



**FABRÍCIO CORREA NOGUEIRA**

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADOS EM MÁQUINA  
OPERATRIZ DE SOLDA SIMULTÂNEA SOB OS PRINCÍPIOS  
DA NR-12**

**LAVRAS – MG  
2025**

**FABRÍCIO CORRÊA NOGUEIRA**

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADOS EM MÁQUINA OPERATRIZ DE  
SOLDA SIMULTÂNEA SOB OS PRINCÍPIOS DA NR-12**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação, área de concentração em Automação de Processos, para a obtenção do título de Mestre.

Prof. DSc. Sandro Pereira da Silva  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2025**

**Ficha catalográfica elaborada pelo Sistema de Geração de Ficha Catalográfica da Biblioteca Universitária da UFLA, com dados informados pelo(a) próprio(a) autor(a).**

Nogueira, Fabrício Corrêa.

Automação e controle aplicados em máquina operatriz de solda simultânea sob os princípios da NR-12 / Fabrício Corrêa

Nogueira. – 2024.

131 p. : il.

Orientador: Sandro Pereira da Silva.

Dissertação (Mestrado acadêmico) – Universidade Federal de Lavras, 2024.

Bibliografia.

1. Automação industrial. 2. Segurança de máquinas. 3. Controlador Lógico Programável (CLP). I. Silva, Sandro Pereira da. II. Título.

**FABRÍCIO CORRÊA NOGUEIRA**

**AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADOS EM MÁQUINA OPERATRIZ DE  
SOLDA SIMULTÂNEA SOB OS PRINCÍPIOS DA NR-12**

**AUTOMATION AND CONTROL APPLIED IN SIMULTANEOUS WELDING  
MACHINE UNDER THE PRINCIPLES OF NR-12**

Dissertação apresentada à Universidade Federal de Lavras, como parte das exigências do Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Sistemas e Automação, área de concentração em Automação de Processos, para a obtenção do título de Mestre.

APROVADA em 20 de dezembro de 2024.

Prof. Filipe Augusto Gaio de Oliveira

Prof. Evandro Pereira da Silva

Prof. DSc. Sandro Pereira da Silva  
Orientador

**LAVRAS – MG  
2025**

## AGRADECIMENTOS

Agradeço a Deus pela oportunidade de realizar o Mestrado, em um programa de Engenharia juntando os seguimentos de automação e manutenção, que dedico minha vida profissional desde 2004. A Deus toda honra e graça.

Aos meus pais, Marlei de Fatima Correa (*in memoriam*) e Jose Camilo Nogueira, por terem me ensinado o caminho da educação e valorização do aprendizado, por eles me ingressei no SENAI da UFLA ainda adolescente.

À minha esposa Ana Carolina Campos Souza, pela parceria, paciência e auxílio que sempre esteve ao meu lado, meus filhos maravilhosos Roberto e Maria Cecilia, sem eles nada seria possível.

Ao orientador e grande amigo, Professor Sandro Pereira da Silva, por ter me orientado com exatidão, companheirismo e acima de tudo um grande conhecimento na área técnica;

À Universidade Federal de Lavras (UFLA), especialmente ao Departamento de Engenharia, pela oportunidade que me foi dada;

Aos colegas da pós-graduação, pela parceria e luta constante pelo aprendizado.

A todos os funcionários e professores do Departamento de Engenharia o meu carinho e consideração.

## RESUMO

No ambiente industrial, busca-se constantemente a produtividade e o desempenho dos equipamentos operacionais, sejam eles de atuação manual, automática ou por meio de células robóticas. Esses equipamentos são equipados com tecnologia de automação, o que gera movimentos e riscos de acidentes de trabalho. Diante desse cenário, torna-se necessário adequar o processo produtivo com medidas de segurança para garantir a integridade física dos profissionais que operam esses equipamentos. O objetivo desse estudo foi realizar adequações em uma máquina de solda, com a integração de recursos de automação elétrica, eletrônica e pneumática, visando a maximização da produtividade e, ao mesmo tempo, a segurança dos operadores envolvidos. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza aplicada e descritiva. Para a análise de risco utilizou o método *Hazard Rating Number* (HRN). Foram adotadas medidas de automação de segurança de acordo com a norma regulamentadora NR-12. Isso envolveu a utilização de um CLP de segurança com entradas e saídas monitoradas, programadas por meio de portas lógicas, e um Painel de Segurança com dispositivos como contadores, disjuntores, botões de emergência, sensores, cortina de segurança, chaves de bloqueio e monitoramento. Além disso, foi considerado o uso de movimentos por meio de ar comprimido, levando em conta as grandezas de vazão e pressão. Foram aplicadas válvulas de despressurização manual e automática, válvulas direcionais com dupla posição e centro fechado, além de retenções pilotadas. O desenvolvimento do projeto contemplou aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, com o intuito de garantir a proteção e o acesso seguro à máquina. Após a finalização dos ajustes necessários a máquina foi classificada como nível de risco desprezível, ou seja, foram sanados todos os riscos de acidentes e para saúde dos trabalhadores que a operam.

Palavras-chave: automação industrial; Segurança de máquinas; controlador Lógico Programável (CLP); Norma Regulamentadora NR-12; proteção e acessibilidade em máquinas.

## **ABSTRACT**

In the industrial environment, productivity and performance of operational equipment is constantly sought, whether manual, automatic or through robotic cells. This equipment is equipped with automation technology, which creates movement and risks of workplace accidents. Given this scenario, it becomes increasingly necessary to adapt the production process with safety measures to guarantee the physical integrity of professionals who operate this equipment. The objective of this study is to make adjustments to a welding machine, with the integration of electrical, electronic and pneumatic automation resources, aiming to maximize productivity and, at the same time, the safety of the operators involved. This is qualitative research, applied and descriptive in nature. For risk analysis, the Hazard Rating Number (HRN) method was used. Security automation measures were adopted in accordance with regulatory standard NR-12. This involved the use of a safety PLC with monitored inputs and outputs, programmed through logic gates, and a Security Panel with devices such as contactors, circuit breakers, emergency buttons, sensors, safety curtain, blocking and monitoring switches. Furthermore, the use of movements using compressed air was considered, taking into account the flow and pressure quantities. Manual and automatic depressurization valves, directional valves with double position and closed center were applied, in addition to piloted retentions. The development of the project included electrical, pneumatic and mechanical aspects, with the aim of guaranteeing protection and safe access to the machine. After completing the necessary adjustments, the machine was classified as a negligible risk level, that is, all risks of accidents and the health of the workers who operate it were eliminated.

**Keywords:** Industrial automation; Machine safety; Programmable Logic Controller (PLC); Regulatory standard NR-12; Protection and accessibility in machines.

## **INDICADORES DE IMPACTO**

O projeto de mestrado foi adequado para o enquadramento da NR-12 em uma máquina operatriz, promovendo inovação e segurança na indústria, alinhando-se ao ODS 9 – Indústria, Inovação e Infraestrutura. O estudo permitiu a implementação de melhorias tecnológicas que resultaram na modernização do equipamento, garantindo maior eficiência produtiva e redução de acidentes, beneficiando diretamente trabalhadores da indústria e impulsionando práticas mais seguras no setor. O impacto social se manifesta na preservação da integridade física dos operadores, proporcionando melhores condições de trabalho e reduzindo custos com afastamentos e indenizações. Do ponto de vista tecnológico, a pesquisa contribuiu para a aplicação de novas soluções em automação e engenharia de segurança, permitindo a adequação da máquina operatriz sem comprometer sua produtividade. A implementação das diretrizes da NR-12 também gerou impacto econômico positivo, pois a redução de riscos operacionais minimiza prejuízos financeiros relacionados a acidentes, enquanto a melhoria na eficiência contribui para o aumento da competitividade industrial. Culturalmente, o trabalho reforça a conscientização sobre segurança e normatização no ambiente fabril, estimulando uma mudança de mentalidade nas empresas e promovendo a valorização da vida e do bem-estar dos trabalhadores. O caráter extensionista do estudo se dá pela interação com indústrias locais, permitindo que os resultados sejam replicáveis em outros contextos produtivos, beneficiando um público amplo de profissionais e empresas que buscam conformidade com as normas de segurança. Assim, os impactos diretos e potenciais da pesquisa abrangem desde a melhoria das condições de trabalho até o avanço tecnológico e econômico do setor industrial, contribuindo para um desenvolvimento sustentável e inovador, alinhado às diretrizes da Agenda 2030.

## **IMPACT INDICATORS**

The master's project was adapted to the NR-12 framework for a machine tool, promoting innovation and safety in the industry, in line with SDG 9 – Industry, Innovation and Infrastructure. The study allowed the implementation of technological improvements that resulted in the modernization of the equipment, ensuring greater production efficiency and a reduction in accidents, directly benefiting industry workers and promoting safer practices in the sector. The social impact is manifested in the preservation of the physical integrity of operators, providing better working conditions and reducing costs with absences and compensations. From a technological point of view, the research contributed to the application of new solutions in automation and safety engineering, allowing the adaptation of the machine tool without compromising its productivity. The implementation of the NR-12 guidelines also generated a positive economic impact, as the reduction of operational risks minimizes financial losses related to accidents, while the improvement in efficiency contributes to the increase of industrial competitiveness. Culturally, the work reinforces awareness about safety and standardization in the factory environment, encouraging a change in mindset in companies and promoting the appreciation of workers' lives and well-being. The extensionist nature of the study is achieved through interaction with local industries, allowing the results to be replicated in other production contexts, benefiting a broad audience of professionals and companies seeking compliance with safety standards. Thus, the direct and potential impacts of the research range from improving working conditions to technological and economic advancement in the industrial sector, contributing to sustainable and innovative development, aligned with the guidelines of the 2030 Agenda.

## LISTA DE FIGURAS

### PRIMEIRA PARTE

|                                                                                                                                       |    |
|---------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Vista frontal da máquina A. sem adequações à NR-12. B. com sensores e laser instalados. ....                               | 25 |
| Figura 2 – Irregularidades apontadas na Serra circular analisada por Silva (2015). ....                                               | 27 |
| Figura 3 – Irregularidades apontadas na betoneira analisada por Silva (2015). ....                                                    | 27 |
| Figura 4 – Modelagem do abridor de cabeça projetado por Boger (2018). ....                                                            | 28 |
| Figura 5 – Componentes do torrador de café industrial avaliado por Nicolau (2022). ....                                               | 29 |
| Figura 6 – Vista frontal da guilhotina antes das adequações. ....                                                                     | 30 |
| Figura 7 – Mapa mental da NR-10. ....                                                                                                 | 36 |
| Figura 8 – a. Ligação anterior incorreta b. circuito interno dos condensadores após adequação. ....                                   | 39 |
| Figura 9 – Eletrodutos instalados e testagem da carcaça. ....                                                                         | 40 |
| Figura 10 – Imagem de um painel elétrico. ....                                                                                        | 41 |
| Figura 11 – Prova de conceito para uso em hospitais, para isolar e transportar pessoas portadoras de doenças infectocontagiosas. .... | 46 |
| Figura 12 – Torno utilizado no estudo de Ruffoni. ....                                                                                | 50 |
| Figura 13 – Aviso de perigo de choque elétrico. ....                                                                                  | 51 |
| Figura 14 – Projeto final da rebitadeira pneumática. ....                                                                             | 55 |
| Figura 15 – Esquema de um CLP. ....                                                                                                   | 59 |
| Figura 16 – Esquema de Damper da máquina de café. ....                                                                                | 61 |
| Figura 17 – Servoposicionador pneumático usado por Locateli (2011). ....                                                              | 66 |
| Figura 18 – Simbologia Ladder. ....                                                                                                   | 70 |

### SEGUNDA PARTE - ARTIGO

#### ARTIGO 1

|                                                                                                                                     |    |
|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|----|
| Figura 1 – Imagem da máquina de solda antes da avaliação de risco. ....                                                             | 86 |
| Figura 2 – Diagrama de causa e efeito. ....                                                                                         | 87 |
| Figura 3 – Representação esquemática do processo de determinação da categoria de segurança requerida apresentado na NBR 14153. .... | 91 |
| Figura 4 – Classificação de risco da máquina de solda. ....                                                                         | 93 |
| Figura 5 – Foto inicial da máquina antes das melhorias e adequações. ....                                                           | 95 |

|                                                                        |     |
|------------------------------------------------------------------------|-----|
| Figura 6 – Diagrama de blocos.....                                     | 98  |
| Figura 7 – Desenho ilustrativo da máquina descrevendo suas peças. .... | 99  |
| Figura 8 – Máquina com acionamento bi manual. ....                     | 102 |
| Figura 9 – Chave seccionadora liga/desliga. ....                       | 103 |
| Figura 10 – CLP e contadores. ....                                     | 103 |
| Figura 11 – Cortina de segurança. ....                                 | 105 |

## LISTA DE QUADROS

### SEGUNDA PARTE

|                                                                     |     |
|---------------------------------------------------------------------|-----|
| Quadro 1 – Valores para os parâmetros, segundo método HRN.....      | 88  |
| Quadro 2 – Classificação do nível de risco de acordo como HRN. .... | 89  |
| Quadro 3 – Dados referente a aplicação do método HRN. ....          | 94  |
| Quadro 4 – Itens em desacordo com a classificação de risco.....     | 96  |
| Quadro 5 – Classificação de risco após ajustes necessários.....     | 106 |

## SUMÁRIO

|             |                                                                                                                               |            |
|-------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|------------|
|             | <b>PRIMEIRA PARTE</b> .....                                                                                                   | <b>14</b>  |
| <b>1</b>    | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                                                                                       | <b>14</b>  |
| <b>2</b>    | <b>OBJETIVOS</b> .....                                                                                                        | <b>15</b>  |
| <b>2.1</b>  | <b>Objetivo Geral</b> .....                                                                                                   | <b>15</b>  |
| <b>2.2</b>  | <b>Objetivos Específicos</b> .....                                                                                            | <b>15</b>  |
| <b>3</b>    | <b>REVISÃO BIBLIOGRÁFICA</b> .....                                                                                            | <b>16</b>  |
| <b>3.1</b>  | <b>Importância da aplicação da Norma regulamentadora 12 – BR em adequações e ou construções de máquinas operatrizes</b> ..... | <b>16</b>  |
| <b>3.2</b>  | <b>Aspectos técnicos da Norma regulamentadora 12 – NR-12</b> .....                                                            | <b>20</b>  |
| <b>3.3</b>  | <b>Aplicações da NR-12 em engenharia de controle</b> .....                                                                    | <b>23</b>  |
| <b>3.4</b>  | <b>Aspectos técnicos da Norma regulamentadora 10 – NR-10</b> .....                                                            | <b>31</b>  |
| <b>3.5</b>  | <b>Aplicações da NR-10 em engenharia de controle</b> .....                                                                    | <b>37</b>  |
| <b>3.6</b>  | <b>Ergonomia aplicada em processos produtivos</b> .....                                                                       | <b>42</b>  |
| <b>3.7</b>  | <b>Projeto Mecânico aplicado a NR-12</b> .....                                                                                | <b>43</b>  |
| <b>3.8</b>  | <b>Projeto Elétrico aplicado a NR-12</b> .....                                                                                | <b>47</b>  |
| <b>3.9</b>  | <b>Pneumática Industrial aplicada a NR-12</b> .....                                                                           | <b>52</b>  |
| <b>3.10</b> | <b>Sistemas de controle industriais</b> .....                                                                                 | <b>56</b>  |
| <b>3.11</b> | <b>Controlador Lógico Programável – CLP</b> .....                                                                             | <b>57</b>  |
| <b>3.12</b> | <b>Interface Homem Máquina – IHM</b> .....                                                                                    | <b>61</b>  |
| <b>3.13</b> | <b>Acionamentos de controle</b> .....                                                                                         | <b>63</b>  |
| <b>3.14</b> | <b>Programação de texto estruturado</b> .....                                                                                 | <b>67</b>  |
| <b>4</b>    | <b>CONCLUSÕES GERAIS</b> .....                                                                                                | <b>72</b>  |
|             | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                                                                                      | <b>73</b>  |
|             | <b>SEGUNDA PARTE – ARTIGO</b> .....                                                                                           | <b>81</b>  |
|             | <b>ARTIGO 1 – Automação e controle aplicados em máquina operatris de solda simultânea sob os princípios da NR-12</b> .....    | <b>81</b>  |
| <b>1</b>    | <b>INTRODUÇÃO</b> .....                                                                                                       | <b>83</b>  |
| <b>2</b>    | <b>METODOLOGIA</b> .....                                                                                                      | <b>85</b>  |
| <b>2.1</b>  | <b>Tipo de pesquisa</b> .....                                                                                                 | <b>85</b>  |
| <b>2.2</b>  | <b>Local, data e equipe</b> .....                                                                                             | <b>89</b>  |
| <b>2.3</b>  | <b>Objeto de estudo</b> .....                                                                                                 | <b>89</b>  |
| <b>2.4</b>  | <b>Procedimentos e materiais</b> .....                                                                                        | <b>92</b>  |
| <b>3</b>    | <b>RESULTADOS E DISCUSSÕES</b> .....                                                                                          | <b>93</b>  |
| <b>3.1</b>  | <b>Avaliação de risco</b> .....                                                                                               | <b>93</b>  |
| <b>3.2</b>  | <b>Projetos: Mecânico, Elétrico e Pneumático</b> .....                                                                        | <b>99</b>  |
| <b>3.3</b>  | <b>Ações que foram implementadas</b> .....                                                                                    | <b>100</b> |
| <b>3.4</b>  | <b>Sinalização</b> .....                                                                                                      | <b>100</b> |
| <b>3.5</b>  | <b>Manuais Pós Adequação</b> .....                                                                                            | <b>100</b> |
| <b>4</b>    | <b>CONCLUSÃO</b> .....                                                                                                        | <b>108</b> |
|             | <b>REFERÊNCIAS</b> .....                                                                                                      | <b>109</b> |
|             | <b>ANEXO A – Desenho ilustrativo da máquina descrevendo suas peças</b> .....                                                  | <b>111</b> |
|             | <b>ANEXO B – Desenho ilustrativo das proteções da máquina descrevendo suas medidas</b> .....                                  | <b>112</b> |
|             | <b>ANEXO C – Desenho ilustrativo das proteções da máquina</b> .....                                                           | <b>113</b> |
|             | <b>ANEXO D – Desenho ilustrativo da armação de proteção posterior</b> .....                                                   | <b>114</b> |
|             | <b>ANEXO E – Desenho ilustrativo das proteções laterais</b> .....                                                             | <b>115</b> |
|             | <b>ANEXO F – Desenho ilustrativo das proteções laterais</b> .....                                                             | <b>116</b> |

|                                                                               |            |
|-------------------------------------------------------------------------------|------------|
| <b>ANEXO G – Desenho ilustrativo do suporte da cortina de segurança .....</b> | <b>117</b> |
| <b>ANEXO H – Desenho ilustrativo da caixa bimanual.....</b>                   | <b>118</b> |
| <b>ANEXO I – Desenho ilustrativo do suporte bimanual .....</b>                | <b>119</b> |
| <b>ANEXO J – Simbologia utilizada no projeto.....</b>                         | <b>120</b> |
| <b>ANEXO K – Diagrama de caixas e comando .....</b>                           | <b>121</b> |
| <b>ANEXO L – Diagrama de comando 1 .....</b>                                  | <b>122</b> |
| <b>ANEXO M – Diagrama de comando 2 .....</b>                                  | <b>123</b> |
| <b>ANEXO N – Diagrama de Comando 3.....</b>                                   | <b>124</b> |
| <b>ANEXO O – Diagrama de Comando 4 .....</b>                                  | <b>125</b> |
| <b>ANEXO P – Diagrama de Comando da Cortina de Luz.....</b>                   | <b>126</b> |
| <b>ANEXO Q – Layout do painel .....</b>                                       | <b>127</b> |
| <b>ANEXO R – Esquema Pneumático .....</b>                                     | <b>128</b> |
| <b>ANEXO S – Certificado de adequação .....</b>                               | <b>129</b> |
| <b>ANEXO T – Certificado de adequação .....</b>                               | <b>130</b> |
| <b>ANEXO U – Atestado de Adequação .....</b>                                  | <b>131</b> |

## **PRIMEIRA PARTE**

### **1 INTRODUÇÃO**

A automação de equipamentos no ambiente industrial é uma prática amplamente adotada com o objetivo de aumentar a produtividade e o desempenho operacional. Segundo a citação de Johnson, Bradshaw e Feltovich (2018), a automação tem o potencial de melhorar a eficiência dos processos industriais, reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade dos produtos. No entanto, essa automação também traz consigo riscos de acidentes de trabalho, conforme apontado por Strauch (2017), devido aos movimentos e interações entre máquinas e operadores.

Diante desse cenário, é fundamental garantir a segurança dos profissionais que atuam nesses ambientes, por meio da adoção de medidas adequadas de proteção e prevenção. Nesse sentido, algumas empresas tendem a manter um maquinário antigo e inadequado para o manuseio, no que se refere a segurança de seus colaboradores. Conforme mencionado por Sousa e Rodolpho (2020), a segurança é uma preocupação constante na indústria, e a falta de medidas de segurança pode resultar em acidentes graves e impactos negativos para a empresa. De acordo com a pesquisa de Oliveira et al. (2019), a automação de processos industriais, aliada a medidas de segurança, pode proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

Para tanto, a segurança desses profissionais tem como diretrizes a norma regulamentadora NR-12. Conforme destacado por Santos et al. (2021), a NR-12 estabelece requisitos específicos para garantir a integridade física dos trabalhadores e prevenir acidentes. Alguns estudos têm sido realizados com o objetivo de verificar e realizar adaptações de máquinas com a finalidade de atendimento à NR-12, porém essa abordagem com máquina de solda é escassa.

Diante disso, o desenvolvimento deste estudo contemplará aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos de uma máquina de solda, considerando as melhores práticas e normas de segurança. Ao final, espera-se obter um equipamento automatizado que alie alta produtividade, eficiência operacional e segurança, contribuindo para um ambiente industrial mais seguro e eficaz.

## 2 OBJETIVOS

### 2.1 Objetivo Geral

Realizar adequações em uma máquina de solda, com a integração de recursos de automação elétrica, eletrônica e pneumática, visando a maximização da produtividade e, ao mesmo tempo, a segurança dos operadores envolvidos.

### 2.2 Objetivos Específicos

- a) projetar e implementar um Controlador Lógico Programável (CLP) com entradas e saídas digitais e analógicas para controlar o equipamento automatizado;
- b) desenvolver uma Interface Homem Máquina (IHM) com um aplicativo contendo receitas para a produção de componentes, facilitando a operação do equipamento;
- c) integrar um inversor de frequência com *encoder* absoluto, permitindo paradas intermediárias e um controle preciso dos movimentos;
- d) adotar medidas de automação de segurança conforme as diretrizes estabelecidas na norma regulamentadora NR-12, incluindo a utilização de um CLP de segurança e um Painel de Segurança com dispositivos de proteção e parada de emergência;
- e) incorporar o uso de movimentos pneumáticos por meio de ar comprimido, considerando vazão e pressão, e aplicar válvulas de despressurização, válvulas direcionais e retenções pilotadas;
- f) realizar o desenvolvimento do projeto contemplando aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, garantindo a segurança e o acesso adequado à máquina.

