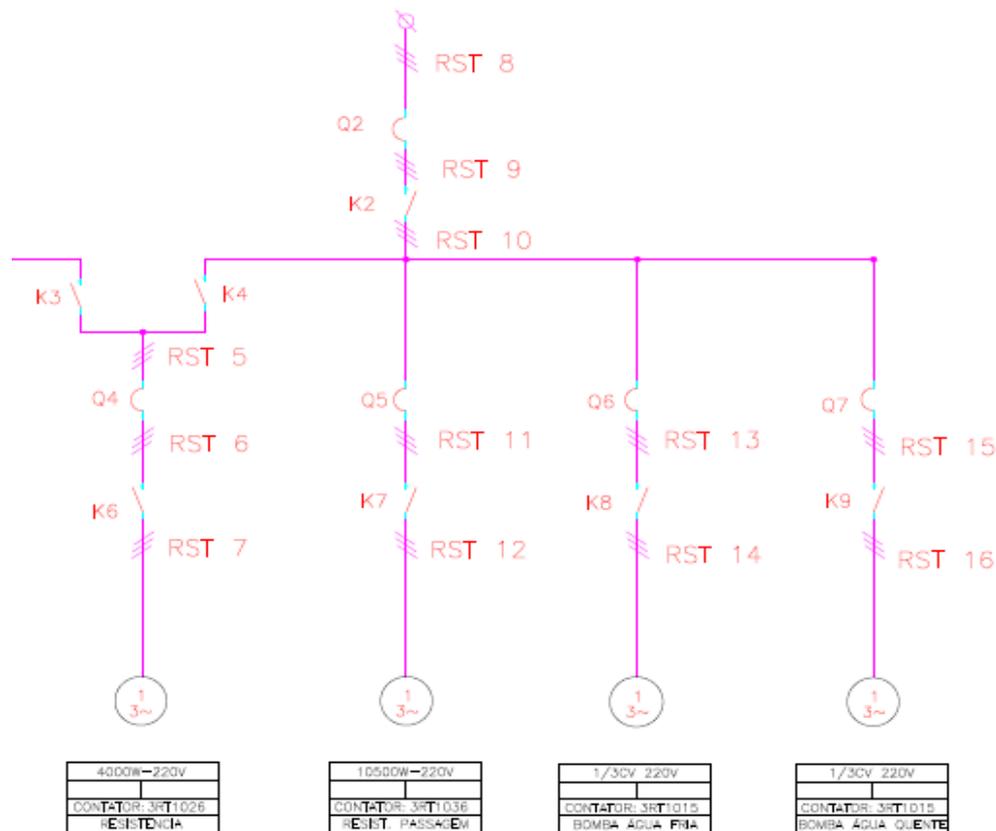
Fonte: Da autora (2019).

A alimentação RST 2, demonstrada na Figura 4.4, se distribui também para o K3, contator do condomínio e, pela Figura 4.3, RST 10 alimenta K4, do apartamento. Assim, é possível que se faça a escolha de acionar a resistência do boiler pelo condomínio ou pelo apartamento, uma vez que RST 5 é provinda dos dois contadores e alimenta Q4, que protege a resistência do boiler. De Q4 sai RST 6 e entra em K6, que ativa a resistência do boiler por RST 7.

Pela Figura 4.5, do borne sai RST 8 e chega a Q2, o disjuntor geral do apartamento, e, dele sai RST 9 para o contator de emergência do apartamento K2. Dele, tem-se RST 10 que alimenta o supracitado K4 e os disjuntores Q5, Q6 e Q7. Q5 protege a resistência de passagem. Dele sai RST 11 que alimenta K7 e que aciona esta resistência por RST 12. Já Q6, é o disjuntor de proteção da bomba de água fria e está ligado ao K8 através de RST 13, que, por sua vez, aciona a bomba de água fria pelos cabos RST 14. O disjuntor Q7 juntamente com K9, pelos

cabos RST 15, são os responsáveis pela proteção e acionamento do pressurizador da bomba de água quente, por meio de RST 16.

Figura 4.5 – Seção 2 do Circuito de Potência



Fonte: Da autora (2019)

4.2.2 Circuito de Comando

O circuito de comando é o responsável por realizar todo o acionamento das cargas do projeto por meio da bobina dos contadores associados aos equipamentos.

