

**INSTITUTO FEDERAL DE MINAS GERAIS
BACHARELADO EM ENGENHARIA ELÉTRICA
PEDRO AZEVÊDO PINTO**

**ELABORAÇÃO DE TUTORIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS E
MONTAGEM DE PAINÉIS DE COMANDOS ELÉTRICOS**

**FORMIGA – MG
2019**

PEDRO AZEVÊDO PINTO

**ELABORAÇÃO DE TUTORIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS E
MONTAGEM DE PAINÉIS DE COMANDOS ELÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Elétrica do Instituto Federal de Minas Gerais, como requisito para obtenção do título de bacharel em Engenharia Elétrica.

Orientador: Dr. Fábio Lúcio Côrrea Júnior

FORMIGA – MG

2019

PEDRO AZEVÊDO PINTO

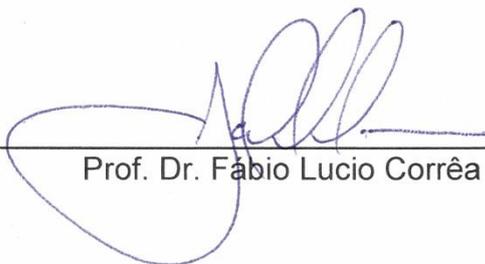
**ELABORAÇÃO DE TUTORIAL PARA DESENVOLVIMENTO DE PROJETOS
E MONTAGEM DE PAINÉIS DE COMANDOS ELÉTRICOS**

Trabalho de Conclusão de Curso
apresentado ao Curso de Engenharia
Elétrica do Instituto Federal de Minas
Gerais como requisito para obtenção do
Título de Bacharel em Engenharia
Elétrica.

Avaliado em: 19 de junho de 2019.

Nota: 97,6

BANCA EXAMINADORA



Prof. Dr. Fábio Lucio Corrêa Junior



Prof. Dr. Renan Souza Moura



Prof. Msc. José Antônio Moreira de Rezende

Dedico esse trabalho a todas as pessoas que cruzaram o meu caminho ao longo da minha vida e de maneira positiva ou negativa contribuíram com minha história, pois me ajudaram forjar o meu caráter, minha filosofia de vida e crescer pessoalmente e profissionalmente.

RESUMO

Com o aumento da demanda da indústria por máquinas cada vez mais autônomas surge concomitantemente a necessidade de se implementar painéis de comandos elétricos que tenham a capacidade de controlá-las de forma eficiente, robusta e confiável.

Apesar de serem equipamentos de extrema relevância, o que se verifica na prática é a pouca disponibilidade de referências formais que tratam sobre a especificação técnica, funcional e dos aspectos práticos a serem observados no projeto destes painéis, bem como guias técnicos completos que sintetizem e auxiliem sua construção.

Neste contexto, o objetivo deste trabalho é realizar uma revisão bibliográfica sobre implementação de painéis de comando elétricos e elaborar um tutorial que apresente e proponha uma metodologia prática de projeto destes equipamentos, a fim de auxiliar técnicos e profissionais da área de automação.

Este tutorial, por exemplo, deverá apresentar regras e procedimentos para se realizar levantamentos da demanda técnica e funcional para comando de determinada máquina ou processo localizada na planta do cliente, bem como estabelecer critérios a serem considerados e apresentar as normas técnicas aplicáveis no projeto e na execução da montagem e instalação de painéis no ambiente industrial.

Palavras chave: painel elétrico, painel de comando elétrico, tutorial, comandos elétricos, partidas de motores.

ABSTRACT

With the increasing demand of the industry for increasingly autonomous machines emerges concomitantly the need to implement electric control panels that have the ability to control them in an efficient, robust and reliable manner.

Although they are extremely relevant equipment, in practice there is little availability of formal references that deal with the technical and functional specification and practical aspects to be observed in the design of these panels, as well as complete technical guides that synthesize and assist its construction.

In this context, the objective of this work is to carry out a bibliographic review on the implementation of electric control panels and to elaborate a tutorial that presents and proposes a practical methodology of design of these equipments, in order to assist technicians and professionals of the automation area.

This tutorial, for example, should present rules and procedures to carry out surveys of the technical and functional demand to control a particular machine or process located in the client's plant, as well as establish criteria to be considered and present the technical standards applicable in the project and in the installation and installation of panels in the industrial environment.

Keywords: electric panel, electric control panel, tutorial, electric commands, motor starters.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Fluxograma da metodologia.....	23
Figura 2: Fluxograma das etapas de elaboração do escopo.....	24
Figura 3: Exemplo de Diagrama de Carga.....	31
Figura 5: Exemplo do Diagrama de conexão da Soft Starter (G1) e do Inversor de Frequência (G2).....	34
Figura 4: Exemplo de Diagrama de Comando.....	35
Figura 6: Layout Chassi.....	39
Figura 7: Sugestão de Layout da Tampa.....	40
Figura 8: Fluxo do processo de montagem no chassi.....	42
Figura 9: Processo de fabricação das telhas de concreto.....	48
Figura 10: Esboço do processo a ser controlado.....	49
Figura 11: Corte da Canaleta.....	61
Figura 12: Fixação das Canaletas.....	61
Figura 13: Disposição dos componentes para aferir medidas.....	62
Figura 14: Fixando canaletas e trilhos.....	62
Figura 15: Chassi Finalizado.....	62
Figura 16: Layout impresso para realizar as furações.....	63
Figura 17: Tampa Finalizada.....	63
Figura 18: a) Montagem do circuito elétrico da tampa. b) Montagem do circuito de comando. c) montagem do circuito de potência.....	64
Figura 19: Testes de funcionamento.....	64
Figura 20: Testes em ambiente industrial.....	65
Figura 21- Apêndice A: Sugestão de layout de margem e legenda.....	72
Figura 22- Apêndice B: Sugestão de documento para realizar o levantamento da demanda.....	73
Figura 23 - Apêndice C: Sugestão de documento de lista de Régua de Borne.....	74
Figura 24 - Apêndice D: Sugestão de documento de Característica do Painel de Comando Elétrico.....	75
Figura 25 - Apêndice E: Sugestão de documento de Lista de Materiais.....	76
Figura 26 - Apêndice F: Sugestão de documento de <i>checklist</i> de Testes.....	77
Figura 27 - Apêndice G: Capa.....	78
Figura 28 - Apêndice G: Descritivo do Documento.....	79
Figura 29 - Apêndice G: Características do Painel.....	80
Figura 30 - Apêndice G: Lista de Materiais.....	81
Figura 31 - Apêndice G: Layout do Chassi.....	82
Figura 32 - Apêndice G: Layout de tampa.....	83
Figura 33 - Apêndice G: Lista de Plaquetas/Etiquetas.....	84
Figura 34 - Apêndice G: Diagrama de Carga.....	85
Figura 35 - Apêndice G: Diagrama 220V.....	86
Figura 36 - Apêndice G: Diagrama PLC.....	87
Figura 37 - Apêndice G: Diagrama de Entradas P-I.....	88
Figura 38 - Apêndice G: Diagrama de Entrada P-II.....	89
Figura 39 - Apêndice G: Diagrama de Saída P-I.....	90
Figura 40 - Apêndice G: Diagrama de Saída P-II.....	91

Figura 41 - Apêndice G: Régua de Borne.	92
Figura 42 - Apêndice H: Levantamento de Demanda da Célula de Manufatura.	93
Figura 43 – Anexo A: Fluxograma P-1.	94
Figura 44 – Anexo A: Fluxograma P-II.	95
Figura 45 – Anexo A: Fluxograma P-III.	96
Figura 46 – Anexo A: Fluxograma P-IV.	97
Figura 47 – Anexo A: Fluxograma P-V.	98
Figura 48 – Anexo B: Página do Catálogo de Canaletas Dutoplast.	99
Figura 49 – Anexo C: Página do Catálogo de Painéis da Legrand.	100

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Determinação do Grau de Complexidade do Projeto.	26
Tabela 2: Cores dos Condutores.....	28
Tabela 3: Calculo de ocupação da área das canaletas.....	38
Tabela 4: Dados dos motores das Esteiras.....	51
Tabela 5: Carga total do CRMA.	53
Tabela 6: Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.	53
Tabela 7: Fator de Agrupamento.....	54
Tabela 8: Bitola dos condutores.	55
Tabela 9: <i>Tag's</i> dos condutores de comando.....	56
Tabela 10: Dimensionamento da Fonte.	57
Tabela 11: Calculo de área de ocupação das canaletas e ocupação do chassi.	59

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas.
NBR – Norma Brasileira.
NR – Norma Regulamentadora.
IEC – *International Electrotechnical Commission*.
UL – *Underwriters Laboratories*.
ANSI – *American National Standards Institute*
CCW – *Connected Components Workbench™*
CLP – Controlador Lógico Programável
PLC – Controlador Lógico Programável
CPU – *Central Processing Unit*
CRMA – *Celula Rotativa de Manufatura Automatizada*
CR1 – Carregador 1
CR2 – Carregador 2
DCR – Descarregador
E/S – Entradas/Saídas
GM – *General Motors*
I/O – Input/Output
IFMG – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia de Minas Gerais
IHM – Interface Homem-Máquina
ISA – *International Society of Automation*
MODICON – *Modular Digital Controller*
NA – Normalmente Aberto
NF – Normalmente Fechado
NR – Norma Regulamentadora
P1 – Posição 1
P2 – Posição 2
SCADA – *Supervisory Control and Data Acquisition*
SE – *Site Edition*

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	14
1.1 Justificativa	15
1.2 Objetivo Geral	16
1.3 Objetivos específicos	16
1.4 Estrutura do Trabalho	16
2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1 Apostilas Técnicas	17
2.2 Manuais Técnicos	18
2.3 Livros Técnicos	18
2.4 Trabalhos de Conclusão de Cursos	21
2.5 Vídeos	21
2.6 Normas	22
3. METODOLOGIA	23
3.1 Documento de Escopo	23
3.2 Projeto Elétrico	27
3.2.1 Projeto de Diagrama de Carga	28
3.2.2 Projeto de Diagrama de Comando	32
3.3 Projeto Mecânico	36
3.3.1 Dimensionamento do Painel de Comandos:.....	36
3.3.2 Layout Do Chassi	39
3.3.3 Layout da Tampa.....	40
3.3.4 Layout das Etiquetas	41
3.4 Montagem e Acabamento	41
3.4.1 Montagem do Chassi.....	41
3.4.2 Montagem da Tampa.....	42
3.5 Montagem do Painel	43
3.5.1 Cuidados Adicionais	43
3.6 Testes de Validação Elétrica e Funcional	44
3.7 Documentação Geral de Saída	45
3.8 Validação Formal	46
3.8.1 Validação por Software.....	46
3.8.2 Testes em Bancada.....	46
3.9 Validação do Tutorial	46
4. RESULTADOS E DISCUSSÃO	47

4.1 Documento de Escopo	47
4.1.1 Levantamento do Processo	47
4.1.2 Levantamento da Demanda do Cliente	48
4.1.3 Levantamento de Fluxograma do Processo	50
4.1.4 Métodos de Acionamento	50
4.1.5 Complexidade do Projeto	51
4.2 Projeto Elétrico.....	51
4.2.1 Projeto do Diagrama de Carga	51
4.2.2 Projeto do Diagrama de Comando	57
4.3 Projeto Mecânico	58
4.4 Documentação de Saída.....	60
4.5 Montagem	61
4.6 Validação Formal / Fechamento do Painel	64
5. CONCLUSÕES.....	66
6. TRABALHOS FUTUROS	67
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	68
APÊNDICE A.....	72
Sugestão de layout de margem e legenda.	72
APÊNDICE B	73
Sugestão de documento para realizar o levantamento da demanda.	73
APÊNDICE C	74
Sugestão de documento de lista de Régua de Borne.	74
APÊNDICE D	75
Sugestão de documento de Característica do Painel de Comando Elétrico..	75
APÊNDICE E	76
Sugestão de documento de Lista de Materiais.	76
APÊNDICE F	77
Sugestão de documento de <i>checklist</i> de Testes.	77
APÊNDICE G.....	78
Documentos de saída.....	78
APÊNDICE H	93
Levantamento de Demanda.	93
ANEXO A.....	94
Fluxograma de funcionamento da Célula de Manufatura Rotativa	
Automatizada.	94

a) Etapa principal do diagrama lógico.....	94
b) Etapa de carregamento do diagrama lógico.	95
c) Etapa de descarregamento do diagrama lógico.....	96
d) Etapa de testes do diagrama lógico.....	97
ANEXO B.....	99
Página do Catálogo de Canaletas Dutoplast.....	99
ANEXO C.....	100
Página do Catálogo de Painéis da Legrand.	100

1. INTRODUÇÃO

Ao longo dos anos, é possível observar a evolução tecnológica e construtiva dos painéis de controle e automação industrial, embora não seja possível estabelecer uma data precisa para o início dos sistemas automatizados.

Por volta de 1909, Henry Ford elaborou um padrão de produção em escala, para realizar a fabricação do Modelo T, sendo à primeira linha de montagem que transformou os processos de produção. A *General Motors* (GM) em 1947, dominava os processos produtivos com emprego de máquinas automatizadas, implementadas por meio de incontáveis relés eletromecânicos, frequentemente alocados em painéis ou cabines devido sua complicação lógica (SILEVIRA; LIMA, 2003).

A Revolução Industrial do Século XVII integrou grandes modificações nos meios de produção, e já no século XIX, com a 2ª Fase da Revolução Industrial, as novas tecnologias aplicadas à indústria, às comunicações e aos transportes integraram as distantes e distintas partes do mundo, demonstrando o crescimento tecnológico e econômico mundial. Houve a necessidade de melhoria contínua nos sistemas de produção, tendo em vista aspectos tais como: aumento da produção, redução de custos e aumento do padrão de qualidade (RODRIGUES, 2013).

A crescente demanda por automação e segurança nas empresas de diversos seguimentos industriais tais como, os setores alimentícios, metalúrgico, madeireiro, automotivo entre outros, intensificou-se a procura por profissionais qualificados em projetar e confeccionar quadros de comandos (RIBEIRO, 2017).

Com o avanço da automação nas indústrias, cada vez mais, máquinas e dispositivos presentes nos processos industriais são interconectados, demandando por mecanismos de intertravamento e coordenação, a fim de garantir a correta operação e funcionamento no processamento de matéria prima em produto final. Este tipo de controle pode ser implementado por meio de painéis de comando completamente autônomos ou semiautomáticos, atuando de forma remota ou local. (RIBEIRO, 2017).

Atualmente encontram-se disponibilizadas diversas referências bibliográficas capazes de auxiliar projeto e dimensionamento da lógica de acionamentos. Entretanto, a maioria destas referências não tratam de aspectos relacionados à elaboração da documentação de escopo de projeto e montagem de painéis de comandos elétricos.

O que se observa na prática é a existência de uma lacuna entre o aspecto teórico, no que diz respeito ao acionamento elétrico e a aplicação prática visando a elaboração concreta de forma documental, contendo desde o escopo de projeto até a montagem do painel de comandos elétricos em todas as suas fases de elaboração.

O presente trabalho tem como finalidade concentrar as informações concernentes à elaboração de projeto e montagem de maneira clara, sucinta e objetiva.

No processo de elaboração de um projeto de um painel de comando, exige-se que sejam considerados aspectos de planejamento, técnicos e construtivos, no sentido de obter bom desempenho funcional, operacional e de segurança. Neste sentido, é fundamental disponibilizar aos projetistas destes dispositivos, uma fonte segura e integrada de informações, dicas, procedimentos e metodologias de projeto e montagem de painéis de comando.

Para que o estudo seja elaborado de forma precisa, é valioso que se realize análises que versam sobre preceitos normativos, disposição dos equipamentos, bem como cuidados com a segurança durante o processo de montagem.

Importante se faz a análise metodológica das etapas que compõem o procedimento de produção de um painel de controle, bem como a criação de manual, de forma dinâmica, fazendo com que o leitor consiga visualizar as fases de elaboração.

1.1 Justificativa

O presente trabalho justifica-se em virtude da verificada escassez de se encontrar tutoriais, guias ou tutorias integrados que abordam tanto metodologias de projeto quanto a execução da montagem de painéis de comando. O tutorial proposto neste Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) visa organizar informações e indicar métodos e procedimentos práticos, fornecendo uma base segura e rápida para aplicação e referência para alunos e profissionais da área elétrica e de automação.

Justifica-se outrora, a necessidade, de se construir um tutorial que apresente as fases detalhadas para elaboração de montagem de painéis de comando, servindo de referência à leitores com formação técnica e profissionais afins.

1.2 Objetivo Geral

O objetivo geral do trabalho é elaborar um tutorial efetivo para montagens de painel de comando a fim de auxiliar, orientar e referenciar, servindo de manual para estudantes de engenharia e cursos técnicos nas áreas elétricas, projetistas, eletricitistas e engenheiros, bem como os praticantes de técnicas elétricas.

1.3 Objetivos específicos

- Fazer um levantamento para elaboração do escopo de projeto;
- Propor um método de partida para motores e acionamento que atenda o cliente.
- Dimensionar e projetar diagramas de acionamentos elétricos;
- Realizar a montagem do painel de comandos elétricos.
- Aplicar o tutorial em um estudo de caso.

Denota-se que o objetivo geral e os objetivos específicos serão alcançados mediante elaboração de manual técnico para montagem de painel de comando elaborados pelo autor.

1.4 Estrutura do Trabalho

Este trabalho de conclusão de curso (TCC) é constituído pelos capítulos: revisão bibliográfica, metodologia, resultado e discussões e conclusão. A revisão bibliográfica abordará o estado da arte das publicações, materiais didáticos, e obras que tratem de forma específica sobre projeto e montagem de painéis de comando. A metodologia irá abordar o passo a passo do desenvolvimento do tutorial proposto. Para validação da metodologia elaborada para o Tutorial, foi proposto um estudo de caso, onde os detalhes e reportes da implementação são descritos no capítulo resultados e discussões. O projeto finda-se com a conclusão sobre a elaboração do tutorial proposto.

2. REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

O presente capítulo apresentará uma breve revisão das principais bibliografias utilizadas no projeto e montagem de um painel de comando elétrico, por meio de apostilas, livros e manuais. Tais conteúdos são descritos nos tópicos adiante.

2.1 Apostilas Técnicas

Sousa (2009) apresenta Apostila de Acionamentos Elétricos que faz uma breve abordagem introdutória no que diz respeito aos motores elétricos e a alguns equipamentos elétricos utilizados em painéis de comandos elétricos. A apostila também se direciona ao estudo sobre algumas lógicas de acionamentos a relé.

Já a apostila intitulada “Máquinas e Comandos Elétricos” escrita pelo Professor Geraldo Teles de Souza e Pedro Ferreira Alves, elaborada no ano de 2004, aborda conceitos funcionais, simbologia, esquemas de conexão elétrica, equipamentos/dispositivos do painel de comandos elétricos.

No que diz respeito ao CPM – Programa de Certificação de pessoal de Manutenção – Elétrica - Desenho Leitura e Interpretação (SENAI, 2013), o material traz em seu contexto a apresentação sobre as principais simbologias utilizadas em projetos de instalações elétricas prediais e industriais.

Taques (2016) aborda em “Comandos Elétricos Teoria”, em apostila escrita ao Instituto Federal de Santa Catarina, menciona dimensionamentos elétricos e tipos de partidas de forma teórica de forma explicativa e ilustrativa, contendo inclusive modelos de peças a serem utilizadas no processo de fabricação dos comandos.

Souza (2004) em seu material “Máquinas e Comandos Elétricos” descreve os componentes elétricos e trata da aplicação de dispositivos de entrada como fins de curso, sensores e chaves boia, através de acionamento convencional e acionamento eletrônico.

Outrora a abordagem de “Comandos Elétricos” que se encontra disponível pelo Centro de Ensino e Tecnologias (ROCHA, [200-?]), descreve os componentes elétricos, dispositivos de medição, funcionamento de motores e diagramas de carga e comando utilizando logica relé.

A Escola Continental ([200-?]) traz a matéria em foco “Montador e Reparador de Comandos Elétricos” descreve detalhadamente cada componente e as características construtivas, apresentando inclusive algumas análises de defeitos.

CORRÊA e FILHO (2008), em material descrito como Comandos de Motores, alinham o funcionamento do motor de indução trifásico aos métodos de partida, descrevendo e apresentando diagramas de carga e comando.

Partindo do pressuposto que as obras tratam matérias isoladas sobre os painéis de comando e que dúvidas e questionamentos são gerados no ato da criação, importante se faz a elaboração de um tutorial descritivo, servindo como parâmetro para montagem dos painéis de comando.

2.2 Manuais Técnicos

Como fonte de pesquisa e elaboração de tutorial, importante se faz a análise de manuais técnicos disponíveis que orientam sobre a execução de montagem de painéis, tais como o Manual e Catálogo do Eletricista (SCHNEIDER ELETRIC, 2009). Em sua estrutura, este manual técnico apresenta o descritivo de todos os componentes elétricos fabricados pela empresa SCHNEIDER, detalhando as respectivas características operacionais e métodos de acionamentos.

O Manual de Acionamentos e Comandos Elétricos, escrito por SOUZA ([2008?]), apresenta uma introdução sobre motores elétricos, um descritivo básico de componentes elétricos e lógicas de comando e carga.

2.3 Livros Técnicos

Claiton Moro Franchi (2008) em sua obra “Instrumentação de Processos Industriais: Princípios e Aplicações, apresenta conceitos de dispositivos, tipos de partida e dimensionamento de componentes

Na obra proposta pelo SENAI (2013), com o título “Comandos Elétricos”, é enaltecido o descritivo dos componentes elétricos e estruturais do painel de comandos elétricos. O material orienta também a montagem de painéis de comando elétrico.

Já em “Comandos Elétricos Componentes Discretos, Elementos de Manobra e Aplicações”, escrito por FILHO e DIAS (2014), discorre e direciona ao ensinamento sobre como dimensionar os principais componentes elétricos, descreve os tipos de painéis elétricos e apresenta diagramas elétricos.

“Automação Industrial e Sistemas de Manufatura”, Groover (2011) aborda tecnologias de sistemas de automação e de produção na manufatura moderna. Apresenta em seus capítulos diretrizes de aplicação que visam ajudar os leitores na decisão sobre qual tecnologia em particular podem ser apropriadas para suas aplicações.

A obra “Instalações Elétricas Industriais” de João Mamede Filho (2017), que já se encontra em sua 9ª edição, discorre e direciona para realização de dimensionamento, projeto de diagramas unifilares industriais, quadros de distribuições industriais e o projeto de luminotécnica.

Ressalta-se que a 1ª edição ocorreu no ano de 1986 com intuito básico de ensinar aos leitores a desenvolver um projeto de instalação elétrica industrial. No decorrer dos anos com a publicação de novas edições, a obra foi sendo aprimorada pelo autor, o que traz no contexto da edição atualizada novas informações baseadas em proteção e coordenação, onde se destacou a proteção de sistemas de média tensão de estabelecimentos industriais; proteção contra descargas atmosféricas, contendo informações que atendam aos novos procedimentos da norma ABNT NBR 5419:2015 estabelecendo novos procedimentos de projeto, notadamente no que se refere ao gerenciamento de riscos de vidas humanas, patrimoniais, culturais (FILHO, 2017) . E a obra ainda conta com Exemplo de Aplicação direcionando ao sistema de proteção de média tensão.

Geraldo Cavalin e Severino Cervelin (2006) assinam em conjunto a obra “Instalações Elétricas Prediais” ao qual desenvolve material de auxílio ao projetista a fim de elaborar um projeto de instalação elétrica predial conforme as normas vigentes, indo da parte de dimensionamento a parte de elaboração dos diagramas unifilares.

No que diz respeito ao livro “Comandos Elétricos – Teoria e Atividade” de autoria de Júnior (2011), o autor traz a demonstração sobre o funcionamento e as características dos componentes os elétricos. Posteriormente ele apresenta logicas de carga e comando e procedimentos para realizar experimentos em bancadas de teste.

Na mesma linha, a obra “Comandos Elétricos – Componentes Discretos, Elementos de Manobra e Aplicações” de autoria de Guilherme Filippo Filho e Rubens Alves Dias (2014) relata as manobras de comando em baixa tensão, Dispositivos de Comando, Relés Eletromecânicos e Contatores, Dispositivos de Proteção e Manobras de motores, introduzindo conceitos de funcionamento, características técnicas e

normas aplicáveis. Sequencialmente, o autor insere métodos de partida de motores elétricos e aplicações básicas com alguns cases, apresentando em seguida, painéis elétricos cita normas, definições e faz algumas considerações.

A abordagem contida no livro “Comandos Elétricos”, da Série Eletroeletrônica desenvolvida pelo SENAI (2013), descreve componentes de infraestrutura do Painel de Comando Elétrico Industrial como: caixa ou cofre, porta, chassi, trilhos, canaletas e acessórios. Contextualiza os dispositivos elétricos de forma a demonstrar aos leitores os métodos de partida dos motores. Finaliza com a apresentação de diagnósticos de falhas e defeitos em sistemas elétricos industriais e procedimentos de manutenção preventiva.

Em “Guia Lide 1.3: Os 36 símbolos gráficos indispensáveis para você ler diagramas ainda hoje” desenvolvido pela Sala da Elétrica (2019), apresenta as simbologias mais utilizadas nos diagramas de carga e comandos de painéis de comandos elétricos industriais a fim de facilitar o conhecimento quanto às nomenclaturas utilizadas para os profissionais da área elétrica.

“Esquemas Elétricos de Comando e Proteção” de Franz Papenkort (1989) busca demonstrar os esquemas fundamentais da técnica de comando elétricos; diagramas, recomendações, conceitos fundamentais; simbologia e identificação dos componentes de circuito. Componentes e unidades construtivas. Sinalização de serviço e de defeito. Aborda ainda termos conceituais sobre esquemas multifilares e funcionais, circuitos dependentes através do intertravamento de contatos, intertravamento simples e duplo por botoeiras.

Franz (1989) contextualiza e demonstra o contato com remanescente; contator principal com contator auxiliar; esquema operacional; retardo temporizado por relé de tempo. Inversores e controladores de temperatura; chaves intermitentes e relés térmicos; controles térmicos com relés de pressão e de temperatura; blocos terminais, identificado dos contatos e numeração do circuito de corrente; chave fim-de-curso, com acionamento por limitadores; sinalização para diversos defeitos; processos de ligação para motores trifásicos; ligação direta de motores trifásicos, tornando a obra vasta e útil aos profissionais da área.

2.4 Trabalhos de Conclusão de Cursos

RIBEIRO (2017) apresenta em sua dissertação o “Protocolo para criação de sistemas de comandos elétricos”, delimitado a um protocolo para criação de sistemas de comandos elétricos, trata da criação e método de levantamento para elaboração de diagramas.