### 3 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse tópico aborda os principais temas que envolvem essa pesquisa e está dividido em 15 subtópicos.

#### 3.1 Importância da aplicação da Norma regulamentadora 12 – BR em adequações e ou construções de máquinas operatrizes

No contexto da globalização, conforme destacado por Araújo e Gasparotto (2019), os avanços tecnológicos em máquinas e equipamentos são inevitáveis para garantir a competitividade industrial. Nesse sentido, busca-se o desenvolvimento de máquinas cada vez mais robustas e rápidas. No entanto, é importante ressaltar que essas máquinas, que podem impulsionar uma empresa no mercado competitivo, também apresentam o risco de comprometer a segurança dos trabalhadores devido a erros ou imprudências no seu manuseio (Araújo; Gasparotto, 2019).

No Brasil, a segurança do trabalho é regulada pelas Normas Regulamentadoras (NRs), que consistem em decretos e portarias que servem como base para o trabalho e exercício das atividades profissionais. O pessoal habilitado e regulamentado para atuar na área de segurança do trabalho tem como objetivo principal manter o ambiente de trabalho livre de riscos de acidentes e doenças ocupacionais. Essa prevenção visa evitar possíveis danos aos empregados, que afetam tanto o indivíduo quanto a empresa à qual estão vinculados (Santos et al., 2021). Atualmente, as NRs compreendem um conjunto de 37 normas.

É fundamental reconhecer a importância das normas regulamentadoras na promoção da segurança no ambiente de trabalho e na proteção dos trabalhadores contra riscos ocupacionais. A conformidade com essas normas é essencial para garantir a integridade física e o bem-estar dos profissionais, além de contribuir para a sustentabilidade e o sucesso das organizações. Durante muitos anos, os índices de acidentes relacionados a máquinas e equipamentos alcançaram níveis preocupantes, o que exigiu intervenções dos órgãos responsáveis pela segurança do trabalho. Como resposta a essa situação, em 1978, foi estabelecida a Norma Regulamentadora NR-12, que tem como objetivo principal garantir padrões básicos de segurança no ambiente de trabalho e para os profissionais envolvidos na montagem e operação de máquinas de diferentes tipos (Brasil, 2022).

A NR-12 desempenha um papel crucial na proteção dos trabalhadores, estabelecendo requisitos e diretrizes que devem ser seguidos para evitar acidentes, lesões e doenças

ocupacionais. Ela abrange aspectos como o projeto seguro das máquinas, a instalação adequada, a operação correta, a manutenção regular e a capacitação dos trabalhadores. Além disso, a norma busca prevenir riscos relacionados a movimentações de partes das máquinas, energia elétrica, dispositivos de partida e parada, áreas de risco, entre outros (Brasil, 2022).

A implementação da NR-12 tem sido fundamental para promover um ambiente de trabalho mais seguro e saudável, reduzindo os índices de acidentes e protegendo a integridade física dos trabalhadores. O cumprimento dos requisitos estabelecidos nessa norma contribui para a criação de condições de trabalho adequadas, proporcionando benefícios tanto para os profissionais quanto para as empresas.

Destacam-se alguns princípios gerais da NR-12, a saber: definir referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para resguardar a saúde e a integridade física dos trabalhadores e estabelecer requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nos projetos, utilização de máquinas e equipamentos, e sua fabricação, importação, comercialização, exposição e cessão a qualquer título, em todas as atividades econômicas, sem prejuízo da observância do disposto nos demais NRs aprovadas pela Portaria MTb n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais ou nas normas internacionais aplicáveis e, na ausência ou omissão destas, opcionalmente, nas normas Europeias tipo “C” harmonizadas (Brasil, 2022).

É fundamental ressaltar a importância da aplicação da NR-12 nas adequações e construções de máquinas operatrizes, como medida preventiva para evitar acidentes e danos à saúde dos trabalhadores. As máquinas operatrizes são amplamente utilizadas na fabricação de peças e componentes de diversos materiais, por meio da movimentação mecânica de conjuntos de ferramentas (Peremida; Charnei; Grola, 2018fg).

As normas regulamentadoras são atualizadas regularmente para atender às necessidades emergentes, e a NR-12 não é exceção. Desde sua criação, essa norma passou por várias revisões e alterações, sendo a última realizada em abril de 2022. Nesse sentido, as máquinas e equipamentos fabricados atualmente já são projetados de acordo com as exigências da NR-12. No entanto, as máquinas mais antigas requerem adequações para atender às leis, a fim de garantir a segurança e a integridade física dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos para um trabalho seguro em máquinas operatrizes (Santos et al., 2021).

As adequações das máquinas operatrizes de acordo com a NR-12 são essenciais para promover um ambiente de trabalho seguro, reduzir os riscos de acidentes e assegurar a saúde ocupacional dos trabalhadores. É responsabilidade das empresas realizar as adaptações necessárias em suas máquinas existentes, buscando atender aos requisitos estabelecidos pela

norma. Dessa forma, é possível garantir a conformidade com as normas de segurança e oferecer um ambiente de trabalho mais seguro e saudável para todos os profissionais envolvidos (Araújo; Gasparotto, 2019).

É válido ressaltar, conforme discutido por Araújo e Gasparotto (2019), que muitas indústrias encontram dificuldades em adequar suas máquinas aos requisitos das normas, principalmente devido ao alto custo financeiro envolvido. Essa questão é agravada pela necessidade de técnicos qualificados para realizar as devidas adequações nas máquinas, resultando em acidentes frequentes. Essa situação leva algumas empresas a substituírem seus equipamentos devido à falta de informação e conhecimento das normas.

No entanto, uma maior conscientização por parte das lideranças poderia reduzir os custos relacionados à aquisição de novos equipamentos, bem como os gastos decorrentes de acidentes causados pela falta de treinamento adequado e alertas sobre os riscos envolvidos na operação desses equipamentos. Conforme apontado por Santos et al. (2021), o cumprimento da NR-12 representa um desafio diário para os profissionais de segurança e saúde do trabalho nas empresas. Especialmente no caso de máquinas desenvolvidas antes de 2011, que exigem adaptações específicas conforme exigido pelos órgãos fiscalizadores.

A falta de recursos financeiros e de mão de obra especializada pode representar um obstáculo significativo para a conformidade com a NR-12. Nesse contexto, é fundamental que as empresas busquem alternativas viáveis para realizar as adequações necessárias em seus equipamentos, investindo em treinamento adequado para seus funcionários e estabelecendo parcerias com profissionais especializados na área. Dessa forma, é possível reduzir os riscos de acidentes, promover um ambiente de trabalho seguro e cumprir as exigências legais relacionadas à segurança e saúde dos trabalhadores (Santos et al., 2021).

Um exemplo a ser citado sobre as dificuldades que as micro e pequenas empresas sofrem com as adequações, é um relato sobre 830 empresas de calçados, do parque industrial de Nova Serrana, MG. Até o ano de 2013, estas empresas haviam recebido 1.399 notificações para adequações de maquinários às novas exigências da NR-12. Mas de acordo com Confederação Nacional da Indústria – CNI (2016) para adequação de apenas três equipamentos, dentre os solicitados, era necessário um investimento de R\$ 67 milhões. Somado a isso, o número de máquinas interditadas de 2010 a 2013 subiu 365%.

Diante desses dados a CNI (2016), considera de suma importância o cumprimento dos padrões de segurança e proteção do trabalhador na operação de máquinas. Porém, há necessidade de avaliar a viabilidade da aplicação da NR-12, tanto em questão financeira, bem como a compatibilidade de máquinas mais antigas aos dispositivos a serem instalados.

Corrêa (2011) descreve que os acidentes de trabalho com máquinas e equipamentos são geralmente causados por suas más condições, pela falta de investimentos em prevenção, com a instalação das devidas proteções e/ou dispositivos de segurança exigidos pela NR-12 e pelo despreparo dos trabalhadores para operar tais máquinas e equipamentos. Segundo o autor, quando se busca adequar máquinas e equipamentos inseguros às novas regras da NR-12, muitas dessas máquinas são condenadas, pois suas formas construtivas antigas e ultrapassadas, transmissões de força inadequadas ou desgastadas, entre outras deficiências, impedem a regularização. Além disso, de acordo com Boger (2018), um dos principais obstáculos para a adequação de uma máquina ou equipamento perante as normas legais é desenvolver uma solução que possa causar o menor impacto possível no processo produtivo.

Cabe ressaltar que mesmo que as empresas realizem as adequações de seus equipamentos é necessário que os funcionários e trabalhadores também tenham a consciência que eles necessitam passar por aperfeiçoamento. Segundo a NR-12 (Brasil, 2022, p. 4), cabe aos trabalhadores:

- a) cumprir todas as orientações relativas aos procedimentos seguros de operação, alimentação, abastecimento, limpeza, manutenção, inspeção, transporte, desativação, desmonte e descarte das máquinas e equipamentos;
- b) não realizar qualquer tipo de alteração nas proteções mecânicas ou dispositivos de segurança de máquinas e equipamentos, de maneira que possa colocar em risco a sua saúde e integridade física ou de terceiros;
- c) comunicar seu superior imediato se uma proteção ou dispositivo de segurança foi removido, danificado ou se perdeu sua função;
- d) participar dos treinamentos fornecidos pelo empregador para atender às exigências/requisitos descritos nesta NR;
- e) colaborar com o empregador na implementação das disposições contidas nesta NR.

Assim, diante de adaptações ou entrada de novas máquinas em determinadas empresas, é necessário que os trabalhadores estejam cientes da parte do que cabe a eles realizarem, sendo importante a participação em treinamentos realizados por profissionais capacitados para passarem orientações condizentes com os procedimentos que são de responsabilidade de cada um.

Sobre a construção da máquina na NR-12 está descrito que o projeto da máquina ou equipamento “não deve permitir erros na montagem ou remontagem de determinadas peças ou elementos que possam gerar riscos durante seu funcionamento, especialmente quanto ao sentido

de rotação ou deslocamento” (Brasil, 2022, p. 26), ou seja, a construção da máquina deve ser realizada com extrema atenção para que esta não cause riscos a seu manuseador.

De acordo com Corrêa (2011) um dos fatores que contribuem para a utilização de máquinas inadequadas é que muitos fabricantes aprenderam a fabricar máquinas porque trabalhavam em uma empresa de fabricação e herdaram o conhecimento prático, mas não o conhecimento das normas técnicas. Por outro lado, existem também as empresas de grande porte que vendem seus maquinários antigos, para comprarem outras mais modernas e que se adequem as normas NR-12. Com isso, as empresas de pequeno e médio porte que adquirem este maquinário também não tem condições financeiras para realizarem as adequações e continuam a utilizar as máquinas na forma em que estão (Corrêa, 2011). Sendo assim, o único caminho para adequação de máquinas e ferramentas é através da fiscalização, solicitação de adequações e multa, caso a solicitação não seja realizada.

Em suma, a aplicação da NR-12 e a adequação de máquinas e equipamentos às suas exigências representam um desafio para muitas empresas, especialmente as de menor porte. Os custos financeiros, a falta de conhecimento das normas e a compatibilidade das máquinas mais antigas são obstáculos que precisam ser superados. No entanto, é fundamental encontrar soluções que equilibrem a segurança dos trabalhadores e a viabilidade econômica das empresas.

A conscientização das lideranças, o acesso a informações atualizadas, o investimento em treinamento e a busca por parcerias e apoio governamental são caminhos que podem facilitar o processo de adequação à NR-12. Promover um ambiente de trabalho seguro é um compromisso que envolve tanto a responsabilidade das empresas quanto a atuação dos órgãos reguladores e dos profissionais de segurança e saúde do trabalho. Somente com esforços conjuntos será possível garantir a integridade física dos trabalhadores e a sustentabilidade das organizações no cenário industrial atual.

### **3.2 Aspectos técnicos da Norma regulamentadora 12 – NR-12**

Esse estudo tem como foco uma máquina de solda, que tem como diretrizes de segurança a NR-12. Essa norma apresenta informações básicas para o atendimento aos requisitos técnicos necessários e obrigações legais por parte da empresa para propor as adequações de máquinas e equipamentos com a finalidade de prevenir acidentes e com isso contribuir com a manutenção da saúde e da vida do trabalhador (Brasil, 2022). Quanto a isso, vale ressaltar que os aspectos técnicos de máquinas, geralmente seguem outras normas técnicas específicas, e quando não tem disponível para determinado fator, segue-se normas

internacionais que são aplicáveis, conforme visto nessa passagem da NR-12 sobre circuitos elétricos

Os circuitos elétricos de comando e potência das máquinas e equipamentos devem ser projetados e mantidos de modo a prevenir, por meios seguros, os perigos de choque elétrico, incêndio, explosão e outros tipos de acidentes, conforme previsto nas normas técnicas oficiais e, na falta dessas, nas normas internacionais aplicáveis.

Devem ser aterradas, conforme as normas técnicas oficiais vigentes, as carcaças, invólucros, blindagens ou partes condutoras das máquinas e equipamentos que não façam parte dos circuitos elétricos, mas que possam ficar sob tensão (Brasil, 2022, p. 6).

Contudo para várias recomendações técnicas, a NR-12 vem descrevendo para seguir estas normas técnicas vigentes, porém o texto não apresenta sua descrição na íntegra, o que sugere que os profissionais que atuam nessas máquinas devam ter conhecimento sobre estas normas técnicas. O documento NR-12 afirma sobre a necessidade de profissional legalmente habilitado para estar responsável pela parte técnica das máquinas e ferramentas, o que incluiria o conhecimento deste profissional sobre as normas técnicas, tanto as do país, quanto às normas internacionais, tendo em vista, que na ausência de normas brasileiras, deve-se usar normas internacionais (Brasil, 2022).

As normas técnicas oficiais a que se refere o documento NR-12 são as normas técnicas publicadas pela Associação Brasileira de Normas Técnicas (ABNT), que é uma entidade privada reconhecida como Foro Nacional de Normalização por intermédio da Resolução n. 07, de 24 de agosto de 1992, do Conselho Nacional de Metrologia, Normalização e Qualidade Industrial – CONMETRO. Já as normas técnicas internacionais, são as normas publicadas por entidades internacionais, como a *International Organization for Standardization* (ISO) ou *International Electrotechnical Commission* (IEC) (Brasil, 2022).

Dentro da NR-12 há a recomendação da capacitação dos trabalhadores para trabalharem com as máquinas e ferramentas, principalmente as máquinas novas ou as que passaram por adequações. Somado a isso, ainda há o fator que a NR-12 está passando por constantes atualizações, o que exige que a empresa também esteja atualizando constantemente seus colaboradores sobre todos os aspectos que direcionam a atuação dele juntamente à máquina ou ferramenta.

De acordo com NR-12, as especificações técnicas de máquinas e ferramentas são de suma importância para o conhecimento de seu manuseador, pois através delas é possível acessar todas as especificações de uso, montagem, manutenção, dentre outras características. Portanto, dependendo do risco que a máquina pode trazer ao trabalhador pode ser solicitado a um

profissional capacitado uma melhor elaboração das especificações técnicas, conforme mencionado na NR-12 “Em função do risco, poderá ser exigido projeto, diagrama ou representação esquemática dos sistemas de segurança de máquinas, com respectivas especificações técnicas em língua portuguesa, elaborado por profissional legalmente habilitado” (Brasil, 2022, p. 14).

As descrições sobre os aspectos técnicos de máquinas e ferramentas são realizadas de acordo com seu grau de invasibilidade do perigo. Assim, por exemplo existem as normas técnicas para a utilização de motosserra, que apresenta um grande risco de acidente, essas regras são diferentes das apresentadas por uma máquina de panificação. Portanto, a NR-12 apresenta aspectos técnicos para diferentes máquinas, entendendo que cada uma possui seu grau de gravidade para causar acidentes (Brasil, 2022).

No que se refere as normas técnicas da NR-12, é importante salientar que o documento também apresenta as limitações das máquinas e ferramentas para sua utilização, ou seja, existe um limite para sua utilização, da qual se o trabalhador for além desse limite ele estará colocando sua vida em risco. Por isso, como já citado anteriormente, a conscientização do trabalhador deve caminhar junto com as adequações seja das máquinas, bem como das normas. Porque não adianta o trabalhador ter conhecimento das normas e não aplicar. Por outro lado, o trabalhador deve ter a ciência de que se ele não aplicar o que é solicitado nas normas, ele será o principal a ser prejudicado com suas ações.

Os aspectos técnicos que são apresentados pela NR-12 podem envolver uma equipe multidisciplinar, com a finalidade de abranger todo o funcionamento de uma máquina ou ferramenta, de forma a garantir a segurança do funcionário ao longo do desenvolvimento de seu trabalho. Essa equipe pode ser composta por profissionais capacitados, como eletricista, mecânico, engenheiros, dentre outros (Boger, 2018). Somado a essa equipe, a metodologia técnica também é um fator importante no que diz respeito a tomada de decisões no que se refere ao desenvolvimento e adequações de máquinas e ferramentas.

No ano de 2012 foram publicadas novas adequações e revisões da NR-12, agregando aspectos técnicos consistentes para a NR-12 e também foram realizados seminários de homogeneização de entendimento com os auditores fiscais do trabalho de todo o Brasil, os anexos da nova NR englobavam a proteções para diferentes máquinas e equipamentos (Boger, 2018).

De acordo com Silva et al. (2021), dentre os aspectos técnicos abordados pela NR-12, destacam-se a análise de riscos, os dispositivos de segurança, as proteções mecânicas e

elétricas, os comandos e dispositivos de partida e parada, as áreas de circulação, a ergonomia e os procedimentos de manutenção.

A análise de riscos é um dos pilares da NR-12, que exige que as empresas realizem uma avaliação detalhada dos riscos presentes nas máquinas e equipamentos utilizados, identificando os perigos e estabelecendo medidas de controle para mitigar esses riscos.

Conforme destacado por Rodrigues et al. (2019), os dispositivos de segurança são elementos essenciais para garantir a proteção dos trabalhadores. Eles incluem sistemas de parada de emergência, dispositivos de bloqueio, sistemas de monitoramento de segurança, entre outros, que devem ser instalados de acordo com as especificações da norma. As proteções mecânicas e elétricas têm como objetivo evitar o acesso a partes móveis das máquinas durante a operação, prevenindo assim o risco de acidentes. Isso inclui a instalação de grades, cercas, coberturas e dispositivos de proteção contra choques elétricos.

Os comandos e dispositivos de partida e parada devem ser projetados de forma segura e de fácil acionamento pelos operadores, permitindo um controle efetivo das máquinas e equipamentos. As áreas de circulação devem ser organizadas de modo a garantir a segurança dos trabalhadores, evitando a interferência de pessoas não autorizadas e a possibilidade de acidentes (Brasil, 2022).

A ergonomia é um aspecto relevante na NR-12, pois busca garantir condições de trabalho adequadas, levando em consideração o conforto, a postura e o bem-estar dos trabalhadores durante a operação das máquinas. Segundo Lima (2018), isso envolve o dimensionamento correto dos elementos de trabalho, como alavancas, pedais e painéis de controle, de acordo com as características antropométricas dos operadores.

Por fim, os procedimentos de manutenção são fundamentais para assegurar o bom funcionamento e a segurança das máquinas ao longo do tempo. A NR-12 estabelece diretrizes para a realização de manutenções preventivas, corretivas e preditivas, bem como a qualificação dos profissionais responsáveis por essas atividades, conforme enfatizado por Oliveira et al. (2021).

### **3.3 Aplicações da NR-12 em engenharia de controle**

O engenheiro de controle desempenha um papel fundamental na indústria, sendo responsável por projetar, desenvolver e gerenciar equipamentos utilizados nos processos produtivos. Seu trabalho visa otimizar e agilizar esses processos, substituindo métodos manuais por soluções mais dinâmicas. Além disso, esses profissionais também desempenham um papel

crucial na adequação de máquinas antigas aos padrões da NR-12, garantindo a segurança dos operadores (Gomes, 2018).

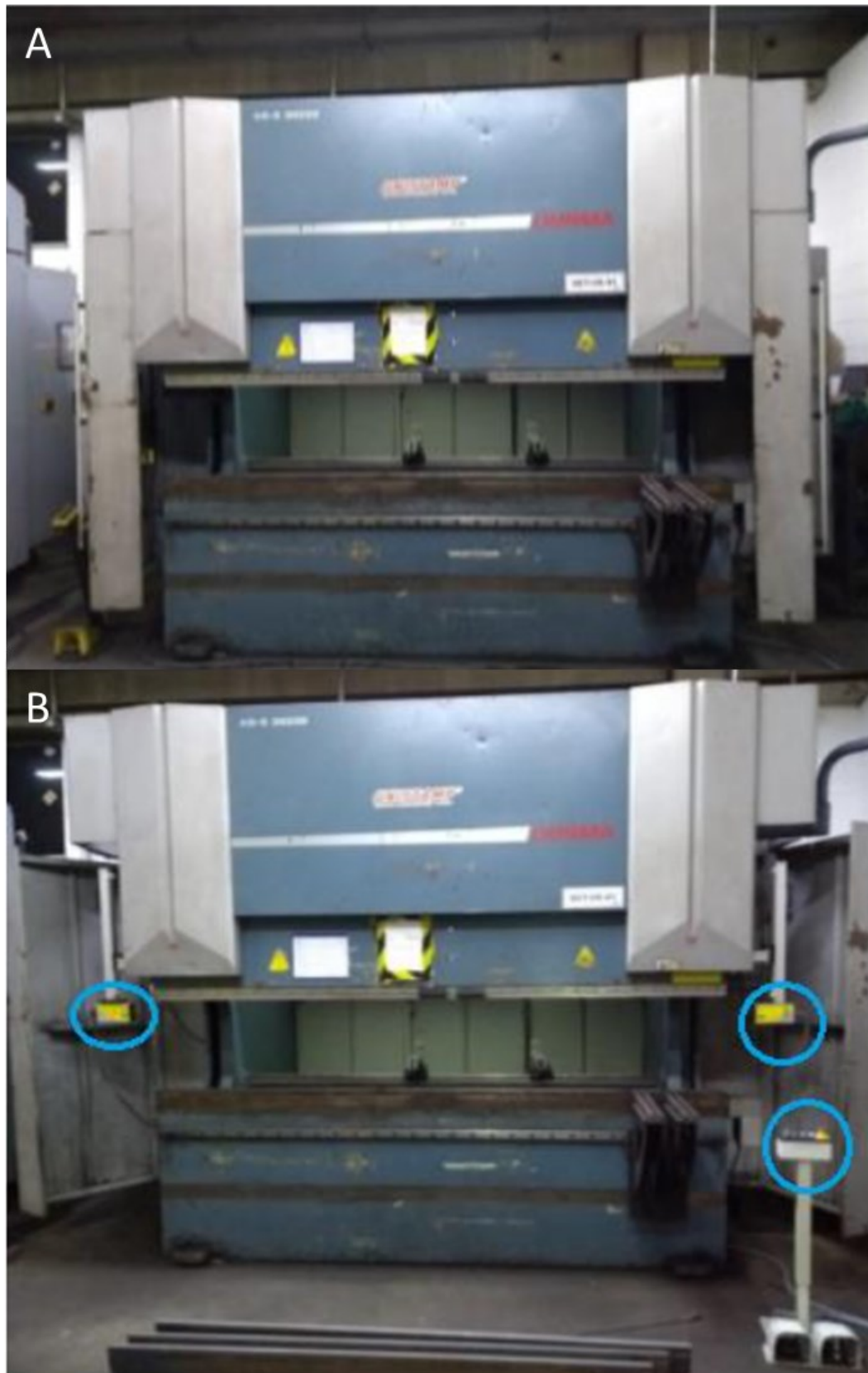
A aplicação da engenharia de controle de acordo com a NR-12 traz diversas vantagens competitivas para as empresas. Entre elas, destacam-se o aumento do lucro e a estabilidade no mercado, a redução do consumo de energia, a melhoria da velocidade e do tempo de resposta dos processos, a minimização dos impactos ambientais e, principalmente, a redução de acidentes de trabalho, que é o principal objetivo da NR-12 (Gomes, 2018).