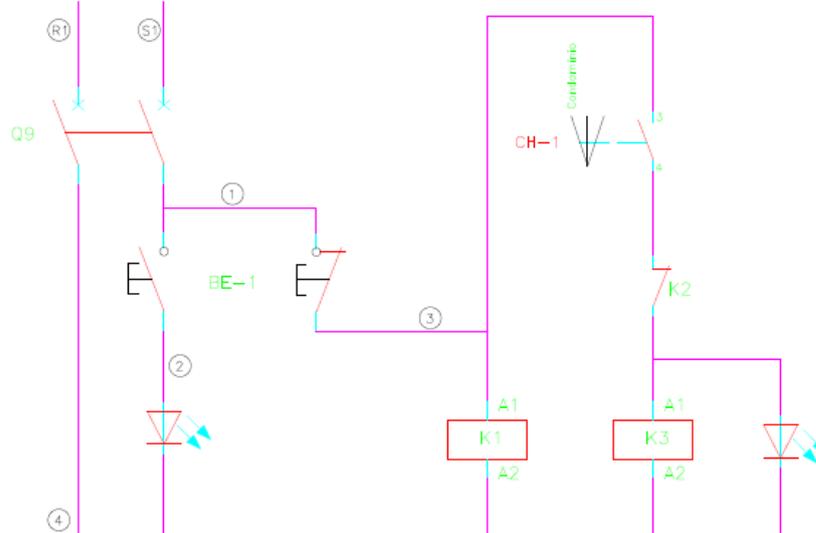
4.2.2.1 Botões de Emergência

Na Figura 4.6, tem-se o circuito de ativação do botão de emergência do condomínio. Com o disjuntor acionado por RS1 e o botão de emergência ativado, o LED também é acionado. Com o disjuntor acionado e o botão de emergência desativado, K1 se aciona e, se a CH-1 estiver em modo condomínio, e K2 desativado, K3 é energizado.

Quando acionado o botão de emergência, seu contato NA do é energizado e o LED indica ao operador que a emergência está ativada. Se o botão de emergência não está ativado, seu estado é indicado pela bobina de emergência do condomínio e este contato permite o funcionamento do circuito de força. Se a chave de 3 posições estiver em modo “condomínio” e

o modo apartamento não estiver acionado, conferido pelo contator do apartamento, este estado é passado para a bobina e o LED informa ao operador que a resistência está ligada no modo “Condomínio”.

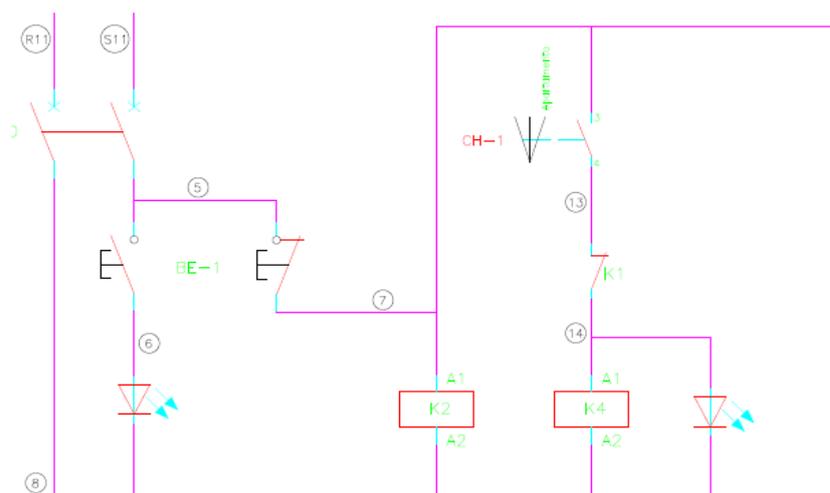
Figura 4.6 – Botão de emergência do condomínio



Fonte: Da autora (2019).

Idem à Figura 4.6, a Figura 4.7 demonstra o circuito de ativação do botão de emergência e do contator do apartamento.

Figura 4.7 – Botão de emergência do apartamento



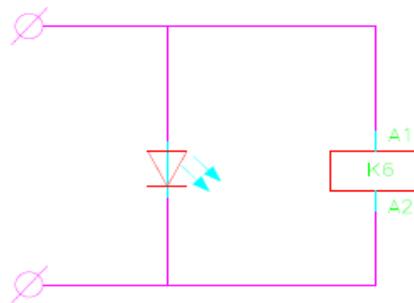
Fonte: Da autora (2019).

Com o disjuntor acionado e o botão de emergência ativado, o LED se acende, indicando o estado do botão. Com o disjuntor acionado e o botão de emergência desativado, K2 se aciona permitindo o acionamento do circuito em modo apartamento e, se a CH-1 estiver em modo apartamento, e K1 desativado, K4 é energizado.

A alimentação do disjuntor de comando bipolar para o apartamento é dada por RS11, que, no circuito de potência é provinda do contator de emergência do apartamento. Este disjuntor alimenta o botão de emergência. Quando o botão é energizado, acende o seu respectivo LED e, se em repouso, transfere seu estado à bobina do contator do modo apartamento. Com a chave três posições em modo “apartamento” e o modo condomínio desativado, a bobina do contator do apartamento é ativada, permitindo o funcionamento da resistência do boiler pelo apartamento e acendendo seu respectivo LED.