Em “Proposta de Adequação à NR-12 de uma Prensa Hidráulica”, Alexandre Corassini Schulz (2015), apresenta a metodologia utilizada para adequar uma prensa hidráulica a NR-12. Demonstra as normas de segurança a serem consideradas durante a adequação e a metodologia para a realização do projeto e por fim expõe as propostas de melhorias para adequação.

No “Estudo tutorial da Proteção de sistemas elétricos Industriais”, de Jonatas Marques Rodrigues (2013), desenvolve os conceitos relacionados à proteção de sistemas elétricos industriais, depois demonstra alguns procedimentos de coordenação da proteção. Realiza três estudos de caso nos sistemas de proteção para efetuar os ajustes do sistema de proteção.

O trabalho de Valcí Ferreira Victor (2005), denominado “Sistema Especialista para Detecção de Falhas em Comandos Elétricos”, detalha a elaboração de um Sistema Especialista que trabalha com regras de produção e detecção de falhas nos circuitos de comandos de um composto de acionamento e comandos de motores elétricos conhecido como partida direta. Conjuntamente são desenvolvidos três módulos, um para simulação do diagrama de comandos, um para simulação de defeitos e outro para correção de defeitos no diagrama com o objetivo de auxiliar no treinamento de profissionais.

2.5 Vídeos

O vídeo “A Importância da anilha na leitura de diagramas” publicado no Canal Everton Moraes (2017), apresenta a importância do uso de anilhas em painéis de comandos elétricos, demonstrando os tipos de anilhas e como devem ser utilizadas.

Ainda no Canal Everton Moraes (2017), o vídeo “Como montar um painel elétrico 40% mais rápido”, apresenta dicas simples mais que podem fazer com que o processo de montagem e manutenção ocorra de maneira bem mais rápida e eficaz.

No mesmo canal, encontra-se disponível “Curso de Comandos Elétricos Grátis Online” (2018); onde encontra-se demonstração de dispositivos elétricos e explicação

sobre as características funcionais, bem como a apresentação de simbologia dos equipamentos.

2.6 Normas

O projeto deve atender às Normas Brasileiras (NBR) da Associação de Normas Técnicas (ABNT), às Normas Regulamentadoras (NRs) e a Norma Internacional *International Electrotechnical Commission* (IEC), de acordo com as últimas revisões:

NBR 5410 :2004 Versão Corrigida – Instalações Elétricas de Baixa Tensão.

NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.

NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade.

IEC 60073:2002 VDE 0199 - Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Coding principles for indicators and actuators.

IEC 60445:2017 – Basic and safety principles for man-machine interface, marking and identification – Identification of equipment terminals and conductor terminations.

IEC 60617:2012 – Reference Manual standardized international symbols for electrical diagrams.

UL 486E:2009 – Standard for Equipment Wiring Terminals for Use with Aluminum and/or Copper Conductors.

Dessa forma, o tutorial condensará todo o conhecimento em um único material que facilitará e auxiliará novos profissionais a projetar e executar painéis de comandos elétricos.

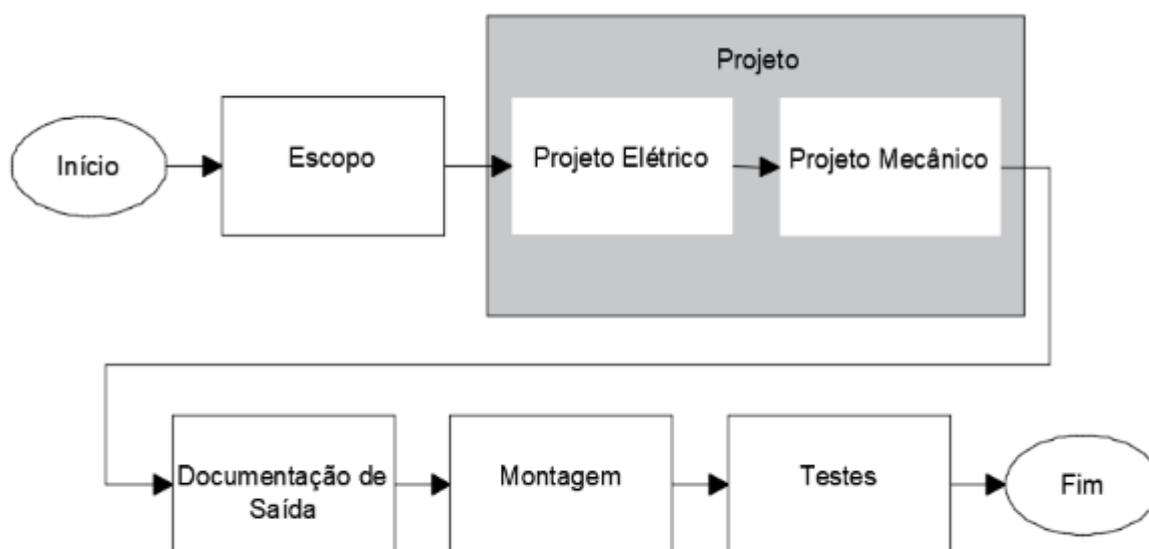
3. METODOLOGIA

Este estudo apresentará um tutorial detalhado para o projeto e montagem de painéis de comandos elétricos de diferentes complexidades. Este tutorial servirá como referência para projeto e montagem de painéis de comandos industriais.

O tutorial tem como objetivo orientar novos estudantes e profissionais da área de eletricidade e que possuam conhecimentos básicos de lógica de acionamentos elétricos. Com base nas informações e detalhamentos, o conteúdo apresentará montagem do escopo do processo, projeto elétrico, estrutural e a implementação.

De acordo com o fluxograma apresentado na Figura 1, pode-se notar a sequência de etapas que compõem o tutorial proposto neste trabalho, as quais serão apresentadas nos tópicos adiante.

Figura 1: Fluxograma da metodologia.



Fonte: PINTO (2019).

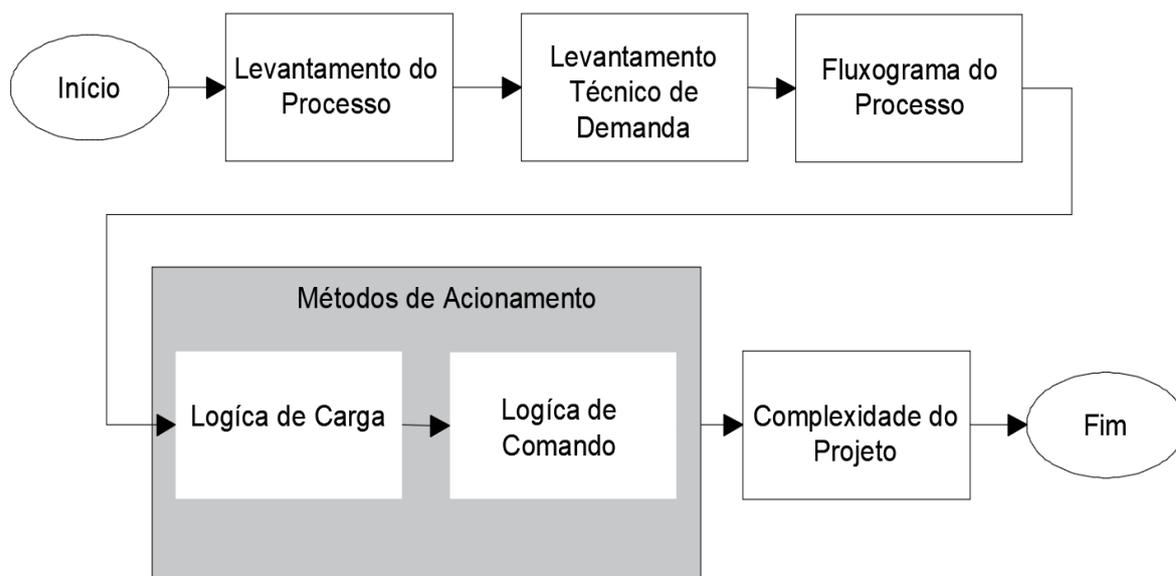
3.1 Documento de Escopo

Neste documento de Escopo, deve-se levantar todos os requisitos técnicos, funcionais, operacionais, segurança, manutenção e específicos da aplicação demandada, os quais são definidos e gerenciados pelo responsável técnico pela implementação e seus colaboradores.

A elaboração do escopo foi organizada em sub tópicos ou procedimentos internos de maneira a facilitar o entendimento das atividades envolvidas na etapa

como um todo e para produzir um formulário de verificação (*Checklist*), a fim de auxiliar o trabalho do projetista e garantir que todas as atividades foram avaliadas e executadas conforme o previsto, como pode ser observado no fluxograma mostrado na Figura 2.

Figura 2: Fluxograma das etapas de elaboração do escopo.



Fonte: PINTO (2019).

As atividades ou procedimentos internos previstos na etapa de escopo são:

Levantamento do Processo:

Essa atividade prevê a realização do levantamento e a definição de todos os requisitos técnicos pertinentes ao processo tais como: a aplicação do painel, o ambiente de sua instalação, a sua funcionalidade, o custo prévio da implementação, o grau de supervisão, aspectos de segurança, flexibilidade para expansão e a praticidade de realizar a manutenção.

Levantamento Técnico da Demanda:

Essa atividade é prevista para que efetue o levantamento detalhado da demanda e dos requisitos técnicos gerais e específicos requeridos. Este procedimento traçará o contorno da aplicação do painel e definirá parte do seu projeto macro. A exemplo, deve-se levantar: a quantidade de atuadores, motores, cilindros hidráulico-pneumáticos e suas respectivas potências, definir aspectos de segurança de maneira a minimizar os riscos para os colaboradores definidos através de dispositivos de emergência (linhas de vida, sensores magnéticos codificados, botoeiras de emergência), dispositivos de acionamento (botoeiras, pedaleiras entre outros),

dispositivos de sinalização (sinaleiros, buzinas, entre outros), como pode ser observado no Apêndice B na Figura 22.

O levantamento da potência das cargas a serem instaladas, servirá de auxílio no dimensionamento dos componentes.

Fluxograma de Processo:

Deve-se, nesta atividade, elaborar um fluxograma e um descritivo técnico sobre funcionamento e ações de comando a serem implementadas no painel. Estes documentos serão responsáveis por descrever todas as informações pertinentes que foram coletadas no levantamento preliminar de campo, servindo como referência para a elaboração de diagramas elétricos na fase de projeto, na programação de dispositivos tais como Controladores Lógicos Programáveis (CLP), inversores de frequência e *soft-starter*.

Adicionalmente, deve-se esboçar no fluxograma fatores de segurança de maneira a minimizar os riscos para os colaboradores: dispositivos de emergência (linhas de vida, sensores magnéticos codificados, botoeiras de emergência), dispositivos de acionamento (botoeiras, pedaleiras e etc.), dispositivos de sinalização (sinaleiros, buzinas, entre outros).

Métodos de Acionamento:

Deve-se avaliar durante o levantamento de campo qual método de partida atenderá cada motor existente no processo. Para viabilidade desta análise, deve-se considerar o custo de implementação e a finalidade da aplicação.

Outro aspecto a ser considerado neste levantamento, refere-se ao grau de automação do processo. Alguns métodos de acionamentos podem ser implementados a partir de lógica simples através de relés. Caso se defina métodos de partida com maior complexidade e que exijam expansão futura, pode-se empregar um CLP.

Definir Complexidade do Projeto:

Mediante levantamento preliminar imprescindível faz-se a coleta de informações que permitam definir a complexidade do processo a ser controlado. Neste sentido, deve-se levantar pontos chaves que permitirão categorizar a implementação do painel, tais como:

- Quantidade e potência dos motores;
- Quantidade de atuadores pneumáticos e hidráulicos;
- Quantidade de sensores e elementos fins de curso;
- Controle de variáveis analógicas;

- Nível de supervisão.

A fim de se determinar o grau de complexidade, é necessário elaborar um pré-projeto da implementação. Neste caso, deve-se efetuar o levantamento geral de todos os pontos supracitados, o que permitirá definir o tipo de acionamento das cargas, a lógica de acionamento e como será o tipo de controle a ser implementado no painel.

Para tanto, deve-se procurar estabelecer o grau de complexidade do painel de comando, pois quanto maior o grau de complexidade, maior será o custo da sua implementação e maior o tempo para sua confecção. Sistemas complexos exigem profissionais como maior nível de qualificação destinado a realizar a montagem e programação dos equipamentos.

Para facilitar essa classificação, será sugerido um procedimento que permite definir pontos a serem verificados a fim de categorizar a complexidade do painel de comandos elétricos. A complexidade do processo está relacionada à quantidade de cargas a serem acionadas, à quantidade de dados de entrada, ao grau de controle e supervisão. Processos complexos geralmente exigem um controle refinado por meio de CLPs, *Soft Starter*, Inversores de Frequência, entre outros dispositivos. Desta forma, pode-se dividir a complexidade de implementação de um painel em três categorias: baixa, média e alta como pode ser observado na Tabela 1

Tabela 1: Determinação do Grau de Complexidade do Projeto.

	Baixa	Média	Alta
PLC	1 de pequeno porte	2 de pequeno porte	Acima de 2 de médio porte
	-----	1 de médio porte	Acima de 2 de grande porte
Soft Starter	Até 2	Até 5	Acima de 5
Inversor de Frequência	Até 2	Até 5	Acima de 5
IHM	-----	-----	Acima de 1
Software de Supervisão	-----	-----	1 ou mais
Atuadores (motores/cilindros)	10	Até 20	Acima de 20
Potência Total	40 KVA	50 KVA	Acima de 50 KVA

Fonte: PINTO (2019).

Conforme pode ser observado na Tabela 1 para se determinar o grau de complexidade se faz necessária uma avaliação criteriosa baseada nos aspectos a seguir:

- Painéis de alta potência são complexos para se realizar a montagem e dimensionamento. Como efeito, importante se faz a análise de que possuem um nível maior de potência instalada requerendo o emprego de barramentos, o que demanda ao atendimento de um conjunto maior

de normas de segurança. Também pode-se mencionar o fato de exigirem profissionais com maior habilidade de montagem, uma vez que, existe um risco maior de se danificar o material e na fixação interna das partes e elementos do painel, o que pode causar acidentes graves. Por essas questões, o Tutorial aplica-se exclusivamente à confecção de painéis de baixa potência e baixa ou média complexidade lógica.

- A quantidade de atuadores influenciará diretamente na lógica de acionamento do painel, logo quanto mais atuadores maior o tempo de implementação, conforme verificado:
- Atuadores pneumáticos e hidráulicos independem do tamanho pois deve-se considerar somente o acionamento destes componentes.
- Motores elétricos necessitam de dimensionamento de proteção contra curto-circuito, sobrecarga, falta de fase, sequência de fase, dispositivos de seccionamento que consiga manobrar a carga e condutores mais robustos, que demandam maior tempo para dimensionamento. Além disso, o projetista deve considerar métodos de partida de motores a fim de minimizar os efeitos nocivos à rede elétrica.

3.2 Projeto Elétrico

Na etapa de projeto elétrico do fluxograma da Figura 1 serão gerados os diagramas elétricos dos circuitos de carga e comando, o dimensionamento e a especificação técnica de todos os componentes.

Os diagramas elétricos devem ser gerados utilizando-se preferencialmente a simbologia da norma IEC 60617 e o *layout* do diagrama deve respeitar as normas NBR 10068 e NBR 10582 e a legenda com informações conforme a ISO 9001, como pode ser visto o exemplo que consta no Apêndice A da Figura 21. Estes documentos devem conter informações relevantes ao projeto como nome dos componentes, potência elétrica dos componentes, tensão de alimentação, bitola dos condutores, lógica de acionamento de carga, comando e o roteamento dos condutores, como pode ser observado, nas Figura 3 e 5 respectivamente.

3.2.1 Projeto de Diagrama de Carga

Para o projeto do diagrama de carga é necessário conhecer as cargas a serem acionadas para se avaliar o melhor método de partida para os motores, podendo ser partida direta, compensada estrela triângulo, Soft-starters ou através de inversores de frequência.

O Diagrama de carga deve conter informações referentes ao roteamento dos condutores e suas respectivas bitolas, dados dos componentes elétricos, nomes dos equipamentos e o endereçamento dos condutores como pode ser observado no modelo mostrado na Figura 3

Indexadores de 1 a 13 foram utilizados na Figura 3 com objetivo de destacar pontos importantes do diagrama de carga.

Lista dos indexadores:

- 1) Entrada de Alimentação: os condutores de entrada são dimensionados a partir da corrente total do circuito. Tais condutores passam pela régua de borne (3) para facilitar a instalação do painel de comandos. Se faz importante o entendimento no que diz respeito à tensão de entrada, frequência e tipo de alimentação do painel.
- 2) Bitola dos Condutores: os condutores de carga serão dimensionados conforme a NBR-5410 e para circuitos de comando, volímetros e de aquecimento utilizar bitolas de 1,5 mm². Para circuitos amperímetros utilizar condutores de 2,5 mm². Para a cor dos condutores será adotado o padrão proposto na Tabela 2 ou, caso contrário, o padrão definido pela empresa.

Tabela 2: Cores dos Condutores.

Condutores	Cores
Corrente Contínua	Positivo (vermelho), Negativo (preto)
Corrente Alternada	Cinza claro
Amperimétricos e voltimétricos	Amarela
Neutro	Azul Claro
Terra	Verde/amarelo com verde
Fase R	Preto
Fase S	Vermelho
Fase T	Branco

Fonte: PINTO (2019).

- 3) Régua de Borne: todo o condutor que irá entrar ou sair do painel de comandos deve passar pela régua de bornes. Ela é projetada da esquerda para a direita, sendo a extrema esquerda, os condutores de entrada de alimentação e, na sequência, os condutores das cargas de potência, geralmente em ordem de acionamento como pode ser observado na Figura 3.

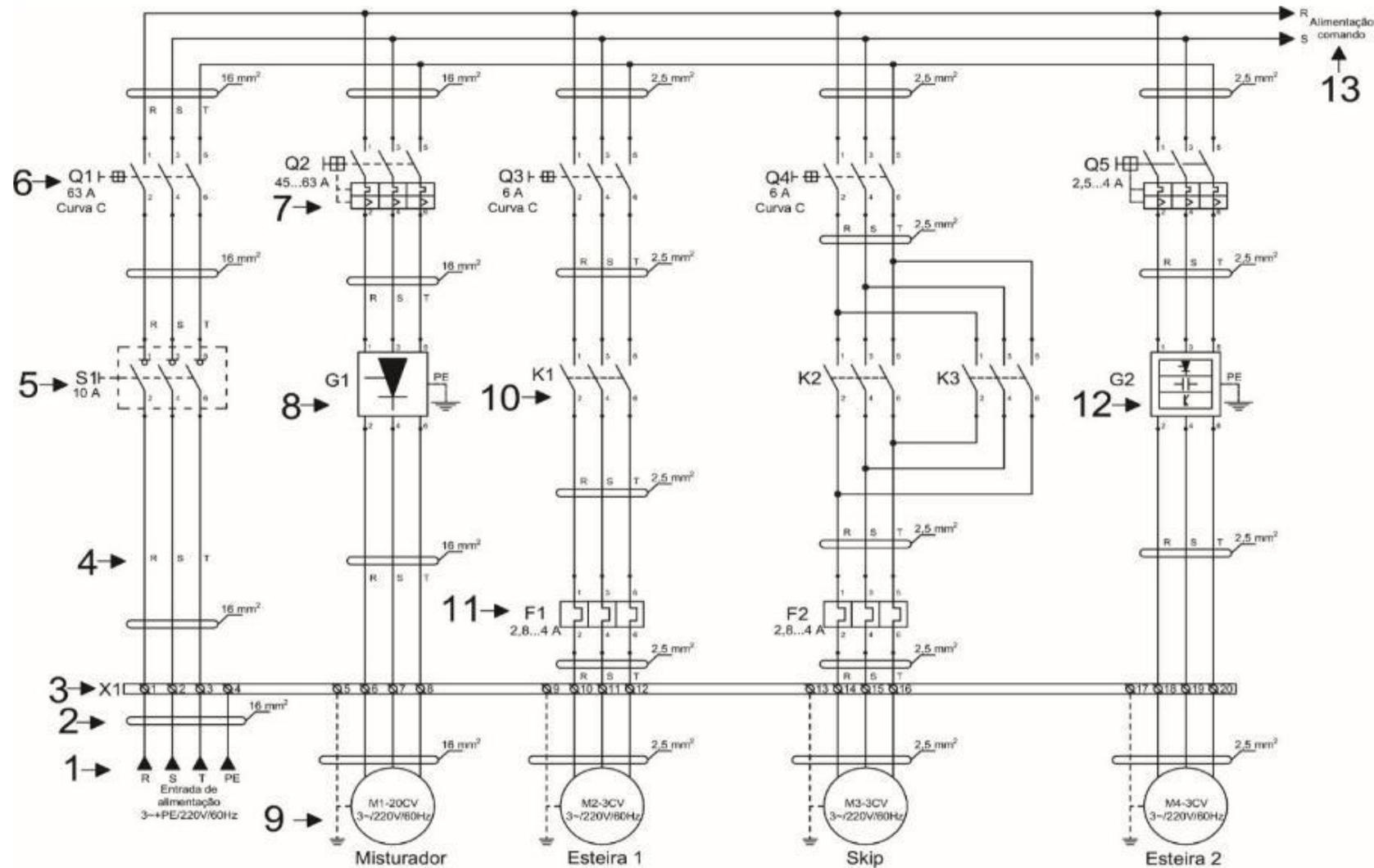
Com o término das conexões de carga, inicia-se as conexões de comando. Primeiramente, efetua-se as conexões de entrada e depois as de saída. A sequência de acionamento lógico deve ser respeitada afim de agilizar a manutenção, reduzindo tempo e custo.

O projetista deve elaborar um documento conforme sugestão contida no Apêndice C da Figura 23 no qual possui todas as informações referentes a aplicação dos bornes, com o intuito de orientar na montagem, instalação e manutenção do painel de comandos.

- 4) Anilhas: os condutores devem ser anilhados nas duas extremidades. Os condutores de carga recebem os nomes das respectivas fases (R, S e T), como pode ser observado na Figura 3. A identificação dos condutores de carga também pode ser dada através das cores da isolação (preto, vermelho e branco, entre outras conforme a NBR-5410). Já o condutor de proteção é identificado pela isolação na cor verde ou verde com amarelo conforme a NBR-5410.
- 5) Chave Seccionadora: a chave de seccionamento deve ser dimensionada para suportar toda a potência do painel, o nível de tensão de alimentação, com sistema de bloqueio contra rearme conforme NR-12 e aterramento temporário conforme NR-10.
- 6) Dimensionamento Disjuntor: os disjuntores devem ser dimensionados conforme a corrente do circuito, o nível de tensão e o tipo de carga a ser protegida. Como por exemplo, para cargas resistivas utilizar disjuntores com curva do tipo B e para cargas indutivas utilizar o tipo C ou D.
- 7) Dimensionamento Disjuntor Motor: utilizado em motores, ele apresenta duas funções de proteção em único dispositivo, o que na montagem do painel representa redução de espaço, mão de obra e redução do uso de condutores. Todas as informações pertinentes ao dimensionamento são encontradas no manual do fabricante.

- 8) Dimensionamento *Soft Starter*: o *Soft Starter* deve ser dimensionado conforme a potência do motor instalado e o nível de tensão de alimentação.
- 9) Motor: o projeto deve conter informações como potência e aplicação do motor.
- 10) Dimensionamento de Contatores: os contatores devem ser dimensionados conforme a potência, nível de tensão que seus contatos de carga irão suportar e o nível e tipo de tensão de operação do comando do painel. Todas as informações pertinentes a dimensionamento são encontradas no manual do fabricante.
- 11) Dimensionamento do Relé de Sobrecarga: o relé de sobrecarga é dimensionado conforme catálogo do fabricante, onde pode ser dimensionado através da corrente nominal ou potência do motor ou contator.
- 12) Dimensionamento de Inversor de Frequência: o inversor é dimensionado conforme a potência do motor e nível de tensão de alimentação.
- 13) Alimentação Comando: Informação que tem a finalidade de realizar conexões de dados entre as páginas do documento.

Figura 3: Exemplo de Diagrama de Carga.



Fonte: PINTO (2019).

3.2.2 Projeto de Diagrama de Comando

O diagrama de comando deve descrever a lógica de operação do painel de comandos seja ela convencional ou através de equipamentos programáveis. Este diagrama deve conter informações referentes aos equipamentos tais como nome, conexões, endereçamento e roteamento de condutores, como pode ser observado na Figura 5.

Elementos elétricos de comando são mostrados no diagrama da Figura 5 com os indexadores de 1 a 18.

Segue a descrição dos indexadores do diagrama de comando mostrado na Figura 5:

- 1) Alimentação de comando: os condutores devem ter as informações do número da página e nome do documento que foram extraídos.
- 2) Disjuntor Geral de Comando: o disjuntor de proteção do circuito de comando deve ser dimensionado conforme a corrente total de todos os atuadores do sistema.
- 3) Anilhas de Comando: endereçar os condutores se torna importante, pois se tem o controle de todas as conexões estabelecidas com os componentes, facilitando o acompanhamento e interpretação durante a manutenção do painel de comandos.

Os condutores de comando deverão ser anilhados de maneira diferente: os pontos em comum devem receber o mesmo nome; quando o condutor entra e sai de um componente elétrico altera-se sua etiqueta (*tag*); o endereçamento começa da esquerda para a direita e, de cima pra baixo, como pode ser observado Figura 5; o endereçamento dos condutores de comando pode ser alfanumérico ou conforme a padronização da empresa.

- 4) Dispositivo de proteção: todos os dispositivos de sobrecarga devem ser conectados em série para que caso aconteça alguma sobrecarga no sistema, todo o comando seja interrompido e possa ocorrer a manutenção do equipamento.
- 5) Botoeira de Emergência: todo equipamento deve conter no mínimo uma parada de emergência para a segurança do usuário. Este elemento deve ser colocado em série com o circuito principal para que desarme todo o

sistema. A botoeira de emergência possui retenção que só retornará para a posição inicial caso o operador desative.