As Normas Regulamentadoras, como a NR-12, desempenham um papel crucial na engenharia de controle, uma vez que os profissionais dessa área são responsáveis por estudar e compreender todos os processos envolvidos no funcionamento das máquinas. Esses processos são inicialmente realizados em laboratórios, por meio de testes que auxiliam no entendimento dos modelos conceituais, coleta, análise e interpretação de dados, execução de projetos personalizados, aprendizado com falhas e erros, desenvolvimento da criatividade e comunicação dos resultados e conclusões de forma clara e precisa (Peterson; Feisel, 2007).

Os estudos sobre a associação da engenharia de controle com o desenvolvimento e adequação de máquinas em conformidade com as NR-12 têm sido uma área de pesquisa em destaque. Um exemplo relevante é o estudo realizado por Araújo e Gasparotto (2019), que teve como objetivo avaliar a adequação de uma máquina dobradeira industrial aos requisitos da NR-12. Essa máquina era responsável por uma série de acidentes relacionados aos punhos, dedos e mãos dos trabalhadores, os quais ocorriam devido à negligência, falta de conhecimento técnico e ausência de dispositivos de segurança ou proteções adequadas.

Para realizar a adequação, uma equipe composta por profissionais de manutenção elétrica, eletrônica, mecânica, operadores e gestores trabalhou em conjunto. Foram implementadas diversas medidas, como a instalação de um sensor a laser, uma chave magnética monitorada, botões de emergência e um novo pedestal. As Figuras 1A e 1B apresentam a máquina antes e depois das adequações, demonstrando as melhorias realizadas em termos de segurança (Araújo; Gasparotto, 2019).

Figura 1 – Vista frontal da máquina A. sem adequações à NR-12. B. com sensores e laser instalados.



Fonte: Araújo e Gasparotto (2019)

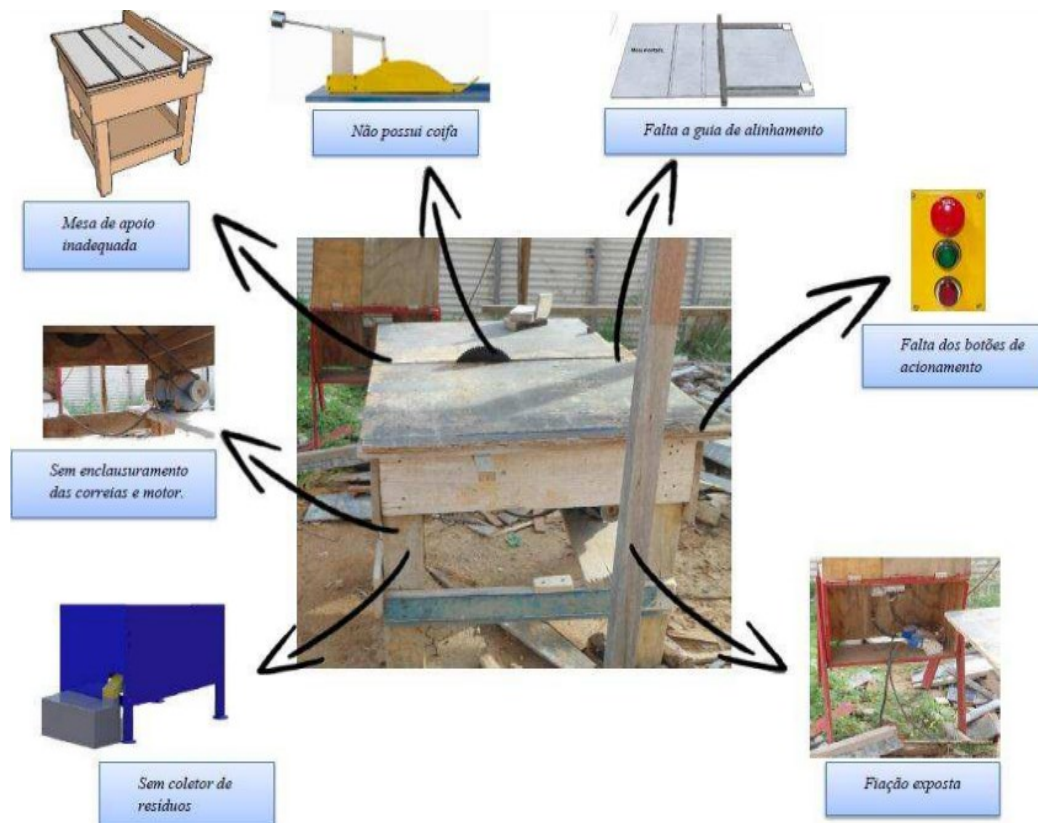
Esses estudos exemplificam a importância de abordagens técnicas e multidisciplinares na adequação de máquinas às normas regulamentadoras, como a NR-12. Segundo Santos et al. (2021), ao envolver profissionais de diferentes áreas, como engenheiros, técnicos de segurança e operadores, torna-se possível identificar os pontos de risco existentes nas máquinas, bem como implementar soluções eficazes visando a garantia da segurança dos trabalhadores durante a operação desses equipamentos.

Nesse contexto, a engenharia de controle desempenha um papel fundamental. Conforme ressaltado por Gomes (2018), os engenheiros de controle são responsáveis por aplicar seus conhecimentos técnicos e tecnológicos no desenvolvimento e gerenciamento de equipamentos utilizados nos processos produtivos, incluindo a adequação de máquinas antigas às normas regulamentadoras vigentes. Por meio de uma abordagem integrada, esses profissionais contribuem para a promoção da conformidade com as normas, prevenindo acidentes ocupacionais e garantindo a segurança dos trabalhadores envolvidos nas operações industriais.

Desta forma, a combinação de abordagens técnicas, multidisciplinares e o papel ativo da engenharia de controle são essenciais para garantir a conformidade com a NR-12 e assegurar um ambiente de trabalho seguro e saudável para os trabalhadores, além de contribuir para o aumento da eficiência e competitividade das empresas (Gomes, 2018; Santos et al., 2021). Na literatura, estudos que abordem sobre adequações de máquinas de solda à NR-12 são escassos, mas existem estudos abordando outros tipos de máquinas.

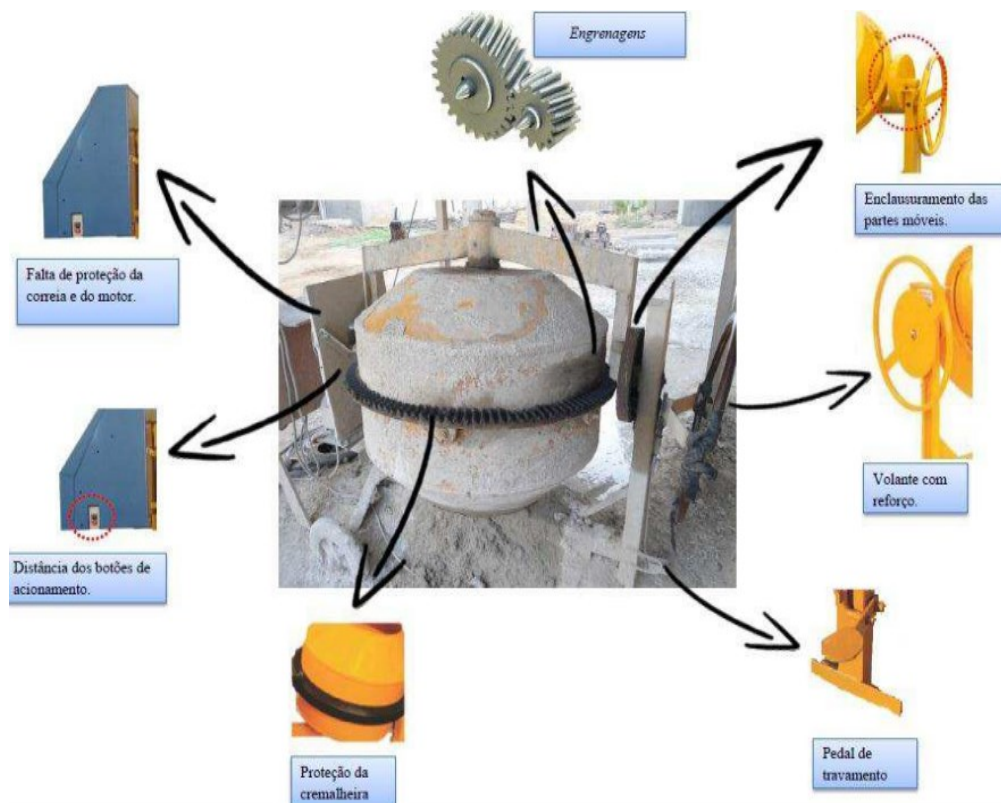
Silva (2015) realizou uma pesquisa de adequação de uma Serra circular de bancada (Figura 2) e de betoneira (Figura 3) em um canteiro de obra à NR-12. O autor verificou problemas existentes em ambos os equipamentos e a partir de então surgiu a oportunidade de melhorias nas máquinas. Foram sugeridas ações para solucionarem as não conformidades encontradas nos equipamentos e assim, foram beneficiados todos os colaboradores, como os trabalhadores que atuam diretamente na máquina e os que não atuam, mas dividem o ambiente de trabalho. A maior parte das adequações referiu-se a proteções, como a adição de fechaduras e eliminação por completo de partes móveis antes expostas tanto na betoneira quanto na serra circular de bancada, que podem causar acidentes.

Figura 2 – Irregularidades apontadas na Serra circular analisada por Silva (2015).



Fonte: Silva (2015)

Figura 3 – Irregularidades apontadas na betoneira analisada por Silva (2015).



Fonte: Silva (2015).

Um estudo realizado por Boger (2018) exemplifica a importância da adequação de equipamentos utilizados em áreas frigoríficas, levando em consideração as normas regulamentadoras NR-10, NR-12 e NR-36. O autor identificou a necessidade de realizar ajustes em diversos itens, a fim de garantir maior segurança aos empregados, uma vez que esses elementos apresentavam potenciais riscos à saúde dos trabalhadores. Entre as adequações necessárias, foram destacados o sistema de acionamento, botão de emergência, sistema pneumático, sistema elétrico, sistema hidráulico, sinalizações de segurança e a capacitação dos profissionais responsáveis pela operação do equipamento.

A Figura 4 apresenta o equipamento projetado, considerando todas essas medidas de segurança. Esse estudo evidencia a importância de abordagens que contemplem as exigências das normas regulamentadoras, visando à prevenção de acidentes e à proteção da saúde dos trabalhadores no ambiente de trabalho

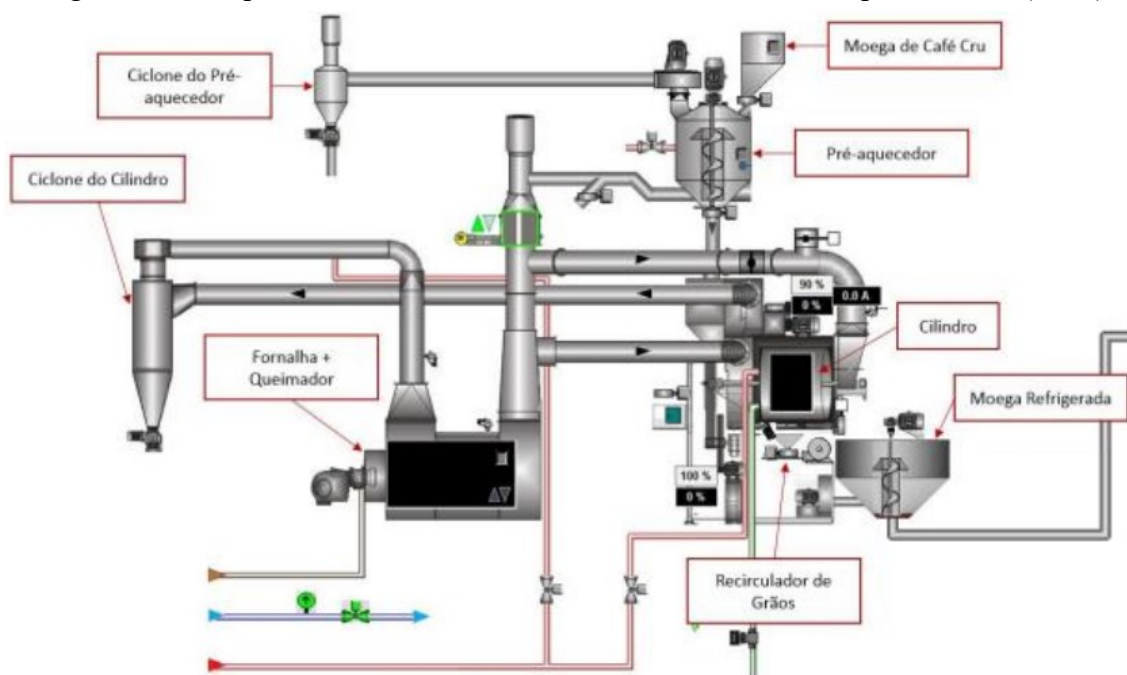
Figura 4 – Modelagem do abridor de cabeça projetado por Boger (2018).



Fonte: Boger (2018)

Nicolau (2022) realizou a aplicação da NR-12 em um equipamento de torrefação industrial (Figura 5), com o objetivo de solucionar as condições inseguras do equipamento que poderiam expor o colaborador a um risco de acidente. O autor verificou diversos pontos que necessitavam de adaptações na máquina, como: diversos pontos de esmagamento, falta de sinalizações, falta de diversos componentes que resguardam a segurança dos colaboradores: Falta de acesso ao histórico de manutenção; Operadores sem treinamento específico sobre NR-12; Falta de proteções fixas e móveis; Falta de botões de emergência no perímetro do torrador; Sinalização de segurança; Cabos elétricos próximo da fornalha; Chave seccionadora nos motores; Instalação de um controle de acionamento; Implementação do sistema de queima de CO; Implementação de um sinal sonoro de acionamento do torrador; Instalação de chaves de segurança; Planos preventivos focados no sistema de segurança; e Organização dos materiais dentro do painel elétrico. Assim as soluções destes problemas serão eficazes na proteção dos trabalhadores aos riscos que são expostos.

Figura 5 – Componentes do torrador de café industrial avaliado por Nicolau (2022).

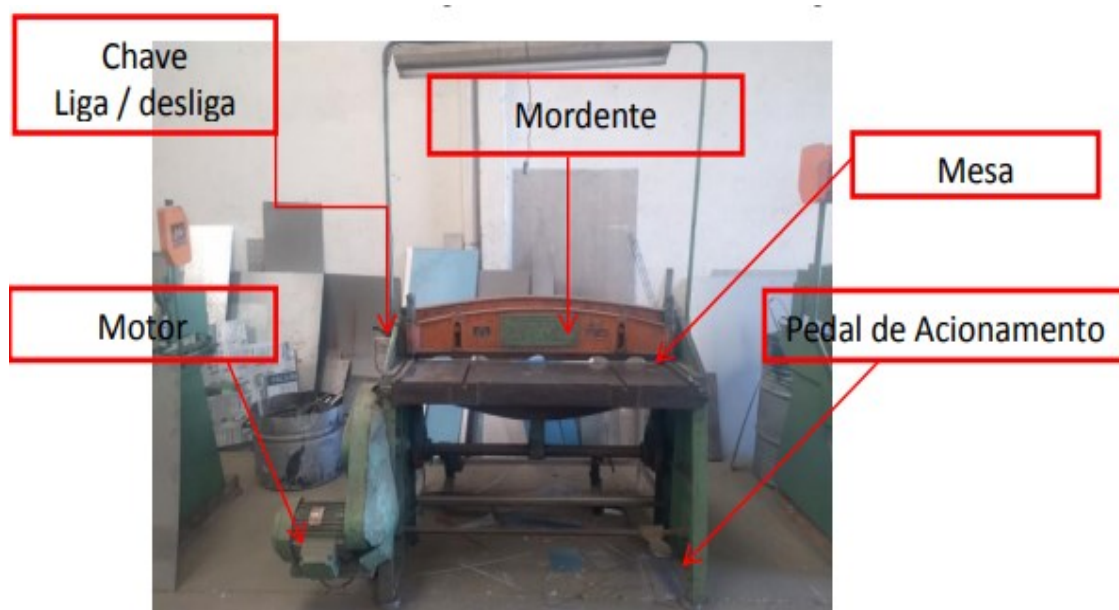


Fonte: Nicolau (2022).

O estudo realizado por Rodrigues (2018) teve como objetivo avaliar a segurança de uma guilhotina mecânica e propor melhorias de acordo com a NR-12. Após uma análise detalhada dos riscos envolvidos, foram identificadas 24 adaptações necessárias para garantir a conformidade com as normas. Dentre essas adaptações, 21 foram devidamente implementadas,

resultando em um significativo aumento da segurança do equipamento (Figura 6). No entanto, três adaptações ainda não foram corrigidas. O autor destaca que, do ponto de vista econômico, é altamente compensador realizar as adequações, uma vez que representaram apenas 17% do valor de uma guilhotina nova. No entanto, o autor ressalta a importância de realizar todas as adaptações apontadas no checklist de riscos, visando garantir a máxima segurança para os operadores e prevenir acidentes (Rodrigues, 2018).

Figura 6 – Vista frontal da guilhotina antes das adequações.



Fonte: Rodrigues (2018)

Ao longo deste tópico, foi possível compreender a relevância dos aspectos técnicos da Norma Regulamentadora 12 (NR-12) e sua aplicação na engenharia de controle. Os estudos analisados, como os realizados por Araújo e Gasparotto (2019), Gomes (2018), Boger (2018) e Rodrigues (2018), destacaram a importância de abordagens multidisciplinares, envolvendo profissionais de diferentes áreas, para garantir a conformidade das máquinas e equipamentos às normas de segurança.

A atuação da engenharia de controle mostra-se essencial na identificação de riscos, no desenvolvimento de soluções eficazes e na promoção da segurança dos trabalhadores. Além disso, fica evidente que as adequações realizadas não apenas visam proteger a integridade física dos empregados, mas também podem trazer vantagens econômicas, como ressaltado por Rodrigues (2018). Nesse sentido, é imprescindível que as empresas se comprometam em implementar as medidas necessárias para cumprir as normas regulamentadoras, garantindo um

ambiente de trabalho seguro e produtivo para todos os envolvidos (Boger, 2018; Gomes, 2018; Rodrigues, 2018; Araújo; Gasparotto, 2019).

### **3.4 Aspectos técnicos da Norma regulamentadora 10 – NR-10**

A Norma Regulamentadora 10 (NR-10), que trata das "Instalações e Serviços de Eletricidade", foi estabelecida com o objetivo de garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente com instalações elétricas e serviços com eletricidade. Ela abrange todas as fases do processo elétrico, desde a geração até o consumo, incluindo projeto, construção, montagem, operação e manutenção. A NR-10 estabelece requisitos e condições mínimas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, visando proteger os trabalhadores (Brasil, 2019). Essas medidas devem estar de acordo com as normas técnicas oficiais estabelecidas pelos órgãos competentes e, na ausência delas, devem seguir as normas internacionais aplicáveis.

A NR-10 desempenha um papel fundamental na prevenção de acidentes e incidentes relacionados à eletricidade, uma vez que estabelece diretrizes para o gerenciamento de riscos, a qualificação dos profissionais envolvidos, a delimitação de áreas de risco, o uso de equipamentos de proteção individual (EPIs) adequados, entre outros aspectos relevantes. Sua aplicação é essencial para garantir a segurança dos trabalhadores e a conformidade com as legislações vigentes (Brasil, 2019).

Dessa forma, a NR-10 desempenha um papel essencial no setor elétrico, promovendo a proteção dos trabalhadores e a redução dos riscos associados à eletricidade. Ao seguir as diretrizes estabelecidas pela norma, as empresas podem criar ambientes de trabalho mais seguros, implementar medidas preventivas eficazes e, assim, preservar a saúde e a integridade física dos profissionais envolvidos nas atividades elétricas (Brasil, 2019). É fundamental que as empresas cumpram rigorosamente os requisitos da NR-10, investindo em capacitação, adequação de instalações e adoção de boas práticas, a fim de garantir a segurança e a saúde de seus trabalhadores, bem como a conformidade com a legislação vigente.

A Norma Regulamentadora 10 (NR-10) foi estabelecida com o objetivo primordial de garantir a segurança dos trabalhadores envolvidos em atividades relacionadas a instalações elétricas, abrangendo desde o projeto até a operação e manutenção. Publicada inicialmente em 1978, a NR-10 passou por diversas atualizações, sendo a última em 2019 (Brasil, 2019). A necessidade de revisão da norma surgiu a partir do aumento significativo dos acidentes de trabalho relacionados à eletricidade a partir dos anos 90. Em resposta a essa demanda, foi criado

o Grupo Técnico (GT/NR-10) em 2000, responsável por elaborar a proposta de revisão da norma (Brasil, 2019).

A regulamentação efetiva da NR-10 ocorreu em dezembro de 2004, por meio da Portaria GM nº 598 do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), alterando a resolução da Portaria nº 3.214, de 1978. A NR-10 estabelece orientações e requisitos para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, visando assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores envolvidos direta ou indiretamente em instalações elétricas. Essa norma estabelece condições mínimas fundamentais para garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável no contexto da eletricidade, com diretrizes claras para a prevenção de acidentes e a promoção da segurança ocupacional (Kurata, 2016).