4.2.2.2 Boiler

Figura 4.8 – Ativação da resistência do boiler



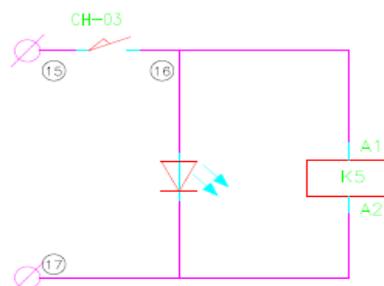
Fonte: Da autora (2019).

Na Figura 4.8, dos bornes tem-se a alimentação 220V provinda do painel de controle da resistência do boiler e, quando energizados, ativam a bobina de K6, responsável por esta resistência ligando o LED da mesma.

4.2.2.3 Bomba de Circulação de Água Quente

Dos bornes 15 e 17 provêm os 220V que sai do painel de controle da bomba de circulação já instalada no condomínio. Se a chave que aciona a bomba, CH-03, do tipo liga/desliga, for pressionada, a bomba é acionada pelo contator K5 e, portanto, o LED que indica seu estado. Isto pode ser observado na Figura 4.9.

Figura 4.9 – Ativação da bomba de circulação



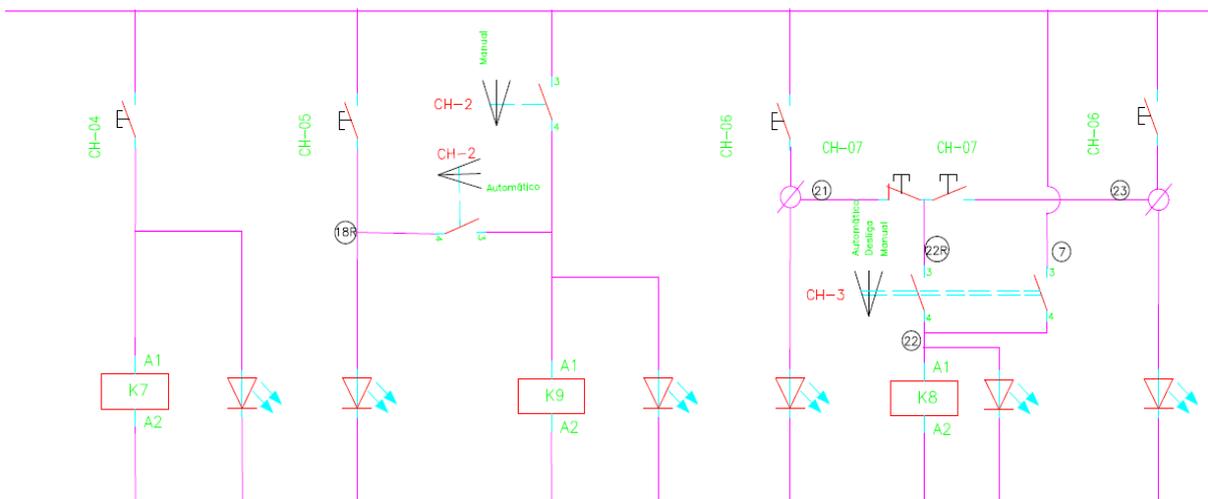
Fonte: Da autora (2019).

4.2.2.4 Resistência de Passagem, Bombas de Água Quente e Fria

A Figura 4.10 representa a parte do circuito em que são acionados a resistência de passagem, pressurizador de água quente e bomba de água fria. Se a chave CH-04 se fecha, a bobina de K7 é acionada. Se a chave CH-05 se fecha, e a CH-2 estiver em algum estado aceitável, a bobina de K9 também se aciona. Quando CH-06 se fecha, e independente do estado da CH-07, e com CH-3 ativada, K8 é acionado.

Se a chave CH-04, é acionada, a resistência de passagem, e o LED que indica seu estado, também são. Quando a chave CH-05 liga a boia de água quente e esta indica que a caixa de água quente encontra-se em 1/8 do nível, o LED se acende. A chave CH-2 permite ao operador comutar entre os tipos de funcionamento manual ou automático do sistema acionando o pressurizador de água quente com a bobina de K9 e o LED demonstra estar ligado o pressurizador.