- 6) Botoeira de Desliga: este elemento pode possuir a função de desligar parte do processo ou todo o processo, dependendo somente da aplicação.
- 7) Botoeira de Liga: este elemento pode ter a função de ligar parte ou todo o processo e a quantidade dependerá da aplicação do painel de comandos.
- 8) Contato de selo: este elemento nesta configuração é utilizado para manter o contator acionado, após o operador liberar a botoeira de ligar. É utilizado por motivos de segurança: caso haja uma queda de energia ou a botoeira de emergência seja acionada quando a energia for reestabelecida, o circuito de carga não seja energizado.
- 9) Régua de Bornes: como pode ser observado na Figura 5, a régua de borne recebeu um novo nome (de X1 passou a chamar X2), essa alteração na nomenclatura se a diferenciação da régua de borne de carga para a régua de comando. O número de identificação do borne está à frente do nome de identificação da régua (Ex.: X2-1).
- 10) Elemento Externo: na Figura 5 o elemento instalado externo ao painel é um fim de curso mais poderia ser um sensor, válvula, sinaleiro entre outros dispositivos.
- 11) Contator Auxiliar: o contator auxiliar foi utilizado para realizar o acionamento da *Soft Starter* e para o acionamento do inversor de frequência. Ele deve ser dimensionado de acordo com a quantidade de contatos auxiliares necessários para realizar a lógica de acionamentos e tensão de alimentação da bobina.
- 12) Contator de Potência: utilizado para fazer o acionamento do motor, deve ser dimensionado conforme a corrente nominal e potência do motor. Na parte de lógica, a quantidade de contatos auxiliares e tensão de alimentação da bobina também deve ser considerada.

Sinaleiros:

Os sinaleiros que serão apresentados adiante devem ser dimensionados conforme a tensão de operação e suas cores são de acordo com a IEC 60073 e VDE 0199.

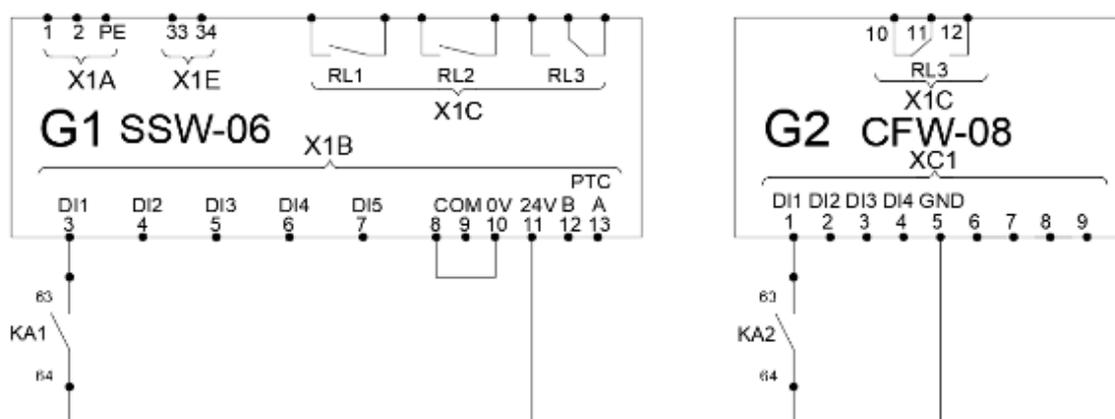
- 13) Sinaleiros de sobrecarga: como pode ser observado na Figura 5., são acionados pelos contatos dos disjuntores motor (indexador 16) ou pelos

contatos dos relés de sobrecarga (indexador 17). Todos os motores devem possuir sinalização de sobrecarga, para notificar ao operador e ao profissional de manutenção qual motor parou por sobrecarga.

- 14) Sinais de Comandos: deve-se atentar para as cores destes sinais, pois eles indicam que o processo está parado ou em funcionamento. Os contatos abertos mostrados pelo indexador 18 irão indicar que o processo se encontra em operação.
- 15) Sinais de Segurança: o primeiro sinal indica que a emergência está acionada pelo contato aberto e o segundo sinal indica que o painel de comandos está energizado.
- 16) Contatos normalmente abertos dos dispositivos de proteção contra sobrecarga dos motores, estes contatos acionam o sinal H1, sinalizando uma sobrecarga no sistema.
- 17) Contatos normalmente abertos dos contatores, ao serem acionados acionam os seus respectivos sinais indicando qual o motor está ligado.
- 18) Contato normalmente aberto da botoeira de emergência, ao ser acionado a emergência irá acionar o sinal H7 indicando um sinistro no sistema.

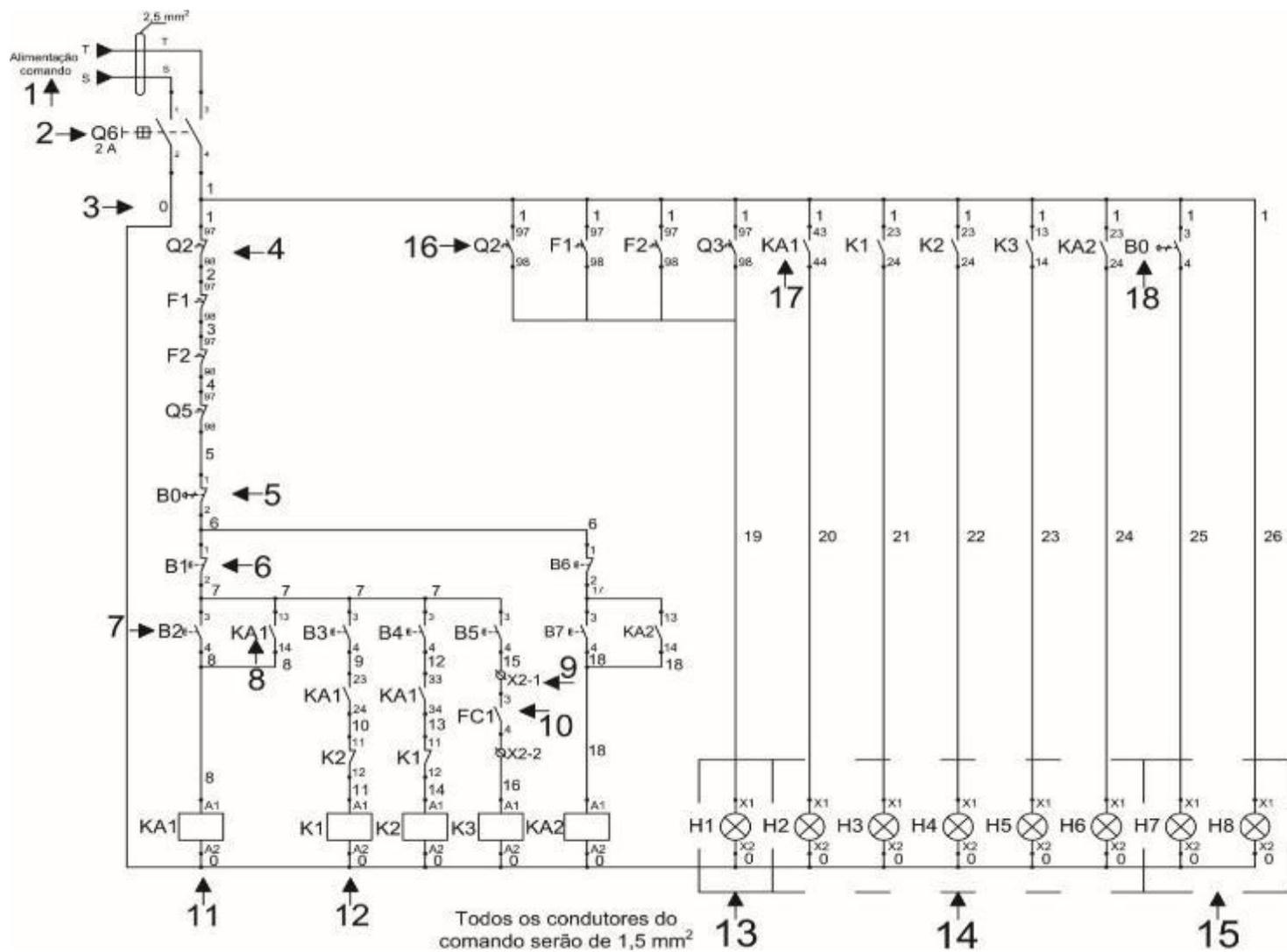
A Figura 4 mostra as conexões típicas da instalação de um *Soft Starter* (dispositivo G1) e de um inversor de frequência (dispositivo G2). Em ambos os dispositivos, pode-se notar que somente uma entrada está sendo acionada, o que significa que ambos estão parametrizados na função gira/para. Uma vez que os contatores auxiliares KA1 e KA2 possuem contato de selo, estes irão manter o sistema acionado quando necessário.

Figura 4: Exemplo do Diagrama de conexão da Soft Starter (G1) e do Inversor de Frequência (G2)



Fonte: PINTO (2019).

Figura 5: Exemplo de Diagrama de Comando.



Fonte: PINTO (2019).

3.3 Projeto Mecânico

O projeto mecânico ilustrado no fluxograma da Figura 1 trata sobre o dimensionamento e *layout* do painel de comandos e dos componentes estruturais.

3.3.1 Dimensionamento do Painel de Comandos:

O dimensionamento do painel de comandos consiste na soma da área ocupada pelos componentes elétricos e canaletas. Por meio da determinação desta área de ocupação mínima consegue-se avaliar qual tipo e modelo de painel comercial atenderá o espaço necessário.

Para realizar o cálculo da área dos componentes utiliza-se a Tabela 3, onde:

- Coluna 1: componente Elétrico a ser utilizado.
- Coluna 2: quantidade de componentes utilizados com as mesmas especificações técnicas.
- Coluna 3: indica a quantidade de contatos elétricos dos componentes, subdividida em duas: uma relativa aos contatos de carga e outra aos contatos de comando. O usuário deve informar a quantidade de contatos elétricos que foram utilizados pelos componentes.
- Coluna 4: bitola dos condutores. Essa coluna é subdividida em duas: uma relativa a carga e outra ao comando.
- Coluna 5: dimensão do Componente. Essa coluna é subdividida em três: largura, altura e área ocupada pelo componente no chassi do painel de comandos.
- Coluna 6: indica a área dos condutores de comando. Este campo irá fornecer ao usuário a área de ocupação dos condutores de comando dos componentes.
- Coluna 7: indica a área dos condutores de carga. Este campo fornecerá ao usuário a área de ocupação dos condutores de carga dos componentes.

A área de ocupação da canaleta pode ser obtida somando-se a área de ocupação dos condutores de carga e comando no pior caso possível. Com este valor de área é possível encontrar uma canaleta que atenda. A área de ocupação no interior da canaleta deve ser considerada para evitar sobreaquecimento dos condutores e ter

espaço suficiente para uma reserva de condutores, bem como prever espaço para futuras expansões e manutenção.

A área mínima de ocupação do chassi pode ser obtida somando-se a área dos componentes. A área mínima de ocupação do chassi pode ser obtida somando-se a área dos componentes. O painel que tenha um chassi com uma área útil próxima a calculada não atenderá, pois a priori não é considerado a área ocupada pelas canaletas no chassi do painel.

A disposição dos componentes elétricos influencia diretamente no tamanho do quadro de comandos e deve-se atentar a dois aspectos: atenuar o efeito eletromagnético dos condutores de carga nos condutores de comando; permitir espaço físico suficiente entre os componentes para que o ar circule, evitando o aquecimento do painel de comandos elétricos.

É necessário que se elabore um esboço do chassi com os componentes elétricos e as canaletas e fazer as devidas considerações relacionadas ao tamanho ideal do painel de comandos elétricos.

3.3.2 Layout Do Chassi

Na elaboração do *layout* do chassi do quadro deve-se considerar:

- Posicionar a parte de potência sempre à esquerda;
- Posicionar a parte de comando sempre a extrema direita;
- Dispositivos de proteção devem ser posicionados na parte superior;
- Posicionar a parte de comando e da carga na parte central;
- Posicionar os bornes na parte inferior.

As recomendações de *layout* do chassi são mostradas na Figura 6. As partes em cinza simbolizam as canaletas e a disposição dos dispositivos está assinalada no desenho.

Figura 6: Layout Chassi.



Fonte: PINTO (2019).

A parte de comando posicionada à extrema direita é justificado pelo fato da abertura dos painéis de comandos elétricos possuírem as dobradiças fixadas no lado direito, o que provoca uma redução do comprimento dos condutores do chicote da tampa. Para evitar que os condutores de potência passem nas mesmas canaletas dos condutores de comando, aloca-se a parte de potência à esquerda para que se possa minimizar as interferências eletromagnéticas.

Os dispositivos de proteção são alocados na parte superior do painel de comandos e na sequência de acionamento começando da esquerda para à direita, onde de forma idêntica é feita com a disposição dos contatores ou inversores. Os

dispositivos organizados desta maneira tornam a manutenção mais rápida e segura. A régua de bornes deve ser posicionada na parte inferior próximo ao flange.

Variações de posicionamento e *layout* são possíveis desde que se atente a orientação do sentido de abertura da porta e flange na hora de projetar o *layout* do quadro.

A profundidade do quadro poderá ser determinada por meio do somatório da profundidade do corpo dos dispositivos de comando que vão no chassi e dos componentes de sinalização e botoeiras fixados na tampa.

3.3.3 Layout da Tampa

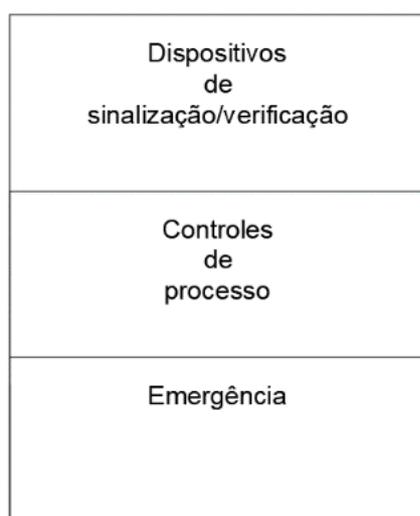
A Figura 7 mostra a forma organizacional utilizada como referência padrão para o *layout* da tampa. A tampa pode ser dividida em três áreas:

Dispositivos de sinalização/verificação: localizado na porção mais alta do quadro de comandos tornando os dispositivos de sinalização/verificação mais visíveis aos olhos do operador;

Controles de processo: localizado numa altura mediana, onde as botoeiras de liga/desliga ou manual/automático devem ser posicionados.

Dispositivo de acionamento de Emergência: localizada na parte inferior e isolada para facilitar o acesso do usuário para realizar seu acionamento. Independente do posicionamento do quadro, é mandatório que o dispositivo de emergência deva ter acesso fácil e visível.

Figura 7: Sugestão de Layout da Tampa.



Fonte: PINTO (2019).

3.3.4 Layout das Etiquetas

Todo dispositivo instalado na tampa, seja sinaleiro ou botoeira deve ser identificado conforme sua aplicação/funcionalidade. Desta forma, se faz necessária a criação de um *layout* com o posicionamento das etiquetas de identificação. Dessa forma, ao *layout* criado deve-se anexar as informações sobre a localização da etiqueta no painel de comandos elétricos, o tamanho e a nomenclatura.

3.4 Montagem e Acabamento

A fase de montagem é o penúltimo passo dentro da metodologia proposta pela o fluxograma da Figura 1. Nos sub tópicos a seguir será detalhado o processo de montagem contendo orientações úteis aos usuários.

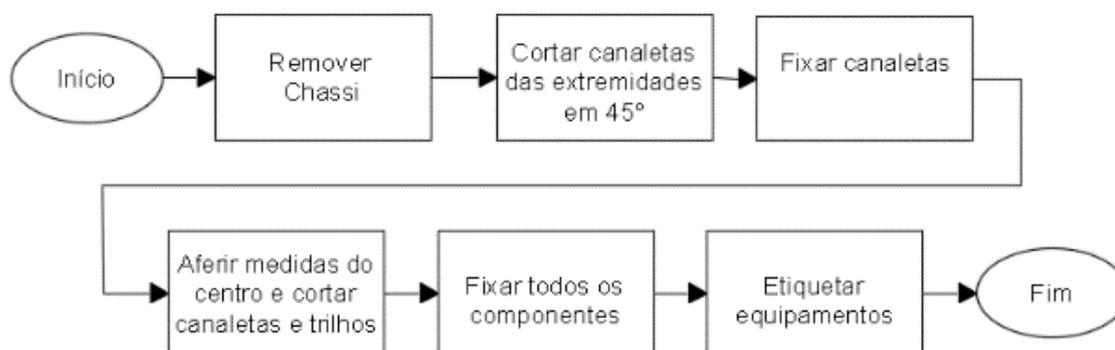
3.4.1 Montagem do Chassi

Deve-se efetuar a montagem do chassi do quadro por meio dos seguintes passos:

- 1) Remova o chassi de dentro do painel e verifique suas medidas a fim de verificar se estão de acordo com o projeto.
- 2) As canaletas das extremidades devem ser marcadas e cortadas primeiro. Suas pontas devem ser cortadas em 45° graus de maneira que suas extremidades ao se unirem formem um ângulo de noventa graus. Os cortes deverão ser realizados nas canaletas sem as tampas. Ressalta-se que as canaletas do centro serão cortadas sem as tampas e após a realização dos cortes, as canaletas das extremidades devem ser afixadas ao chassi.
- 3) Com as canaletas fixadas no chassi, mede-se o espaço entre elas para marcar, cortar e fixar os trilhos padrão DIN.
- 4) Fixar os componentes conforme o *layout* do chassi.
- 5) Etiquetar os componentes.

Este processo está representado na Figura 8.

Figura 8: Fluxo do processo de montagem no chassi.



Fonte: PINTO (2019).

3.4.2 Montagem da Tampa

Deve-se efetuar a montagem da tampa do quadro de comando por meio dos seguintes procedimentos:

Primeiramente deve-se cobrir a tampa do quadro de comandos com fita crepe a fim fechá-la; em seguida se faz necessário desenhar um *layout* marcando o centro dos furos na tampa; para que não ocorram perfurações desnecessárias ou arranhões, é importante que delimite o local a ser perfurado através de uma pulsão.

Uma vez realizada a perfuração, deve-se retirar os resíduos de aço, a fim de evitar acidentes e arranhões no quadro. Nesse momento pode-se retirar a fita crepe que fora colocada na tampa em momento inicial.

A partir dessa etapa, deve-se fixar os componentes na tampa, observando o alinhamento correto, sendo que todos esses componentes devem ser etiquetados por dentro o por for da tampa.

Os condutores devem ser passados com o chassi fora do quadro; importante observar que a primeira conexão a ser realizada é no contato A2 dos contadores (referente a comando), a fim de facilitar o manuseio dos demais condutores de carga que possuem uma bitola maior.

Em seguida deve-se aterrar as paredes metálicas do quadro que são compostas por: tampa, chassi, flange, quadro, trilhos, carcaças metálicas de equipamento que exijam aterramento. Deve-se então passar a anilha no condutor e em seguida grimpar o terminal, que são utilizados a fim de melhorar a conexão elétrica entre o cabo e o componente elétrico.

Uma vez realizada a conexão deve-se verificar se não há resíduos de cobre, a fim de evitar acidentes futuros; apertar as conexões elétricas a fim de afastar pontos de aquecimento e verificar se as conexões estão sendo realizadas no mesmo sentido

do aperto do parafuso, sendo indicado também que os condutores de carga sejam passados pela esquerda e os condutores de comando sejam passados pela direita.

Realizada a montagem da carga, recomenda-se voltar o chassi para dentro do painel para que se possa montar o circuito de comando, uma vez que o montador terá de realizar as conexões elétricas da tampa do quadro.

Para que a montagem da tampa seja realizada, destaca-se as duas formas pertinentes ao processo: uma condiz com a montagem através das canaletas, a fim de realizar a passagem dos condutores e facilitar o acabamento. A segunda opção consiste em colocar bases autoadesivas e abraçadeiras de nylon. Todavia a primeira opção qual seja utilizar de canaletas, torna a montagem, manutenção e futura expansão do quadro mais ágeis.

As abraçadeiras de nylon ou espiraduto podem ser utilizadas no chicote.

3.5 Montagem do Painel

3.5.1 Cuidados Adicionais

Para que a conclusão do painel de comandos se dê de forma adequada, é imprescindível a tomada de cuidados adicionais.

As tampas das canaletas devem ser cortadas após termino da passagem de condutores no painel, pois as canaletas sofrem uma dilatação devido a ocupação dos condutores. O procedimento de corte das tampas após a ocupação dos condutores nas canaletas garante um melhor fechamento, estética e acabamento, garantindo o fechamento ideal e a estética quanto ao acabamento interno.

Deve-se efetuar a limpeza de todo painel, removendo possíveis partículas sólidas de condutores e eventuais manchas que possam ocorrer durante a montagem.

Os resíduos e eventuais manchas devem ser removidos a fim de se obter um material visualmente elaborado.

Deve-se conferir se todos os componentes internos e externos do painel, bem com a sua tampa foram etiquetados corretamente conforme o projeto.

Necessário se faz a conferência e etiquetação dos componentes internos e externos do painel, bem como a comparação dos itens etiquetados no painel e os itens descritos no projeto.

Deve-se fixar avisos de tensão de alimentação, quais as normas que este painel atente e quais os riscos envolvidos na sua operação.

3.6 Testes de Validação Elétrica e Funcional

Para que o painel de comandos seja validado, se faz necessária a validação de alguns testes, conforme modelo de *checklist* apresentado no Apêndice na Figura 26.

Teste Visual: consiste em verificar visualmente se a disposição dos componentes está correta, se os componentes e etiquetas estão alinhados, se existe algum ponto elétrico sem isolação e exposto, bem como o acabamento das conexões elétricas.

- 1) Teste de Conexões: Este teste consiste em avaliar o aperto das conexões elétricas. Para realizá-lo deve-se tracionar levemente os condutores conforme procedimento previsto na norma UL 486E.
- 2) Teste de Continuidade: o teste de continuidade deve ser feito para validar as conexões elétricas e verificar se existe algum componente elétrico em curto circuito.
- 3) Teste de Equipotencialização da proteção: verificar a continuidade de todas as partes metálicas do painel tais como tampa, chassi, flange, trilhos e carcaça dos equipamentos.
- 4) Aferição das tensões de entrada e sequência de fase: deve ser realizada a energização do painel para realizar os testes de funcionamento dos equipamentos, bem como verificados os valores de tensão da alimentação, sequência de fase e tensão da saída da fonte.
- 5) Teste de Funcionamento dos Componentes: energizar o circuito e testar a lógica de comando. Caso o painel possua um PLC deve-se testar as suas entradas, saídas e sua interface de comunicação. Também deve-se testar contadores, botoeiras e sinaleiros.

3.7 Documentação Geral de Saída

A fim de organizar todas as informações levantadas nas etapas de escopo, projeto, montagens e para futura manutenção, deve-se gerar uma pasta de documentação da implementação, composta pelos seguintes documentos:

- 1) Capa: a capa deve conter o nome do processo que o painel irá atender ou para qual máquina ele foi projetado. Ela deve ser gerada utilizando o modelo do Apêndice A na Figura 21.
- 2) Características do painel de comandos: o Apêndice D da Figura 24 mostra um exemplo de documento com as características que o painel projetado irá apresentar.
- 3) Lista de materiais: deve conter todos os componentes elétricos, estruturais e de insumo. O Apêndice E possui um exemplo na Figura 25 de como o documento deve ser.
- 4) Fluxograma: foi elaborado durante a etapa de escopo do projeto.
- 5) *Layout* chassi: documento gerado no item 3.3.2, o *layout* deste documento está de acordo com o documento presente no Apêndice A na Figura 21.
- 6) *Layout* tampa: Documento gerado no tópico 3.3.3, o *layout* deste documento está de acordo com o documento presente no Apêndice A na Figura 21.
- 7) *Layout* de etiquetas: Documento gerado no tópico 3.3.4, o *layout* deste documento está de acordo com o documento presente no Apêndice A na Figura 21.
- 8) Diagrama de carga: Este documento foi gerado no tópico 3.2.1, e o *layout* deste documento está de acordo com o documento presente no Apêndice A na Figura 21.
- 9) Diagrama de comando: Este documento foi gerado no tópico 3.2.2, e o *layout* deste documento está de acordo com o documento presente no Apêndice A na Figura 21.
- 10) Régua de Bornes: Este documento foi gerado nos tópicos 3.2.1, 3.2.2 e o Apêndice C na Figura 23 apresenta um modelo de documento e o *layout* está de acordo com o documento presente no Apêndice A na Figura 21.

Cada item citado acima pode assumir uma ou mais páginas ou até mesmo mesclados em uma desde que documentos de projeto sejam legíveis e bem detalhados.

3.8 Validação Formal

A lógica de carga e comando pode ser validada via *software* ou por testes em bancada.

3.8.1 Validação por Software

A validação por *software* ocorre utilizando-se programas de simulação como o CADe SIMU, onde o projetista consegue simular a carga e o comando, ou por meio do programa FLUIDSim do fabricante Festo, que permite apenas simulações de comando.

O CADe Simu é um programa gratuito e está disponível na versão 3.0, até a de publicação deste TCC, apresenta tradução em português e simulações de CLP.

Já o FLUIDSim é um programa com a licença de uso paga, porém a versão de demonstração disponível com todos os dispositivos desbloqueados, inclusive o CLP, não permite que o usuário salve seus projetos.

3.8.2 Testes em Bancada

Consiste na montagem do circuito de comando e carga em uma bancada de prototipagem. Com os testes em bancada poderão ser avaliados os funcionamentos dos componentes do sistema e se há possibilidade de ocorrer algum erro devido a temporização de acionamento dos componentes ou interferência elétrica.

3.9 Validação do Tutorial

Para efeito de validação deste Tutorial, aplicou-se essa metodologia a um estudo de caso de um painel de média complexidade confeccionado para o projeto de pesquisa CNPQ 469339/2014-4, financiado por meio dos recursos da Chamada CNPq-SETEC/MEC Nº 17/2014 - Apoio a Projetos Cooperativos de Pesquisa Aplicada e de Extensão Tecnológica, intitulado “*Desenvolvimento De Uma Célula De Manufatura Rotativa E Automatizada Aplicada Ao Processo De Fabricação E Cura De Telhas De Concreto*” (CRMA).

Os detalhes e resultados obtidos da aplicação deste Tutorial na implementação deste painel serão apresentados no próximo capítulo.

4. RESULTADOS E DISCUSSÃO

Através desse capítulo os resultados da aplicação do tutorial serão apresentados, de forma a cumprir todas as etapas até sua finalização.

4.1 Documento de Escopo

No decorrer do desenvolvimento das etapas, foi levantado os requisitos técnicos, funcionais, operacionais, segurança, manutenção e específicos da aplicação demandada.