Portanto, a NR-10 desempenha um papel crucial na proteção dos trabalhadores envolvidos com eletricidade, fornecendo diretrizes e requisitos para a realização de atividades seguras e saudáveis. É fundamental que as empresas e profissionais do setor elétrico estejam em conformidade com a NR-10, adotando as medidas de controle e prevenção estabelecidas, visando garantir a segurança, a integridade física e a saúde de todos os envolvidos nas atividades elétricas (Brasil, 2019; Kurata, 2016).

De acordo com a NR-10 (Brasil, 2019), a implementação de medidas preventivas é essencial para garantir a segurança dos trabalhadores em instalações elétricas. No que diz respeito às medidas coletivas, o documento destaca a prioridade de adotar procedimentos que envolvam proteção coletiva, visando garantir a segurança e saúde dos trabalhadores. Essas medidas incluem a desenergização elétrica, quando possível, ou o uso de tensão de segurança. Caso não seja viável aplicar essas medidas, outras opções como isolamento de partes energizadas, obstáculos, barreiras, sinalização, sistema de seccionamento automático de alimentação e bloqueio do religamento automático devem ser utilizadas.

Em relação às medidas preventivas individuais, quando as medidas de proteção coletiva não forem suficientes para controlar os riscos elétricos, é necessário utilizar Equipamentos de Proteção Individual (EPI) adequados às atividades desenvolvidas, conforme estabelecido na NR 6. As vestimentas de trabalho também devem ser adequadas, considerando fatores como condutibilidade, inflamabilidade e influências eletromagnéticas. Vale ressaltar que é proibido o uso de adornos pessoais durante os trabalhos em instalações elétricas ou em suas proximidades (Brasil, 2019).

Essas medidas preventivas, tanto coletivas quanto individuais, são fundamentais para minimizar os riscos associados às atividades em instalações elétricas e garantir a proteção dos trabalhadores envolvidos. É imprescindível que as empresas e profissionais do setor elétrico

estejam conscientes da importância de implementar e seguir essas medidas, a fim de preservar a segurança e a saúde de todos os envolvidos (Brasil, 2019). Segundo a NR-10, é imprescindível que os serviços elétricos sejam realizados por pessoal capacitado para exercer tais funções. O documento ressalta a importância de que esses profissionais possuam habilitação, qualificação, capacitação e autorização para executar atividades relacionadas à eletricidade. Conforme destacado por Gomes (2018), "a capacitação dos trabalhadores é fundamental para garantir a segurança e a prevenção de acidentes no ambiente de trabalho".

A norma estabelece que os profissionais devem ter conhecimentos teóricos e práticos necessários para realizar suas atividades com segurança. De acordo com Oliveira (2018), "a capacitação técnica é essencial para que os trabalhadores possam identificar os riscos elétricos, adotar medidas preventivas e executar procedimentos corretos durante intervenções em instalações elétricas".

Além disso, a NR-10 enfatiza a importância da atualização contínua dos profissionais. Os trabalhadores devem estar sempre atualizados com relação às normas técnicas, regulamentações e tecnologias no campo da eletricidade, a fim de garantir a segurança dos sistemas elétricos e a proteção contra choques elétricos (Brasil, 2019).

Ao exigir a habilitação, qualificação, capacitação e autorização dos trabalhadores que lidam com eletricidade, a NR-10 visa assegurar a competência técnica e o domínio dos procedimentos de segurança necessários para o desempenho dessas atividades. Dessa forma, contribui para reduzir os riscos e garantir um ambiente de trabalho mais seguro no setor elétrico (Brasil, 2019).

Portanto, é fundamental que as empresas e os profissionais responsáveis por atividades relacionadas à eletricidade estejam em conformidade com as diretrizes da NR-10, promovendo a capacitação adequada e a autorização dos trabalhadores, visando à segurança, à saúde e à prevenção de acidentes no ambiente de trabalho. Conforme salientado por Silva et al. (2021), "a capacitação dos trabalhadores é uma responsabilidade compartilhada entre empregadores e empregados, e sua importância não pode ser subestimada para garantir a integridade física e a saúde dos trabalhadores". Sobre a execução de projetos a NR-10 apresenta as seguintes orientações:

10.3.1 É obrigatório que os projetos de instalações elétricas especifiquem dispositivos de desligamento de circuitos que possuam recursos para impedimento de reenergização, para sinalização de advertência com indicação da condição operativa.

10.3.2 O projeto elétrico, na medida do possível, deve prever a instalação de dispositivo de seccionamento de ação simultânea, que permita a aplicação de impedimento de reenergização do circuito.

10.3.3 O projeto de instalações elétricas deve considerar o espaço seguro, quanto ao dimensionamento e a localização de seus componentes e as influências externas, quando da operação e da realização de serviços de construção e manutenção.

10.3.3.1 Os circuitos elétricos com finalidades diferentes, tais como: comunicação, sinalização, controle e tração elétrica devem ser identificados e instalados separadamente, salvo quando o desenvolvimento tecnológico permitir compartilhamento, respeitadas as definições de projetos.

10.3.4 O projeto deve definir a configuração do esquema de aterramento, a obrigatoriedade ou não da interligação entre o condutor neutro e o de proteção e a conexão à terra das partes condutoras não destinadas à condução da eletricidade.

10.3.5 Sempre que for tecnicamente viável e necessário, devem ser projetados dispositivos de seccionamento que incorporem recursos fixos de equipotencialização e aterramento do circuito seccionado.

10.3.6 Todo projeto deve prever condições para a adoção de aterramento temporário.

10.3.7 O projeto das instalações elétricas deve ficar à disposição dos trabalhadores autorizados, das autoridades competentes e de outras pessoas autorizadas pela empresa e deve ser mantido atualizado.

10.3.8 O projeto elétrico deve atender ao que dispõem as Normas Regulamentadoras de Saúde e Segurança no Trabalho, as regulamentações técnicas oficiais estabelecidas, e ser assinado por profissional legalmente habilitado.

10.3.9 O memorial descritivo do projeto deve conter, no mínimo, os seguintes itens de segurança:

- a) especificação das características relativas à proteção contra choques elétricos, queimaduras e outros riscos adicionais;
- b) indicação de posição dos dispositivos de manobra dos circuitos elétricos: (Verde – “D”, desligado e Vermelho – “L”, ligado);
- c) descrição do sistema de identificação de circuitos elétricos e equipamentos, incluindo dispositivos de manobra, de controle, de proteção, de intertravamento, dos condutores e os próprios equipamentos e estruturas, definindo como tais indicações devem ser aplicadas fisicamente nos componentes das instalações;
- d) recomendações de restrições e advertências quanto ao acesso de pessoas aos componentes das instalações;
- e) precauções aplicáveis em face das influências externas;

f) o princípio funcional dos dispositivos de proteção, constantes do projeto, destinados à segurança das pessoas;

g) descrição da compatibilidade dos dispositivos de proteção com a instalação elétrica.

10.3.10 Os projetos devem assegurar que as instalações proporcionem aos trabalhadores iluminação adequada e uma posição de trabalho segura, de acordo com a NR 17 – Ergonomia.

A NR–10 desempenha um papel fundamental na prevenção de acidentes envolvendo trabalhadores que lidam com eletricidade, assim como a NR–12. É essencial que as normas sejam atualizadas para acompanhar as inovações tecnológicas e garantir a segurança dos profissionais envolvidos nesses processos. Conforme afirmado por Brasil (2019), a NR–10 estabelece os requisitos e condições mínimas para a implementação de medidas de controle e sistemas preventivos, com o objetivo de assegurar a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam direta ou indiretamente em instalações elétricas e serviços com eletricidade.

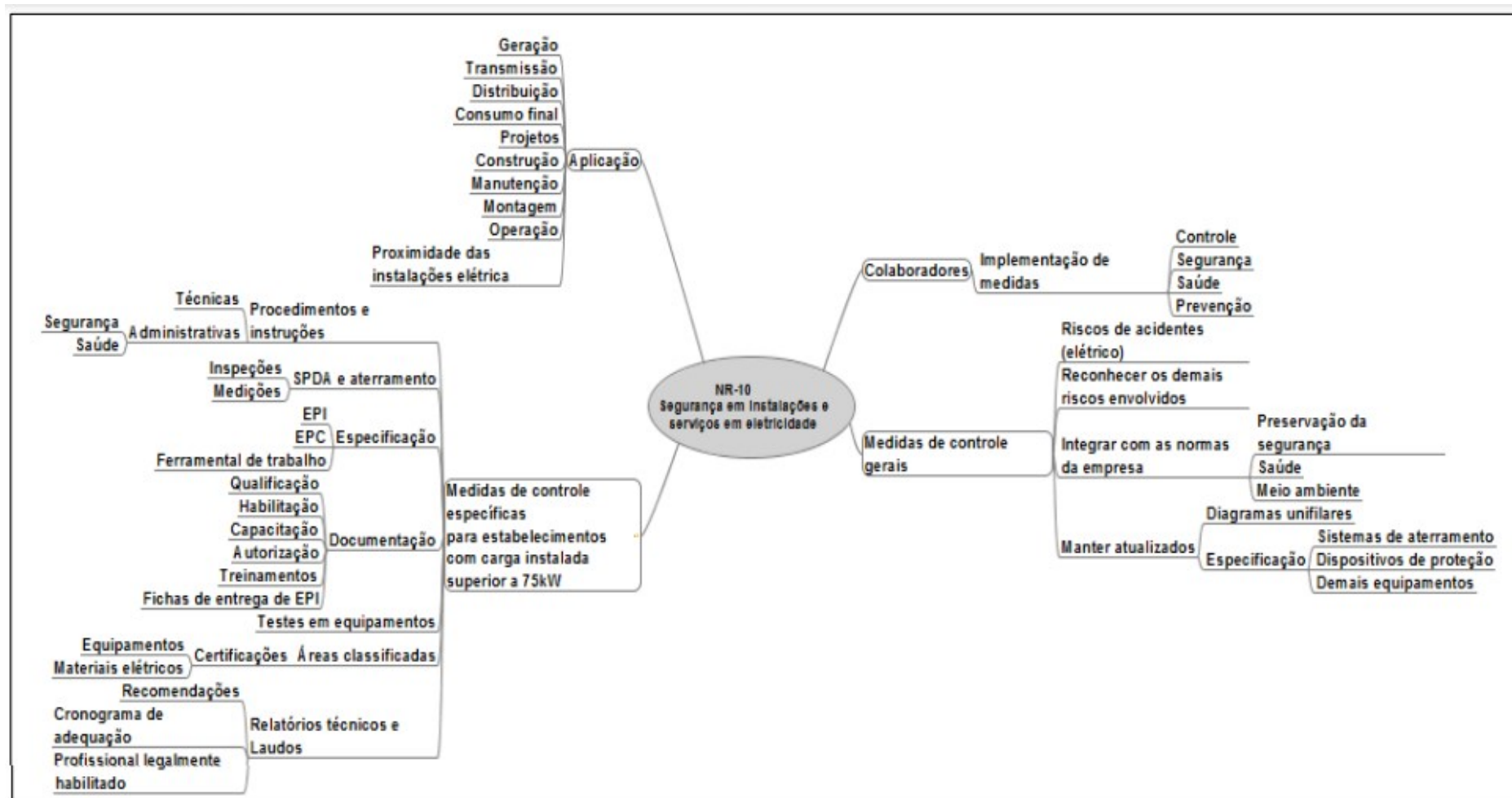
Como destacado por Cunha (2010), os trabalhadores que atuam em serviços elétricos têm um papel crucial na identificação de possíveis riscos. No entanto, para que isso ocorra, é necessário que esses profissionais possuam conhecimento técnico adequado para identificar e comunicar os perigos aos responsáveis pela adequação das condições de trabalho.

Além disso, Pereira e Carvalho (2016) ressaltam a importância do Prontuário de Instalações Elétricas, um dos itens da NR–10. Segundo os autores, muitos estabelecimentos não cumprem essa exigência de forma adequada, resultando em prontuários precários, com informações inconsistentes e impróprias para o uso. Essa constatação reforça a necessidade de um maior conhecimento sobre o assunto abordado pela NR–10, visando à proteção efetiva dos trabalhadores que atuam com eletricidade.

Em suma, a NR–10 desempenha um papel crucial na promoção da segurança dos trabalhadores que lidam com eletricidade. Conforme Brasil (2019), é necessário implementar as medidas de controle e sistemas preventivos, conforme estabelecido pela norma, além de prevenir acidentes ocupacionais. É fundamental que os profissionais sejam capacitados e atualizados, e que as empresas cumpram as diretrizes da NR–10, a fim de garantir um ambiente de trabalho seguro e saudável.

Pereira e Carvalho (2016) apresentam um mapa mental da NR–12 (Figura 7). Neste mapa é possível verificar os detalhes do relacionamento conceitual existente entre as informações contidas no corpo da norma NR–10.

Figura 7 – Mapa mental da NR-10.



Fonte: Pereira e Carvalho (2016).

No mapa mental da NR-10 apresentado, é possível visualizar a estrutura da norma, que abrange diversas áreas e medidas de controle, abarcando desde a prevenção de acidentes até a qualificação dos profissionais envolvidos (Pereira; Carvalho, 2016).

O ramo das medidas de controle gerais, como ressalta Matos (2023), engloba as diretrizes básicas a serem seguidas em qualquer instalação elétrica, como a implementação de medidas de proteção coletiva, a desenergização dos equipamentos quando possível e a adoção de tensões de segurança quando a desenergização não é viável. Já o segmento relacionado aos colaboradores destaca a importância da capacitação e qualificação dos profissionais. É necessário que os trabalhadores estejam cientes dos riscos envolvidos nas atividades elétricas (Matos, 2023).

Quanto às medidas de controle específicas para estabelecimentos com carga instalada superior a 75 kW, essa ramificação é a mais detalhada e complexa, como ressaltam Silva et al. (2021). Nessa categoria, é fundamental seguir as orientações específicas para análise de riscos, prontuário das instalações elétricas e implementação de dispositivos de segurança adicionais.

### **3.5 Aplicações da NR-10 em engenharia de controle**

Em relação às aplicações da NR-10 em projetos de engenharia de controle, é evidente que sua abrangência é ampla. A norma pode ser aplicada em diversos segmentos, desde a geração e transmissão de energia até o consumo final, abrangendo também as etapas de projetos, construção, manutenção, montagem, operação e proximidades das instalações elétricas (Barzotto, 2012).

Vários estudos têm utilizado as diretrizes da NR-10 em suas pesquisas, como destacado por Barzotto (2012). No projeto de uma máquina de produção de transversinas em uma empresa de carrocerias de caminhões, todas as exigências da NR-10 foram atendidas. O autor destaca que, ao seguir os requisitos necessários, foi possível dimensionar adequadamente os componentes elétricos da máquina, como motores elétricos, chaves seccionadoras, cabos, dispositivos de proteção e variadores de velocidade.

Da mesma forma, Prigol (2013) desenvolveu um projeto de uma máquina para secagem e armazenamento de milho, no qual os princípios da NR-10 foram seguidos. O projeto incluiu a utilização de sensores, atuadores, controlador lógico programável, interface homem-máquina e dispositivos de proteção elétrica, atendendo às recomendações da norma (Prigol, 2013).

Esses exemplos demonstram a relevância da aplicação da NR-10 em projetos de engenharia de controle, ao adotar as medidas de segurança adequadas, como mencionado por

Silva et al. (2021). Portanto, a incorporação da NR-10 nos projetos de engenharia de controle é fundamental para assegurar a conformidade com as normas. Varella e Medina (2022) realizaram um diagnóstico energético de uma instalação elétrica em uma clínica de obstetrícia, identificando incoerências normativas e propondo soluções para adequação. Durante a avaliação, foram encontradas as seguintes inconformidades a serem corrigidas:

- a) falta de identificação adequada de circuitos elétricos: Verificou-se a ausência de identificação clara dos circuitos elétricos, o que dificulta a manutenção e intervenções seguras.
- b) deficiências na proteção contra choques elétricos: Foram observadas falhas na proteção contra choques elétricos, como a falta de dispositivos de proteção diferencial residual (DR) em determinados circuitos.
- c) dimensionamento inadequado de condutores e dispositivos de proteção: Verificou-se o dimensionamento inadequado de condutores elétricos e dispositivos de proteção, o que pode comprometer a segurança e o desempenho da instalação elétrica.

Essas inconformidades destacadas ressaltam a importância de seguir as diretrizes estabelecidas pela NR-10 e realizar uma análise criteriosa das instalações elétricas em projetos de engenharia de controle. É fundamental que os profissionais envolvidos estejam atualizados e capacitados (Cunha, 2010; Pereira; Carvalho, 2016).

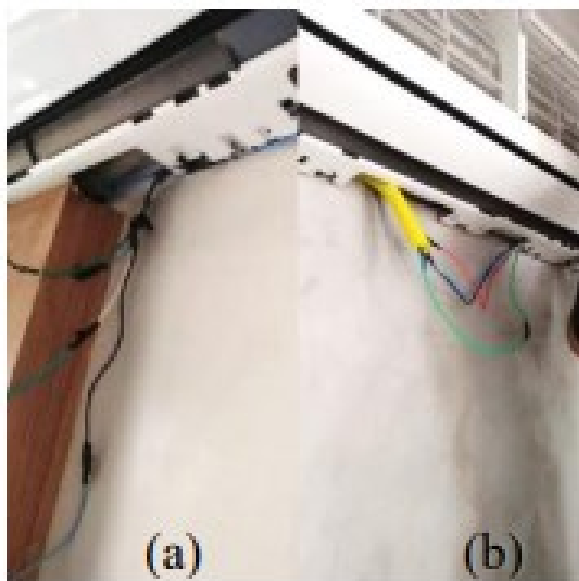
Diante da identificação dos ajustes a serem realizados, iniciaram-se as correções na instalação elétrica da clínica de obstetrícia. No entanto, foram encontradas dificuldades na correção dos circuitos de aterramento, uma vez que a maioria deles possuía o condutor próximo aos pontos necessários, porém sem conexão adequada. Além disso, foram identificadas emendas malfeitas, comprometendo a efetividade do sistema de aterramento (Varella; Medina, 2022).

Outro aspecto que demandou atenção foi o aterramento das carcaças metálicas das condensadoras, bem como a correção da alimentação que estava invertida. Esses ajustes representaram desafios adicionais devido ao acesso ruim e à falta de segurança, uma vez que os equipamentos estavam localizados na parte externa do edifício, no quinto andar (Varella; Medina, 2022, p. 84).

Essas dificuldades encontradas no processo de correção da instalação elétrica evidenciam a importância de uma abordagem cuidadosa e especializada na aplicação das

normas, como a NR-10, em projetos de engenharia de controle. É fundamental promover ações de manutenção e adequação periódicas para garantir a segurança dos trabalhadores e o bom funcionamento dos sistemas elétricos, a Figura 8 exemplifica (Cunha, 2010; Barzotto, 2012; Prigol, 2013; Pereira; Carvalho, 2016).

Figura 8 – a. Ligação anterior incorreta b. circuito interno dos condensadores após adequação.



Fonte: Varella e Medina (2022)

De acordo com os autores, ainda foi necessária a instalação de novos eletrodutos na parte superior do forro até as condensadoras para passagem dos novos condutores de 4 mm<sup>2</sup> terra, neutro e fase, corrigindo a seção nominal anterior e a associação de neutros irregular. Assim, também foi possível levar a partir circuito interno das mesmas a alimentação para as evaporadoras, estando presente nesse circuito bornes necessários para a alimentação, uma vez que se tratava de ares-condicionados, inverter era a forma correta de ligação presente no manual ignorada anteriormente. O equipamento de ultrassom que anteriormente estava sem aterramento e sendo utilizado em tomada de uso geral, foi conduzido para um circuito individual, visando maior proteção e controle de quaisquer possíveis oscilações futuras na instalação e facilidade de manobra e identificação (Varella; Medina, 2022, p. 84) (Figura 9).

Figura 9 – Eletrodutos instalados e testagem da carcaça.



Fonte: Varella e Medina (2022)

A aplicação da NR-10 em projetos de engenharia de controle é abrangente e pode ser observada em diversos segmentos, como geração, transmissão, distribuição, consumo final, projetos, construção, manutenção, montagem, operação e proximidades das instalações elétricas (Barzotto, 2012; Prigol, 2013).

Varella e Medina (2022) realizaram um diagnóstico energético de uma instalação elétrica em uma clínica de obstetrícia, identificando as incoerências normativas encontradas e desenvolvendo soluções para sua adequação. Durante o processo, foram constatadas inconformidades que necessitavam ser corrigidas, como problemas nos circuitos de aterramento e emendas malfeitas. Os autores também destacaram a dificuldade de acesso aos equipamentos externos no quinto andar do edifício, evidenciando a importância de garantir a segurança durante as correções (Varella; Medina, 2022).

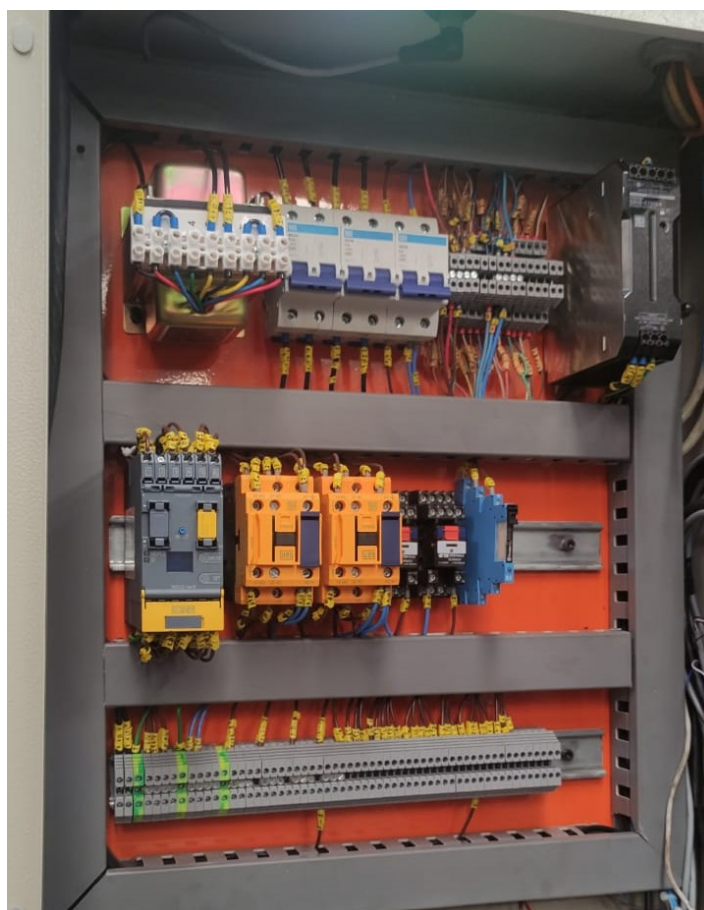
Silva Filho (2021) apresentou os principais requisitos da NR-10 no processo de instalação de painéis fotovoltaicos em meio residencial. O autor ressaltou a importância da aplicação da norma nesse contexto para garantir a segurança durante as instalações e prevenir acidentes.