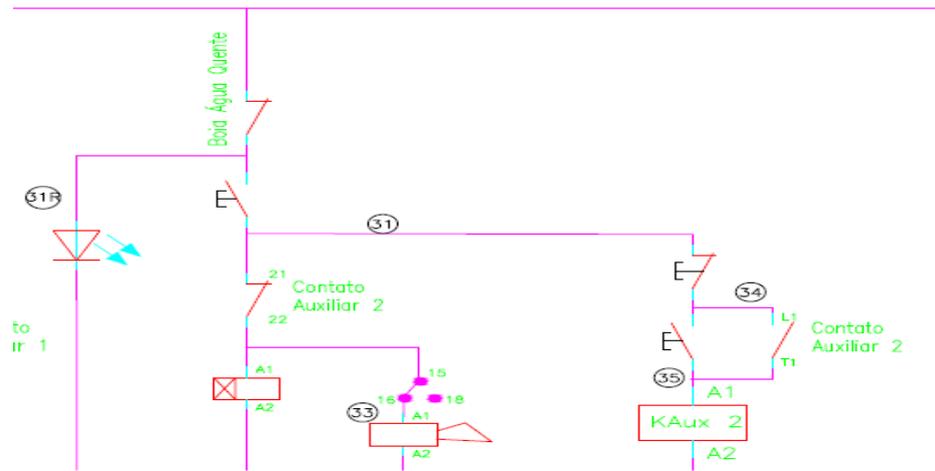
Figura 4.10 – Ativação da resistência de passagem, pressurizador de água quente e bomba de água fria



Fonte: Da autora (2019).

A chave CH-06 permite ao operador a seleção da boia de água fria para a caixa A ou B. A caixa A está ligada ao borne 21 que vai para a caixa e, quando necessário, acende o LED indicando o nível de 1/8 da caixa A. A caixa B está ligada ao borne 23 e também indica o nível de 1/8 da caixa B quando este se faz verdadeiro. Dos bornes ligados às caixas, está conectada a chave CH-07 que permite a seleção de qual caixa será usada, A ou B e, associada a ela, a chave CH-3 realiza o funcionamento do sistema de forma manual ou automática, acionando a bomba de água fria e informando seu estado através do LED. Por essa chave também é possível desligar o controle quando há vontade do operador.

Figura 4.12 – Alarme de água quente

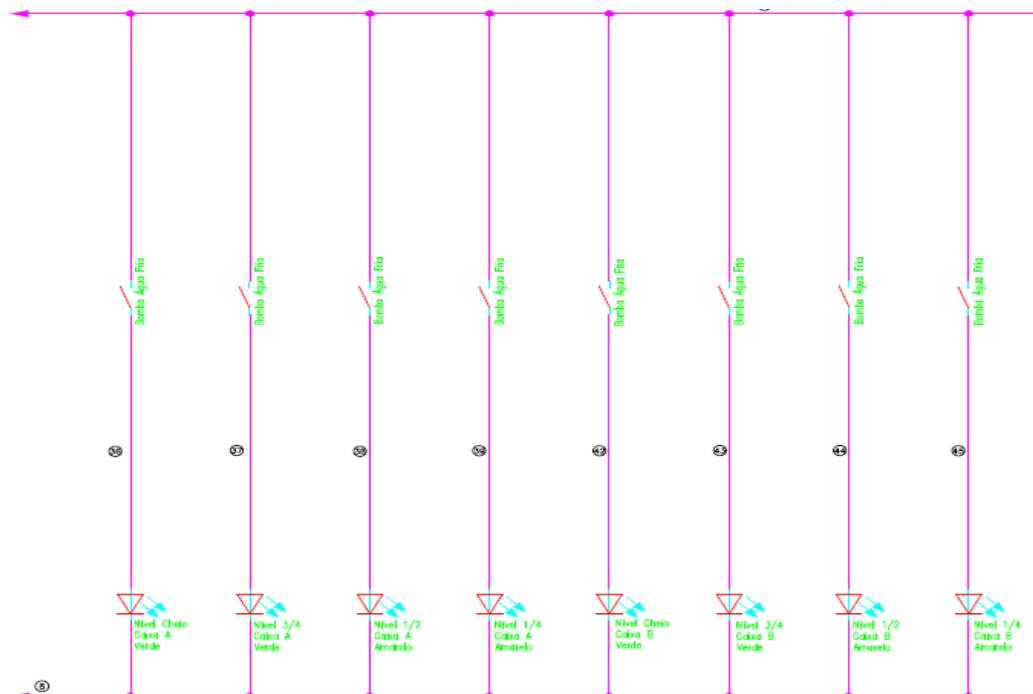


Fonte: Da autora (2019).

4.2.3 Circuito de Sinalização

O mais simples dos circuitos, o circuito de sinalização também apresenta sua importância, porque informa ao operador o estado dos dispositivos que estão sendo controlados.

Figura 4.13 – Sinalização água fria



Fonte: Da autora (2019).

A Figura 4.13 representa a sinalização quando o contato da bomba de água fria se fecha. Existem 8 LED's que podem acender dependendo de qual caixa está selecionada e do nível que se encontra na mesma. Assim, os LED's verde são "Nível Cheio Caixa A", "Nível 3/4 Caixa

A”, os amarelos “Nível 1/2 Caixa A” e “Nível 1/4 Caixa A” e esta sequência se repete para a caixa B.