4.1.1 Levantamento do Processo

Com o intuito de conhecer o processo de fabricação de telhas de concreto foram realizadas visitas técnicas na empresa Losango Telhas com o objetivo de visualizar e entender a fase de fabricação, bem como efetuar o levantamento técnico do processo de fabricação das telhas de concreto, no qual verificou-se que este era parcialmente automatizado. Com o objetivo de agilizar o processo produtivo e aumentar a qualidade final do produto, foi previsto a implementação de uma célula de manufatura específica para fabricação de telhas de concreto que demandou o projeto e construção de um painel de comandos elétricos.

O painel de comandos foi implementado para controlar a célula de manufatura desenvolvida a fim de automatizar as etapas do processo manual de fabricação de telhas de concreto, conforme mostrado na Figura 9 letra (a) mostra as telhas de concreto saindo da extrusora; (b) mostra os colaboradores inserindo as telhas de concreto no rack; (c) mostra os colaboradores inserindo o rack dentro do forno para o processo de cura do concreto.

Figura 9: Processo de fabricação das telhas de concreto.

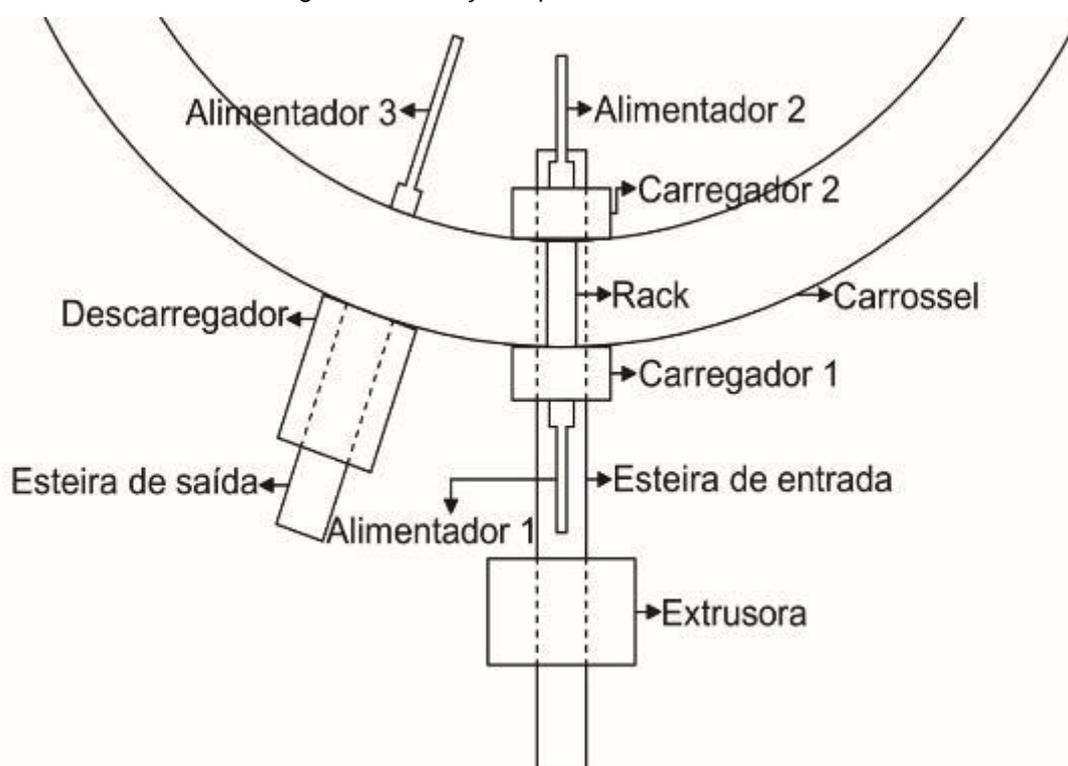


Fonte: PINTO (2019).

4.1.2 Levantamento da Demanda do Cliente

Conforme mencionado anteriormente, o painel de comandos projetado controla toda a célula de manufatura do processo de fabricação de telhas de concreto representado na Figura 10. Para atender a demanda de produção da empresa duas esteiras foram dimensionadas, sendo uma responsável por alimentar o sistema e outra para realizar a saída das telhas prontas. Para que o sistema operasse de forma intermitente foram projetados dois carregadores de telhas: enquanto um realiza o carregamento de telhas o outro insere as telhas no *rack*. Para remover as telhas de concreto de dentro do *rack* um descarregador foi inserido no processo. O alimentador foi projetado com intuito de facilitar o deslocamento das telhas, uma vez que passam para a estrutura do *rack* e para o carregador.

Figura 10: Esboço do processo a ser controlado.



Fonte: PINTO (2019).

Na implementação da célula de manufatura, os motores elétricos das esteiras possuem 1 cv de potência, os pistões hidráulicos dos alimentadores são eletricamente acionados por válvulas 4/3 vias com retorno por mola e os pistões pneumáticos dos carregadores e descarregador acionados eletricamente por válvula 4/2 vias com retorno por mola. A bomba hidráulica para o sistema primeiramente possuía um 1 cv de potência, mas devido a adversidades nos testes, e a potência do motor da bomba hidráulica foi alterada para 3 cv.

Como o processo é automático e sequencial foi utilizada uma botoeira para ligar e outra para desligar o processo.

Seguindo os critérios de segurança da norma NR-12 foi previsto no sistema uma botoeira de emergência, um sinaleiro de emergência, um sinaleiro de painel energizado, um sinaleiro indicando erro no sistema, bem como um sinaleiro para indicar o funcionamento de cada equipamento da célula de manufatura.

O documento de levantamento de demanda presente no Apêndice B mostrado na Figura 22 foi preenchido com as informações adquiridas no levantamento da demanda, como pode ser observado no Apêndice H mostrado na Figura 42.

4.1.3 Levantamento de Fluxograma do Processo

O fluxograma elaborado para este projeto está no Anexo A dividido nas Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46 e Figura 47 e o levantamento da demanda de todo o projeto da célula de manufatura se encontra no Apêndice H mostrado na Figura 42. Como o painel de comandos foi projetado para o protótipo da célula de manufatura, essa implementação utilizou um número menor de atuadores, sensores e chaves fim de curso.

4.1.4 Métodos de Acionamento

Lógica de Carga

Para cada equipamento da célula de manufatura foi realizado um estudo para verificar qual o melhor método para realizar o acionamento da carga:

- Acionamento da esteira transportadora: para implementar o método de acionamento da esteira foi verificado a necessidade da oscilação na velocidade de operação pois está influencia diretamente na velocidade de produção do processo.
- Acionamento do módulo carregador/descarregador: o método utilizado para realizar o acionamento do atuador pneumático foi uma válvula 4/2 vias com acionamento elétrico e retorno por mola. Este método de acionamento da carga garante que seja utilizado apenas em caso de necessidade.
- Acionamento do módulo alimentador: o método de acionamento do atuador hidráulico foi realizado através de uma válvula 4/3 vias com acionamento elétrico com retorno por mola. O uso de atuadores hidráulicos fornece força ao sistema no que se refere ao processo de mover as telhas do carregador para os racks. A bomba utilizada para alimentar o sistema hidráulico possui um sistema de acionamento com partida direta.

Como diversas cargas serão acionadas de forma simultânea, o processo exigiu um controle preciso e coordenado, garantido por meio de um Controlador Lógico Programável (CLP) de médio porte.

4.1.5 Complexidade do Projeto

Como pode ser observado na Tabela 1 que mostra os níveis de complexidade de projeto, verifica-se que neste projeto houve a necessidade de se implementar um CLP de médio porte e dois inversores de frequência, o que categoriza esta implementação como sendo de complexidade média.

Na execução da etapa de escopo foram realizadas reuniões com os representantes da empresa, sendo elaboradas atas específicas destes encontros, contendo especificações e sugestões para implementação da célula de manufatura.

4.2 Projeto Elétrico

O projeto elétrico foi elaborado a partir do fluxograma de processo que representa de maneira gráfica o fluxo do processo a ser automatizado. Desta forma, os diagramas e o painel de comandos elétricos foram projetados visando atender os requisitos de projeto e as normas vigentes.

4.2.1 Projeto do Diagrama de Carga

Dimensionamento do disjuntor-motor e contator

Os motores das esteiras a serem acionados são de 1 cavalo-vapor (CV) de potência. A potência do motor utilizado no protótipo foi definida de acordo com os dados de fábrica dos motores já utilizados na operação nas esteiras da fábrica de telhas Losango. Os motores do Losango e do protótipo possuem os seguintes dados de operação do motor como pode ser visto na Tabela 4.

Tabela 4: Dados dos motores das Esteiras.

DADOS DO MOTOR DAS ESTEIRAS		
Potência:	0,75 kW	1 cv
Rotação:	1720 rpm	
Corrente Nominal:	3,30 A	
Ip/In:	5,2	
Alimentação:	220 V	
Tempo de partida:	5 s	

Fonte: PINTO (2019).

Um fator de 15% de acréscimo na corrente nominal deve ser considerado, e no dimensionamento do disjuntor-motor será utilizado um fator de 20% da corrente nominal. Logo esta corrente acrescida obterá os valores respectivamente.

$$I'_n = I_n \times F_{ac} \quad (1)$$

I'_n - Novo valor de corrente nominal

I_n - Valor de corrente nominal

F_{ac} - Fator de acréscimo

Substituindo valores na Equação (1) tem-se:

$$I'_n = 3,30 \times 1,15 \rightarrow I'_n = 3,795A$$

$$I''_n = 3,30 \times 1,2 \rightarrow I''_n = 3,96A$$

Com base na corrente pode-se encontrar no catálogo WEG Automação Contatores - Linha CWB o contator CWB9 que possui uma corrente nominal de 9 A.

O disjuntor motor foi dimensionado utilizando o catálogo Disjuntores-Motores MPW Manobra e Proteção de Motores Elétricos até 100 A, onde se encontrou o seguinte disjuntor MPW18-3-U004 que possui uma faixa de ajuste de 2,5 a 4 A que atendeu as especificações do motor, devido sua corrente utilizar um fator de 20% é inferior ao maior valor de corrente suportado pelo disjuntor.

Dimensionamento do Inversor de Frequência

O inversor escolhido para realizar o controle da velocidade do motor foi o CFW 100 que possui um acionamento de velocidade variável para motores de indução trifásicos, com tamanho extremamente reduzido. Ele possui um controle vetorial (VVW) ou escalar (V/F) selecionável, interface de operação (IHM) incorporada, filosofia Plug & Play para instalação de acessórios automaticamente de forma simples e rápida, SoftPLC, que agrega ao inversor as funcionalidades de um CLP e *softwares* de programação e monitoramento gratuitos.

Dimensionamento dos Condutores

Para dimensionar o condutor da alimentação geral, somou-se a potência das cargas, como pode ser observado na Tabela 5. Para dimensionar todos os condutores da CRMA, assim como para todo o painel de controle, seguiu-se restritamente a norma de instalações elétricas de baixa tensão NBR 5410.

Tabela 5: Carga total do CRMA.

Carga total do CRMA			
Equipamento	Potência (W)	Quantidade	Corrente (A)
Motor 1 CV	736	2	3,86
Motor 2 CV	1472	1	7,73
Alimentação lógica (Corrente da Fonte)			4
		Total	15,59

Fonte: PINTO (2019).

A temperatura ambiente selecionada foi em torno de 30 °C utilizando condutor de isolamento de PVC EPR e o fator de correção de temperatura encontrado é igual a 1, como pode ser observado na Tabela 6.

Tabela 6: Fatores de correção para temperaturas ambientes diferentes de 30°C para linhas não subterrâneas e de 20°C (temperatura do solo) para linhas subterrâneas.

Temperatura (°C)	Isolação			
	PVC EPR ou XLPE		PVC EPR ou XLPE	
	Ambiente		Do solo	
10	1,22	1,15	1,1	1,07
15	1,17	1,12	1,05	1,04
20	1,12	1,08	1	1
25	1,06	1,04	0,95	0,96
30	1	1	0,89	0,93
35	0,94	0,96	0,84	0,89
40	0,87	0,91	0,77	0,85
45	0,79	0,87	0,71	0,82
50	0,71	0,82	0,63	0,76
55	0,61	0,76	0,55	0,71
60	0,5	0,71	0,45	0,65

Fonte: Adaptado de ABNT- NBR 5410, 2004 (p. 106)

Para o fator de agrupamento foi utilizado a Tabela 7. Como utilizou-se 3 condutores carregados, o fator utilizado foi de 0,70.

Tabela 7: Fator de Agrupamento.

Fator de Agrupamento	
Número de Circuitos ou de Cabos Multipolares	Fator
1	1
2	0,8
3	0,7
4	0,65
5	0,6
6	0,57
7	0,54
8	0,52
9 a 11	0,5
12 a 15	0,45
15 a 19	0,41
≥ 20	0,38

Fonte: Adaptado de ABNT- NBR 5410, 2004 (p. 108)

Logo, aplicou-se a seguinte Equação (2):

$$I_c = \frac{I_E}{FCT \times FCA \times FCR} \quad (2)$$

Onde:

I_c - Corrente Corrigida;

I_e - Corrente do circuito = 15,59;

FCT - Fator de correção de temperatura = 1;

FCA - Fator de correção de agrupamento = 0,70;

FCR - Fator de correção devido à resistividade térmica do solo = 1 pois o condutor não irá sob o solo.

Substituindo valores na Equação (2) tem-se:

$$I_c = \frac{15,59}{1 \times 0,70 \times 1} = 22,27A$$

De acordo com o Tabela 8, o condutor mais indicado para esta demanda foi o de 4 mm², devido ao método B1 que retrata condutores isolados ou cabos unipolares em eletroduto aparente de seção não circular sobre parede, sendo a bitola mais

próxima para essa aplicação. Para três condutores carregados a capacidade de corrente é de 28 A, o que atendeu a demanda.

Tabela 8: Bitola dos condutores.

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

Fonte: Adaptado de ABNT- NBR 5410, 2004 (p. 101)

Para os motores, utilizou-se condutores de 2,5 mm², pelo fato de ser a seção mínima exigida pela norma, tendo em vista que eles satisfazem com exatidão a aplicação, e para o comando foram utilizados condutores de 1,0 mm², extrapolando o estabelecido na norma 5410 que exige no mínimo 0,75 mm². As cores dos condutores seguiram o padrão da norma NBR 5410.

Os condutores de comando foram anilhados conforme as *tag's* dos seus respectivos instrumentos como pode ser observado na Tabela 9, visto que este tipo de endereçamento foi proposto para facilitar a manutenção, o entendimento dos profissionais e para que este painel fosse utilizado posteriormente para fins didáticos no laboratório do IFMG Campus Formiga.

Com os dados levantados projetou-se o diagrama de carga mostrado na Figura 34 do Apêndice G.

Tabela 9: Tag's dos condutores de comando.

COMPARATIVO ENTRE AS DUAS TAGS UTILIZADAS					
INSTRUMENTOS DE AUTOMAÇÃO					
ÁREA	EQUIPAMENTO	E/S	Componente	CLP	TAG Inst.
CR1	Válvula Hidráulica - Avanço/Recuo Cilindro Alimentador	S	Y2	-	CR1-XV-02
CR1	Bobina da Válvula Hidráulica - Avanço Cilindro Alimentador do CR1 para RK	S	-	-	-
CR1	Bobina da Válvula Hidráulica - Recuo Cilindro Alimentador do CR1 para RK	S	-	-	-
CR1	Sensor Ótico - Topo do Carregador 1	E	S2	I-21	CR1-ZYE-01
CR1	Sensor Ótico - Análise da Prateleira C1	E	S1	I-12	CR1-ZXE-01
CR1	Fim de Curso - Telha na Posição para Carregamento C1	E	FC1	I-10	CR1-ZYS-01
CR1	Fim de Curso - Análise do Início do Cilindro Hidráulico	E	FC2	I-13	CR1-ZYS-02
CR1	Fim de Curso - Análise do Final do Cilindro Hidráulico	E	FC3	I-14	CR1-ZYS-03
CR1	Inversor Entrada - Motor da Esteira da Entrada	S	K1	O-12	CR1-SX-01
CR1	Bomba Hidráulica	S	P1	O-13	CR1-P-01
CR1	Relé para Acionar Válvula Hidráulica - Cilindro Alimentador do CR1 para RK Avanço/Recuo	S	RL1	O-15	CR1-YY-01
CR1	Válvula Pneumática - Cilindro para Subir a Telha no Carregador 1	S	Y1	O-16	CR1-XV-02
PNG	Botão Liga	E	BL	I-00	PNG-HS-01
PNG	Botão Desliga	E	BD	I-01	PNG-HS-02
PNG		E	BMA	I-02	PNG-HS-03
PNG	Botão de Emergência (Trava Soco)	E	BE	I-03	PNG-HSS-04
PNG	Botão Escolha do Teste (Sem retenção)	E	BET	I-04	PNG-HS-05
PNG	Botão Teste (Sem Retenção)	E	BT	I-05	PNG-HS-06
PNG	Relé Falta de Fase	E	RFF	I-06	PNG-YY-01
PNG	Disjuntor Motor 1	E	Q1	I-07	PNG-YY-02
PNG	Disjuntor Motor 2	E	Q2	I-08	PNG-YY-03
PNG	Disjuntor Motor 3	E	Q3	I-09	PNG-YY-04
PNG	LED Branco - Painel Energizado	S	LED 1	O-00	PNG-EL-01
PNG	LED Amarelo - Sobrecarga/Falta de Fase e Alarme Acionado (pisca)	S	LED 2	O-01	PNG-YL-01
PNG	LED Vermelho - Motor Entrada Ligado	S	LED 3	O-02	PNG-EL-02
PNG	LED Vermelho - Motor Saida Ligado	S	LED 4	O-03	PNG-EL-03
PNG	LED Vermelho - Cilindro CR1 (Subir Telha)	S	LED 5	O-04	PNG-EL-04
PNG	LED Vermelho - Cilindro CR2 (Subir Telha)	S	LED 6	O-05	PNG-EL-05
PNG	LED Vermelho - Cilindro DCR (Descer Telha)	S	LED 7	O-06	PNG-EL-06
PNG	LED Vermelho - Cilindro CR1 (Transferir Telha de CR1 para o Rack)	S	LED 8	O-07	PNG-EL-07
PNG	LED Vermelho - Cilindro CR2 (Transferir Telha de CR2 para o Rack)	S	LED 9	O-08	PNG-EL-08
PNG	LED Vermelho - Cilindro DCR (Transferir Telha do Rack para o DCR)	S	LED 10	O-09	PNG-EL-09
PNG	LED Vermelho - Giro do Carrossel	S	LED 11	O-10	PNG-EL-10
PNG	CLP - Micro 850	E/S	CLP		CLP
RK	Fim de Curso - Rack na Posição	E	FC4	I-20	RK-ZXS-01

Fonte: PINTO (2019).

4.2.2 Projeto do Diagrama de Comando

O Controlador Lógico Programável-CLP foi dimensionado de acordo com o volume de entradas de saídas a serem controladas, como pode ser observado no fluxograma de funcionamento da Célula Rotativa de Manufatura Automática (CRMA) que está disponível no Anexo A e através do levantamento de demanda do Apêndice H. Sendo assim, optou-se pelo Controlador Lógico Programável (CLP) Micro-850 da Rockwell que possui 27 entradas e 19 saídas e possui slots de expansão caso fosse necessário ampliar suas funcionalidades.

Fonte

Realizou-se um levantamento da carga que seria acionada para dimensionar a fonte de alimentação de 24 V. A Tabela 10, mostra a corrente consumida por cada componente e a quantidade de componentes no circuito.

Tabela 10: Dimensionamento da Fonte.

Equipamento	Corrente (mA)	Quantidade	Total (A)
Contator	5	3	0,015
PLC	500	1	0,5
LED	15	11	0,165
Solenoides	500	6	3
Corrente Total			3,68

Fonte: PINTO (2019).

Como pode-se notar na Tabela 11, a corrente total estimada para o painel de comando foi de 3,68 A. Essa corrente foi utilizada no dimensionamento da fonte de alimentação de 24 V, adotando-se um modelo comercial com capacidade mínima de saída de 4 A de corrente de pico.

4.3 Projeto Mecânico

Para o dimensionamento do tamanho do painel de comandos, calculou-se a área mínima ocupada pelos componentes elétricos e a área mínima ocupada pelos condutores, conforme pode ser observado na Tabela 11.

A ocupação mínima determinada para os condutores foi de 206 mm². Neste caso, uma canaleta de 30x30 mm atenderia, no entanto, para efetuar manutenção e para futuras expansões o espaço físico ficaria reduzido. Daí, optou-se pela utilização de canaletas de 50x50mm.

O dimensionamento do painel de comandos iniciou-se a partir da área mínima calculada de 51,150 cm², desconsiderando-se o uso de canaletas um painel de 300x300 mm atenderia ao projeto. No entanto, é necessário que haja um espaço entre os componentes para haja a troca de calor e um espaço extra para expansão. Recomenda-se mais 30% de espaço para troca de calor e mais 30% para futuras expansões.

Área mínima útil do chassi calculada foi de 81,84 cm². Com base nesse valor foi necessário avaliar o tamanho do painel que atendesse as especificações de entrada. Esta avaliação se deu através de um esboço realizado em uma ferramenta de desenho CAD para verificar qual painel atenderia ao projeto

Na implementação do painel para atender ao estudo de caso, não foi possível adquirir painel com a dimensão especificada, devido ao fato do fabricante ter descontinuado tal item do seu catálogo. Daí, foi necessário readequar os *layouts* do chassi e tampa do painel para que atendesse a implementação proposta.

Após se avaliar qual o painel atenderia a demanda do projeto elaborou-se o *layout* da disposição dos componentes no chassi baseado na Figura 6 como pode ser observado na Figura 31 do Apêndice G.

Em seguida projetou-se o *layout* da tampa do painel de comandos baseado na Figura 7 como pode ser observado na Figura 32 do Apêndice G. Com o *layout* definido elaborou-se a disposição das plaquetas na tampa Figura 32 do Apêndice G

Tabela 11: Calculo de área de ocupação das canaletas e ocupação do chassi.

Componente	Quantidade	Quantidade de Contatos		Bitola dos Condutores (mm ²)		Dimensão do Componente (mm)			Área de ocupação total dos condutores Carga (mm ²)	Área de ocupação total dos condutores Comando (mm ²)
		Carga	Comando	Carga	Comando	Largura	Altura	Área (mm ²)		
Disjuntor Trifásico	1	6	0	4	0	55	80	4400	24	0
Disjuntor Bifásico	1	4	0	2,5	0	35	80	2800	10	0
Disjuntor Motor	3	6	2	4	1,5	55	100	5500	24	3
Contator	3	6	2	4	1,5	45	80	3600	24	3
Inversor de Frequência	2	5	2	4	1,5	50	125	6250	20	3
PLC	1	0	50	0	1,5	240	90	21600	0	75
Relé de Falta de Fase	1	0	5	0	1,5	25	80	2000	0	7,5
Fonte 24 VCC	1	2	5	2,5	1,5	40	125	5000	5	7,5
Área total ocupada por componentes		51,15 cm ²			Área ocupada por condutores				107	99

Fonte: PINTO (2019).

4.4 Documentação de Saída

Foram gerados o documento de escopo e de montagem o painel de controle conforme a lista de itens:

- 1) Capa: o documento está disponível na Figura 27 do Apêndice G.
- 2) Características do painel de comandos: o documento está disponível na Figura 29 do Apêndice G.
- 3) Lista de materiais: o documento está disponível na Figura 30 do Apêndice G
- 4) Fluxograma: o documento está disponível na Figura 43, Figura 44, Figura 45, Figura 46 e Figura 47 do Anexo A.
- 5) *Layout* chassi: o documento está disponível na Figura 31 Apêndice G.
- 6) *Layout* tampa: o documento está disponível na Figura 32 do Apêndice G.
- 7) Lista de etiquetas: o documento está disponível na Figura 33 do Apêndice G.
- 8) Diagrama de carga: o documento está disponível na Figura 34 do Apêndice G
- 9) Diagrama de comando: o documento está disponível nas Figura 35, Figura 36, Figura 37, Figura 38, Figura 39 e Figura 40 do Apêndice G.
- 10) Régua de Bornes: o documento está disponível na Figura 41 do Apêndice G.

4.5 Montagem

Após a elaboração dos *layouts* iniciou-se a confecção do chassi do painel de comandos, como se descreve abaixo:

- 1) Marcou-se nas canaletas das extremidades um ângulo de 45°.
- 2) As canaletas foram cortadas com o auxílio de uma serra elétrica esquadria como pode ser observado na Figura 11.

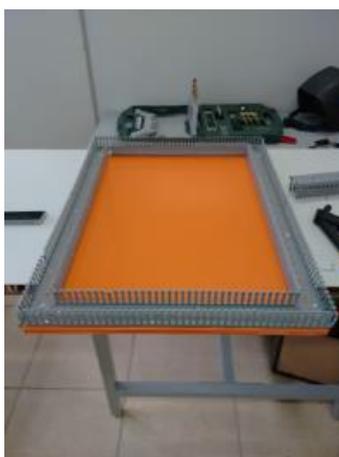
Figura 11: Corte da Canaleta.



Fonte: PINTO (2019).

- 3) As canaletas das extremidades foram fixadas com o auxílio de uma furadeira elétrica, broca de 3 mm, rebite de 3 mm e o alicate rebitador. A Figura 12, mostra o painel de comando após esta etapa.

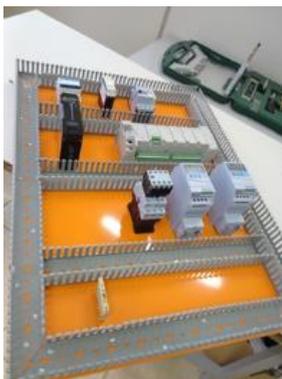
Figura 12: Fixação das Canaletas.



Fonte: PINTO (2019).

- 4) Com o painel finalizado mensurou-se a distância interna entre as canaletas para marcar e cortar as canaletas centrais.
- 5) Os componentes foram alocados no painel, como mostrado na Figura 13, para se marcar as furações e checar as medidas com o *layout*.

Figura 13: Disposição dos componentes para aferir medidas.



Fonte: PINTO (2019).

- 6) Fixou-se as canaletas centrais e os trilhos com o auxílio de uma furadeira elétrica, broca de 3 mm, rebite de 3 mm e o alicate rebitador como mostra a Figura 14.

Figura 14: Fixando canaletas e trilhos.



Fonte: PINTO (2019).

- 7) Os componentes foram alocados no chassi como pode ser observado na Figura 15.

Figura 15: Chassi Finalizado.