Além disso, Silva Filho (2021) ressaltou a necessidade de um planejamento adequado antes e após as instalações elétricas, considerando fatores como o conhecimento do local, dos equipamentos e do sistema a ser utilizado.

Lourenço (2010) enfatiza a importância de realizar trabalhos com circuitos desenergizados, conforme estabelecido pela NR-10, durante as práticas de manutenção no setor elétrico. O autor destaca a necessidade de precauções adicionais para evitar a reenergização acidental do circuito, como lidar com circuitos em paralelo, circuitos indutivos e garantir a sinalização adequada.

Perico (2018) realizou um estudo sobre as condições dos quadros elétricos em uma empresa frigorífica, utilizando um checklist baseado na NR-10. O autor inspecionou todos os subsistemas elétricos e classificou cada quadro elétrico de acordo com as necessidades de adequação. Com base nos resultados, um plano de ação foi desenvolvido, priorizando os quadros elétricos que apresentaram pontuações mais baixas, pode ser mostrado na Figura 10 um exemplo (Perico, 2018).

Figura 10 – Imagem de um painel elétrico.



Fonte: Perico (2018)

Em conclusão, a NR-10 desempenha um papel fundamental na garantia da segurança dos trabalhadores que lidam com eletricidade em diferentes setores e atividades. Ao longo deste

diálogo, foram apresentadas várias perspectivas e pesquisas que evidenciam a importância da aplicação e do cumprimento dessa norma. Silva et al. (2021) destacam a necessidade de capacitação e treinamento adequados dos profissionais envolvidos e a importância do uso de equipamentos de proteção individual e coletiva.

Além disso, as pesquisas de Varella e Medina (2022), Silva Filho (2021) e Perico (2018) demonstraram a aplicação prática da NR-10 em projetos de engenharia elétrica, diagnóstico energético e inspeção de quadros elétricos, respectivamente. Essas contribuições ressaltam a relevância da NR-10 como um guia essencial para a prevenção de acidentes e a promoção da segurança no trabalho com eletricidade. É fundamental que empresas e profissionais estejam comprometidos em seguir as diretrizes estabelecidas pela norma, visando sempre a proteção da vida e da saúde dos trabalhadores envolvidos.

### **3.6 Ergonomia aplicada em processos produtivos**

A ergonomia aplicada em processos produtivos desempenha um papel fundamental na melhoria das condições de trabalho e na relação entre o homem e a atividade laboral. Diversos autores destacam a importância dessa abordagem. Segundo Abrahão e Pinho (2002), a ergonomia busca compreender as interações do trabalho humano com o contexto social e tecnológico, visando organizar o trabalho de acordo com sua complexidade e múltiplos fatores envolvidos. Villarouco e Andreto (2008) ressaltam que a análise de ambientes em utilização e a coleta de informações são procedimentos essenciais para identificar problemas e orientar ações de mudança.

Já Minette et al. (2002) afirmam que as medidas antropométricas são fundamentais para o dimensionamento adequado de máquinas e atividades, visando a segurança e eficiência dos trabalhadores. Além disso, é importante considerar as recomendações para o projeto, construção e manutenção de máquinas e equipamentos, como a localização e distância adequadas, comandos intuitivos e respeito às exigências posturais e esforços físicos dos operadores (Brasil, 2022).

Conforme estabelecido pelas normas regulamentadoras, os elementos presentes no local devem ser projetados de forma a minimizar riscos e proporcionar condições ergonômicas adequadas. Conforme resalta Abrahão e Pinho (2002), a ergonomia surge como uma abordagem que visa a organização do trabalho levando em consideração sua complexidade e os fatores que o compõem.

A ergonomia propõe dois objetivos fundamentais: produzir conhecimento sobre o trabalho e suas condições, assim como a relação do homem com o trabalho, e gerar ferramentas e princípios que orientem a melhoria das condições de trabalho (Villarouco; Andreto, 2008). Nesse sentido, é importante registrar informações e avaliar o projeto e o ambiente em utilização para identificar problemas e promover mudanças.

Além disso, as medidas antropométricas desempenham um papel crucial na concepção de um ambiente de trabalho ergonomicamente adequado. Minette et al. (2002) destacam que é necessário considerar as dimensões dos indivíduos para definir o dimensionamento adequado das máquinas e das atividades envolvidas, visando à segurança e à eficiência dos trabalhadores.

No que diz respeito às máquinas e equipamentos, é fundamental que sejam projetados, construídos e mantidos levando em conta aspectos como a localização e a distância para permitir um manuseio fácil e seguro. Os comandos e indicadores devem representar, sempre que possível, a direção do movimento e os efeitos correspondentes. Além disso, é essencial respeitar as exigências posturais, cognitivas, de movimentos e esforços físicos dos operadores (Brasil, 2022).

É importante destacar que o ritmo de trabalho e a velocidade das máquinas e equipamentos devem ser compatíveis com a capacidade física dos operadores, a fim de evitar danos à saúde (Brasil, 2022). Essas medidas visam proporcionar um ambiente de trabalho seguro e saudável, contribuindo para o bem-estar dos trabalhadores e a prevenção de acidentes e lesões. Ao adotar abordagens ergonômicas e cumprir as diretrizes estabelecidas pelas normas, é possível promover um ambiente de trabalho que valoriza a saúde e o bem-estar dos colaboradores.

### **3.7 Projeto Mecânico aplicado a NR-12**

O projeto mecânico desempenha um papel crucial na garantia da segurança e conformidade com a NR-12. De acordo com Vale (2021), o projeto mecânico envolve uma série de etapas que visam otimizar, automatizar e personalizar equipamentos, além de reduzir custos.

Segundo Vale (2021), as cinco etapas para o desenvolvimento de um projeto mecânico são amplamente reconhecidas na indústria. A pesquisa da disponibilidade e a realização do design são fundamentais para identificar as necessidades e requisitos do projeto. Essa etapa é essencial para a definição do escopo do projeto e dos recursos a serem utilizados.

Em concordância com Santos et al. (2018), a etapa de enquadramento e desenho 2D e 3D da máquina é responsável por transformar as ideias em representações concretas. Nessa fase, são determinadas as dimensões, formas e características da máquina, levando em consideração os aspectos mecânicos e as diretrizes da NR-12.

A análise mecânica é uma etapa crítica para garantir a segurança e a eficiência do equipamento. Por meio de softwares especializados, é possível simular a estrutura estática e dinâmica da máquina, identificando possíveis falhas, deformações ou instabilidades. Essas análises contribuem para a correção de problemas antes da fase de prototipagem. Conforme apontado por Lima et al. (2020), a fase de prototipagem e testes é essencial para verificar o funcionamento, a durabilidade e a segurança do equipamento. É nesse estágio que são realizados ensaios e verificações práticas, permitindo a detecção de possíveis falhas e aperfeiçoamentos necessários.

Por fim, a documentação e os desenhos técnicos são elementos fundamentais para o projeto mecânico, conforme ressaltado por Scarpite et al. (2021). Esses documentos detalhados são essenciais para orientar o processo de fabricação, garantindo que todas as especificações e requisitos sejam seguidos corretamente.

Ao realizar um projeto mecânico de acordo com as etapas mencionadas e seguindo as diretrizes da NR-12, é possível garantir um ambiente de trabalho seguro. Como mencionado por Scarpite et al. (2021), a integração da NR-12 desde as fases iniciais do projeto contribui para a redução de riscos, a prevenção de acidentes e a proteção dos operadores que estarão em contato com as máquinas e equipamentos.

O desenvolvimento de um projeto de máquina requer habilidades técnicas e considerações específicas. Generoso (2009) destaca que o projeto de máquinas é realizado para satisfazer uma necessidade específica, seja ela industrial, comercial ou de lazer. Além disso, o autor ressalta a importância de transformar uma ideia em um projeto de mecanismo funcional capaz de executar uma determinada tarefa.

Para iniciar o desenvolvimento de um projeto de máquinas, é fundamental realizar um estudo detalhado de suas partes e sua montagem. Crivelatti (2015) enfatiza a importância de dimensionar adequadamente os componentes, como engrenagens, parafusos, molas e cames, considerando sua localização e tamanho. Durante esse processo, é essencial realizar revisões para aprimorar a qualidade e a precisão do produto final.

Ao selecionar os elementos que serão utilizados no projeto de máquina, é necessário considerar várias características que podem influenciar o resultado final. Shigley (1984) destaca

a importância de avaliar a resistência, confiabilidade, utilidade, custo e peso dos componentes, a fim de garantir a eficiência e funcionalidade da máquina.

O desenvolvimento de um projeto de máquinas requer conhecimentos técnicos multidisciplinares. Norton (2013) ressalta a importância de uma equipe multidisciplinar para chegar a um consenso sobre o projeto, considerando que podem existir várias soluções para um mesmo problema. Um planejamento adequado das etapas do projeto é fundamental para evitar retrabalhos e garantir resultados satisfatórios.

A segurança dos trabalhadores é uma preocupação central durante todo o processo de projeto de máquinas. É fundamental considerar os aspectos de segurança desde a montagem até a operação da máquina. Conforme mencionado por Brasil (2022), é necessário eliminar cantos vivos, superfícies ásperas e quinas agudas, além de adequar o ritmo de trabalho e a velocidade das máquinas às capacidades físicas dos operadores, a fim de evitar danos à saúde.

Dalabona e Linzmayer (2019) descrevem que os projetos mecânicos podem ser desafiadores para pequenas e médias empresas, devido ao investimento financeiro e aos conhecimentos complexos envolvidos. Além disso, destacam a importância de considerar os riscos associados aos projetos, como a possibilidade de não atender às expectativas da empresa e às normas de segurança. Portanto, é necessário desenvolver metodologias adaptadas à realidade dessas empresas, permitindo que elas atendam às normas regulatórias, como a NR-12. Além do projeto desenvolvido por Monteiro (2022), outros autores também contribuíram para o campo de projetos de máquinas que atendem aos critérios mencionados, conforme mostrado na Figura 11.

Figura 11 – Prova de conceito para uso em hospitais, para isolar e transportar pessoas portadoras de doenças infectocontagiosas.



Fonte: Monteiro (2022)

Já Frasão et al. (2021) abordaram a importância do uso de metodologias de projeto adequadas para garantir a conformidade com a NR-12. Eles ressaltaram a necessidade de considerar fatores como análise de riscos, seleção de materiais adequados e correta aplicação das normas técnicas durante o desenvolvimento de máquinas.

Esses estudos demonstram a importância de considerar aspectos normativos, segurança e qualidade no desenvolvimento de projetos de máquinas, visando a proteção dos trabalhadores e a conformidade com as normas regulamentadoras, como a NR-12.

No campo do desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho, além dos estudos mencionados anteriormente, Ceranto (2020) contribuiu com sua pesquisa no setor de transmissão de energia. Ele enfatizou que o desenvolvimento desses produtos é crucial para garantir o bom funcionamento das atividades nesse setor, visando a segurança dos profissionais e a preservação dos demais recursos envolvidos.

Outro estudo relevante foi realizado por Carvalho (2021), que desenvolveu um sistema de teste denominado HiPOT, utilizado para verificar o isolamento elétrico de diversos produtos. O autor ressaltou a importância de aplicar observações de segurança no trabalho durante esse

teste, especialmente em medidores elétricos, onde o ensaio é obrigatório e padronizado pelo INMETRO. O sistema desenvolvido consiste em um berço onde os medidores são colocados e entram em contato com o equipamento de alta tensão de forma automática, garantindo o isolamento do processo e aplicando as recomendações da NR-12. Essa abordagem afasta o operador dos riscos envolvidos e proporciona uma direção para que projetos semelhantes incorporem esses conceitos em testes de validação automáticos. O projeto envolve uma equipe multidisciplinar responsável pelo projeto mecânico, elétrico, pneumático e de software (Carvalho, 2021).

Além disso, outros autores contribuíram para o campo do projeto mecânico aplicado à segurança no trabalho. A integração entre a ergonomia e o projeto mecânico, visando à adaptação do equipamento ao trabalhador e à redução dos riscos ocupacionais são importantes. Fialho (2018) enfatiza a necessidade de considerar a segurança no projeto de máquinas, abordando aspectos como proteção de partes móveis, sistemas de parada de emergência e dispositivos de segurança.

Essas pesquisas demonstram a importância do desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho e a necessidade de abordagens multidisciplinares para garantir a conformidade com as normas regulamentadoras, como a NR-12, e a proteção dos profissionais envolvidos nas atividades industriais.

Destaca-se a importância da ergonomia na concepção de máquinas e equipamentos, a necessidade de considerar os aspectos de segurança desde a fase inicial do projeto, bem como a relevância de uma abordagem multidisciplinar e o uso de ferramentas computacionais. Autores como Generoso (2009), Crivelatti (2015), Shigley (1984), Norton (2013), Dalabona e Linzmayer (2019), Monteiro (2022), Ceranto (2020), Carvalho (2021) contribuíram com suas pesquisas e estudos nessa área. Essas informações ressaltam a relevância de uma abordagem cuidadosa e voltada para a segurança no desenvolvimento de projetos mecânicos, a fim de garantir a integridade dos trabalhadores, o cumprimento das normas regulamentadoras e o sucesso das atividades industriais. A interseção entre o projeto mecânico e a segurança no trabalho, como afirmam os autores mencionados, é fundamental para promover ambientes laborais seguros, eficientes e produtivos.

### **3.8 Projeto Elétrico aplicado a NR-12**

No contexto do projeto elétrico aplicado à NR-12, é fundamental considerar as diretrizes estabelecidas para garantir a segurança dos trabalhadores. No que diz respeito aos

aspectos elétricos, é crucial observar as orientações da NR-12 relacionadas aos circuitos elétricos de comando e potência. Esses circuitos devem ser projetados e mantidos de forma a prevenir, por meios seguros, riscos como choques elétricos, incêndios, explosões e outros acidentes, em conformidade com as normas técnicas oficiais e, na ausência destas, com as normas internacionais aplicáveis (Brasil, 2022).

Ruffoni (2012) conduziu um estudo de adequação de um torno automático às normas da NR-12 e identificou a necessidade de modificação do projeto do quadro de comando elétrico. Nesse sentido, o autor ressaltou a importância de profissionais qualificados para a realização dessas modificações, visando atender aos requisitos de segurança estabelecidos pela norma. O projeto proposto para o quadro elétrico de segurança enfatizou aspectos como emergência, operação em baixa tensão e proteções móveis monitoradas, a fim de garantir um ambiente de trabalho seguro (Ruffoni, 2012).

Além disso, outros autores contribuem para o entendimento e a aplicação adequada das normas elétricas nos projetos de máquinas e equipamentos. É importante a análise de riscos elétricos, a proteção contra contatos diretos e indiretos e do correto dimensionamento dos dispositivos de segurança elétrica. Figueiredo (2016) resalta a necessidade de adequação das instalações elétricas às normas técnicas e a importância da inspeção e manutenção periódica dos sistemas elétricos. Oliveira et al. (2015) enfatizam a relevância do projeto elétrico como fator determinante para a segurança e o desempenho das máquinas, abordando aspectos como seleção de componentes, proteção contra sobrecargas e curtos-circuitos, e a correta identificação dos dispositivos elétricos.

No contexto do projeto elétrico aplicado à NR-12, a participação de profissionais qualificados e a estrita conformidade com as normas são essenciais para garantir a segurança no ambiente de trabalho. Autores como Brasil (2022), Ruffoni (2012), Figueiredo (2016) e Oliveira et al. (2015) contribuem com suas pesquisas e estudos, fornecendo diretrizes e recomendações para a adequação dos projetos elétricos às normas da NR-12.

A NR-12 estabelece requisitos técnicos e obrigações legais para a adequação de máquinas e equipamentos, visando prevenir acidentes e preservar a saúde e a vida dos trabalhadores (Brasil, 2022). Quando as normas nacionais não fornecem os aspectos técnicos necessários para determinada máquina, é necessário consultar as normas internacionais pertinentes, as quais devem ser seguidas.

Ruffoni (2012) realizou um estudo de adequação de um torno automático à NR-12, identificando a necessidade de reformular o projeto do quadro de comando elétrico, uma atividade que deve ser executada por um profissional qualificado. O projeto do quadro elétrico

de segurança priorizou aspectos como emergência, operação em baixa tensão e proteções móveis monitoradas.

A implementação de dispositivos de segurança adequados é essencial para garantir a proteção dos trabalhadores. Entre as recomendações, destacam-se a instalação de relés de parada de emergência, capazes de interromper todos os movimentos da máquina quando acionados, e a operação em extrabaixa tensão, de acordo com as orientações da NR-12. Além disso, a utilização de proteções móveis monitoradas, por meio de fim de curso magnético, contribui para prevenir riscos de enroscamento e erros humanos ou procedimentos inadequados.

É importante ressaltar que a segurança não se limita apenas às adequações técnicas, mas também envolve instruções operacionais e treinamentos adequados para os trabalhadores. Os operadores devem estar plenamente capacitados para interagir corretamente com os equipamentos, evitando práticas inseguras, como abrir partes móveis enquanto o equipamento está em funcionamento.

Dessa forma, ao considerar as contribuições dos autores mencionados, é possível direcionar os projetos elétricos para atender às exigências da NR-12, garantindo um ambiente de trabalho seguro e protegendo a integridade dos trabalhadores. A aplicação das diretrizes e recomendações desses autores é essencial para promover a segurança no setor e prevenir acidentes relacionados à eletricidade. A Figura 12 mostra o equipamento de estudo utilizado por Ruffoni (2012).

Figura 12 – Torno utilizado no estudo de Ruffoni.



Fonte: Ruffoni (2012)

O estudo realizado por Souza e Bandeira (2018) revelou a importância de adotar medidas de segurança elétrica para reduzir os riscos de acidentes em máquinas e equipamentos de fabricação de fraldas, de acordo com a Norma Regulamentadora 12 (NR-12). Ao identificar os perigos associados às máquinas, Souza e Bandeira (2018) destacaram a ocorrência de curto-circuito, falta de aterramento e arcos elétricos, os quais apresentam riscos graves, como choque elétrico, queimaduras e até mesmo fatalidades. No entanto, com a implementação de projetos de segurança elétrica, esses riscos foram reduzidos a níveis aceitáveis, protegendo a integridade física dos trabalhadores.

A importância da conformidade com as normas de segurança é reforçada por Brasil (2022), que enfatiza o papel da NR-12 na prevenção de acidentes e mortes, contribuindo para a manutenção da saúde e da vida dos trabalhadores. Além disso, Ruffoni (2012) destaca a necessidade de projetos elétricos que priorizem a emergência, operação em baixa tensão e proteções móveis monitoradas, visando a segurança dos operadores.

Com base nessas evidências e nas diretrizes fornecidas pela literatura, é fundamental que os profissionais envolvidos no projeto elétrico de máquinas e equipamentos considerem as recomendações dos autores mencionados, a fim de garantir a segurança no ambiente de trabalho. O cumprimento rigoroso das normas, aliado ao conhecimento técnico qualificado,

contribui para a criação de um ambiente laboral mais seguro, protegendo os trabalhadores contra os riscos elétricos e promovendo a saúde e o bem-estar no local de trabalho.

Boger (2018) avaliando o risco de acidente em uma máquina de corte de cabeça bovina, identificou riscos concernentes à choque elétrico no interior de seus comandos elétricos e quadro de comando. Mesmo após adequações, o equipamento ainda dispõe de quadros de comando que podem acarretar riscos elétricos se forem abertos por pessoal não treinado e autorizado, portanto, o autor recomenda a utilização do aviso de perigo no local, conforme indicação da norma (Figura 13).

Figura 13 – Aviso de perigo de choque elétrico.



Fonte: Boger (2018)

Quírico et al. (2017) avaliando a segurança das máquinas e equipamentos do setor de serraria de uma indústria produtora de móveis, antes e após a implantação da Norma Regulamentadora Nº 12, analisaram e quantificaram os principais itens em desconformidade, conforme discorre:

Sobre os dispositivos elétricos, antes das adequações foram observados condutores soltos, fora dos eletrodutos e presença de emendas nas extensões de cabos elétricos. Os painéis de segurança não apresentavam sinalização e aviso de acesso restrito. Os eletrodutos não estavam pintados na cor cinza escuro conforme recomendado pela NR-26. Além disto, algumas máquinas não possuíam aterramento. Em relação ao painel elétrico as alterações seguiram as principais recomendações: – Circuitos identificados e protegidos, pois nenhuma parte energizada pode ficar exposta; – Porta de acesso mantida permanentemente fechada; – Sinalização sobre o risco de choque elétrico e restrição de acesso a pessoas não autorizadas; –

Bom estado de conservação; – Grau de proteção adequado em função do ambiente de uso; – implementação do CLP (controlador lógico programável). A NR–12 aborda sobre o uso do CLP para o controle lógico da prensa com intuito não só operacional, mas para garantir a segurança e funcionamento seguro da máquina através de controle lógico de segurança (Quírico et al., 2017).

### **3.9 Pneumática Industrial aplicada a NR–12**

A pneumática industrial desempenha um papel significativo na aplicação da Norma Regulamentadora N° 12 (NR–12). Estudos têm sido realizados para explorar o uso da pneumática em diferentes setores industriais. A pneumática envolve o uso de gases ou ar pressurizado para acionamento e controle de tecnologias. É amplamente utilizada na engenharia e possui diversas aplicações em máquinas e equipamentos industriais, especialmente na automação industrial (Cummins et al., 2017).

Embora a utilização de sensores e motores elétricos seja comum em muitas aplicações, há situações em que a energia hidráulica e pneumática oferecem soluções mais eficientes e de baixo custo. Em alguns casos, é necessário evitar faíscas elétricas, o que torna desaconselhável o uso de motores elétricos. Nesses casos, os atuadores hidráulicos são empregados quando há cargas extremamente pesadas, como em tratores e guindastes, ou quando é necessária alta precisão de posicionamento, como em máquinas de usinagem de precisão e micro manipuladores. Por outro lado, os atuadores pneumáticos são utilizados para cargas de até uma tonelada, quando são desejados movimentos de duas posições limitadas por batentes mecânicos, como em máquinas de fixação ou transporte de peças, ou quando são necessárias altas rotações, como em fresadoras pneumáticas e brocas odontológicas (Silva, 2002).

Portanto, a compreensão e aplicação adequada da tecnologia pneumática industrial são cruciais para a conformidade com a NR–12, garantindo a segurança no ambiente de trabalho. A pneumática oferece soluções eficientes e seguras em diferentes cenários industriais, permitindo o acionamento e controle de máquinas e equipamentos de forma precisa e confiável. Essa abordagem contribui para a prevenção de acidentes e a proteção da integridade física dos trabalhadores.

Nas NRs12 existem algumas recomendações para máquinas pneumáticas, e que podem ser específicas para determinadas atividades como as descritas a seguir para prensas.