Análoga à água fria, a Figura 4.14 ilustra a sinalização quando a bomba de água quente é ativada de forma que os LED’s verde se acendem quando a caixa encontra-se em “Nível Cheio” ou em “Nível 3/4” e os amarelos quando em “Nível 1/2” ou em “Nível 1/4”.

Figura 4.14 – Sinalização água quente



Fonte: Da autora (2019).

4.2.4 Linha de bornes

Os bornes são os responsáveis pela ligação entre os meios externo e interno ao painel. É, a partir do borne, que é feita a alimentação dos circuitos por meio da ligação dos cabos de rede e os cabos provindos dos dispositivos. Pelos bornes também é possível que haja a conexão dos equipamentos aos dispositivos que dependem de seu estado, como, por exemplo, as boias das caixas d’água utilizadas neste projeto. A Figura 4.15 é a representação da linha de bornes deste painel e a função de cada borne, ou conjunto de borne, é dada pela Tabela 4.9.

Figura 4.15 – Linha de bornes



Fonte: Da autora (2019).

Tabela 4.9 – Aplicação de cada borne

Borne	Aplicação
R-S-T	Alimentação 220V da energia do condomínio
R4-S4-T4	Saída para a bomba de circulação de água quente
15-17	Sinal 220V do painel de controle da bomba de circulação de água quente
R7-S7-T7	Saída para a resistência do boiler (4000W)
11-12	Sinal 220V do painel de controle da resistência do boiler
R8-S8-T8	Alimentação 220V da energia do apartamento
R12-S12-T12	Saída para a resistência de passagem (10500W)
R14-S14-T14	Saída para a bomba de água fria
7-21	Saída para a boia da caixa de água fria “A” indicando “NÍVEL 1/8”
21-22	Saída para a boia da caixa de água fria “A” indicando “COM NÍVEL DE ÁGUA”
22-23	Saída para a boia da caixa de água fria “B” indicando “COM NÍVEL DE ÁGUA”
7-23	Saída para a boia da caixa de água fria “B” indicando “NÍVEL 1/8”
R16-S16-T16	Saída para a bomba pressurizadora de água quente
7-18R	Saída para a boia da caixa de água quente indicando “NÍVEL 1/8”
18R-19	Saída para a boia da caixa de água quente indicando “COM NÍVEL DE ÁGUA”
7-24	Saída para a boia da caixa de água fria “A” com o objetivo de acionar o alarme indicando “SEM NÍVEL DE ÁGUA”
7-26	Saída para a boia da caixa de água fria “B” com o objetivo de acionar o alarme indicando “SEM NÍVEL DE ÁGUA”
7-31R	Saída para a boia da caixa de água quente com o objetivo de acionar o alarme indicando “SEM NÍVEL DE ÁGUA”
7-36	Saída para a boia da caixa de água fria “A” indicando “CAIXA CHEIA”
7-37	Saída para a boia da caixa de água fria “A” indicando “NÍVEL 3/4”
7-38	Saída para a boia da caixa de água fria “A” indicando “NÍVEL 1/2”
7-39	Saída para a boia da caixa de água fria “A” indicando “NÍVEL 1/4”
7-42	Saída para a boia da caixa de água fria “B” indicando “CAIXA CHEIA”
7-43	Saída para a boia da caixa de água fria “B” indicando “NÍVEL 3/4”
7-44	Saída para a boia da caixa de água fria “B” indicando “NÍVEL 1/2”
7-45	Saída para a boia da caixa de água fria “B” indicando “NÍVEL 1/4”
7-48	Saída para a boia da caixa de água quente indicando “CAIXA CHEIA”
7-49	Saída para a boia da caixa de água quente indicando “NÍVEL 3/4”
7-50	Saída para a boia da caixa de água quente indicando “NÍVEL 1/2”
7-51	Saída para a boia da caixa de água quente indicando “NÍVEL 1/8”

Fonte: Da autora (2019).

5 CONCLUSÃO

Para um bom projeto de um painel elétrico é necessário, principalmente, o zelo com as normas de segurança e a atenção às exigências do cliente. É necessário que haja um estudo e um seguimento aos passos para a elaboração de um painel, sendo cada etapa, da idealização ao teste, crucial para o funcionamento correto das instalações.

Todos os equipamentos e dispositivos executaram suas tarefas de modo esperado. Por ser muito versátil, o painel é passível de mudanças, além da fácil manutenção quando se faz necessária a troca de componentes. Para um futuro projeto é possível que haja a troca das boias, por exemplo, por um sensor de nível que realize a leitura do nível de água nas caixas, mesmo que a um custo maior.