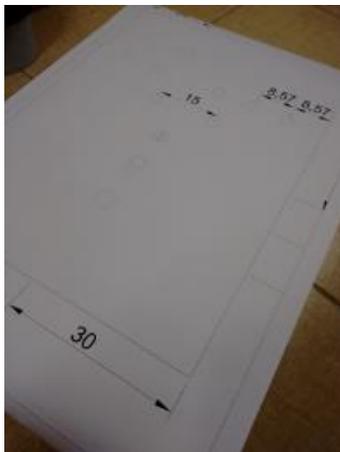


Fonte: PINTO (2019).

Com o término da montagem do chassi, iniciou-se a confecção da tampa conforme a Figura 32 do Apêndice G, com os passos descritos a seguir.

- 1) O *layout* foi impresso em tamanho real numa impressora formato A1 e fixado na tampa, conforme mostra a Figura 16.

Figura 16: Layout impresso para realizar as furações.



Fonte: PINTO (2019).

- 2) Com o auxílio de um pulsão realizou-se a marcação dos furos. Com o auxílio de uma furadeira elétrica e uma serra copo de 22 mm realizou-se os furos dos sinaleiros e botoeiras.
- 3) Com o auxílio de uma lima redonda bastarda lixou-se a rebarba dos furos.
- 4) Os componentes da tampa foram fixados e alinhados com o auxílio de uma régua e um nível, como pode ser observado na Figura 17.

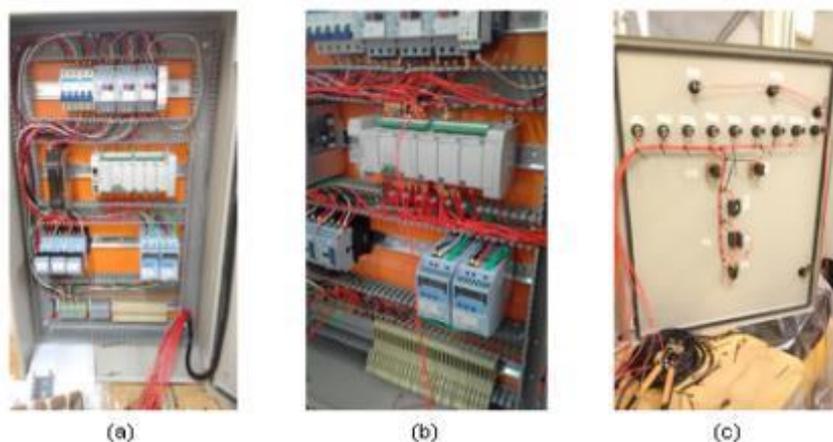
Figura 17: Tampa Finalizada.



Fonte: PINTO (2019).

Em seguida iniciou-se a passagem dos condutores no painel de comandos. Primeiramente os terminais A2 dos contadores são conectados; depois a parte de potência na Figura 18 (a); em sequência a parte de comando, Figura 18 (b); por último os condutores da tampa na Figura 18 (c).

Figura 18: a) Montagem do circuito elétrico da tampa. b) Montagem do circuito de comando. c) montagem do circuito de potência.



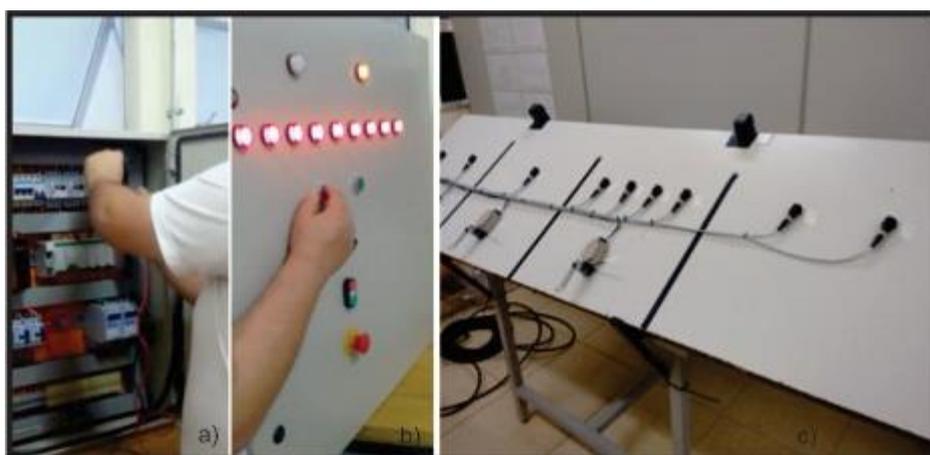
Fonte: PINTO (2019).

4.6 Validação Formal / Fechamento do Painel

Não foram realizados testes de validação da lógica da carga e do comando antes da confecção do painel de comandos, conforme sugere o tutorial. Os testes de validação do painel de comandos foram realizados em bancada depois do sistema implementado.

Submeteu-se o painel de comandos aos testes do *checklist* da Figura 26 do Apêndice como pode ser observado na Figura 19 Em seguida, o painel de comandos foi testado em bancada para validar o projeto do sistema apresentado na Figura 10.

Figura 19: Testes de funcionamento.



Fonte: PINTO (2019).

Após testes de bancadas o painel de comandos foi montado no protótipo da estrutura mecânica para controlar o funcionamento da Célula de Manufatura implementada. Neste ambiente o painel de comandos foi submetido às diversas

condições industriais como poeira, umidade, entre outras como pode ser observado na Figura 20. Esta condição serviu para validar o projeto e implementação do painel de comandos, verificando-se toda a sua funcionalidade, confiabilidade, segurança e o grau de proteção contra partículas sólidas que podem causar danos e sujeiras.

Figura 20: Testes em ambiente industrial.



Fonte: PINTO (2019).

5. CONCLUSÕES

Esse Tutorial apresentou uma metodologia que envolveu as etapas de concepção, projeto, montagem e validação da implementação de um painel de comando elétricos. De forma específica, abordou a proposta de elaboração de escopo, o dimensionamento e execução de montagem de painéis de comandos elétricos de média e baixa complexidade. Com o objetivo de auxiliar novos profissionais que tem dificuldades de iniciar um projeto de painel de comando elétrico.

A metodologia proposta abordou aspectos técnicos e gerais encontrados em normas e roteiros para elaboração dos documentos e dimensionamento dos componentes elétricos e mecânicos. Todo o detalhamento elétrico e construtivo foi baseado no levantamento bibliográfico realizado, estudo afins, estágio na área, atividades práticas e por meio de visitas técnicas em empresas especializadas e na própria execução do painel de comandos implementado no estudo de caso proposto neste trabalho.

Na elaboração deste tutorial foi necessário produzir documentos para levantamento da demanda, *checklist* de testes, planilha de cálculo de área das canaletas e chassi, modelos de *layout* de chassi e tampa, dentre outros. Tais documentos estão disponibilizados nos Apêndices deste trabalho e constituem-se como um material de consulta e referência para estudantes e profissionais da área elétrica.

Com o intuito de demonstrar a aplicação da metodologia proposta neste trabalho, utilizou-se um estudo de caso para demonstrar a sequência e roteiro do Tutorial, na implementação de um painel de média complexidade, descrevendo passo a passo as etapas de elaboração e execução de um projeto completo, no sentido de auxiliar novos profissionais que tem dificuldades para implementar um painel de comando elétrico.

Reconhecendo a eficácia deste tutorial no alinhamento de informações, direcionamento e fluxo de ideias ao longo do texto.

Os testes de validação demonstraram que ao se adotar os procedimentos descritos e propostos no Tutorial, obteve-se um protótipo que atendeu as demandas e requisitos de entrada de projeto e funcionou a contento. Tais testes, portanto, serviram para validar toda a metodologia proposta pelo Tutorial deste trabalho.

6. TRABALHOS FUTUROS

Aplicar este tutorial em outros projetos de painéis a fim de verificar sua eficiência.

Transformar este tutorial em um manual de orientações digital, a fim de sanar dúvidas dos interessados.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALLEN-BRADLEY. **Micro830 and Micro850 programmable controllers**. Milwaukee: Rockwell Automation Publication, 2015. 296 p.

ABNT. **NBR 10582**: apresentação da folha para desenho técnico. Rio de Janeiro: 1988.

_____. **NBR 5410**: instalações Elétricas de Baixa Tensão. Rio de Janeiro: 2004.

_____. **NBR ISO 9001/2015**: Sistemas de Gestão da Qualidade. Rio de Janeiro, 2015.

CAVALIN, Geraldo; CERVELIN Severino. **Instalações Elétricas Prediais**. 14^a ed. - São Paulo: ed. Érica, 2006.

CONEXEL. **Fontes de alimentação**. Disponível: <http://www.conexel.com.br/Files/catalogo/Fontes_Alimenta%C3%A7%C3%A3o%20-%20Final.pdf>. Acesso: 21 out. 2018.

CONTINENTAL. **Montador e Reparador de Comandos Elétricos**. Escola Continental [200-?]. < <https://pt.scribd.com/document/382344528/Comandos-Eletricos-Apostila-Curso-Continental-pdf>> Acesso 20 fev. 2019.

CORRÊA, Carlos Jesus Anghinoni; FILHO, Getulio Delano Dutra. **Comandos de Motores**. Pelotas: CEFET-RS, 2008.

DIGIMEC. **Catálogo de reles de falta de fase**. Disponível: <http://www.digimec.com.br/_file/_paginas/b385c13ea05cc69bdbcbf425eb6cc70d.pdf>. Acesso: 21 out. 2018.

DUTUPLAST. **Catalogo de canaletas**. Disponível:<<http://andra.com.br/pdf/dutoplast.pdf>>. Acesso:21 out. 2018.

FILHO, Guilherme Filippo; DIAS, Rubens Alves. **Comandos Elétricos Comandos Discretos, Elementos de Manobra e Aplicações**. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2014.

FILHO, João Mamede Filho. **Instalações Elétricas Industriais**. 9^a ed. – Rio de Janeiro: LTC, 2017.

GUIMARÃES, Rayane Aparecida. **Sistema de automação de um processo de empilhamento e desempilhamento de telhas de concreto**. 2016.81f. Trabalho de Conclusão de Curso – IFMG Campus Formiga, Formiga, MG, 2016.

JEFFERSON. **Catálogo válvulas solenoides informações de engenharia**. Disponível: <https://www.aecweb.com.br/cls/catalogos/jefferson/jefferson_valvula_selenoide.pdf>. Acesso: 21 out. 2018.

JÚNIOR, Geraldo Carvalho do Nascimento. **Comandos Elétricos – Teoria e Atividades**. 1ª ed. - São Paulo: ed. Érica, 2011.

LEGRAND. **Catálogo automação, potência e condução de cabos**. Disponível: <<http://www.2a.com.br/download/Cemar/Quadros%20e%20Pain%C3%A9is.pdf>>. Acesso: 21 out. 2018.

GROOVER, Mikell. **Automação industrial e sistemas de manufatura**. São Paulo: Pearson Prentice Hall, 2011.

MORAES, Everton. **A Importância da anilha na leitura de diagramas**. 2017 (9min54seg). < <https://www.youtube.com/watch?v=P2sJd8-UPx8> > Acesso 20 fev. 2019.

MORAES, Everton. **Como montar um painel elétrico 40% mais rápido – Manutenção Elétrica Eficaz**. 2017 (8min09seg). < <https://www.youtube.com/watch?v=P2sJd8-UPx8> > Acesso 20 fev. 2019.

MORAES, Everton. **Curso de Comandos Elétricos Grátis Online**. 2018 (34min52seg). < <https://www.youtube.com/watch?v=P2sJd8-UPx8> > Acesso 20 fev. 2019.

MORO, Claiton Franchi. **Acionamentos elétricos**. São Paulo: Editora Érica Ltda, 2008.

NORMA REGULAMENTADORA BRASILEIRA. **NR 10**: Segurança em instalações e serviços em eletricidade. Rio de Janeiro: 2004.

_____. **NR 12**: Segurança no Trabalho em Máquinas Equipamentos. Rio de Janeiro: 2004.

PAPENCOURT, Franz. **Esquemas Elétricos de Comando e Proteção**. 2ª ed. São Paulo: Editora Pedagógica e Universitária, 1989.

RIBEIRO, Aline Alves. **Protocolo para criação de sistemas de comandos elétricos**. 2017.98f. Dissertação (Mestrado Profissional em Inovação tecnológica) – Universidade Federal do Triangulo Mineiro, Uberaba, MG, 2017.

ROCHA, Wagner Gomes da. **Comandos Elétricos**. Centro de Ensino de Tecnologias (Centec), [200-?]. < <https://pt.scribd.com/document/260149108/COMANDOS-ELETRICOS-atual>> Acesso 20 fev. 2019.

RODRIGUES, Jonatas Marques. **Estudo tutorial da proteção de sistemas elétricos industriais**. 2013. 173fl.. Dissertação (Mestrado em Engenharia Elétrica) - Faculdade de Engenharia, Universidade Federal de Juiz de Fora, Juiz de Fora, 2013.

SALA DA ELÉTRICA. **Guia lide 1.3: Os 36 símbolos gráficos indispensáveis para você ler diagramas ainda hoje**. 2019. <

https://page.saladaeletrica.com.br/guia-lide-ads/?sck=MATERIAIS_EDUCATIVOS_GUIA_LIDE&utm_source=pagina_materiais_educativos&utm_medium=botao&utm_content=ebook_guia_lide> Acesso 20 fev. 2019.

SCHNEIDER ELECTRIC. **Guia prático para instalações industriais e infraestrutura**. 2009. < https://www.schneider-electric.com/resources/sites/SCHNEIDER_ELECTRIC/content/live/FAQS/324000/FA324532/pt_BR/manual_industrial_e_infra-estrutura.pdf?_ga=2.96886295.925441950.1561047172-1209414894.1561047172>. Acesso 20 fev. 2019.

SCHUZ, Alexandre Corassini. **Proposta de adequação à NR-12 de uma prensa hidráulica**. Trabalho de Conclusão de Curso – FAHOR, Horizontina, RS, 2015.

SINDINOVA. Palestra: **projeto de adequação à NR – 12**. 19/12/2013. Disponível: <<http://www.sindinova.com.br/novo/wp-content/uploads/2013/12/APRESENTA%C3%87%C3%83O-NR12-SENAI-rev.052.pdf>>. Acesso: 21 out. 2018.

SILEVIRA, Leonardo; LIMA, Weldson Q. **Um breve histórico conceitual da automação industrial e redes para automação**. Lagoa Nova: UFRN, 2003, p. 1-3.

SENAI, Serviço de Aprendizagem Industrial. **Comandos elétricos**. Departamento Regional de São Paulo. Brasília: SENAI/DN, 2013, 396 p. il.

SIEMENS. **Catálogo chaves seccionadoras e comutadoras**. Cód: Catalogo Seccionadoras_MAR16_FINAL.indd: Data: 21 mar. 2019.

_____. **Catálogo comando e sinalização 3SB6**. Dez. 2012. Disponível: <https://w3.siemens.com.br/automation/br/pt/downloads-bt/Documents/Chaves%20Seccionadoras%20e%20Comutadoras/CATALOGO%20SECCIONADORAS_2016_PT.pdf>. Acesso: 21 out. 2019.

SOUZA, Geraldo Teles de. **Máquinas e comandos Elétricos**. São Paulo: Escola Técnica Estadual Pedro Ferreira Alves, 2004. Disponível em: <http://www.portaldoeletrodomestico.com.br/cursos/eletricidade_eletronica/1/maquinas_e_comandos_eletricos.pdf>. Acesso 20 fev. 2019.

SOUZA, José de. **Manual de Acionamentos e Comandos Elétricos**. Taquara: Escola Técnica Estadual Monteiro Lobato – RS, [2008?]

SOUZA, Neemias Silva. **Apostila e acionamentos elétricos**. Rio Grande do Norte: Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Rio Grande do Norte, 2009.

TAQUES, Mauricio Martins. **Comandos elétricos industriais teoria**. Santa Catarina: Instituto Federa Santa Catarina, 2016. Disponível:

<http://joinville.ifsc.edu.br/~mtaques/Comandos%20Industriais/Apostila_ComandosIndustriais_Teoria_ProfMauricioTaques_Vmar%C3%A7o2016.pdf>. Acesso: 21 out. 2018.

VICTOR, Valcí Ferreira. **Sistema Especialista para Detecção de Falhas em Comandos Elétricos**. Dissertação – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, RN, 2005.

WEG. **Catálogo de relés eletrônicos**.

Disponível:<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-reles-temporizadores-protetores-e-de-nivel-50009830-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso: 21 out. 2018.

_____. **Catálogo geral contadores e relés de sobrecarga**. Cód: 50026112 | Rev: 18 | Data (m/a): 10/2016. Disponível: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-contadores-e-reles-de-sobrecarga-catalogo-geral-50026112-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso: 21 de out. 2018 .

_____. **Catálogo manobra e proteção de motores elétricos até 100 A**. Cód: 5009822 | Rev: 33 | Data (m/a): 05/2014. Disponível: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-disjuntores-motores-linha-mpw-50009822-catalogo-portugues-br.pdf>>. Acesso: 21 de out. 2018.

_____. **Manual CFW 08**. Disponível:<<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/1-577.pdf>>. Acesso: 21 mar. 2019.

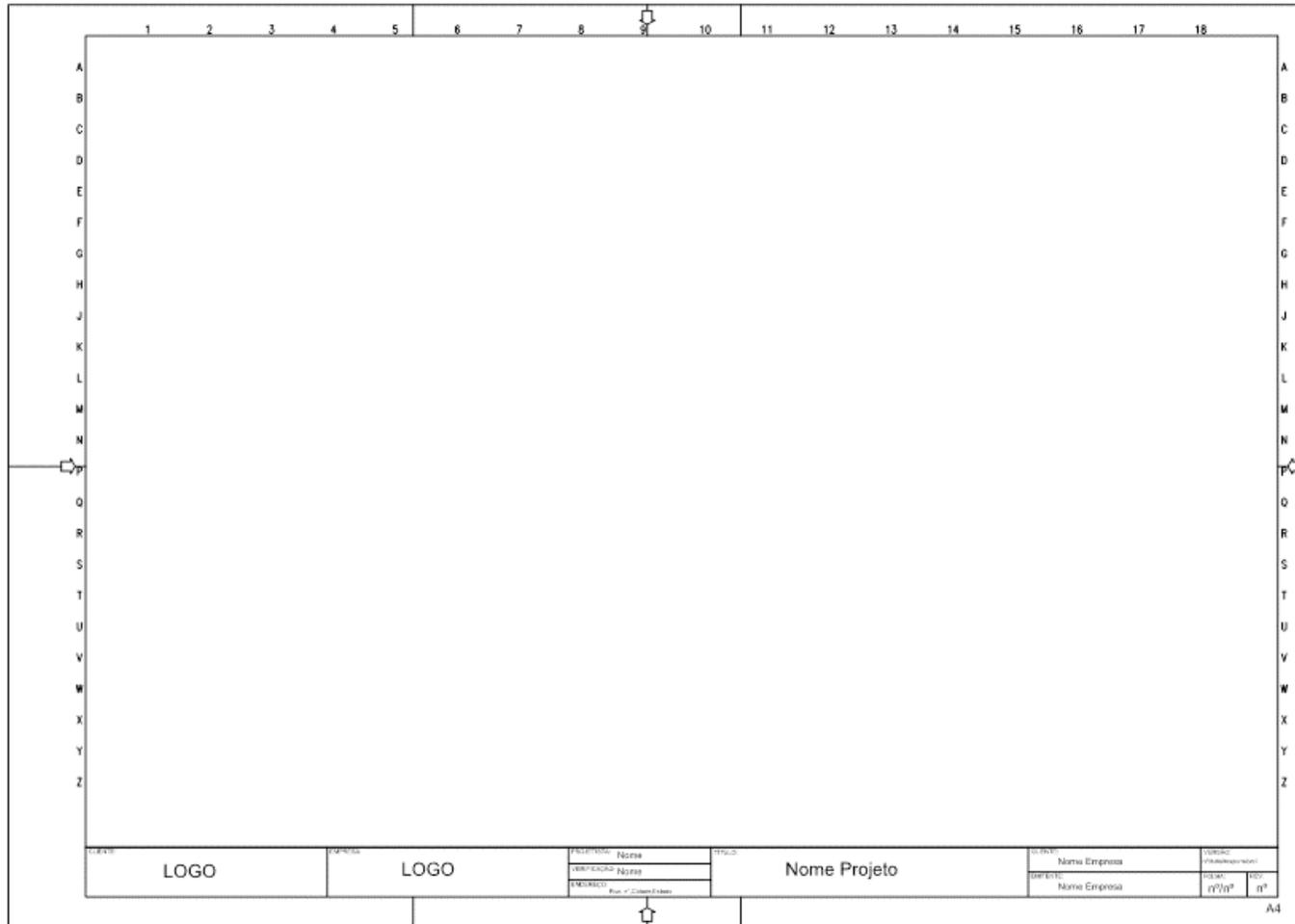
_____. **Manual CFW 100**. Disponível: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-cfw100-manual-de-programacao-10001432578-2.3x-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso: 21 mar. 2019.

_____. **Manual SSW 06**. Disponível: <<http://ecatalog.weg.net/files/wegnet/WEG-ssw06-manual-do-usuario-220v-690v-0899.5853-1.4x-manual-portugues-br.pdf>>. Acesso: 21 mar. 2016.

APÊNDICE A

Sugestão de layout de margem e legenda.

Figura 21- Apêndice A: Sugestão de layout de margem e legenda.



Fonte: PINTO (2019).

APÊNDICE B

Sugestão de documento para realizar o levantamento da demanda.

Figura 22- Apêndice B: Sugestão de documento para realizar o levantamento da demanda.

Levantamento de Demanda				Data:		
Empresa:			CNPJ:			
Responsável:			Contato:			
Projeta:			Contato:			
Registro Profissional:						
Tensão do Quadro:		<input type="checkbox"/> 127V	<input type="checkbox"/> 220V	<input type="checkbox"/> 380V		
Tipo de Alimentação:		<input type="checkbox"/> 3 Fases + Terra		<input type="checkbox"/> 3 Fases	<input type="checkbox"/> 2 Fases + Terra	Outro: _____
Alimentação do Comando:		<input type="checkbox"/> Alternada Valor: _____		<input type="checkbox"/> Continua	Valor: _____	
Requisitos de Segurança a serem considerados:						
Uso de Relé de Controle de Simultaneidade:			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____	
Uso de Relé de Controle de Parada de Emergência:			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____	
Uso de Relé de Monitor de Movimento Zero:			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____	
Sistema que possibilite o Bloqueio dos dispositivos de Acionamento:			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____	
Contatores com comando de partida e parada:			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____	
Contatores com contatos positivamente guiados:			<input type="checkbox"/> Sim	<input type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____	
Atuadores				Entradas		
Motores				Botoeiras		
	Potência	Tensão	Corrente	Tipo de Partida	Aplicação	
1					1	
2					2	
3					3	
4					4	
5					5	
6					6	
7					7	
8					8	
9					9	
10					10	
					11	
					12	
					13	
					14	
					15	
Cilindros				Sensores/Fins De Curso		
	Pneumático		Hidráulico		Aplicação	
	Aplicação	Válvula	Aplicação	Válvula		
1					1	
2					2	
3					3	
4					4	
5					5	
6					6	
7					7	
8					8	
9					9	
10					10	
					11	
					12	
					13	
					14	
					15	
Sinaleiros				Anotações:		
	Aplicação					
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						

Fonte: PINTO (2019).

APÊNDICE E

Sugestão de documento de Lista de Materiais.

Figura 25 - Apêndice E: Sugestão de documento de Lista de Materiais.

Lista de Material Painel Principal						
Item	Material	Quantidade	Unidade	Preço Unidade	Preço Total	
1						
2						
3						
4						
5						
6						
7						
8						
9						
10						
11						
12						
13						
14						
15						
16						
17						
18						
19						
20						
21						
22						
23						
24						
25						
26						
Valor Total:						

LOGO	LOGO	Pedro Almeida Pinto Pedro Almeida Pinto R. Vitorino, nº100, Cláudio, MG	Lista de Materiais	Pedro Almeida Pinto Pedro Almeida Pinto	02/02 00
------	------	---	--------------------	--	-------------

Fonte: PINTO (2019).

APÊNDICE F

Sugestão de documento de *checklist* de Testes.

Figura 26 - Apêndice F: Sugestão de documento de *checklist* de Testes.

Check List de Testes		
Teste 1: Visual		
<input type="checkbox"/>	Disposição dos componentes	
<input type="checkbox"/>	Etiquetas alinhadas	
<input type="checkbox"/>	Cobre Exposto	
<input type="checkbox"/>	Acabamento das conexões elétricas	
<input type="checkbox"/>	Anilhas de carga corretas	
<input type="checkbox"/>	Anilhas de comando corretas	
<input type="checkbox"/>	Limpeza	
<input type="checkbox"/>	Organização	
Teste 2: Teste de Conexões		
<input type="checkbox"/>	Aperto das conexões elétricas da comando	
<input type="checkbox"/>	Aperto das conexões elétricas da tampa	
<input type="checkbox"/>	Aperto das conexões elétricas da carga	
Teste 3: Continuidade		
<input type="checkbox"/>	Continuidade na carga	
<input type="checkbox"/>	Curto circuito entre fases	
<input type="checkbox"/>	Sequência de fases	
<input type="checkbox"/>	Continuidade no comando	
Teste 4: Equipotencialização da proteção		
<input type="checkbox"/>	Tampa	Valor: _____
<input type="checkbox"/>	Flange	Valor: _____
<input type="checkbox"/>	Chassi	Valor: _____
<input type="checkbox"/>	Trilho	Valor: _____
<input type="checkbox"/>	Carcaça metálica	Valor: _____
Atenção o painel será energizado para efetuar os próximos testes		
Teste 5: Aferição das tensões de entrada e sequência de fase		
<input type="checkbox"/>	Tensão de alimentação	Valor: _____
<input type="checkbox"/>	Sequência de Fase	Seq: _____
<input type="checkbox"/>	Tensão de saída da fonte	Valor: _____
Teste 6: Funcionametro dos componentes		
<input type="checkbox"/>	Lógica de comando	
<input type="checkbox"/>	Botões	
<input type="checkbox"/>	Sinaleiros	
<input type="checkbox"/>	Contatores	
<input type="checkbox"/>	Relés de sobrecarga	
No caso de PLC		
<input type="checkbox"/>	Comunicação	
<input type="checkbox"/>	Entradas	
<input type="checkbox"/>	Saídas	
<input type="checkbox"/>	Analógicas	

Responsável Técnico		

Fonte: PINTO (2019).

APÊNDICE G

Documentos de saída.