2.4.6 Para prensas pneumáticas, quando a massa do conjunto martelo e ferramenta for superior a 15 kg, devem ser tomadas medidas que impeçam a queda do conjunto por gravidade em caso de despressurização acidental (Brasil, 2022).

E também para indústria de calçados, do qual descreve que as máquinas de dublar ou unir componentes de calçados com acionamento pneumático devem possuir os seguintes requisitos específicos de segurança:

- a) proteções fixas nas zonas superior, lateral e traseira, conforme item 12.5 – Sistemas de Segurança e seus subitens, conforme Figura 27 deste Anexo;
- b) proteção móvel na parte frontal, área de operação da máquina, dotada de dispositivo de restrição mecânica, que atue de forma sincronizada à abertura dessa proteção;
- c) o acionamento pode ser realizado através de um botão de comando simples (Brasil, 2022).

Quando utilizadas proteções móveis ou sensores de segurança, os dispositivos pneumáticos devem atender as seguintes concepções:

- a) válvula pneumática de segurança dinamicamente monitorada, classificada como categoria 4, com bloqueio em caso de falha, sendo que a comutação incompleta de uma das válvulas, ou a pressão residual originada devido a falha na comutação ou vedações danificadas, não devem comprometer a segurança do sistema;
- b) válvula pneumática de segurança monitorada classificada como categoria 3, ou circuito pneumático equivalente, sendo que a comutação incompleta de uma das válvulas, ou a pressão residual originada devido a falha na comutação ou vedações danificadas, não devem comprometer a segurança do sistema;
- c) uma válvula pneumática monitorada ou uma válvula pneumática convencional com verificação de funcionamento periódico, para categoria 2 (Brasil, 2022).

Nas atividades de montagem e desmontagem de pneumáticos das rodas das máquinas e equipamentos não estacionários, que ofereçam riscos de acidentes, devem ser observadas as seguintes condições:

- a) os pneumáticos devem ser completamente despressurizados, removendo o núcleo da válvula de calibragem antes da desmontagem e de qualquer intervenção que possa acarretar acidentes; e
- b) o enchimento de pneumáticos só poderá ser executado dentro de dispositivo de clausura ou gaiola adequadamente dimensionada, até que seja alcançada uma pressão suficiente para forçar o talão sobre o aro e criar uma vedação pneumática (Brasil, 2022).

A NR-12 ressalta que os dispositivos pneumáticos devem possuir um dos seguintes sistemas de segurança nas zonas de perigo:

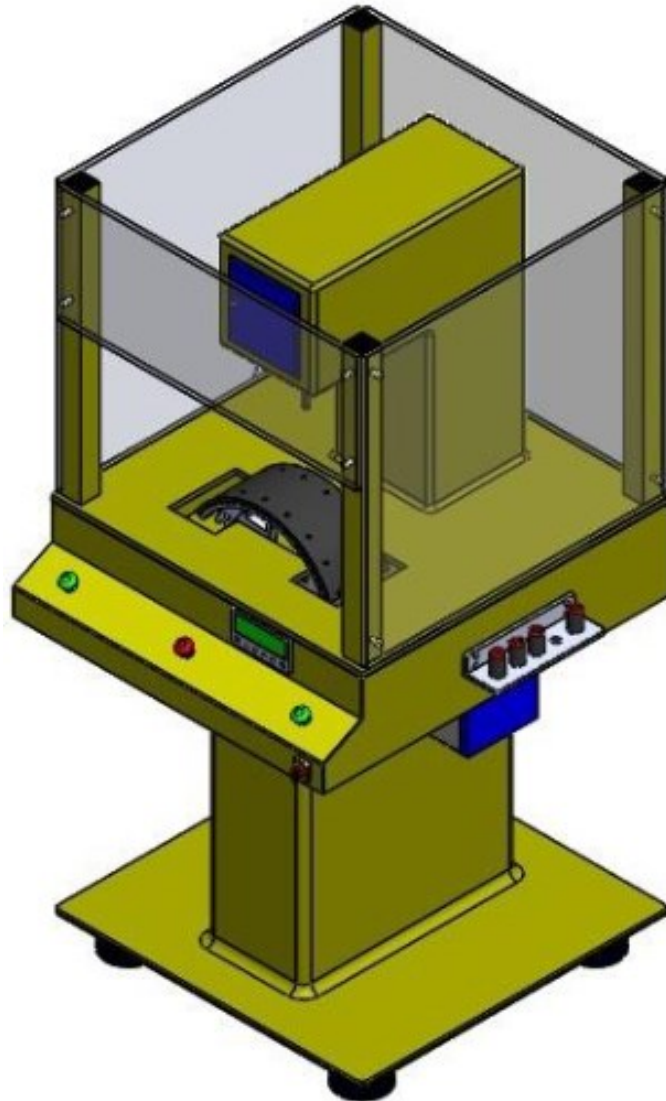
- a) enclausuramento da zona de perigo, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos, conforme subitem 12.5.1.1 desta NR, constituído de proteções fixas, conforme item 12.5 – Sistemas de Segurança e seus subitens; ou
- b) enclausuramento da zona de perigo, com frestas ou passagens que não permitam o ingresso dos dedos e mãos, conforme subitem 12.5.1.1 desta NR, constituído de proteções fixas e proteções móveis dotadas de intertravamento, conforme item 12.5 – Sistemas de Segurança e seus subitens; ou
- c) sensores de segurança conforme item 12.5 – Sistemas de Segurança e seus subitens (Brasil, 2022).

Rodrigues et al. (2019) apresentaram um projeto inovador de uma rebidadeira de lonas de freios para veículos de grande porte (Figura 14), que utiliza elementos eletropneumáticos em suas operações. Esse equipamento foi desenvolvido levando em consideração os critérios estabelecidos pela Norma Regulamentadora Nº 12 (NR-12). Durante o processo de projeto, foi adotada a ferramenta de gestão PDCA, juntamente com softwares de modelagem e simulação, como o SolidWorks® e o FluidSim®. Essas ferramentas permitiram a realização de testes de desempenho da rebidadeira em um ambiente virtual, garantindo a eficiência e a segurança do equipamento.

A rebidadeira pneumática projetada é capaz de exercer uma força de compressão superior a 7000N, atendendo à variedade de rebites disponíveis no mercado. Além disso, o equipamento utiliza um motor de passo para controlar o movimento da sapata de freio e possui um conjunto de punções de diferentes diâmetros, garantindo a capacidade de conformar todos os tipos de rebites utilizados nessa aplicação. Essas características proporcionam vantagens significativas tanto para os mecânicos quanto para a segurança do processo, uma vez que o projeto atende plenamente aos requisitos da Norma de Segurança e propõe uma otimização das atividades.

Dessa forma, o projeto da rebidadeira de lonas de freios demonstra a aplicação prática dos conceitos eletropneumáticos no contexto da NR-12. A utilização de elementos eletropneumáticos nessa máquina resulta em um equipamento eficiente, seguro e adequado aos padrões de segurança exigidos pela norma. A integração de softwares de modelagem e simulação proporciona um processo de desenvolvimento mais preciso e confiável, permitindo testes virtuais e identificação de possíveis melhorias antes da implementação física. Essa abordagem contribui para a otimização dos processos industriais e a garantia de um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente.

Figura 14 – Projeto final da rebidadeira pneumática.



Fonte: Rodrigues et al. (2019)

Nicolau (2022) avaliando melhorias que podiam ser realizadas em um equipamento de torrefação em atendimento à NR-12, verificou a necessidade de ajuste no sistema pneumático, ao qual descreveu o problema da seguinte forma:

A moega de resfriamento tem quatro portas que são acesso aos componentes que podem gerar esmagamento de algum membro e também ao sistema do mexedor de café que pode gerar grandes cortes quando em contato com algum membro do corpo humano, é necessário a instalação de chaves de segurança em todas as portas, para que assim que alguma dessas portas forem abertas durante operação, todo os motores da moega sejam desligado e faça a despressurização dos sistemas pneumáticos da comporta de descarga, eliminando todo o risco (Nicolau, 2022, p. 24).

### 3.10 Sistemas de controle industriais

Os sistemas de controle desempenham um papel essencial na garantia da segurança industrial, especialmente no cumprimento das normas de segurança, como a Norma Regulamentadora NR-12. Esses sistemas são responsáveis por monitorar e controlar diversos aspectos das máquinas e equipamentos, com o objetivo de prevenir acidentes e preservar a integridade física dos trabalhadores.

De acordo com Santos et al. (2021), os sistemas de controle têm a finalidade de evitar que as máquinas operem em condições de risco, promovendo a interrupção segura dos movimentos quando necessário. Por meio de sensores, atuadores e controladores, esses sistemas monitoram variáveis críticas, como temperatura, pressão, velocidade e posição, permitindo a detecção de anomalias e a tomada de ações corretivas.

A aplicação de sistemas de controle eficientes é crucial para a conformidade com as normas de segurança. É importante projetar quadros de comando elétrico que atendam aos requisitos da NR-12, como a presença de dispositivos de parada de emergência, circuitos identificados e protegidos, e sinalização adequada dos riscos elétricos. Além disso, a utilização de sistemas de controle lógico programável (CLP) é fortemente recomendada. Segundo Miranda (2020), o CLP permite a programação e integração de dispositivos de segurança, como sensores de presença e botões de emergência, garantindo uma resposta rápida e efetiva em situações de risco.

É importante ressaltar que os sistemas de controle não apenas contribuem para a segurança, mas também melhoram a eficiência e a produtividade dos processos industriais. Conforme apontado por Costa e Santos (2017), a integração de sensores e atuadores em um sistema de controle inteligente possibilita a detecção precoce de falhas, facilitando a manutenção preventiva e reduzindo o tempo de inatividade das máquinas.

Em síntese, os sistemas de controle desempenham um papel vital na segurança industrial, viabilizando a conformidade com as normas regulamentadoras e assegurando um ambiente de trabalho seguro. Através do monitoramento e controle de variáveis críticas, esses sistemas auxiliam na prevenção de acidentes e na proteção dos trabalhadores. A adoção de tecnologias avançadas, como CLPs e sistemas de automação, proporciona um controle mais preciso e confiável, resultando em processos industriais mais seguros, eficientes e produtivos.

### 3.11 Controlador Lógico Programável – CLP

O Controlador Lógico Programável (CLP) é um dispositivo amplamente utilizado na automação industrial, desempenhando um papel fundamental no controle e monitoramento de processos. Ele permite a programação e execução de sequências lógicas e temporizadas, facilitando a operação e o gerenciamento de sistemas complexos (Silva et al., 2019).

De acordo com Silva et al. (2019), o CLP é projetado para atender às necessidades específicas de cada aplicação industrial, oferecendo flexibilidade e adaptabilidade. Ele é capaz de integrar diversos componentes de controle, como sensores, atuadores e interfaces, permitindo o monitoramento e controle em tempo real.

A utilização do CLP na indústria traz diversos benefícios. Segundo Silva et al. (2019), o CLP permite a automação de processos repetitivos, reduzindo a intervenção humana e aumentando a produtividade. Além disso, ele oferece maior precisão e confiabilidade nas operações, minimizando erros e aumentando a qualidade dos produtos.

No contexto da segurança industrial, o CLP desempenha um papel crucial. Conforme destacado por Silva (2007), o CLP possibilita a implementação de medidas de segurança, como sistemas de parada de emergência, monitoramento de condições críticas e intertravamentos. Ele permite a rápida detecção de falhas e a tomada de ações corretivas, contribuindo para a prevenção de acidentes.

Um exemplo prático do uso do CLP na segurança industrial é a interligação de sensores de presença e barreiras de segurança em máquinas e equipamentos. Segundo Pereira et al. (2017), o CLP é responsável por receber os sinais desses dispositivos e tomar as devidas providências, como interromper o funcionamento da máquina caso haja uma entrada não autorizada na área de risco.

É importante ressaltar que o CLP também está evoluindo com as tecnologias atuais. Com o advento da Indústria 4.0, o CLP está cada vez mais integrado a sistemas de comunicação em rede e à internet, permitindo o monitoramento remoto e o acesso a informações em tempo real. Isso possibilita o diagnóstico de falhas à distância e a otimização do desempenho dos processos (Conceição, 2022).

Em suma, o CLP é uma ferramenta essencial na automação industrial, oferecendo flexibilidade, confiabilidade e segurança aos processos. Sua capacidade de programação e integração de dispositivos de controle contribui para a eficiência e produtividade da indústria, além de proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro. Com o avanço tecnológico, o CLP

continua se adaptando às novas demandas da Indústria 4.0, tornando-se um elemento-chave na transformação digital do setor industrial.

O CLP desempenha um papel essencial na automação industrial, proporcionando o controle e monitoramento eficientes de processos. Além disso, sua utilização está em conformidade com as normas regulamentadoras de segurança, como a NR10 e NR12, visando garantir a proteção dos trabalhadores e a integridade dos equipamentos.

Prudente (2011) destaca que o CLP, sendo um computador projetado para trabalhar em ambientes industriais adversos, é uma peça fundamental na automação de processos industriais. Sua aplicação na indústria exige conformidade com as normas de segurança, como a NR12, que estabelece requisitos para garantir a segurança na utilização de máquinas e equipamentos.

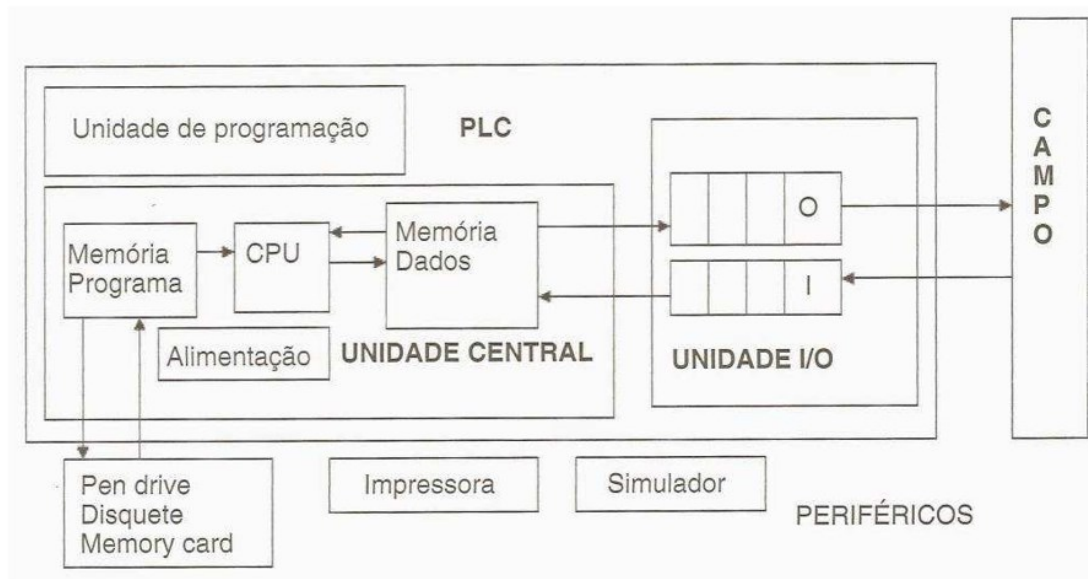
Além disso, a norma NR10, que trata da segurança em instalações e serviços em eletricidade, também é relevante para a aplicação de CLPs, já que esses controladores estão diretamente envolvidos com o controle elétrico dos sistemas industriais.

Silva (2007) menciona que o surgimento dos CLPs como evolução dos antigos painéis elétricos foi possível graças ao avanço dos circuitos integrados e da lógica digital. Esses avanços tecnológicos permitiram a criação de dispositivos eletrônicos-digital compatíveis com aplicações industriais, sendo os CLPs um exemplo notável.

Para garantir a segurança na utilização de CLPs, é importante seguir as diretrizes das normas regulamentadoras. Georgini (2000) ressalta a importância de conhecer a estrutura básica dos CLPs para configurar e escolher o equipamento mais adequado em um sistema automatizado. Esse conhecimento contribui não apenas para o desenvolvimento do programa de aplicação, mas também para a conformidade com as normas de segurança.

Dessa forma, ao utilizar um CLP na automação industrial, é fundamental garantir a conformidade com as normas regulamentadoras, como a NR10 e NR12, a fim de proporcionar um ambiente de trabalho seguro para os colaboradores e assegurar o funcionamento adequado dos equipamentos. O CLP, aliado às boas práticas de segurança, oferece flexibilidade, confiabilidade e adaptabilidade para diversas aplicações industriais, promovendo eficiência e segurança no controle de processos. Unidade de programação: responsável pela interface entre homem-máquina. Através do dispositivo ocorre com uma escrita do programa na memória do CLP sendo exemplificada na Figura 15.

Figura 15 – Esquema de um CLP.



Fonte: Prudente (2011)

De acordo com Silva (2007), o CLP apresenta diversas vantagens que contribuem para sua ampla aplicação na automação industrial:

- a) Fácil diagnóstico durante o projeto;
- b) Economia de espaço devido ao seu tamanho reduzido;
- c) Ausência de faíscas durante o funcionamento;
- d) Possibilidade de programação sem interromper o processo produtivo;
- e) Capacidade de criar um banco de armazenamento de programas;
- f) Baixo consumo de energia;
- g) Necessidade de uma equipe de manutenção reduzida;
- h) Flexibilidade para expansão do número de entradas e saídas;
- i) Capacidade de comunicação com diversos outros equipamentos, entre outras (Silva, 2007, p. 2).

No contexto da NR-12, o CLP desempenha um papel importante no controle de acionamento do motor e das válvulas por meio de sinais de entrada provenientes de sensores, botões e chaves de segurança. Sua programação deve garantir uma parada segura do equipamento em situações de risco que exijam intervenção (Quírico et al., 2017).

Em relação à segurança dos dispositivos de partida, acionamento e parada, Quírico et al. (2017) observaram que o sistema deve adotar o comando bimanual e a cortina de luz com

redundância e autoteste. O comando bimanual assegura que a máquina só seja acionada quando os dois botões forem pressionados simultaneamente. Conforme os autores, os painéis de comando bimanual devem ter dois botões de acionamento distantes o suficiente para evitar o acionamento com apenas uma mão.

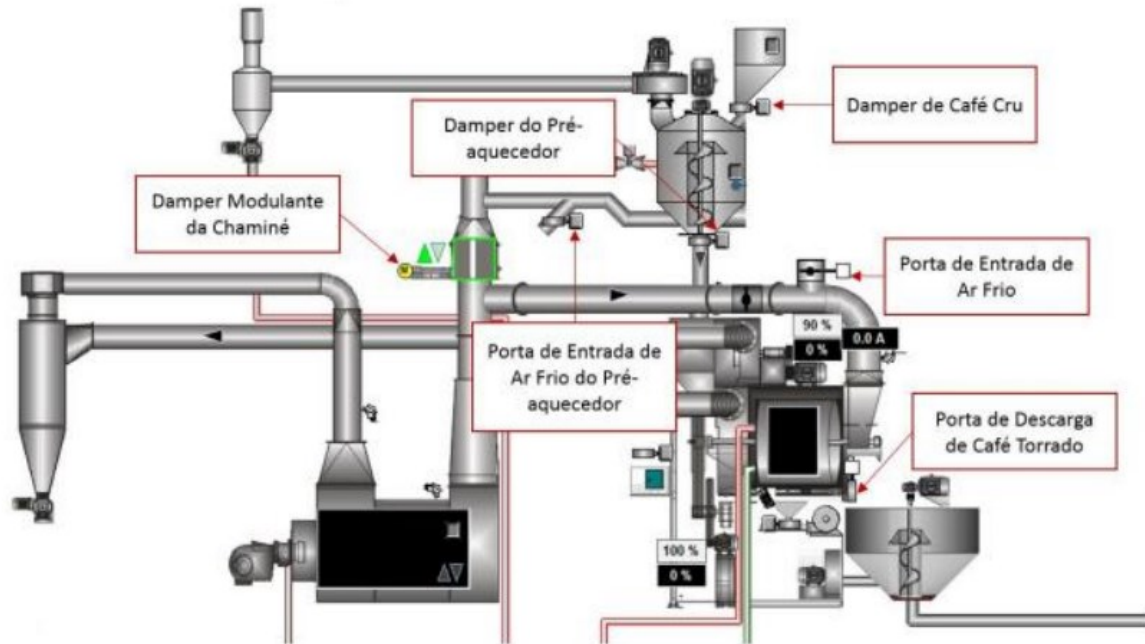
Além disso, Nicolau (2022) destaca a importância do CLP como um componente central na automação industrial, pois ele integra os dispositivos de entrada e saída, permitindo a realização de operações complexas de controle e monitoramento de máquinas e processos.

Portanto, o uso do CLP no contexto da NR-12 proporciona maior segurança e controle nas operações industriais, garantindo o cumprimento das normas de segurança e a proteção dos trabalhadores. Nicolau (2022) descreve minuciosamente o CLP utilizado em um torrador de café, responsável pelo controle de todas as comportas e sistemas pneumáticos envolvidos no processo (Figura 16). Cada comporta possui uma função específica, conforme descrito pelo autor:

- a) Damper de Café Cru: Essa comporta é responsável por direcionar o fluxo de café cru para o pré-aquecedor;
- b) Damper de entrada de ar frio: Controla a entrada de ar frio proveniente da atmosfera durante a injeção de água, permitindo a regulação adequada do processo;
- c) Damper de controle de ar quente: Tem a função de evitar a entrada de ar quente no cilindro de torra no momento em que se inicia o resfriamento do café, contribuindo para a preservação das características desejadas no produto final;
- d) Porta de Descarga de Café Torrado: Realiza o controle do descarregamento do café torrado do cilindro para a moega de resfriamento, garantindo o fluxo adequado e a eficiência do processo;
- e) Damper Modulante da Chaminé: Atuando sob a leitura de pressão dentro do cilindro, esse damper tem a importante função de controlar a pressão dentro do torrador, assegurando o equilíbrio e a qualidade do processo;
- f) Damper de Descarga do Pré-aquecedor: Responsável pela liberação dos grãos pré-aquecidos para o cilindro de torra, esse damper desempenha um papel fundamental na sequência das etapas do processo de torrefação;
- g) Damper de Ar Frio do Pré-aquecedor: Após a liberação do café pré-aquecido para a torra, esse damper permite a entrada controlada de ar frio, evitando um aquecimento descontrolado durante o processo de limpeza.

A utilização do CLP nesse torrador de café demonstra a importância da automação e do controle preciso dos elementos pneumáticos para garantir a eficiência e a qualidade do processo de torrefação. A Figura 16 mostra o esquema geral.

Figura 16 – Esquema de Damper da máquina de café.



Fonte: Lilla (2022)

### 3.12 Interface Homem Máquina – IHM

A evolução das interfaces homem-máquina tem sido uma constante desde a década de 1950, sendo a Interface de Linha de Comando (CLI) uma das primeiras formas de interação definidas. Segundo Sá (2011), a CLI é um mecanismo de interação por meio da digitação de comandos de texto para executar tarefas específicas. O objetivo central desse tipo de interface é viabilizar uma interação funcional, acessível, confortável e produtiva entre o ser humano e a máquina.