A construção do painel se deu de forma satisfatória por atender às expectativas do cliente e pelo bom êxito dos testes feitos antes e após a instalação, agora, com a ligação aos equipamentos que estavam previamente instalados no local e que deviam ser respeitados e aderidos ao sistema. É importante ressaltar que, embora existam muitas chaves e sinalizadores, o painel se mostrou de forma simples ao funcionamento, de modo que seja de uso intuitivo e, de certa forma, didático, não demandando de conhecimentos elétricos aprofundados para o seu manuseio.

Assim, os gastos desembolsados quando da compra de um painel se mostram com um bom custo benefício, pois gera uma tranquilidade ao cliente e, até mesmo, economia, de água e de energia, neste caso. Isto, sem ser considerado o conforto gerado, uma vez que, ativado o painel, é dispensada da intervenção e conhecimento das etapas do processo pelo operador do sistema.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 5140**: Instalações elétricas de baixa tensão. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR 6148**: Condutores isolados com isolação extrudada de cloreto de polivinila (PVC) para tensões de até 750V. Rio de Janeiro, 1995.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60898**: Disjuntores para proteção de sobrecorrentes para instalações domésticas e similares. Rio de Janeiro, 2004.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR IEC 60947-2**: Dispositivo de manobra e comando de baixa tensão. Parte 2: Disjuntores. Rio de Janeiro, 2013.

COTRIM, A. A. B. M. **Instalações Elétricas**. 5.ed. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2009.

FILHO, G. F.; DIAS, R. A. **Comandos Elétricos**: Componentes discretos, Elementos de Manobra e Aplicações. 1. ed. São Paulo: Érica, 2014.

FRANCHI, C. M. **Acionamentos Elétricos**. 4. ed. São Paulo: Érica, 2008.

HALLIDAY, D.; RESNICK, R.; WALKER, J. **Fundamentals of Physics**. 9.ed. United States: John Wiley & Sons, 2013.

NISKIER, J.; MACINTYRE, A. J.; COSTA, L.S. **Instalações Elétricas**. 6. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2019.

SIEMENS. **Contatores e Relés de Sobrecarga**. Disponível em < <https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/dispositivos-baixa-tensao/Documents/Contatores%20e%20Reles%20de%20Sobrecarga.pdf> > Acesso em 10 ago. 2019.

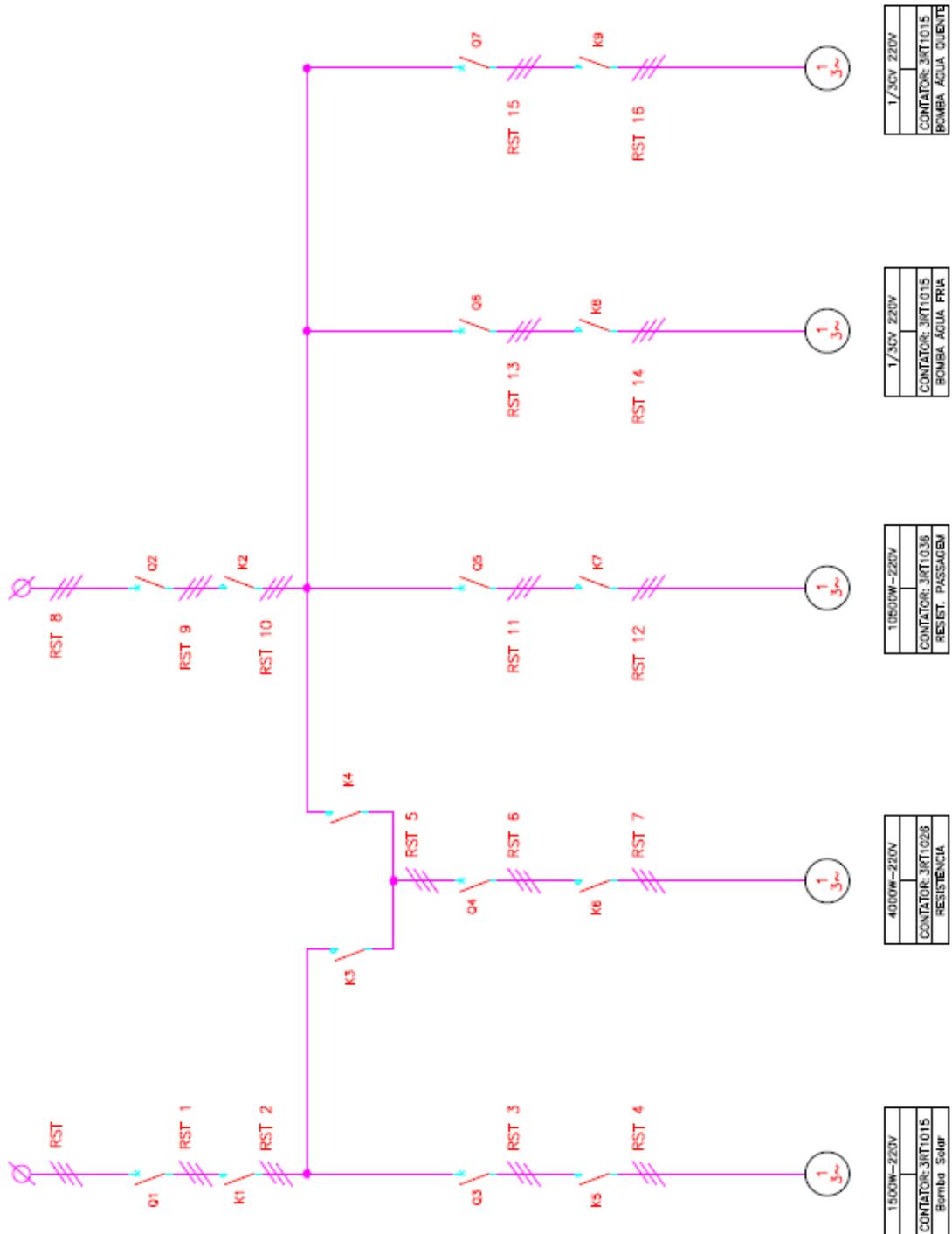
SOUZA, N. S. **Apostila de Acionamentos Elétricos**. Disponível em < <https://docente.ifrn.edu.br/heliopinheiro/Disciplinas/maquinas-e-acionamentos-eletricos-ii/apostila-basica> > Acesso em 10 ago. 2019.