Figura 27 - Apêndice G: Capa

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	
A	<h1>Projeto Painel Elétrico Para Acionamento da Planta de Carregamento, Descarregamento e Armazenamento de Telhas</h1>																		A
B																			
C																			
D																			
E																			
F																			
G																			
H																			
J																			
K																			
L																			
M																			
N																			
O																			
R																			
S																			
T																			
U																			
V																			
W																			
X																			
Y																			
Z																			
				<small>DESENHISTA: Pedro Azevedo Pinto</small>		<small>TÍTULO: Capa</small>		<small>CLIENTE: Losango Telhas</small>		<small>VERSÃO: 01/01-2017/PPAP</small>									
				<small>PROJETISTA: Pedro Azevedo Pinto</small>				<small>REVISOR: Pedro Azevedo Pinto</small>		<small>DATA: 01/15</small>		<small>REV: 00</small>							
				<small>DESENHADO: R. Paulo Roberto, 441 - 380 Lado, Fortaleza - CE</small>															

Fonte: PINTO (2019).

Figura 29 - Apêndice G: Características do Painel.

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18
A																		
B																		
C	1) Características nominais																	
D	A) Tensão Nominal / Frequência Nominal	220V - 60 Hz																
E	B) Corrente Nominal do Barramento	-																
F	C) Tensão de Comando	24 Vcc																
G	D) Tensão de Controle	24 Vcc																
H	E) Tensão de Serviço Auxiliar	24 Vcc																
I	2) Características Construtivas																	
J	A) Tipo de Instalação	<input checked="" type="checkbox"/> Interna		<input type="checkbox"/> Externa														
K	B) Grau de Proteção do Invólucro	<input type="checkbox"/> IP-40		<input type="checkbox"/> IP-54														
L	C) Cor de Acabamento Interno/Externo	<input type="checkbox"/> Munsel 2,5 YR 6/14		<input checked="" type="checkbox"/> RAL 7032														
M	D) Cor de Acabamento das Placas de Montagem	<input type="checkbox"/> Galvanizado		<input checked="" type="checkbox"/> RAL 2003														
N	E) Entrada/Saída dos cabos de Força	<input type="checkbox"/> Galvanizado		<input checked="" type="checkbox"/> Saída: Por baixo														
O	F) Entrada/Saída dos cabos de Controle	<input checked="" type="checkbox"/> Por Baixo		<input type="checkbox"/> Por Cima														
P	G) Fechamento (Parte Posterior)	<input checked="" type="checkbox"/> Tampa Aparaf.		<input type="checkbox"/> Porta		<input type="checkbox"/> Sem Acesso												
Q	H) Espessura mín. Das chapas (Estrutura)	<input checked="" type="checkbox"/> 16 USG																
R	I) Espessura mín. Das chapas (Fechamento)	<input checked="" type="checkbox"/> 16 USG																
S	3) Barramento																	
T	A) Material	<input checked="" type="checkbox"/> Cobre Eletrolítico																
U	B) Barra Principal	<input checked="" type="checkbox"/> Isolado		<input type="checkbox"/> Blindado														
V	Barra de Neutro	<input type="checkbox"/> Sim		<input checked="" type="checkbox"/> Não														
W	C) Conexões	<input type="checkbox"/> Prateadas		<input type="checkbox"/> Estanhadas														
X	D) Parafusos e Porcas	<input type="checkbox"/> Bicromatizadas																
Y	E) Cores para Definição (Fitas)	<input type="checkbox"/> Azul Escuro		<input checked="" type="checkbox"/> Preto														
Z	- Fase R	<input type="checkbox"/> Branco		<input checked="" type="checkbox"/> Vermelho														
	- Fase S	<input type="checkbox"/> Violeta		<input checked="" type="checkbox"/> Branco														
	- Fase T	<input type="checkbox"/> Azul Claro																
	- Neutro	<input type="checkbox"/> Verde/Amarelo																
	- Terra (PE)	<input type="checkbox"/> Verde/Amarelo																
	- Terra Lógico																	
	4) Opcionais																	
	A) Iluminação Interna	<input type="checkbox"/> Incandescente		<input type="checkbox"/> Fluorescente		<input checked="" type="checkbox"/> Não												
	B) Tomada de Serviço	<input type="checkbox"/> 2P		<input type="checkbox"/> 2P + T		<input checked="" type="checkbox"/> Não												
	C) Aquecimento (Resistor+Termostato)	<input type="checkbox"/> Sim		<input checked="" type="checkbox"/> Não														
	D) Conector P/Aterramento	<input type="checkbox"/> Sim (35-95mm ²)		<input checked="" type="checkbox"/> Não														
	E) Conectores para cabos externos	<input type="checkbox"/> Sim		<input checked="" type="checkbox"/> Não														
	F) Chumbadores	<input type="checkbox"/> Sim		<input checked="" type="checkbox"/> Não														
	5) Fiação																	
	A) Tipo do Cabo	<input checked="" type="checkbox"/> 750-Classe 4-PVC																
	B) Cores dos Cabos	<input checked="" type="checkbox"/> Preto		<input type="checkbox"/> Branco														
	- Força	<input checked="" type="checkbox"/> Vermelho		<input type="checkbox"/> Amarelo														
	- Controle CC - 24Vcc	<input checked="" type="checkbox"/> Preto		<input type="checkbox"/> Azul														
	- Controle CC - 0Vcc	<input type="checkbox"/> Cinza		<input type="checkbox"/> Preto														
	- Controle CA - 110Vca	<input type="checkbox"/> Cinza		<input type="checkbox"/> Branco (-)														
	- Controle CA - 220Vca	<input type="checkbox"/> Cinza		<input type="checkbox"/> Branco (-)														
	- 4 a 20ma	<input type="checkbox"/> Vermelho (+)		<input type="checkbox"/> Verde														
	- Aterramento	<input type="checkbox"/> Verde/Amarelo		<input type="checkbox"/> Verde														
	- Medição	<input type="checkbox"/> Branco/Amarelo		<input type="checkbox"/> Verde														
	C) Identificação dos Terminais	<input checked="" type="checkbox"/> Padrão																
	D) Tipo de Borne <input type="checkbox"/> Pino <input type="checkbox"/> Olhal																	
	E) Bitola Mínima	<input type="checkbox"/> 6,0		<input type="checkbox"/> 4,0		<input checked="" type="checkbox"/> 2,5												
	Força	<input type="checkbox"/> 1,5		<input type="checkbox"/> 1,0		<input checked="" type="checkbox"/> 1,0												
	Secundário de TC	<input type="checkbox"/> 1,5		<input type="checkbox"/> 1,0		<input checked="" type="checkbox"/> 1,0												
	Secundário de TP	<input type="checkbox"/> 1,5		<input checked="" type="checkbox"/> 1,0		<input type="checkbox"/> 1,0												
	Controle	<input type="checkbox"/> 1,5		<input checked="" type="checkbox"/> 1,0		<input type="checkbox"/> 1,0												
	Aterramento	<input type="checkbox"/> 4,0		<input type="checkbox"/> 2,5		<input type="checkbox"/> 2,5												
	Serviços Auxiliares	<input type="checkbox"/> 2,5		<input type="checkbox"/> 2,5		<input type="checkbox"/> 2,5												
	6) Plaquetas																	
	A) Material	<input checked="" type="checkbox"/> Acrílico		<input type="checkbox"/> Alumínio														
	Cor da Plaqueta	<input checked="" type="checkbox"/> Preta		<input type="checkbox"/> Prata														
	Cor da Inscrição	<input checked="" type="checkbox"/> Branca		<input checked="" type="checkbox"/> Preta														
	Idioma	<input checked="" type="checkbox"/> Português		<input type="checkbox"/> Português/Inglês														
	Fixação	<input type="checkbox"/> Aparafusada		<input checked="" type="checkbox"/> Auto Colante														
	Identificação do Componente Interno	<input type="checkbox"/> Mini-Crachá																
	7) Notas:																	
	DESIGNISTA: Pedro Azevedo Pinto TÍTULO: Características CLIENTE: Losango Telhas VERSÃO: 01/01-08-2017/99P PROJETISTA: Pedro Azevedo Pinto REVISOR: R. Pedro Azevedo, 460 - São Luís, Formosa - MG ELABORADO: Pedro Azevedo Pinto DATA: 03/15 REV: 00																	

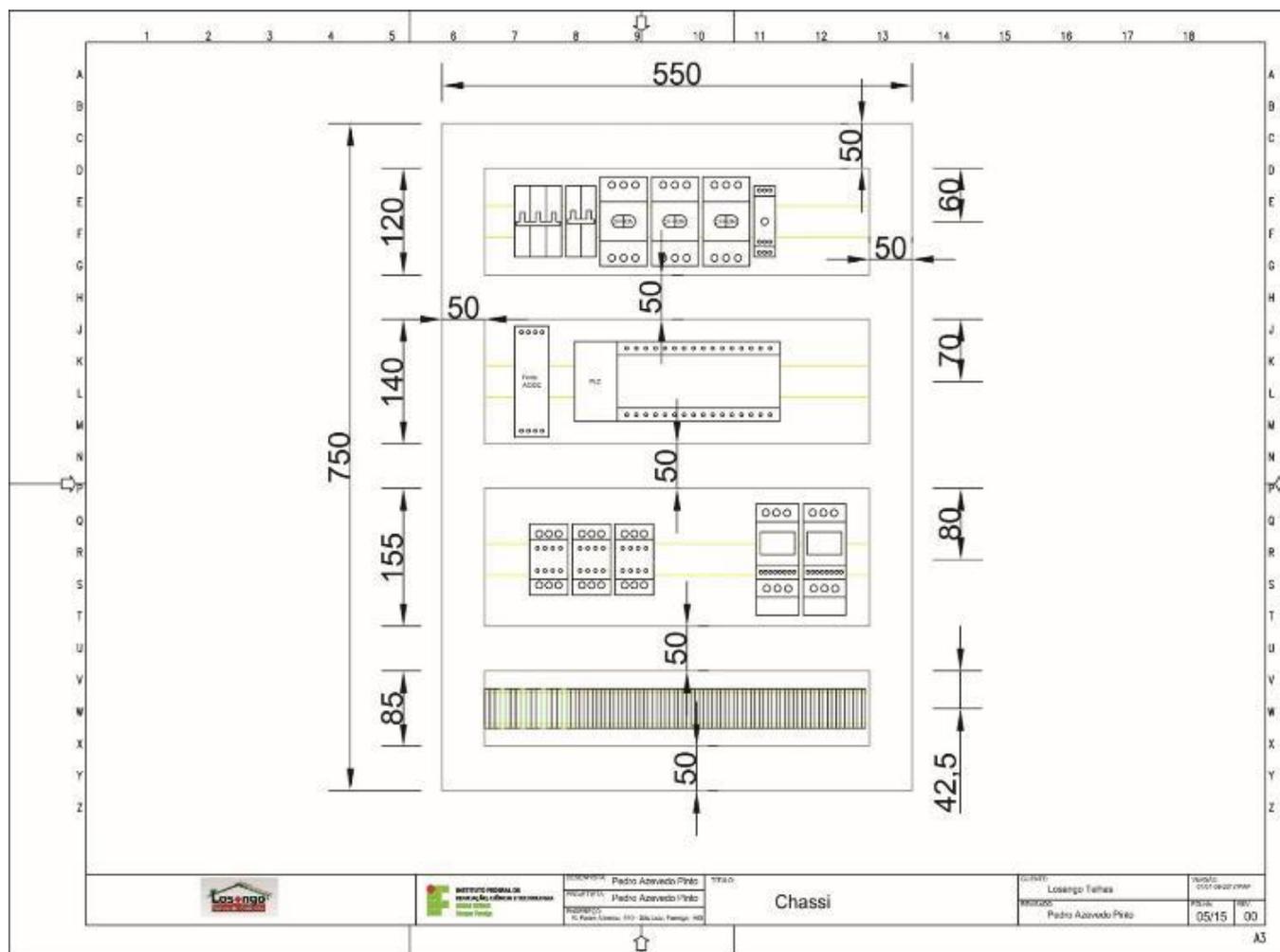
Fonte: PINTO (2019).

Figura 30 - Apêndice G: Lista de Materiais.

Lista de Material Painel Principal				
Item	Material	Quantidade	Unidade	
1	Quadro de comandos 800x600x250mm	1	pc	27 Anilha R de 4,0 mm ²
2	Canaleta 50x50x2000mm aletada	2	pc	28 Anilha S de 4,0 mm ²
3	Trilho Dim 35x2000mm	1	pc	29 Anilha T de 4,0 mm ²
4	Disjuntor Trifásico de 25 A	1	pc	30 Anilha R de 2,5 mm ²
5	Disjuntor Motor com Faixa de 2,5 a 4 A	3	pc	31 Anilha S de 2,5 mm ²
6	Disjuntor Bifásico de 4A	1	pc	32 Anilha T de 2,5 mm ²
7	Inversor de Frequência CFW 100 motor de 1CV	2	pc	33 Anilha O a 9 de 1,5 mm ²
8	Contator 24 V para Motor de 1CV	3	pc	34 Anilha A a Z de 2,5 mm ²
9	Fonte 24 Vcc 4A	1	pc	35 Terminal tubular simples de 4,0 mm ²
10	CLP 28 Entradas e 20 Saídas	1	pc	36 Terminal tubular duplo de 4,0 mm ²
11	Rele de Falta/Seqência de Fase	1	pc	37 Terminal tubular simples de 2,5 mm ²
12	Borne para condutores de 6mm ²	16	pc	38 Terminal tubular duplo de 2,5 mm ²
13	Borne para condutores de 2,5mm ²	53	pc	39 Terminal tubular simples de 1,5 mm ²
14	Botoeira Sem Retenção Verde Normalmente Aberta	1	pc	40 Terminal tubular duplo de 1,5 mm ²
15	Botoeira Sem Retenção Vermelha Normalmente Fechada	1	pc	41 Terminal de olhal de 4,0 mm ²
16	Botoeira Sem Retenção Verde/Vermelha Normalmente Aberta	1	pc	42 Terminal de olhal de 2,0 mm ²
17	Chave Seletora Duas Posições Com Retenção Normalmente Aberta	1	pc	43 Cabo flexível de 4,0 mm ² preto
18	Botoeira Cogumelo Com Retenção Normalmente Fechada	1	pc	44 Cabo flexível de 4,0 mm ² vermelho
19	Sinaleiro 24 VCC Vermelha	9	pc	45 Cabo flexível de 4,0 mm ² branco
20	Sinaleiro 24 VCC Branca	1	pc	46 Cabo flexível de 2,5 mm ² preto
21	Sinaleiro 24 VCC Laranja	1	pc	47 Cabo flexível de 2,5 mm ² vermelho
22	Abraçadeira de Nylon 2,8 mm x 108 mm	100	pc	48 Cabo flexível de 2,5 mm ² branco
23	Base autoadesiva 25 mm x 25 mm x 8 mm	30	pc	49 Cabo flexível de 1,5 mm ² amarelo
24	Espiraduto	2	m	50 Cabo flexível de 1,5 mm ² preto
25	Fita isolante	2	pc	51
26	Fita crepe	5	pc	52

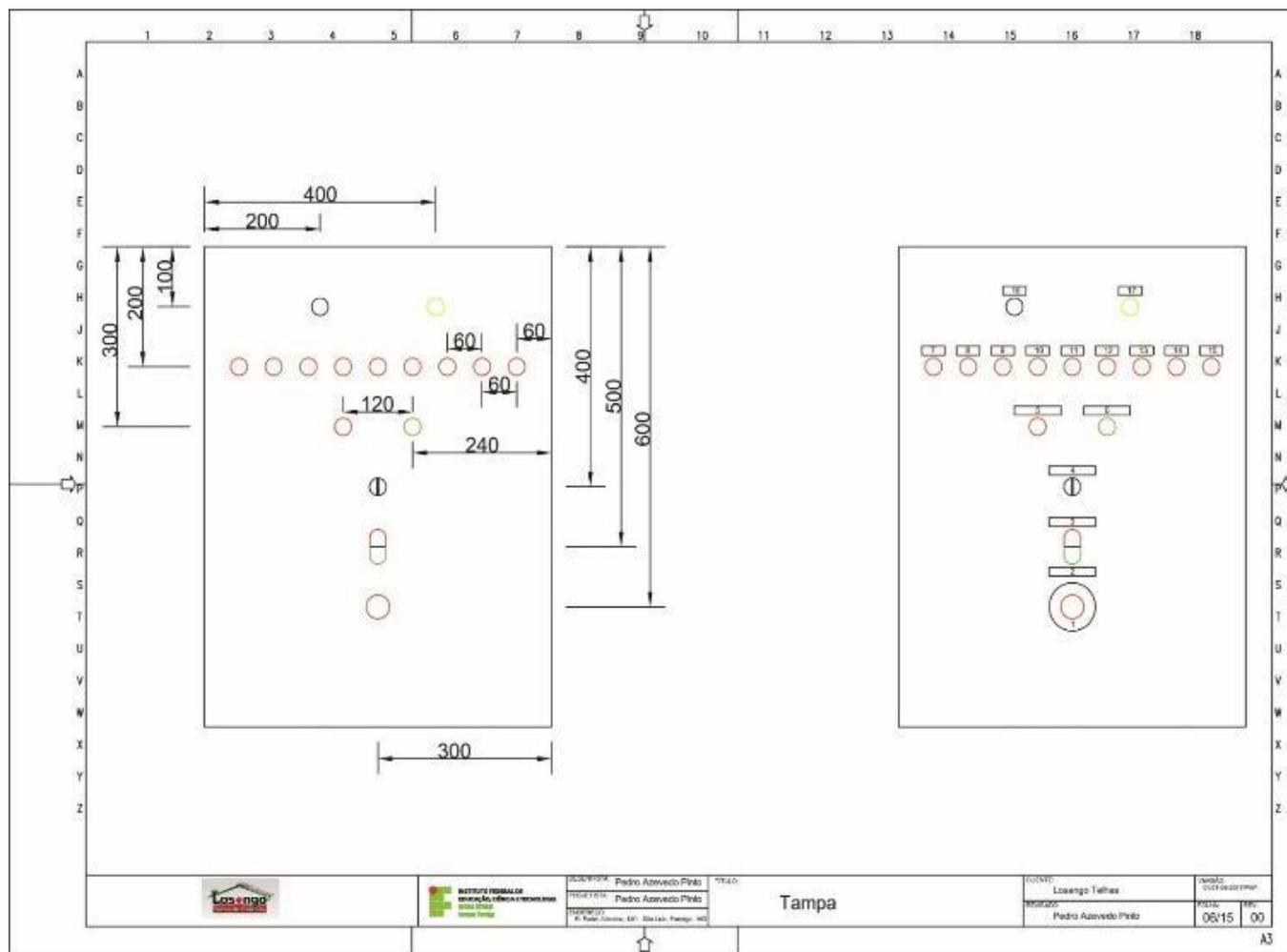
Fonte: PINTO (2019).

Figura 31 - Apêndice G: Layout do Chassi.



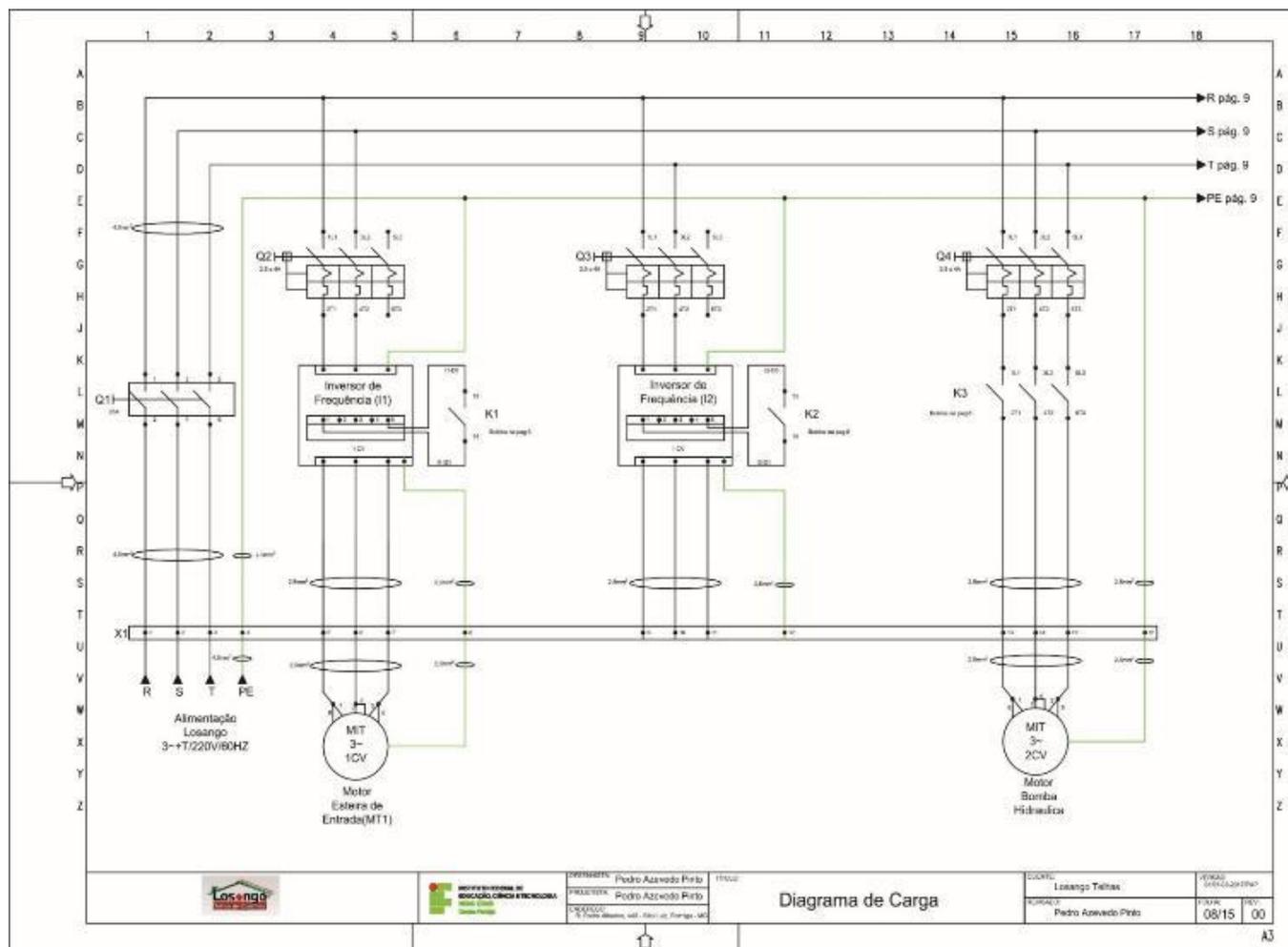
Fonte: PINTO (2019).

Figura 32 - Apêndice G: Layout de tampa.



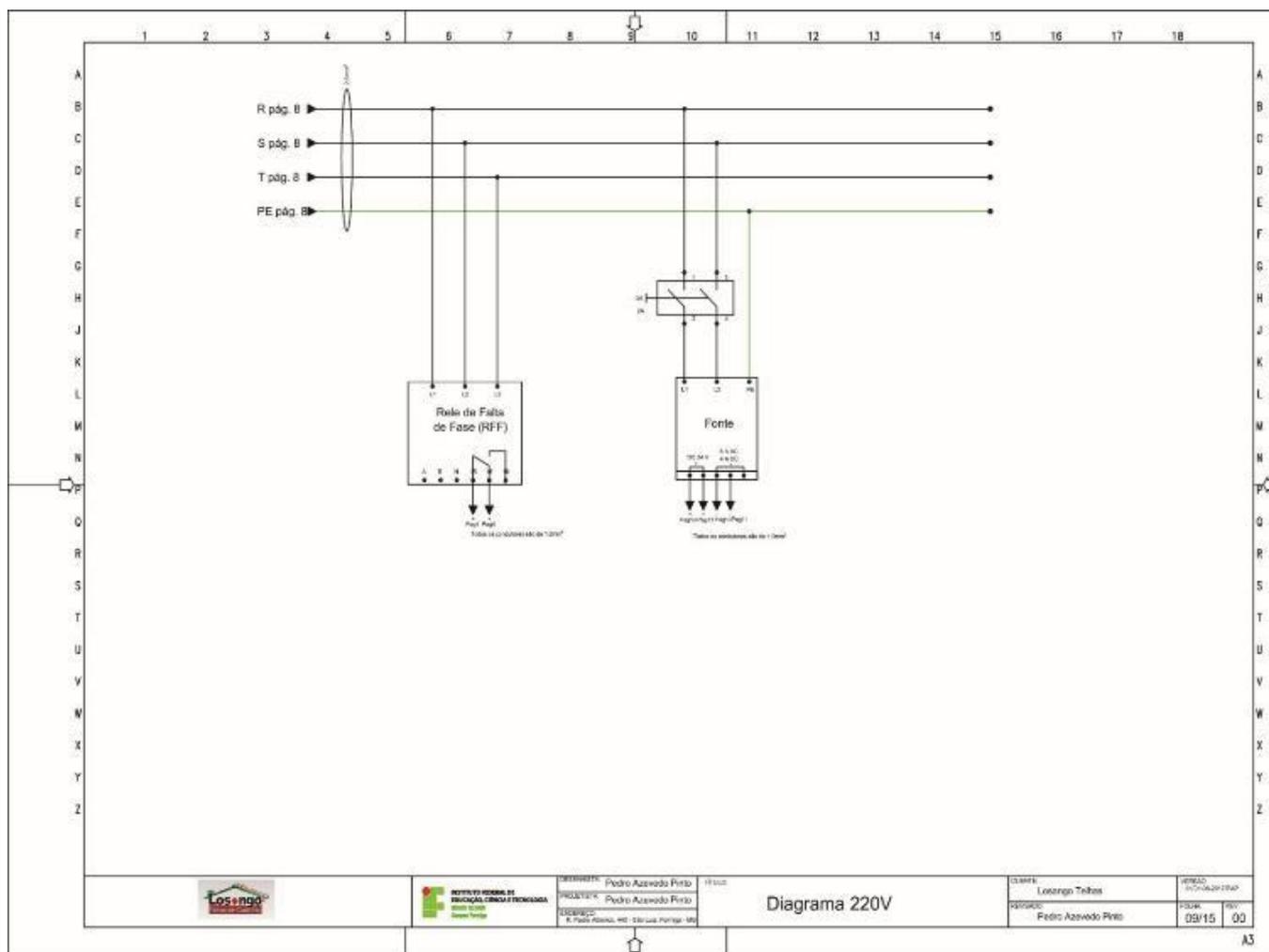
Fonte: PINTO (2019).

Figura 34 - Apêndice G: Diagrama de Carga.