No âmbito das interfaces homem-máquina, destaca-se a presença de um visor multitarefa altamente versátil. De acordo com Inoue (2018), ele é composto por uma tela sensível ao toque, geralmente de cristal líquido (*touch screen*), e um hardware industrial capaz de se comunicar digitalmente com o controlador lógico programável por meio de diferentes protocolos de redes industriais. A interface IHM tem a função de monitorar e operar toda a planta em uma única tela, permitindo o controle dos processos e fornecendo feedbacks e históricos relevantes (Ivone, 2018).

A forma como os seres humanos e as máquinas se comunicam e interagem está evoluindo, proporcionando operações mais eficazes e interativas. Segundo Lim et al. (2015), a interface homem-máquina pode ser bidirecional, possibilitando que o sistema eletrônico receba estímulos externos, como toque, tensão, pressão e temperatura, e forneça feedback interativo aos usuários por meio de diversos modos de comunicação, como displays, feedback tátil, sensações de áudio e térmicas, entre outros (Wang et al., 2018).

Essa evolução nas interfaces homem-máquina reflete o objetivo de proporcionar uma interação mais intuitiva, eficiente e envolvente entre os operadores e os sistemas automatizados, contribuindo significativamente para melhorias na produtividade e na eficácia dos processos industriais. Novas tecnologias e abordagens estão sendo exploradas constantemente, permitindo avanços contínuos nessa área fundamental da automação industrial. As interfaces homem-máquina desempenham um papel crucial na troca de informações entre pessoas e máquinas, desafiando os limites da interação humano-computador e impulsionando avanços na inteligência artificial. Diversos tipos de sensores baseados em magnetismo, eletricidade, mecânica e óptica são utilizados na construção de interfaces interativas (He et al., 2019).

A Interface Homem-Máquina (IHM) abrange dois setores essenciais: entrada e saída. No setor de entrada, são disponibilizados canais que permitem aos usuários transmitir tarefas, fazer solicitações ou ajustes por meio de dispositivos como teclados, mouses, telas sensíveis ao toque e joysticks. Por sua vez, no setor de saída, são utilizados elementos que comunicam e atualizam o usuário sobre o processo de trabalho da máquina. Essa troca de informações visa proporcionar uma interação funcional, acessível, confortável e produtiva diariamente (Andrade, 2007).

Conforme destacado por Mayhew (1992), a relação entre o usuário e a máquina por meio da IHM pode ser compreendida em um processo de três etapas: leitura-exame, pensamento e resposta. Isso ressalta a importância de projetar interfaces que sejam intuitivas e facilmente compreendidas pelo usuário.

A IHM desempenha um papel fundamental no controle e supervisão de processos industriais. Em conjunto com o CLP e inversores de frequência, ela permite monitorar e controlar o funcionamento dos motores e outros dispositivos do processo. Através de telas supervisórias, é possível exibir informações relevantes, como velocidade, direção de rotação, alarmes e rendimento (Ivone, 2018).

A utilização da IHM não se limita apenas a processos industriais. Quaresma de Almeida (2018) destaca o uso da interface homem-máquina no contexto da armazenagem de grãos na etapa de pós-colheita. O autor desenvolveu um sistema embarcado baseado na Internet das

Coisas (IoT), que utiliza técnicas de controle de processos amplamente empregadas na indústria para o monitoramento e controle remoto da ambiência de silos em escala laboratorial. A interface homem-máquina proposta mostrou-se eficaz no controle liga-desliga, transmissão remota de dados de referência para os controladores locais e aquisição de dados para monitoramento.

Nielsen (1994) destaca critérios importantes na avaliação das interações homem-máquina, incluindo: diálogo simples, linguagem adequada ao usuário, minimização da sobrecarga de memória, consistência, flexibilidade e eficiência de uso, saídas claramente marcadas, atalhos, boas mensagens de erro, prevenção de erros e disponibilidade de ajuda e documentação.

Aprimorar a interface homem-máquina é um desafio constante, buscando aprimorar a usabilidade, a eficiência e a satisfação do usuário, tornando-a uma parte integrante de sistemas tecnológicos cada vez mais complexos. Em síntese, as interfaces homem-máquina desempenham um papel crucial na interação entre pessoas e máquinas, impulsionando avanços na inteligência artificial e permitindo a troca eficiente de informações. As palavras de Norman (1990) ecoam, ressaltando a importância de uma interface intuitiva: "A beleza de uma boa interface está na sua simplicidade e clareza". A contínua evolução das interfaces homem-máquina é fundamental para garantir interações eficazes e facilitar a adoção de tecnologias avançadas, tornando-as uma peça-chave na era digital atualmente vivenciada.

### **3.13 Acionamentos de controle**

Os acionamentos de controle desempenham um papel crucial na operação segura e eficiente de máquinas e dispositivos industriais. Conforme mencionado por Carvalho et al. (2005), eles permitem o acionamento de máquinas com velocidades variáveis, seja por meio de sistemas de multimotores ou de um único motor, dependendo da aplicação específica. No entanto, é essencial que esses acionamentos atendam às recomendações estabelecidas na Norma Regulamentadora NR-12.

Segundo Oliveira et al. (2021), a NR-12 estabelece diretrizes específicas para os dispositivos de acionamento, garantindo a segurança dos operadores e minimizando riscos adicionais. Os dispositivos de partida, acionamento e parada das máquinas devem ser projetados, selecionados e instalados de modo a não se localizarem em zonas perigosas, permitindo acionamento por outra pessoa em caso de emergência e evitando acionamentos involuntários ou acidentais.

De acordo com Silva et al. (2021), a NR-12 também ressalta a importância de dispositivos de comando bimanual para manter as mãos do operador fora da zona de perigo. Esses dispositivos devem atender a requisitos mínimos, como possuir atuação síncrona, onde um sinal de saída é gerado somente quando os dois dispositivos de atuação do comando são acionados com um retardo de tempo mínimo. Além disso, os comandos bimanuais devem ser monitorados automaticamente por interfaces de segurança, garantindo uma resposta adequada e segura.

Conforme destacado por Santos (2018), a NR-12 também estabelece que os comandos de partida devem possuir dispositivos que impeçam seu funcionamento automático ao serem energizados. Isso evita acionamentos indesejados e ajuda a garantir a segurança dos operadores durante as operações.

Portanto, é fundamental que os acionamentos de controle estejam em conformidade com as recomendações da NR-12, garantindo a segurança dos operadores, prevenindo riscos adicionais e evitando acionamentos acidentais. A adequação a essas normas contribui para um ambiente de trabalho mais seguro e protegido em relação aos acionamentos de máquinas e dispositivos industriais. Os dispositivos de acionamento de máquinas devem estar em conformidade com os requisitos estabelecidos pela Norma Regulamentadora NR-12, a fim de garantir a segurança dos operadores. De acordo com Besen (2018), quando são utilizados dispositivos de acionamento do tipo comando bimanual, é necessário que esses dispositivos atendam a uma série de requisitos específicos.

Segundo Silva et al. (2021), os comandos bimanuais devem possuir atuação síncrona, ou seja, o sinal de saída só deve ser gerado quando ambos os dispositivos de atuação do comando forem acionados simultaneamente, dentro de um retardo de tempo estabelecido. Isso garante que o operador mantenha as mãos afastadas da área de perigo durante o acionamento da máquina.

Além disso, os comandos bimanuais devem estar sob monitoramento automático por meio de uma interface de segurança, como afirmam Oliveira et al. (2019). Essa interface é responsável por verificar a integridade dos dispositivos de acionamento e assegurar que o sinal de saída seja gerado somente quando ambos os dispositivos forem acionados corretamente.

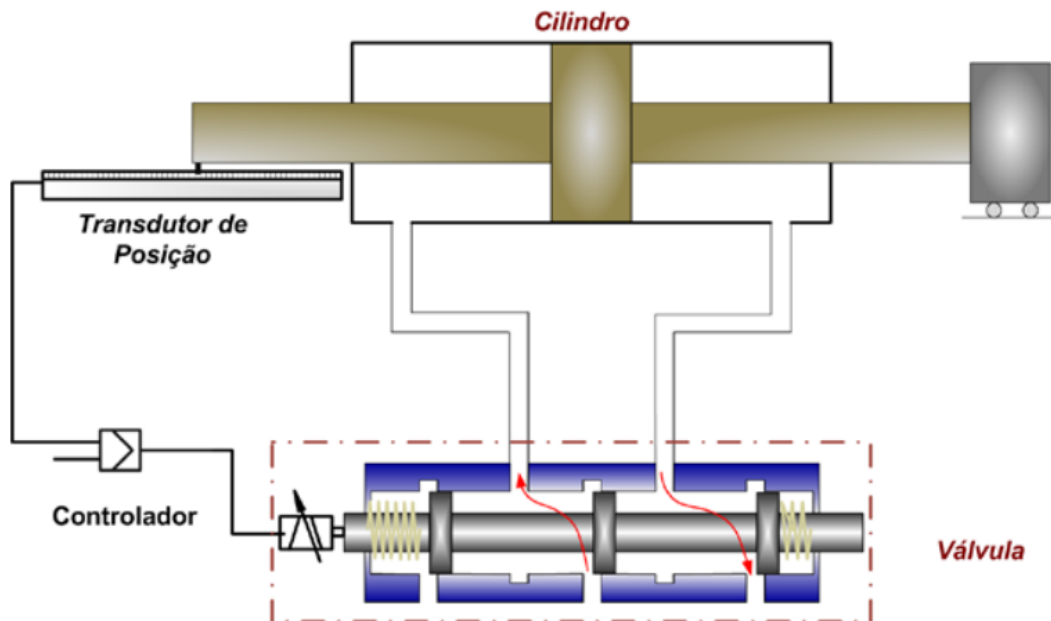
De acordo com Santos (2017), é essencial que exista uma relação entre os sinais de entrada e saída dos comandos bimanuais. Os sinais de entrada aplicados a cada dispositivo de atuação devem juntos iniciar e manter o sinal de saída do dispositivo de comando bimanual somente durante a aplicação dos dois sinais. Isso evita acionamentos acidentais e garante uma operação controlada e segura da máquina.

A utilização de dispositivos de comando que exijam uma atuação intencional por parte do operador é ressaltada por Santos et al. (2021). Essa medida visa minimizar a probabilidade de acionamentos acidentais e garantir que o operador esteja plenamente consciente e intencionalmente envolvido no acionamento da máquina. Os comandos bimanuais devem possuir distanciamento e barreiras físicas entre os dispositivos de atuação. Essa disposição dificulta a burla do efeito de proteção proporcionado pelo dispositivo bimanual, garantindo a segurança do operador durante a operação da máquina.

O cumprimento desses requisitos estabelecidos pelas normas de segurança, como a NR-12, é fundamental para garantir um ambiente de trabalho seguro e protegido para os operadores de máquinas industriais. A aplicação correta dos dispositivos de acionamento contribui para a prevenção de acidentes e a preservação da integridade física dos trabalhadores.

Um estudo conduzido por Locateli (2011) investigou um sistema servopneumático de controle de posição que utiliza uma válvula direcional on/off de rápida comutação, além de propor uma nova abordagem para a implementação de duas metodologias de controle no sistema. Na primeira metodologia, foi utilizado um controlador PID associado à técnica de modulação por largura de pulso (PWM), que permite compensar a zona de saturação da válvula. Já na segunda metodologia, foi empregado um controle por estrutura variável por modos deslizantes. Os resultados demonstraram que o sistema servopneumático apresentou baixos erros de posicionamento para ambas as abordagens de controle. O modelo teórico desenvolvido apresentou um comportamento similar ao do sistema real. Além disso, as válvulas direcionais *on/off* de rápida comutação se mostraram uma alternativa viável em termos de custo e precisão de posicionamento. Este exemplo pode ser verificado na Figura 17.

Figura 17 – Servoposicionador pneumático usado por Locateli (2011).



Fonte: Locateli (2011)

Em um estudo realizado por Pereira e Silva (2014) sobre prensas utilizadas em processos de conformação e corte de materiais, com foco nas prensas hidráulicas e nos riscos de acidentes associados a elas, foi constatado que muitas dessas máquinas não atendem aos requisitos mínimos de segurança, colocando em perigo os operadores e resultando em acidentes e perdas com indenizações. Segundo Pereira e Silva, é fundamental adotar medidas de proteção adequadas para garantir a segurança dos trabalhadores.

Além disso, Pereira e Silva (2014) destacam a importância de dispositivos de segurança nas prensas mecânicas para evitar acionamentos involuntários e garantir a proteção na zona de prensagem. Eles sugerem a instalação de pedais com acionamento elétrico, pneumático ou hidráulico, desde que sejam posicionados em uma caixa de proteção contra acionamentos acidentais. Esses pedais devem ser utilizados em conjunto com ferramentas fechadas, enclausuramentos ou cortinas de luz, que protegem a zona de prensagem e previnem o acesso direto do operador às áreas perigosas.

Outra medida de segurança apontada por Alves et al. (2020) é o uso de cabos de segurança para fixar o braço da alavanca de acionamento à prensa, evitando que ele caia sobre o operador em caso de ruptura. Esse dispositivo é essencial para prevenir acidentes graves.

É importante ressaltar que a adoção de dispositivos de segurança adequados nas prensas é fundamental para garantir a integridade física dos operadores e reduzir os riscos de acidentes. Conforme citado por Monteiro (2022), a implementação de medidas de proteção é uma

obrigação legal e ética das empresas, visando a preservação da saúde e segurança dos trabalhadores envolvidos em atividades com máquinas e equipamentos.

Em suma, a segurança nas prensas deve ser tratada como uma prioridade, adotando-se medidas como dispositivos de proteção, cabos de segurança e pedais com acionamento controlado, de acordo com as recomendações de Pereira e Silva (2014), Alves et al. (2020) e Monteiro (2022). Essas medidas contribuem para reduzir os riscos de acidentes e promover um ambiente de trabalho mais seguro.

### 3.14 Programação de texto estruturado

A programação de CLPs (Controladores Lógicos Programáveis) envolve a utilização de diferentes linguagens para definir o comportamento dos controladores. Franchi (2008) destaca que o hardware do CLP é composto por cinco componentes fundamentais: Unidade Central de Processamento, Fonte de Alimentação, Módulos de Entrada (digitais ou analógicos), Módulos de Saída (digitais ou analógicos) e Unidade de Comunicação.

Para que o hardware funcione corretamente, é necessário seguir e executar um conjunto de instruções, conhecido como software. Segundo Prudente (2011), existem dois tipos principais de software para CLPs: o software de sistema, gravado pelo fabricante, e o software de usuário, escrito pela pessoa responsável pela programação do controlador.

Costa (2022) destaca que, até a década de 1990, as empresas enfrentavam dificuldades devido à falta de padronização nos CLPs. Cada fabricante tinha suas próprias linguagens de programação e regras de funcionamento, o que dificultava o reaproveitamento das habilidades dos funcionários e demandava treinamento adicional ao trocar de modelo de controlador.

Para solucionar esse problema, foi desenvolvida a norma IEC 61131, que estabelece procedimentos e padrões para a programação de CLPs. A parte 3 dessa norma, conhecida como IEC 61131-3, define cinco linguagens-padrão para os CLPs: Lista de Instruções (IL – *Instruction List*), Texto Estruturado (ST – *Structured Text*), Linguagem Ladder (LD – *Ladder Diagram*), Diagrama de Blocos Funcionais (FBD – *Function Block Diagram*) e Sequenciamento Gráfico de Funções (SFC – *Sequential Function Chart*) (Costa, 2022).

A Lista de Instruções é uma linguagem de programação de baixo nível, baseada em código alfanumérico e com uma estrutura sequencial. Costa (2022) ressalta que essa linguagem pode ser pouco intuitiva e demandar tempo adicional para a depuração do programa. Além disso, nem todos os CLPs aceitam essa linguagem.

O Texto Estruturado, por sua vez, é uma linguagem de alto nível similar a Pascal, Basic e C++. Ela possui os elementos essenciais da programação moderna, como instruções condicionais (*if, then, else*) e comandos de iteração (*for, while, repeat*). Essa linguagem é bastante completa e frequentemente utilizada para definir blocos funcionais complexos (Costa, 2022).

O Diagrama de Blocos Funcionais é uma linguagem gráfica composta por blocos interligados, utilizando elementos da eletrônica digital, como portas lógicas AND, OR e NOT. Geralmente, esses blocos são construídos utilizando a linguagem de Texto Estruturado (Costa, 2022).

O Sequenciamento Gráfico de Funções é uma linguagem que descreve um sistema como uma sequência de eventos, permitindo a descrição de ações sequenciais, paralelas e alternativas. Ela é composta por etapas separadas por transições, onde cada etapa contém um conjunto de ações a serem executadas. A transição ocorre quando as condições para a próxima etapa são satisfeitas. Essa linguagem se assemelha a um fluxograma (Costa, 2022).

Em relação à Linguagem *Ladder*, ela é a mais utilizada entre todas as linguagens mencionadas e está presente na maioria dos controladores atuais. Essa linguagem gráfica simula a lógica de circuitos de acionamento por relés, sendo composta por degraus lógicos representados por barras verticais para alimentação e barras horizontais (degraus) com símbolos de contatos e bobinas (Costa, 2022).

Dessa forma, a programação de CLPs requer o conhecimento e a aplicação adequada das linguagens disponíveis. Cada linguagem possui suas características e é utilizada de acordo com a complexidade do programa e as necessidades do sistema a ser controlado. O *Ladder Diagram* (LD) é uma linguagem de programação gráfica amplamente utilizada em CLPs e apresenta semelhanças com diagramas elétricos convencionais, o que o torna facilmente compreensível para os profissionais do setor elétrico (Costa, 2022). Nesse sentido, cada símbolo utilizado no LD está associado a uma variável armazenada na memória do controlador, a qual está relacionada aos dispositivos de entrada, saída ou à área destinada ao armazenamento de dados de funções especiais (Prudente, 2011).

Diversos autores destacam a importância e a utilização dos símbolos no *Ladder Diagram*. Prudente (2011) ressalta que os símbolos utilizados no LD representam dispositivos elétricos e eletrônicos, facilitando a visualização e interpretação do programa pelo programador. Esses símbolos são uma representação gráfica dos componentes elétricos do sistema, permitindo a definição da lógica de controle de maneira clara e intuitiva.

Costa (2022) apresenta uma lista dos símbolos mais comuns utilizados no *Ladder Diagram*:

Contato Normalmente Aberto (NA): Representa um dispositivo de entrada que está aberto quando não é acionado. O contato NA é representado por uma linha horizontal interrompida por uma linha vertical.

Contato Normalmente Fechado (NF): Representa um dispositivo de entrada que está fechado quando não é acionado. O contato NF é representado por uma linha horizontal interrompida por uma linha diagonal.

Bobina: Representa um dispositivo de saída, como uma válvula ou um motor. A bobina é representada por um círculo ou um retângulo com uma letra identificadora.

Contato de Retenção (Sel): Representa um contato que mantém seu estado mesmo após o dispositivo de entrada ser desligado. O contato de retenção é representado por uma linha horizontal interrompida por uma linha vertical e uma linha diagonal.

Bloco de Função: Representa uma função específica, como temporizadores, contadores, comparações, entre outros. O bloco de função é representado por um retângulo com um nome ou sigla identificadora.

Esses símbolos, quando combinados e interligados no *Ladder Diagram*, permitem a definição da lógica de controle do sistema de forma intuitiva e compreensível (Costa, 2022; Prudente, 2011). A programação em *Ladder* consiste na interconexão desses símbolos, formando uma sequência de degraus que representam as etapas do processo de controle.

Assim, o *Ladder Diagram* é amplamente adotado devido à sua fácil compreensão e à representação gráfica dos componentes elétricos, o que facilita a programação de CLPs pelos profissionais do setor elétrico (Prudente, 2011; Costa, 2022) (Figura 18).

Figura 18 – Simbologia Ladder.

| Símbolo | Nome                             | Descrição                                                                                                                    |
|---------|----------------------------------|------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
|         | Contato Normalmente Aberto (NA)  | Conduz se a variável booleana associada for "1"                                                                              |
|         | Contato Normalmente Fechado (NF) | Conduz se a variável booleana associada for "0"                                                                              |
|         | Contato de Transição Positiva    | Conduz até o fim do ciclo de <i>scan</i> ao detectar mudança da variável associada de "0" para "1"                           |
|         | Contato de Transição Negativa    | Conduz até o fim do ciclo de <i>scan</i> ao detectar mudança da variável associada de "1" para "0"                           |
|         | Bobina                           | Quando energizada, atribui "1" à variável booleana associada                                                                 |
|         | Bobina Negada                    | Quando energizada, atribui "0" à variável booleana associada                                                                 |
|         | Bobina Set                       | Uma vez energizada, atribui "1" à variável booleana associada permanentemente, até que esta receba sinal de uma bobina reset |
|         | Bobina Reset                     | Uma vez energizada, atribui "0" à variável booleana associada permanentemente, até que esta receba sinal de uma bobina set   |
|         | Bobina de Detecção Positiva      | Quando detecta o evento de energização, atribui "1" à variável associada até o fim do ciclo de <i>scan</i>                   |
|         | Bobina de Detecção Negativa      | Quando detecta o evento de desenergização, atribui "1" à variável associada até o fim do ciclo de <i>scan</i>                |

Fonte: Costa (2022)

O estudo realizado por Neves, Freitas e Santos (2019) teve como objetivo o desenvolvimento de um CLP de baixo custo voltado para aplicações didáticas em instituições de ensino. O circuito eletrônico foi projetado com base na plataforma Arduino, utilizando o software *Ladder Maker* para a programação. O principal enfoque do projeto foi utilizar componentes de menor custo disponíveis no mercado.

Segundo os autores, o custo total do CLP de baixo custo foi comparado ao custo de aquisição de CLPs compactos disponíveis comercialmente. Os resultados mostraram que o custo do CLP desenvolvido ficou em torno de 15% mais baixo em relação aos equipamentos oferecidos por empresas tradicionais. Embora apresente menor confiabilidade quando comparado aos CLPs comerciais, o valor acessível de construção do CLP proposto torna-se uma vantagem significativa, uma vez que seu objetivo é direcionado para fins didáticos.

Dentre as linguagens de programação disponíveis para CLPs, o *Ladder Diagram* foi escolhido como foco neste trabalho devido às suas vantagens e ampla utilização. Conforme destacado por Silva e Lima (2018), o *Ladder Diagram* é uma linguagem gráfica que representa esquematicamente as conexões e operações lógicas do controlador, facilitando a compreensão dos operadores e profissionais do setor elétrico. A utilização de símbolos que representam dispositivos elétricos torna o *Ladder Diagram* familiar e de fácil interpretação, sendo amplamente empregado na programação de CLPs.