TAQUES, M. M. **Comandos Elétricos Industriais: Teorias**. Disponível em < http://joinville.ifsc.edu.br/~mtaques/Comandos%20Industriais/Apostila_ComandosIndustriais_Teoria_ProfMauricioTaques_Vmar%C3%A7o2016.pdf >. Acesso em 14 out. 2019.

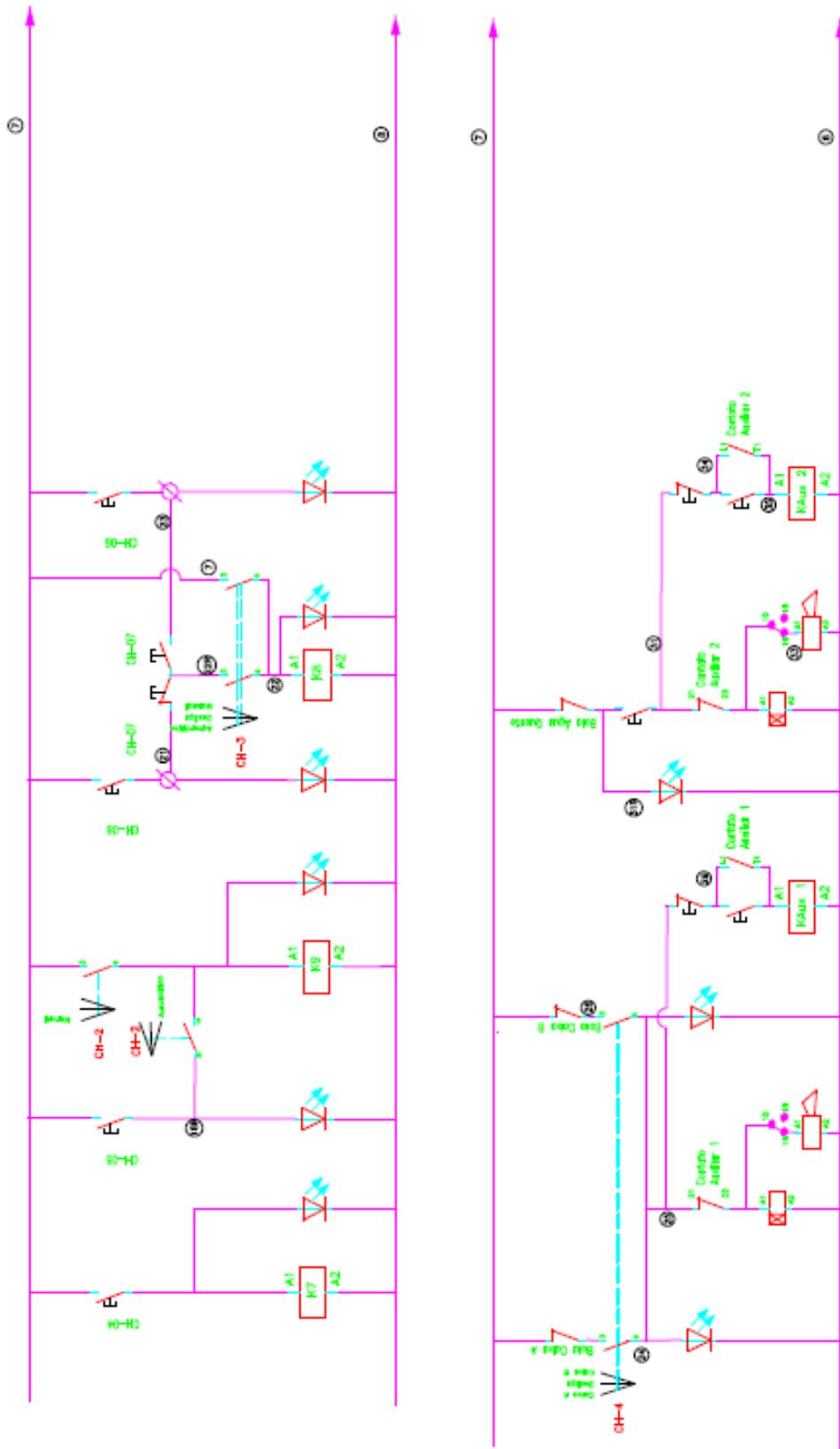
ANEXO A – Legenda

SÍMBOLOS GRÁFICOS E LÍTERAS CONFORME NORMAS ABNT											
SÍMBOLO LÍTERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM	SÍMBOLO LÍTERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM	SÍMBOLO LÍTERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM	SÍMBOLO LÍTERAL	SÍMBOLO GRÁFICO	ITEM
K		CONTATOS CONTATOR NA e NF (COMANDO)	KT		RELE DE IMPULSO	TFT		RELE DE IMPULSO	KT		CONTATOS CONTATOR NA e NF (COMANDO)
S		BOTÃO DE IMPULSO NA e NF	V		VÁLVULA SOLENÓIDE	Q		VÁLVULA SOLENÓIDE	V		BOTÃO DE IMPULSO NA e NF
SI		INTERRUPTOR NA e NF	F		RELE TÉRMICO	Q		RELE TÉRMICO	F		INTERRUPTOR NA e NF
KT		CONTATO COM RETARDO NA ENERGIZAÇÃO NA e NF	H		INDICADOR ACÚSTICO (SILZINA)	Q		INDICADOR ACÚSTICO (SILZINA)	H		CONTATO COM RETARDO NA DEENERGIZAÇÃO NA e NF
KT		CONTATO COM RETARDO NA DEENERGIZAÇÃO NA e NF	P		INSTRUMENTO INDICADOR	F		INSTRUMENTO INDICADOR	P		CONTATO COM RETARDO NA DEENERGIZAÇÃO NA e NF
S		BOTÃO DE EMERGÊNCIA NA e NF	Q		INSTRUMENTO REGISTRADOR	Q		INSTRUMENTO REGISTRADOR	Q		BOTÃO DE EMERGÊNCIA NA e NF
F		CONTATO RELE TÉRMICO NA e NF	Q		INSTRUMENTO INDICADOR	Q		INSTRUMENTO INDICADOR	Q		CONTATO RELE TÉRMICO NA e NF