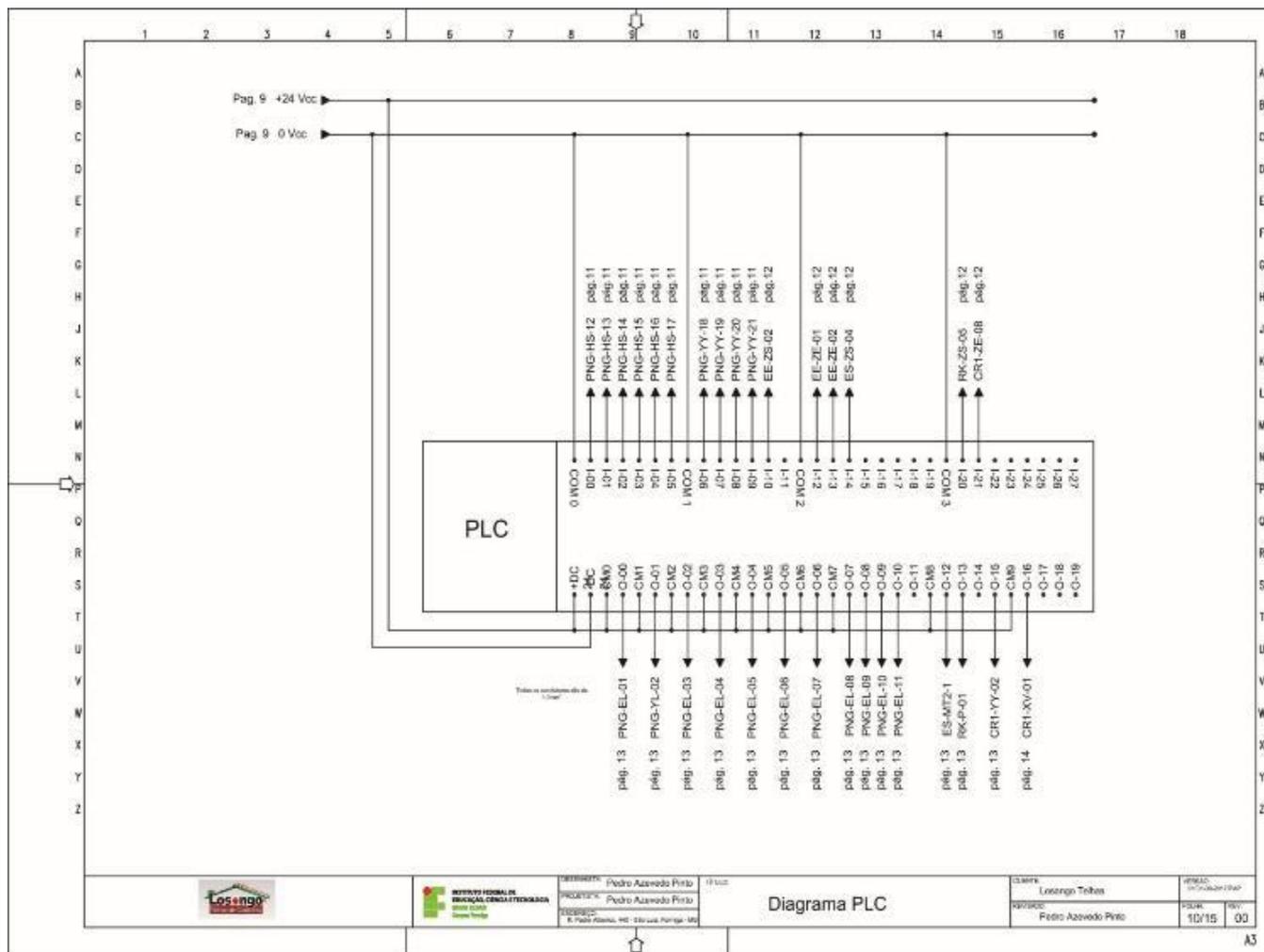
Fonte: PINTO (2019).

Figura 35 - Apêndice G: Diagrama 220V.



Fonte: PINTO (2019).

Figura 36 - Apêndice G: Diagrama PLC.



Fonte: PINTO (2019).

Figura 37 - Apêndice G: Diagrama de Entradas P-I.

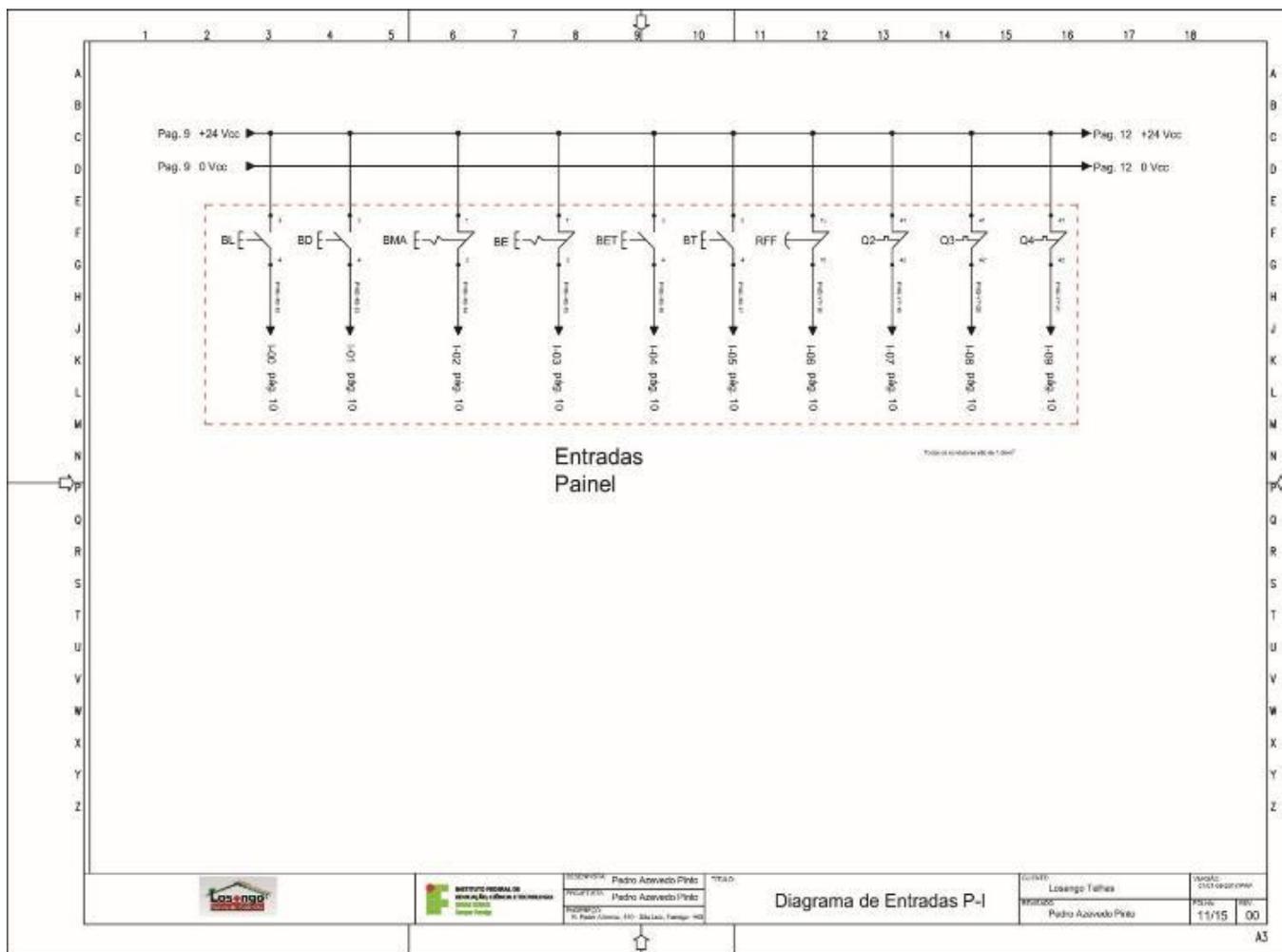
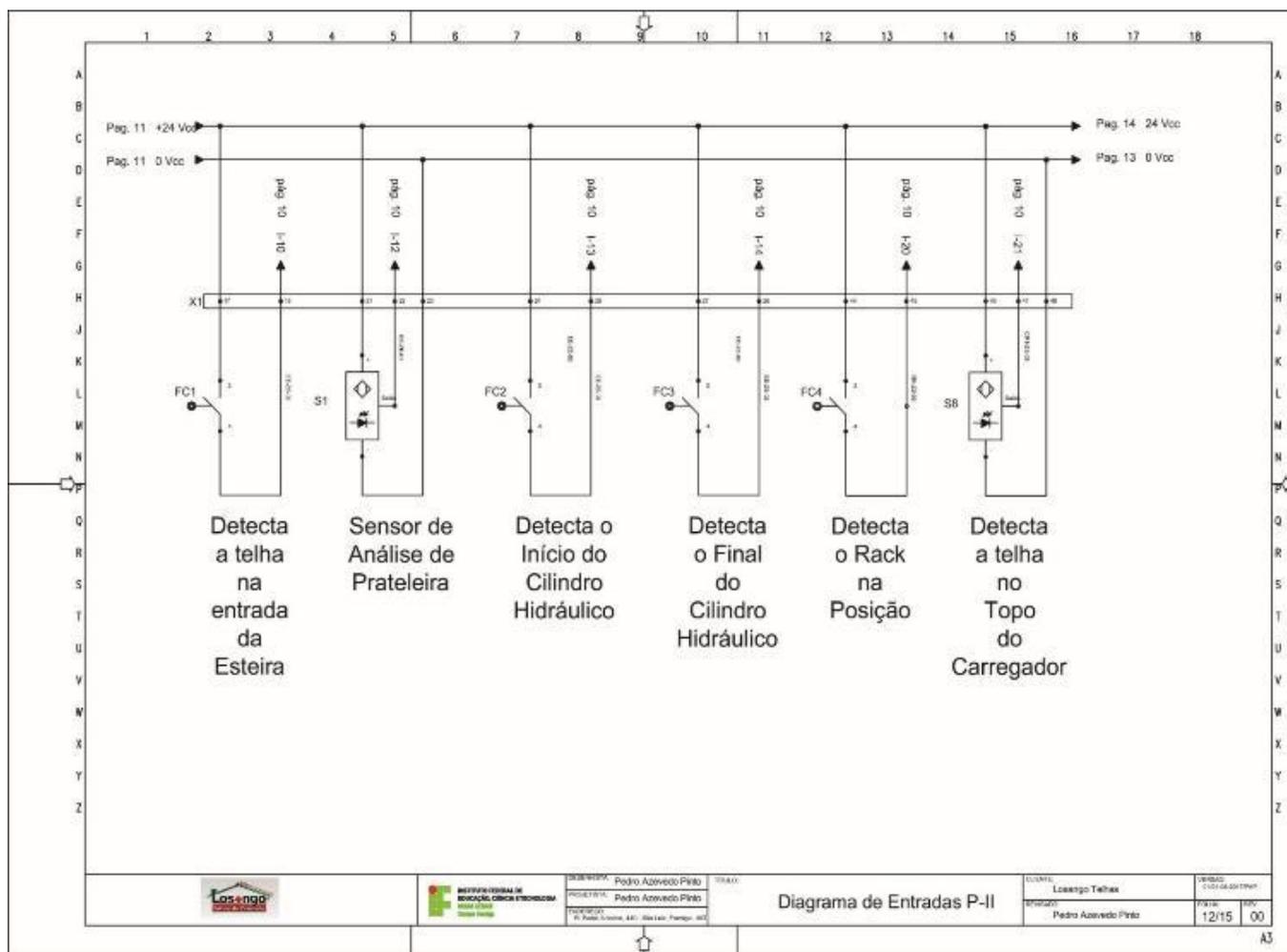
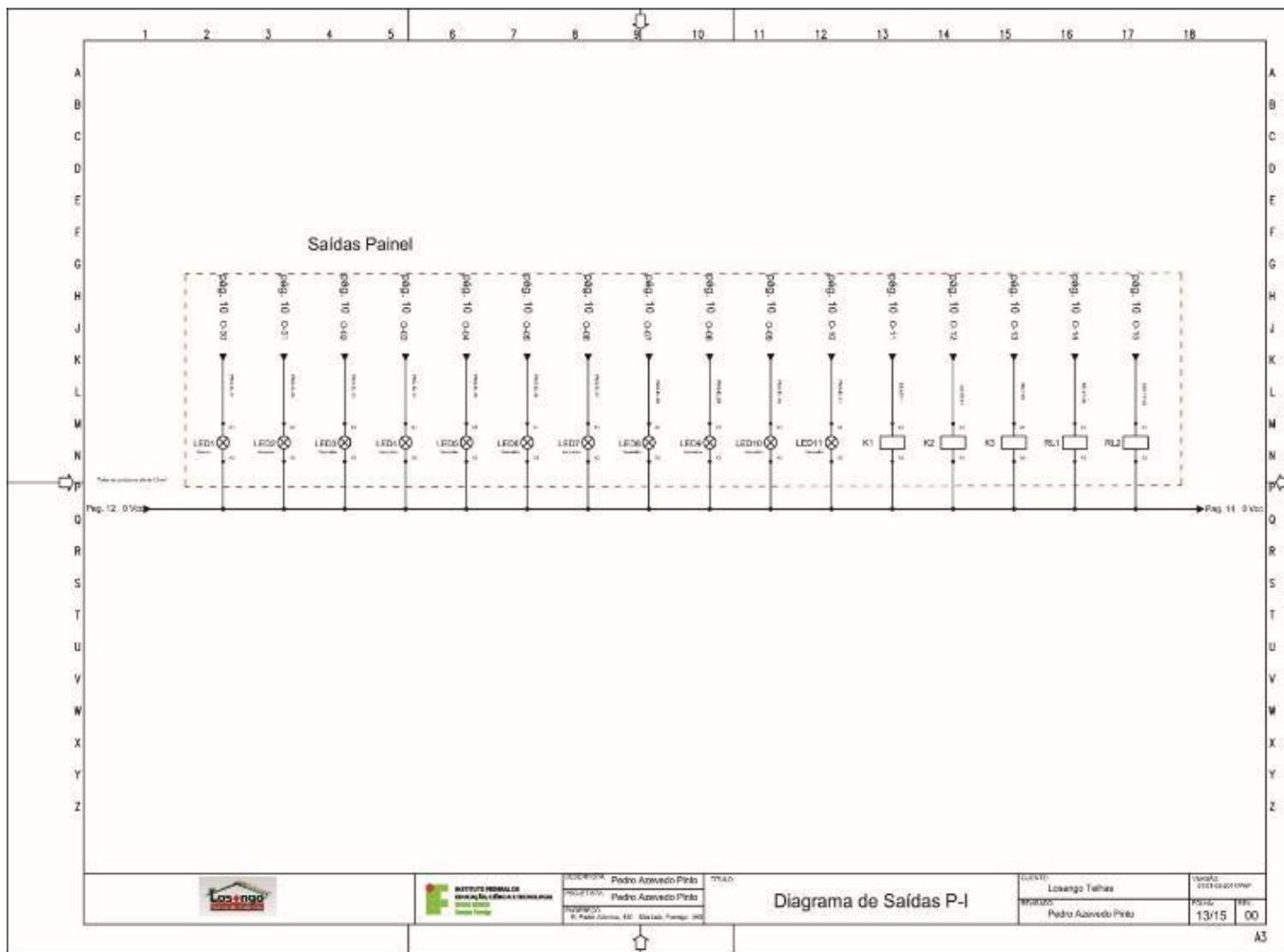


Figura 38 - Apêndice G: Diagrama de Entrada P-II.



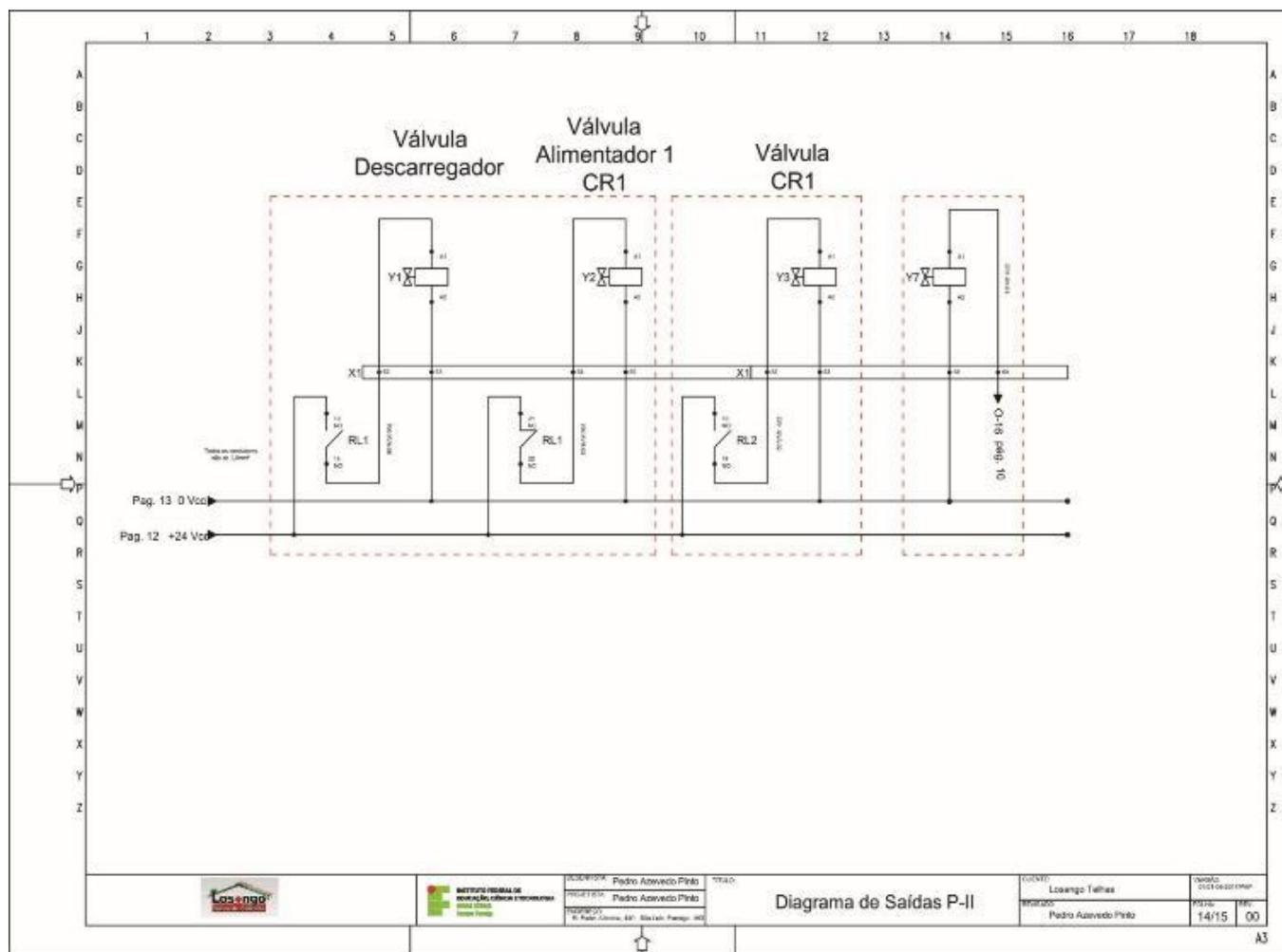
Fonte: PINTO (2019).

Figura 39 - Apêndice G: Diagrama de Saída P-I.



Fonte: PINTO (2019).

Figura 40 - Apêndice G: Diagrama de Saída P-II.



Fonte: PINTO (2019).

Figura 41 - Apêndice G: Régua de Borne.

Régua de Borne									
Régua (cm)	Banco	Condutor	Ampla	Função	Régua (cm)	Banco	Condutor	Ampla	Função
31 - Régua de Carga 1,5mm ²	1	Condutor com ponta de 4,0mm ²	8	Entrada de Alimentação Trifásica 220V 50Hz do Resil	32 - Régua de Carga 2,5mm ²	46	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V
	2	Condutor com terminação de 4,0mm ²	5			46	Condutor vermelho 1mm ²	CK2-05-08	Retardo 2S CLP
	3	Condutor com terminação de 4,0mm ²	7			51	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V
	4	Condutor com ponta de 3,0mm ²	8	Saída de Alimentação Trifásica 220V 50Hz do Motor do Bóiler de Sulfato		52	Condutor vermelho 1mm ²	90-VVA-08	Saída Normalizada Aberta do RL3
	5	Condutor com ponta de 3,0mm ²	8			53	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V
	6	Condutor com terminação de 2,5mm ²	5			54	Condutor vermelho 1mm ²	90-VVA-06	Saída Normalizada Fechada do RL3
	7	Condutor com terminação de 2,5mm ²	7	Saída de Alimentação Trifásica 220V 50Hz do Motor da Bomba Hidráulica		55	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V
	8	Condutor com ponta de 2,5mm ²	8			56	Condutor vermelho 1mm ²	CK1-VVA-03	Saída Normalizada Aberta do RL2
	9	Condutor com ponta de 2,5mm ²	8			57	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V
	10	Condutor com terminação de 2,5mm ²	5	Saída de Alimentação Trifásica 220V 50Hz do Motor da Bomba Hidráulica		58	Condutor vermelho 1mm ²	CK2-VVA-03	Saída Normalizada Fechada do RL2
	11	Condutor com terminação de 2,5mm ²	7			59	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V
	12	Condutor com ponta de 2,5mm ²	8			60	Condutor vermelho 1mm ²	CK2-VVA-03	Saída Normalizada Aberta do RL2
	13	Condutor com terminação de 2,5mm ²	7	Saída de Alimentação Trifásica 220V 50Hz do Motor da Bomba Hidráulica		61	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V
	14	Condutor com ponta de 2,5mm ²	7			62	Condutor vermelho 1mm ²	CK2-VVA-03	Saída Normalizada Fechada do RL3
	15	Condutor com terminação de 2,5mm ²	7			63	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V
33 - Régua de Carga 2,5mm ²	16	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V	64	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V	
	17	Condutor vermelho 1mm ²	05-25-02	Fim de Curso que detecta a falha na instalação do sistema	65	Condutor vermelho 1mm ²	E41 3V 03	Valvula 3V1	
	18	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V	66	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V	
	19	Condutor vermelho 1mm ²	05-25-03	Entrada 1S do CLP	67	Condutor vermelho 1mm ²	CK3 3V 04	Saída 1S do CLP	
	20	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V	68	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V	
	21	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V	69	Condutor vermelho 1mm ²	IM 3V 06	Saída 1S do CLP	
	22	Condutor vermelho 1mm ²	05-05-05	Sensor que detecta a falha na instalação					
	23	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V					
	24	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V					
	25	Condutor vermelho 1mm ²	05-25-05	Detecta o início do Ciclo Hidráulico					
	26	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V					
	27	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V					
	28	Condutor vermelho 1mm ²	05-25-06	Detecta o Fim do Ciclo Hidráulico					
	29	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V					
	30	Condutor vermelho 1mm ²	05-25-06	Indicador 1S do CLP					
31	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V						
32	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V						
33	Condutor vermelho 1mm ²	05-25-04	Entrada 2S do CLP						
34	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V						
35	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V						
36	Condutor vermelho 1mm ²	90-21-08	Retardo 1S do CLP						
37	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V						
38	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V						
39	Condutor vermelho 1mm ²	90-21-06	Retardo 1S do CLP						
40	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V						
41	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V						
42	Condutor vermelho 1mm ²	9V-22-07	Entrada 1S do CLP						
43	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V						
44	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V						
45	Condutor vermelho 1mm ²	9V-21-05	Fim de Curso que detecta a falha na instalação						
46	Condutor vermelho 1mm ²	24	Alimentação 24V						
47	Condutor vermelho 1mm ²	01A-22-01	Detecta a falha no cabo de Comando						
48	Condutor preto 1mm ²	0	Alimentação 0V						

Fonte: PINTO (2019).

APÊNDICE H

Levantamento de Demanda.

Figura 42 - Apêndice H: Levantamento de Demanda da Célula de Manufatura.