B		CONTATO TERMOSTATO NA e NF	TC		TRANSFORMADOR DE CORRENTE	Q		TRANSFORMADOR DE CORRENTE	TC		CONTATO TERMOSTATO NA e NF
S		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO NA e NF	TC		TRANSFORMADOR DE CORRENTE (DESTINADO AO UNIFILAR)	K		TRANSFORMADOR DE CORRENTE (DESTINADO AO UNIFILAR)	TC		SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO NA e NF
KT		RELE DE IMPULSO	TA		AUTOTRANSFORMADOR	K		AUTOTRANSFORMADOR	TA		RELE DE IMPULSO
K		SOBINA DE CONTATOR E ACOPLADOR A RELE	TA		AUTO TRANSFORMADOR (DESTINADO AO UNIFILAR)	U		AUTO TRANSFORMADOR (DESTINADO AO UNIFILAR)	TA		SOBINA DE CONTATOR E ACOPLADOR A RELE
KT		ORGÃO DE CONTROLE DE RELE COM RETENÇÃO MECÂNICA	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO	U		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO	TFM		ORGÃO DE CONTROLE DE RELE COM RETENÇÃO MECÂNICA
KT		TEMPORIZADOR RETARDADO NA ENERGIZAÇÃO	TFM		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO (DESTINADO AO UNIFILAR)	M		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO (DESTINADO AO UNIFILAR)	TFM		TEMPORIZADOR RETARDADO NA ENERGIZAÇÃO
KT		TEMPORIZADOR RETARDADO NA ENERGIZAÇÃO	M		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO COM DERIVAÇÃO	M		TRANSFORMADOR MONOFÁSICO COM DERIVAÇÃO	M		TEMPORIZADOR RETARDADO NA ENERGIZAÇÃO

ANEXO B – Circuito de Força



ANEXO D – Circuito de Comando



ANEXO E – Circuito de Sinalização