Levantamento de Demanda		Data: _____		
Empresa: <u>Losango telhas de Contrato</u>	CNPJ: _____		Contato: _____	
Responsável: <u>Leonardo</u>	Contato: _____		_____	
Projetista: <u>Pedro Azevedo Pinto</u>	Contato: _____		_____	
Registro Profissional: _____				
Tensão do Quadro: <input type="checkbox"/> 127V <input checked="" type="checkbox"/> 220V <input type="checkbox"/> 380V		Outro: _____		
Tipo de Alimentação: <input checked="" type="checkbox"/> 3 Fases + Terra <input type="checkbox"/> 3 Fases <input type="checkbox"/> 2 Fases + Terra		Valor: _____		
Alimentação do Comando: <input type="checkbox"/> Alternada <input checked="" type="checkbox"/> Contínua		Valor: <u>24V</u>		
Requisitos de Segurança a serem considerados:				
Uso de Relé de Controle de Simultaneidade:	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____		
Uso de Relé de Controle de Parada de Emergência:	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____		
Uso de Relé de Monitor de Movimento Zero:	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____		
Sistema que possibilite o Bloqueio dos dispositivos de Acionamento:	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____		
Contatores com comando de partida e parada:	<input checked="" type="checkbox"/> Sim <input type="checkbox"/> Não	Quantidade: <u>1</u>		
Contatores com contatos positivamente guiados:	<input type="checkbox"/> Sim <input checked="" type="checkbox"/> Não	Quantidade: _____		
Atuadores		Entradas		
Motores		Botões		
Potência	Tensão	Corrente	Tipo de Partida	Aplicação
1 1 CV	220V		Inv. Frequência	Esteira de entrada
2 1 CV	220V		Inv. Frequência	Esteira de saída
3 3 CV	220V		Direta	Bomba Hidráulica
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Aplicação	Válvula	Aplicação	Válvula	
1 Passo do carregador	5/2 vias	Alimentador de Telhas	5/2 vias	
2 Passo do descarregador	5/2 vias	Alimentador de Telhas	5/2 vias	
3 Passo do descarregador	5/2 vias	Alimentador de Telhas	5/2 vias	
4				
5				
6				
7				
8				
9				
10				
Aplicação				
1 Liga				
2 Desliga				
3 Seletora Manual/Automático				
4 Emergência				
5 Escolha de teste				
6				
7				
8				
9				
10				
11				
12				
13				
14				
15				
Sinais		Sensores/Fins De Curso		
Aplicação	Anotações:			
1 Painel Energizado				
2 Sobrecarga/Falta de Fase				
3 Esteira de entrada ligada				
4 Esteira de saída ligada				
5 Cilindro passo CR1 ligado				
6 Cilindro passo CR2 ligado				
7 Cilindro passo DCR Ligado				
8 Cilindro alimentador CR1 ligado				
9 Cilindro alimentador CR2 ligado				
10 Cilindro alimentador DCR Ligado				
11 Giro carrossel				
12				
13				
14				
15				
Aplicação				
1 Sensor ótico topo CR1				
2 Sensor ótico topo CR2				
3 Sensor ótico topo DCR				
4 Sensor ótico análise prateleira CR1				
5 Sensor ótico análise prateleira CR2				
6 Sensor ótico análise prateleira DCR				
7 Fim de curso tenha posição CR1				
8 Fim de curso tenha posição CR2				
9 Fim de curso tenha posição DCR				
10 Fim de curso alimentador CR1 início				
11 Fim de curso alimentador CR1 fim				
12 Fim de curso alimentador CR2 início				
13 Fim de curso alimentador CR2 fim				
14 Fim de curso alimentador DCR início				
15 Fim de curso alimentador DCR fim				
16 Fim de curso Rack na posição				
17				
18				
19				
20				
21				
22				
23				
24				

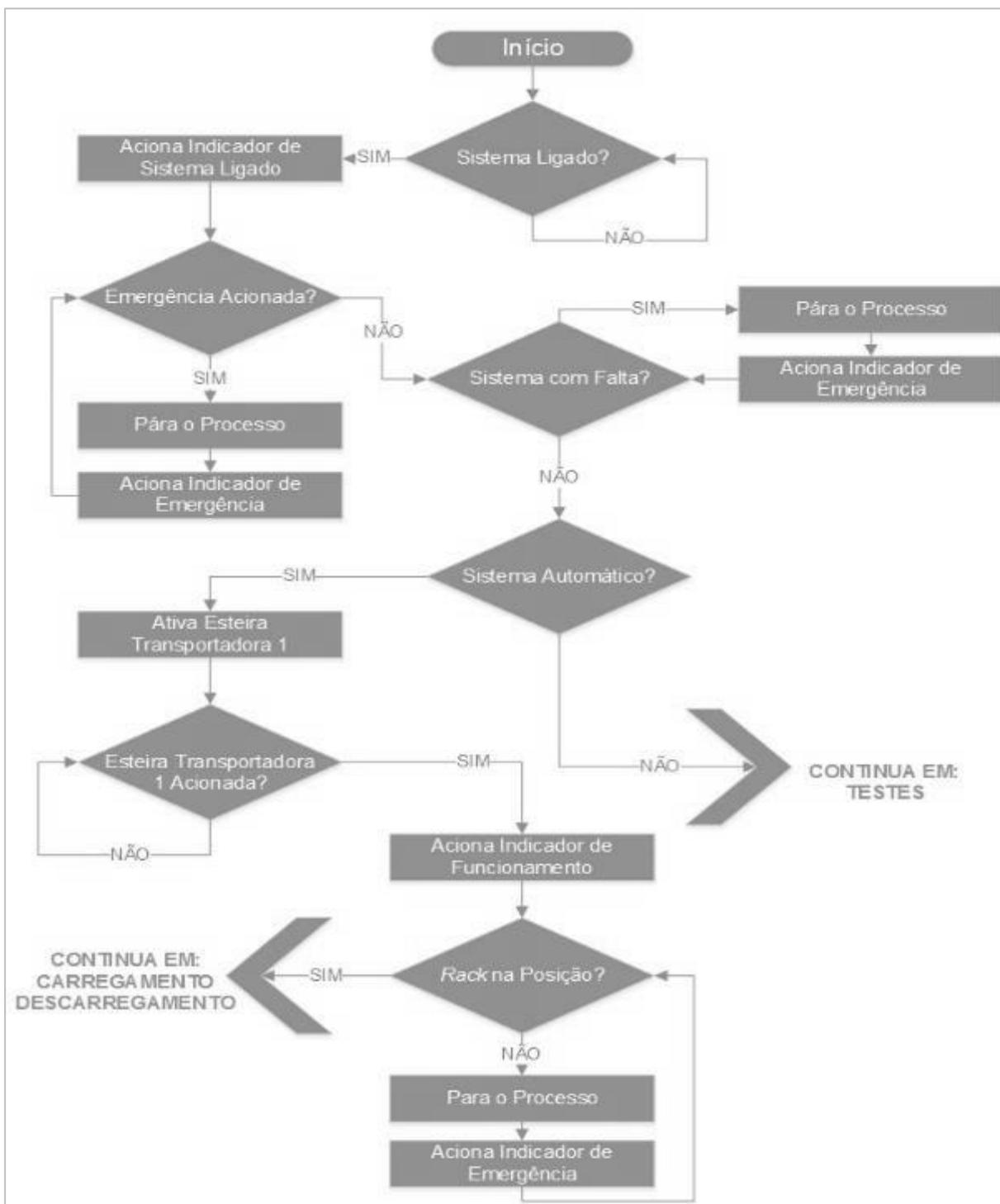
Fonte: PINTO (2019).

ANEXO A

Fluxograma de funcionamento da Célula de Manufatura Rotativa Automatizada.

a) Etapa principal do diagrama lógico.

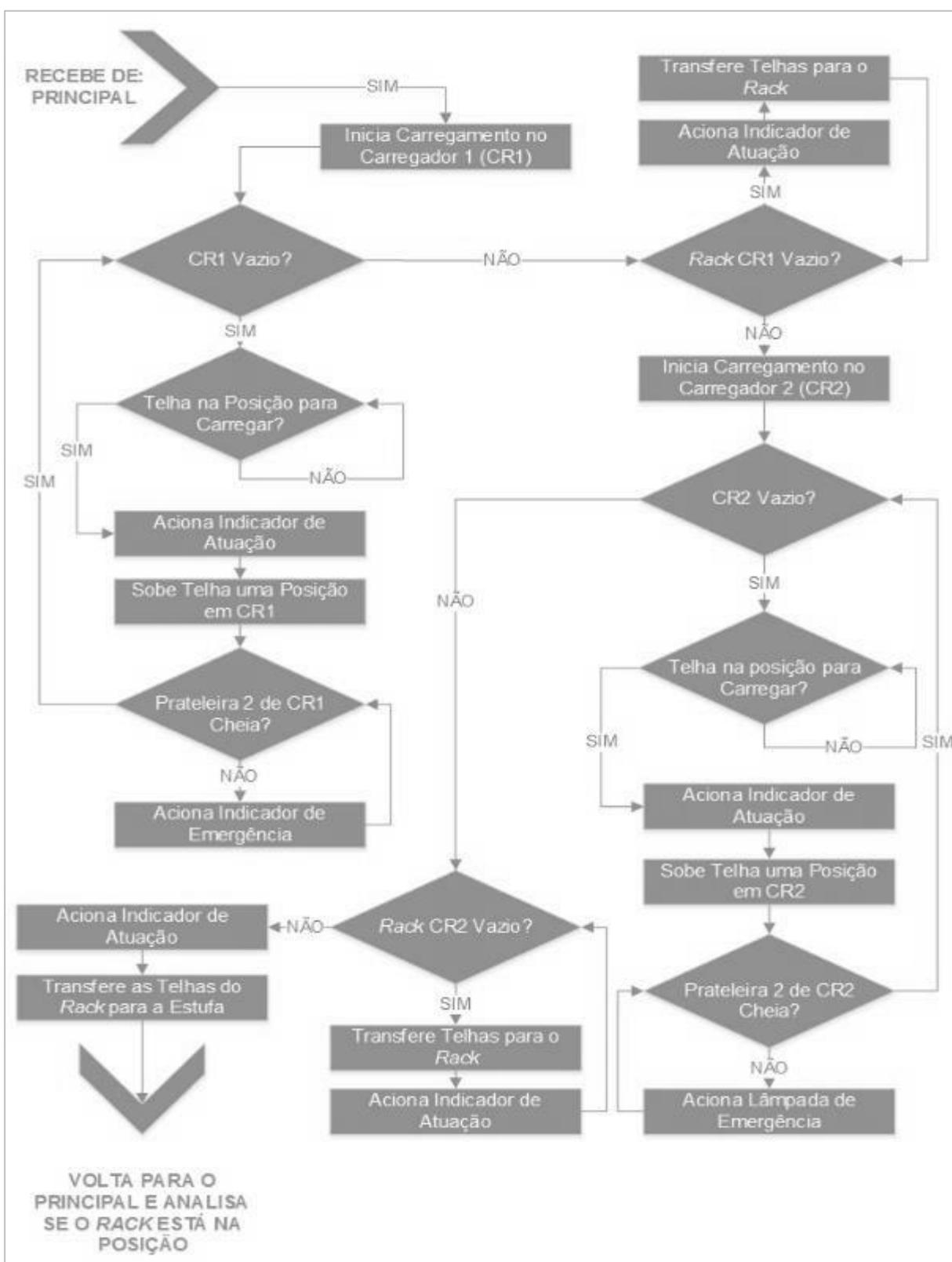
Figura 43 – Anexo A: Fluxograma P-1.



Fonte: GUIMARÃES (2016).

b) Etapa de carregamento do diagrama lógico.

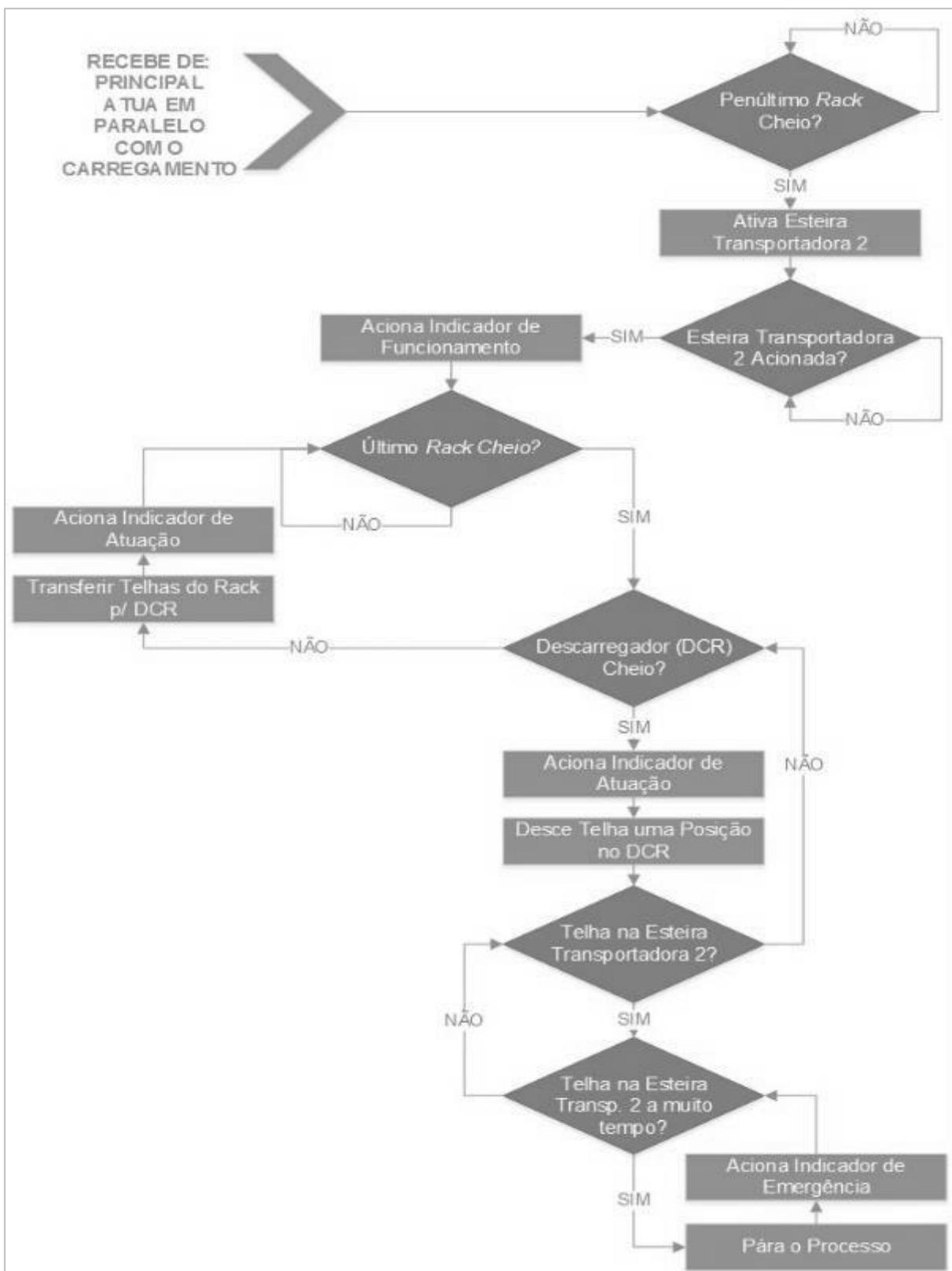
Figura 44 – Anexo A: Fluxograma P-II.



Fonte: GUIMARÃES (2016).

c) Etapa de descarregamento do diagrama lógico.

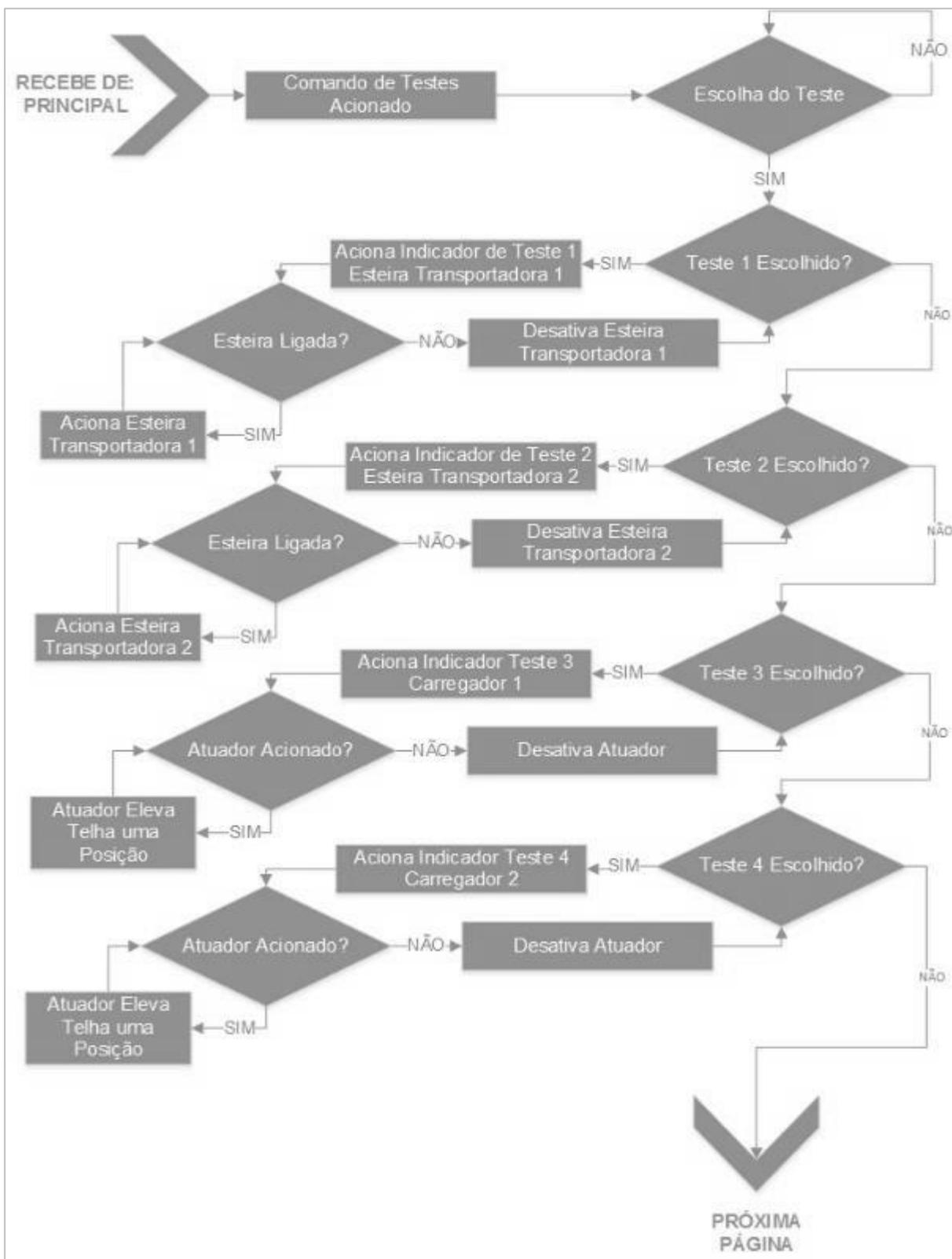
Figura 45 – Anexo A: Fluxograma P-III.



Fonte: GUIMARÃES (2016).

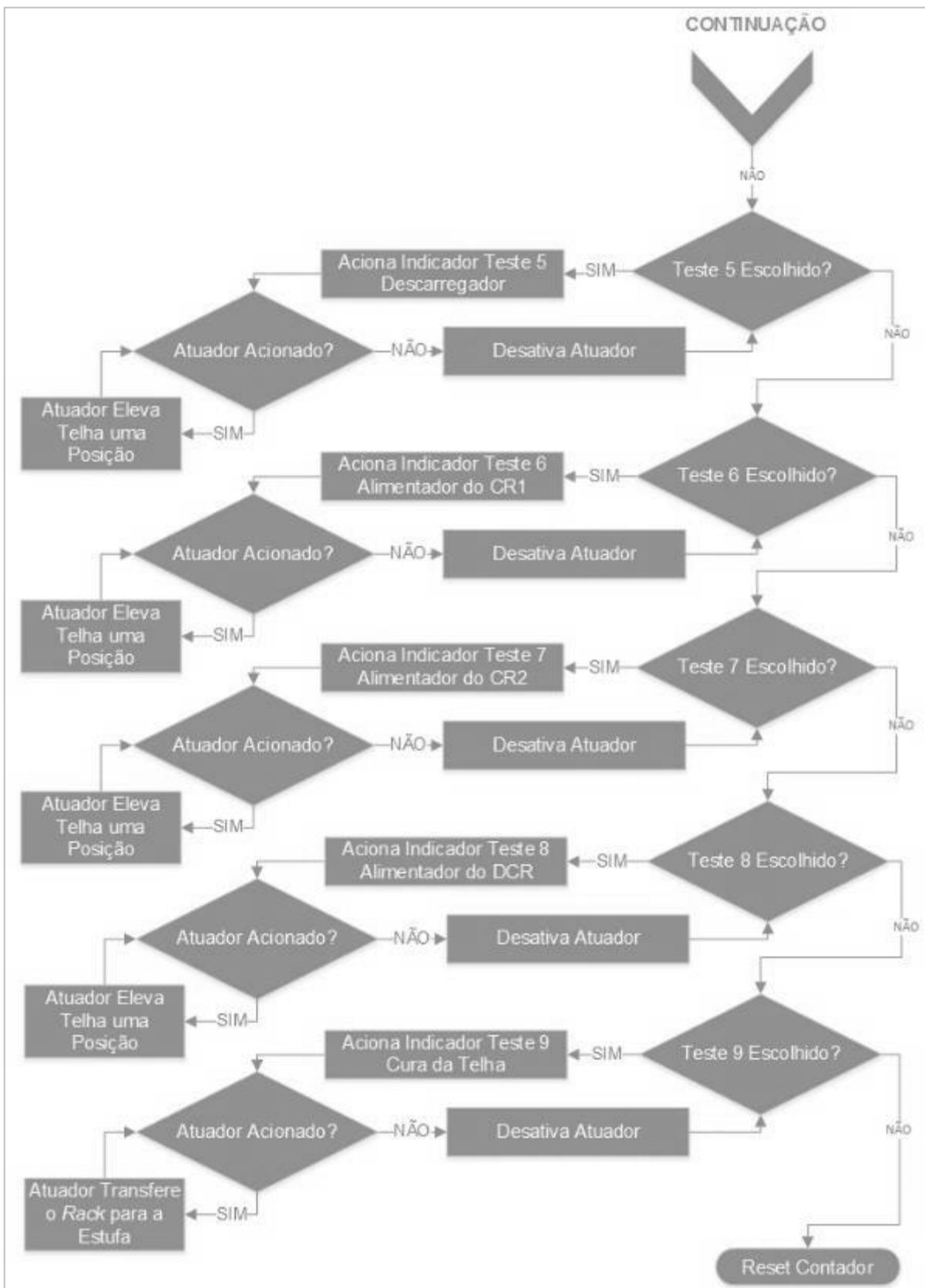
d) Etapa de testes do diagrama lógico.

Figura 46 – Anexo A: Fluxograma P-IV.



Fonte: GUIMARÃES(2016).

Figura 47 – Anexo A: Fluxograma P-V.



Fonte: GUIMARÃES (2016).

ANEXO B

Página do Catálogo de Canaletas Dutoplast.

Figura 48 – Anexo B: Página do Catálogo de Canaletas Dutoplast.

Canaleta Lisa CL	Recorte Aberto CRR-RA	Recorte Fechado CRR-RF	Base mm	Altura mm
101.068	105.068	109.068	15	15
101.069	105.069	109.069	15	22
101.070	105.070	109.070	22	22
101.071	105.071	109.071	30	30
101.072	105.072	109.072	30	50
101.073	105.073	109.073	50	50
101.074	105.074	109.074	80	50
101.075	105.075	109.075	80	80
101.076	105.076	109.076	110	50
101.077	105.077	109.077	140	50
101.078	105.078	109.078	30	80
101.079	105.079	109.079	50	80
101.080	105.080	109.080	50	35
101.081	105.081	109.081	80	35
101.082	105.082	109.082	110	80
101.083	105.083	109.083	22	30
101.084	105.084	109.084	30	38,5
101.085	105.085	109.085	60	50
101.086	105.086	109.086	80	126
101.087	105.087	109.087	110	126
101.088	105.088	109.088	50	126
101.089	105.089	109.089	100	100
101.090	105.090	109.090	150	50
101.091	105.091	109.091	40	40
101.092	105.092	109.092	40	70
101.093	105.093	109.093	70	70
101.094	105.094	109.094	60	40
101.095	105.095	109.095	40	80
101.096	105.096	109.096	60	100
101.097	105.097	109.097	80	100
101.098	105.098	109.098	40	100
101.099	105.099	109.099	60	60
101.100	105.100	109.100	30	60
101.101	105.101	109.101	120	60
101.102	105.102	109.102	30	40
101.103	105.103	109.103	80	60



Canaleta Lisa

Cores



Cinza



Creme



Azul



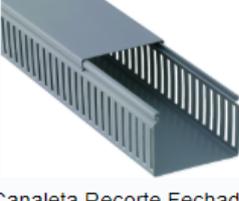
Azul Petróleo



Preto



Canaleta Recorte Aberto



Canaleta Recorte Fechado

Fonte: Catálogo Dutoplast.

ANEXO C

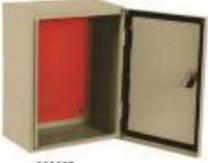
Página do Catálogo de Painéis da Legrand.

Figura 49 – Anexo C: Página do Catálogo de Painéis da Legrand.



Standard
quadros de comando






Produto económico com ótimo padrão de acabamento. Possui pino metálico nas dobradiças e borracha de vedação integrada na porta. A abertura da porta é de 130 graus. Modelos sem flange. Acompanha a placa de montagem.
 Em chapa de aço tratada e base de fosfato de ferro e pintura a pó. Caixa e porta na cor bege HAL 7032. Peças de montagem na cor Israne RAL 2004.

Emb.	Ref.	Quadros de comando Standard				
		Alt x Larg x Prof.	Chapa número		Peças de montagem	
			Para	Quadro		
1	902301	200 x 200 x 120	20	20	18	
1	902305	350 x 200 x 150	20	20	18	
1	902303	300 x 200 x 200	20	20	18	
1	902304	300 x 300 x 200	20	20	18	
1	902307	400 x 300 x 200	20	20	18	
1	902308	400 x 400 x 200	20	20	16	
1	902309	400 x 400 x 250	20	20	16	
1	902311	500 x 300 x 200	20	20	16	
1	902312	500 x 400 x 200	20	20	16	
1	902313	500 x 500 x 200	20	20	16	
1	902314	500 x 500 x 250	20	20	16	
1	902315	600 x 400 x 200	20	20	16	
1	902316	600 x 400 x 250	20	20	16	
1	902317	600 x 500 x 200	18	20	16	
1	902318	600 x 500 x 250	18	20	16	
1	902319	600 x 600 x 200	18	20	16	
1	902320	600 x 600 x 250	18	20	16	
1	902321	800 x 500 x 200	18	18	16	
1	902322	800 x 500 x 250	18	18	16	
1	902323	800 x 600 x 200	18	18	14	
1	902324	800 x 600 x 250	18	18	14	

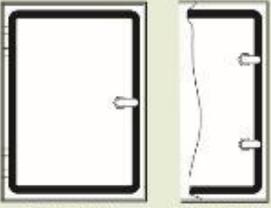
Standard
características técnicas

■ Dimensões (mm)





Vista Frontal Vista da Placa de Montagem Vista Lateral

Vista de Topo A: Arco Código 902320 A: Perfil Código 902321

Vista Interna da Porta

Ref.	Quadros de comando Standard						Chapa número			Peso (kg, aprox.)
	A	B	C	D	E	F	Porta	Caixa	Peças de montagem	
902301	200	200	150	190	120	130	20	20	18	1,91
902305	350	200	150	300	150	130	20	20	18	3,28
902303	300	200	150	250	200	180	20	20	18	3,28
902304	300	300	250	250	200	180	20	20	18	4,34
902307	400	300	250	350	200	80	20	20	18	5,48
902308	400	400	350	350	200	180	20	20	16	7,08
902309	400	400	350	350	250	200	20	20	16	7,91
902311	500	300	250	450	200	180	20	20	16	6,99
902312	500	400	450	350	200	180	20	20	16	8,75
902313	500	500	450	450	200	180	20	20	16	10,5
902314	500	500	450	450	250	230	20	20	16	11,29
902315	600	400	350	550	200	180	20	20	16	10,88
902316	600	400	350	550	250	230	20	20	16	11,67
902317	600	500	450	550	200	180	9	20	16	13,09
902318	600	500	450	550	250	230	18	20	16	13,06
902319	600	600	550	550	200	180	18	20	16	15,29
902320	600	600	550	550	250	230	18	20	16	16,29
902321	800	500	450	750	200	180	18	18	16	19,32
902322	800	500	450	750	250	230	18	18	16	20,67
902323	800	600	550	750	200	180	18	16	14	23,00
902324	800	600	550	750	250	230	18	16	14	25,25



Soluções aplicadas à Mini-ventiladores

páginas 237