Assim, a escolha do Ladder Diagram como linguagem de programação no CLP de baixo custo proposto pelos pesquisadores (Neves; Freitas; Santos, 2019) está alinhada com sua eficiência, simplicidade e aceitação no contexto educacional e industrial.

#### **4 CONCLUSÕES GERAIS**

O objetivo deste estudo foi aprofundar a compreensão a respeito das normas reguladoras e a automação de processos industriais, aliada a medidas de segurança, dos quais podem proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente. Foi apresentado estudos que já foram realizados com finalidade de adequações de máquinas de diferentes funções que apresentavam riscos para vida e saúde de seus manuseadores, principalmente no que refere a máquina de solda, que é o produto foco desse estudo.

Além disso, foi destacado a importância de se realizar a avaliação de risco em máquinas, pois através da avaliação é possível propor estratégias para adequações dos itens que se encontram em desacordo com a normas.

## REFERÊNCIAS

- ABRAHAO, J. I.; PINHO, D. L. M. As transformações do trabalho e desafios teórico metodológicos da Ergonomia. **Estudos de Psicologia**, v. 7, p. 45–52, 2002.
- ALVES, G. P. et al. Construção de um módulo filtro prensa e avaliação do funcionamento por meio da eficiência de filtração. **The Journal of Engineering and Exact Sciences**, v. 6, n. 4, p. 0474–0479, 2020.
- ANDRADE, A. L. L. **Usabilidade de interfaces web**: avaliação heurística no jornalismo on–line. Editora E–papers, 2007.
- ARAÚJO, E. P.; GASPAROTTO, A. M. S. **Aplicação da norma regulamentadora NR–12 para adequação de máquinas e equipamentos**. SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga, v. 6, n. 1, p. 210–221, 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1981-77462018000301361&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-77462018000301361&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 1 out. 2022.
- BARZOTTO, L. A. **Projeto elétrico de força para máquina travesseira de carroceria de caminhões (TCCA)**. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharel em Engenharia de Controle e Automação Mecatrônica) – Universidade Alto Vale do Rio do Peixe, Caçador, 2012
- BESSEN, Jaffer Vinicius. **NR12 – Diagnóstico das máquinas e equipamentos de uma fábrica de pallets no Oeste do Paraná**. 2018. 58 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.
- BOGER, D. T. **Projeto do equipamento abridor de cabeça de acordo com as normas regulamentadoras NR–10 e NR–12**. 2018. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.
- BRASIL. **Normas Regulamentadoras NR–10**. 2019. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-10.pdf>. Acesso em: 04 out. 2022.
- BRASIL. **Normas regulamentadoras NR–12**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022.pdf>. Acesso em: 04 out. 2022.
- CARVALHO, M. S. **Projeto mecânico do sistema de HIPOT para ensaio com tensão aplicada**. 2021. 82 f. Trabalho de Conclusão de Curso [Engenharia de Controle e Automação] – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas – Campus Manaus Distrito Industrial. Manaus, 2021.

CARVALHO, T. X. **Acionamento e controle de máquinas elétricas**. 2005. Disponível em: [https://www.peteletricaufu.com.br/static/ceel/doc/artigos/artigos2005/ceel2005\\_088.pdf](https://www.peteletricaufu.com.br/static/ceel/doc/artigos/artigos2005/ceel2005_088.pdf). Acesso em: 31 out. 2022.

CERANTO, F. A. A. Desenvolvimento de produtos mecânicos de segurança no trabalho para o setor de transmissão de energia. **In:** Anais do X Congresso Brasileiro de Engenharia de Produção. 2 a 4 de dezembro de 2020, Universidade Federal do Paraná. Disponível em: [https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/08092020\\_160839\\_5f304a2f57a04.pdf](https://aprepro.org.br/conbrepro/2020/anais/arquivos/08092020_160839_5f304a2f57a04.pdf). Acesso em: 5 out. 2022.

CONCEIÇÃO, I. C. et al. Os discursos sobre a indústria 4.0 no setor de estampagem da indústria automobilística: uma revisão sistemática da literatura. **Revista de Casos e Consultoria**, v. 13, n. 1, p. 34–42, 2022.

CONFEDERAÇÃO NACIONAL DA INDÚSTRIA – CNI. **Indústria brasileira ainda trabalha para aperfeiçoar a NR-12, cinco anos após entrar em vigor**. CNI, São Paulo, 05 de mai. de 2016. Disponível em: <https://noticias.portaldaindustria.com.br/especiais/industria-brasileira-ainda-trabalha-paraaperfeiçoar-a-nr-12-cinco-anos-apos-entrar-emvigor/>. Acesso em: 05 set. 2022.

CORRÊA, M. U. **Sistematização e Aplicações da NR-12 na Segurança em Máquinas e Equipamentos**. 2011. 110 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, Ijuí, 2011.

COSTA, J. R. **Automação Industrial: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Novatec Editora, 2022.

CRIVELATTI, Felipe. **Projeto e execução de um mecanismo de cremalheira/pinhão para impressora 3D**. 2015. 48 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Ponta Grossa, 2015.

CUMMINS, J. J. et al. Energy conservation in industrial pneumatics: A state model for predicting energetic savings using a novel pneumatic strain energy accumulator. **Applied Energy**, v. 198, p. 239–249, 2017.

CUNHA, J. G. **Norma Regulamentadora No-10-Segurança em instalações e serviços em eletricidade**, Comentada. São José dos Campos: Ltr, 2010.

DALABONA, G. F.; LINZMAYER, M. **Proposal of a methodology for the development of mechanical projects focused on micro and small enterprises**. 2019. 51 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba, 2019.

DIAS, Guilherme Cesar do Amaral. **Retrofitting do processo de estampagem de massa de tortas do manual por um de acionamento pneumático**. 2021. 52 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Londrina, 2021.

FERNANDES, V.; POOR, H. V.; RIBEIRO, M. V. Analyses of the incomplete low-bit-rate hybrid PLC-wireless single-relay channel. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 2, p. 917–929, 2018.

FIALHO, Arivelto Bustamante. **Automação Pneumática Projetos, dimensionamento e análise de circuitos**. São Paulo: Saraiva Educação SA, 2018.

FIGUEIREDO, Otavio do Amaral. **Fator de desclassificação para transformadores**. 2016. 65 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2016.

FRANCHI, C. M.; CAMARGO, V. L. A. **Controladores Lógicos Programáveis: Sistemas Discretos**. 1. ed. São Paulo: Editora Érica, 2008.

FRASÃO, R. D. D. et al. Utilização do método HRN (Hazard Rating Number) para realizar análise de risco e projeto de adequação à nr-12 no setor de usinagem de uma grande indústria. **Revista Uniaraguaia**, v. 16, n. 3, p. 32–53, 2021.

GENEROSO, Daniel João. **Elementos de máquinas**. Instituto Federal de Educação Ciência e Tecnologia de Santa Catarina–Campos de Araranguá, 2009. Disponível em: [https://professor-marcelo-mota.webnode.com/\\_files/200000007-e4ec8e6e26/Apostila\\_elementos\\_de\\_maquinas.pdf](https://professor-marcelo-mota.webnode.com/_files/200000007-e4ec8e6e26/Apostila_elementos_de_maquinas.pdf). Acesso em: 30 set. 2022.

GEORGINI, M. **Automação Aplicada: Descrição e Implantação de sistemas sequenciais com PLCs**. 3ª ed. São Paulo: Érica, 2000.

GOMES, J. P. P. F. **Aplicação de ambiente CAD/CAM em um moto redutor à ar comprimido**. 2018. 89 f. Trabalho de conclusão de curso (Bacharelado em Engenharia Mecânica) – Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de Guaratinguetá, 2018.

HE, Q. et al. Triboelectric vibration sensor for a human-machine interface built on ubiquitous surfaces. **Nano Energy**, v. 59, p. 689–696, 2019.

INOUE, L. Y. **Interface IHM para controle e supervisão de entradas e saídas de um CLP via profibus**. 2018. 95 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Cornélio Procópio, 2018.

JOHNSON, M.; BRADSHAW, J. M.; FELTOVICH, P. J. Tomorrow's human-machine design tools: From levels of automation to interdependencies. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, v. 12, n. 1, p. 77–82, 2018.

KURATA, M. E. E. **Análise de riscos em instalações de sistemas fotovoltaicos**. 2016. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Elétrica) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2016. Disponível em: [http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14907/1/CT\\_CEEST\\_XXXI\\_2016\\_15.PDF](http://repositorio.roca.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/14907/1/CT_CEEST_XXXI_2016_15.PDF). Acesso em: 14 set. 2022.

LILLA. **Expert 3000**. São Paulo, 2022. (Manual)

LIM, S. et al. Transparent and stretchable interactive human machine interface based on patterned graphene heterostructures. **Advanced Functional Materials**, v. 25, n. 3, p. 375–383, 2015.

LIMA, Cássio Furtado. **Fatores ergonômicos, operacionais e produtividade de operadores de máquinas de colheita florestal**. 2018. 96 f. Dissertação (Mestrado em Ciência Florestal) – Universidade Federal de Viçosa, Viçosa. 2018.

LIMA, Pedro Paulo Dos Santos. **Projeto de uma máquina de fadiga para avaliação de esforços em componentes de suspensão de veículos do tipo baja sae**. 2020. 58 f. Monografia (Graduação em Engenharia Mecânica) – Universidade Federal Rural do Semi-árido, Mossoró, 2020.

LOCATELI, C. C. **Modelagem e desenvolvimento de um sistema de controle de posição pneumático com acionamento por válvulas on/off**. 2011. 138 f. Dissertação (Engenharia Mecânica) – Universidade Federal de Santa Catarina, Florianópolis, 2011.

LOURENÇO, H. **Aplicabilidade da NR–10 em serviços de manutenção e operação em subestações e linhas de transmissão de extra–alta tensão**. 2010. 46 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2010.

MATOS, Jéssica Ferreira. **Estudo sobre aplicação de painéis elétricos para acionamento de sistemas no Combate a incêndios**. 2023. 70 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Curso de Engenharia Elétrica) – Universidade Federal de Campina Grande, Campina Grande, 2023

MAYHEW, D. J. **Principles and guidelines in software user interface design**. Englewood Cliffs (New Jersey): PTR Prentice Hall. 1992. 619p.  
Q]

MINETTE, L. J. et al. Estudo antropométrico de operadores de motosserra. **Revista Brasileira de Engenharia Agrícola e Ambiental**, v. 6, n. 1, p. 166–170, 2002.

MIRANDA, G. B. **Comissionamento virtual de célula robotizada utilizando aprendizado de máquina**. 2020. 69 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia Mecânica) – Centro Universitário FEI, São Bernardo do Campo, 2020.

MONTEIRO, Valéria Miranda Campos. **Construção de um sistema inovador de isolamento e transporte de pessoas com doenças infectocontagiosas**. 2022. 54 f. Dissertação (Mestrado em Engenharia de Automação) – Universidade Federal de Lavras, Lavras, 2022.

NEVES, P. R.; FREITAS, L. F.; SANTOS, R. S. Desenvolvimento de um CLP de baixo custo para aplicações didáticas. **Anais do Congresso Brasileiro de Automática**, p. 692–697, 2019.

NICOLAU, O. S. **Melhoria na aplicação da NR–12 e segurança do trabalho em um equipamento de torrefação industrial**. 2022. 38 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Centro Universitário do Sul de Minas, Varginha, 2022.

NIELSEN, J. Usability inspection methods. In: Conference companion on Human factors in computing systems. 1994. p. 413–414.

NORMAN, D. **The design of everyday things**. Currency/Doubleday, S.I: Mar. 1990.

NORTON, R. L. **Projeto de Máquinas: Uma abordagem integrada**. Porto Alegre: Artmed, 2013.

OLIVEIRA, G. A. et al. Aplicação da norma regulamentadora 12 em furadeira de bancada. **Revista Eletrônica e-Fatec**, v. 5, n. 1, p. 11–11, 2015.

OLIVEIRA, J. Q. et al. Estudo sobre a modernização de sistemas de automação e controle num forno industrial. **REGRASP–Revista para Graduandos/IFSP**, Câmpus São Paulo, v. 4, n. 2, p. 80–95, 2019.

OLIVEIRA, S. B. **Análise de redução de risco em torno mecânico e adequação ao padrão da norma regulamentadora (NR–12)**. 2018. 29 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade do Vale do Rio dos Sinos, Porto alegre, 2018.

OLIVEIRA, W. C. et al. Implementação da Norma Regulamentadora NR–12 em uma máquina fundidora de peças de alumínio. **Revista Principia–Divulgação Científica e Tecnológica do IFPB**, n. 53, p. 95–102, 2021.

PEREIRA, J. A.; SILVA, M. C. Análise dos riscos de acidentes em prensas hidráulicas. **Revista Gestão & Produção**, v. 21, n. 2, p. 382–393, 2014.

PEREIRA, N. R.; CARVALHO, B. C. Proposta, à luz da NR–10, para estruturação de um grupo gestor de segurança do trabalho específico para atuar em instalações elétricas de estabelecimentos com carga instalada superior a 75kW. **Engineering and Science**, v. 5, n. 2, p. 81–93, 2016.

PEREIRA, S. A. **Adequação de dispositivos de segurança em prensa dobradeira mecânica com base na norma NR–12**. 2017. 64f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia Mecânica) – Universidade de Caxias do Sul, Caxias do Sul, 2017.

PEREMIDA, Alexandre; CHARNEI, Carlos Machado; GROLA, Thiago. **Projeto de máquina operatriz CNC direcionada ao desenvolvimento e fabricação de AGV**. 2018. 62 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Superior de Tecnologia em Mecatrônica Industrial) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

PERICO, Alisson. **Análise de condições técnicas dos quadros elétricos numa empresa frigorífica**. 2018. 32 f. Monografia (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.

PETERSON, G. D.; FEISEL L. D. A colloquy on learning objectives for engineering education laboratories. In: **Proc. American Society for Engineering Education, Annual Conference & Exposition**, 2007.

PRIGOL, L. D. **Projeto de automação do processo de secagem e armazenamento de milho no silo–secador do produtor rural Ilor Lisot**. 2013. 130 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia e Controle de Automação) – Universidade Alto Vale do Peixe, Caçador, 2013.

PRUDENTE, F. **Automação Industrial PLC: Teoria e Aplicações: curso básico**. 2. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011.

QUARESMA DE ALMEIDA, J. G. **Interface Homem–Máquina para instrumentação e controle de ambiência em silos de armazenagem de grãos no contexto da internet das coisas**. 2018. 65 f. Monografia (Graduação em Análise e Desenvolvimento de Sistemas) – Universidade Federal do Rio Grande do Norte, Natal, 2018.

QUÍRICO, V. C. et al. Máquinas do setor de serraria de uma indústria moveleira: avaliação de segurança antes e após a NR–12. In: *Anais do Seminário Científico do UNIFACIG*, n. 1, Ubá, 017.

RODRIGUES, A. S. et al. Projeto de rebidadeira pneumática para lonas de freios conforme a NR–12. **Brazilian Journal of Development**, v. 5, n. 11, p. 24082–24098, 2019.

RODRIGUES, P. C. **Aplicação da NR–12 em uma guilhotina mecânica**. 2018. 42 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2018.

RUFFONI, V. H. C. **Adequação de um torno automático à NR–12**. 2012. 53 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2012

SÁ, J. G. P. **Construindo uma DSL para reconhecimento de gestos utilizando Kinect**. 2011. 75 f. Monografia (Graduação) – Curso de Ciência da Computação, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2011.

SANTOS, Emanuel Christian Puhl dos. **Adequação a NR–12 de uma prensa desempenadeira: um estudo de caso**. 2017. 50 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Curitiba, 2017.

SANTOS, Glayberthon Gonçalo dos. **Modelagem paramétrica estrutural da suspensão WISHBONE**. 2018. 59 f. TCC (Graduação) – Curso de Engenharia Mecânica, Centro de Tecnologia e Geociências, Universidade Federal de Pernambuco, Recife, 2018.

SANTOS, R. O. B. et al. A importância da NR–12 em seus diversos contextos: uma análise sistemática para prevenção de acidentes industriais. In: **Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia** – CoBICET. 30 de agosto a 03 de setembro de 2021. Lorena, SP, 2021.

SCARPITE, F. et al. Gestão inovadora de um dispositivo mecânico de vanguarda para a desensilagem autônoma de silos e abastecer misturadores de ração no agronegócio. **CIMATech**, v. 1, n. 8, p. 111–120, 2021.

SHIGLEY, J. E. Tradução de CARVALHO, E. P. **Elementos de máquinas**. Rio de Janeiro: LTC – Livros Técnicos e Científicos Editora S.A. 1984.

SILVA, E. C. N. **Sistemas Fluidomecânicos**. Apostila de Pneumática. São Paulo: Escola Politécnica da Universidade de São Paulo, 2002. 122 p.

SILVA, E. R. R. et al. Segurança do trabalho voltada ao préstimo do seguimento da NR–10 em empresas da construção civil: uma revisão de literatura. **Cadernos UniFOA**, v. 16, n. 47, p. 1–7, 2021.

SILVA, F. T. A. **Adequação de máquinas da construção civil à NR–12–máquinas e equipamentos: estudo de caso em uma construtora na cidade de Sumé–PB**. 2015. 56 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Engenharia de Produção) – Universidade Federal de Campina Grande, Sumé, 2015.

SILVA, J. et al. A PLC–based fuzzy logic control with metaheuristic tuning. **Studies in Informatics and Control**, v. 28, n. 3, p. 265–278, 2019.

SILVA, M. E. **Controladores Lógico Programáveis–Ladder**. Piracicaba, 2007. Disponível em: <http://groupmaxi.com.br/parker/produtos-omrom-plc.pdf>. Acesso em: 29 out. 2022.

SILVA, M. V. M.; LIMA, C. E. O. Aplicação de Controladores Lógicos Programáveis em Processos Industriais. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 1, p. 1412–1424, 2018.

SILVA FILHO, R. N. D. **Principais requisitos da NR–10 no processo de instalação de painéis fotovoltaicos em residência**. 2021. 84 f. Tese (Doutorado em Engenharia Elétrica) – UNIFAMETRO, Cascavel, 2021

SOUSA, A. R. F.; RODOLPHO, D. A importância da segurança do trabalho na produção industrial. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 817–824, 2020.

SOUZA, J. M.; BANDEIRA, M. H. A. **Apreciação de riscos aplicada à segurança de máquinas e equipamentos de fabricação de fraldas segundo requisitos da Norma Regulamentadora 12 (NR–12)**. 2018. 30 f. Trabalho de conclusão de Curso (Engenharia de Segurança do Trabalho) – Universidade Federal de Goiás, Goiânia, 2018,

STRAUCH, B. The automation–by–expertise–by–training interaction: Why automation–related accidents continue to occur in sociotechnical systems. **Human Factors**, v. 59, n. 2, p. 204–228, 2017.

VALE, S. **Projeto mecânico: descubra o que é e como desenvolver**. voitto, 2021. Disponível em: <<https://www.voitto.com.br/blog/artigo/projeto-mecanico>>. Acesso em: 02 out. 2022.

VARELLA, F. K. O. M.; MEDINA, G. Q. Diagnóstico energético e adequação à NR–10 e NBR 5410 em instalação elétrica comercial. **Revista Eletrônica de Engenharia Elétrica e Engenharia Mecânica**, v. 4, n. 1, p. 77–88, 2022.

VILLAROUCO, V.; ANDRETO, L. F. M. Avaliando desempenho de espaços de trabalho sob o enfoque da ergonomia do ambiente construído. **Produção**, v. 18, n. 3, p. 523–539, 2008.

WANG, J. et al. Deformable conductors for human–machine interface. **Materials Today**, v. 21, n. 5, p. 508–526, 2018.

## **SEGUNDA PARTE – ARTIGO**

### **ARTIGO 1 – AUTOMAÇÃO E CONTROLE APLICADOS EM MÁQUINA OPERATRIS DE SOLDA SIMULTÂNEA SOB OS PRINCÍPIOS DA NR-12**

**Artigo redigido conforme norma da Revista Interface Tecnológica**

<https://revista.fatectq.edu.br/interfacetecnologica/about/submissions>

(VERSÃO PRELIMINAR)

## RESUMO

No ambiente industrial, busca-se constantemente a produtividade e o desempenho dos equipamentos operacionais, sejam eles de atuação manual, automática ou por meio de células robóticas. Esses equipamentos são equipados com tecnologia de automação, o que gera movimentos e riscos de acidentes de trabalho. Diante desse cenário, torna-se cada vez mais necessário adequar o processo produtivo com medidas de segurança para garantir a integridade física dos profissionais que operam esses equipamentos. O objetivo desse estudo é realizar adequações em uma máquina de solda, com a integração de recursos de automação elétrica, eletrônica e pneumática, visando a maximização da produtividade e, ao mesmo tempo, a segurança dos operadores envolvidos. Trata-se de uma pesquisa qualitativa, de natureza aplicada e descritiva. Para a análise de risco utilizou o método *Hazard Rating Number* (HRN). Foram adotadas medidas de automação de segurança de acordo com a norma regulamentadora NR-12. Isso envolveu a utilização de um CLP de segurança com entradas e saídas monitoradas, programadas por meio de portas lógicas, e um Pannel de Segurança com dispositivos como contadores, disjuntores, botões de emergência, sensores, cortina de segurança, chaves de bloqueio e monitoramento. Além disso, foi considerado o uso de movimentos por meio de ar comprimido, levando em conta as grandezas de vazão e pressão. Foram aplicadas válvulas de despressurização manual e automática, válvulas direcionais com dupla posição e centro fechado, além de retenções pilotadas. O desenvolvimento do projeto contemplou aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, com o intuito de garantir a proteção e o acesso seguro à máquina. Após a finalização dos ajustes necessários a máquina foi classificada como nível de risco desprezível, ou seja, foram sanados todos os riscos de acidentes e para saúde dos trabalhadores que a operam.

**Palavras-chave:** Automação industrial, Segurança de máquinas, Controlador Lógico Programável (CLP), Norma regulamentadora NR-12, Proteção e acessibilidade em máquinas.

## 1 INTRODUÇÃO

No contexto atual da globalização, conforme destacado por Araújo e Gasparotto (2019), os avanços tecnológicos em máquinas e equipamentos são inevitáveis para garantir a competitividade industrial. Nesse sentido, busca-se o desenvolvimento de máquinas cada vez mais robustas e rápidas.

Segundo a citação de Johnson, Bradshaw e Feltovich (2018), a automação tem o potencial de melhorar a eficiência dos processos industriais, reduzir os custos de produção e aumentar a qualidade dos produtos. No entanto, essa automação também traz consigo riscos de acidentes de trabalho, conforme apontado por Strauch (2017), devido aos movimentos e interações entre máquinas e operadores.

Diante desse cenário, é fundamental garantir a segurança dos profissionais que atuam nesses ambientes, por meio da adoção de medidas adequadas de proteção e prevenção. Conforme mencionado por Sousa e Rodolpho (2020) a segurança é uma preocupação constante na indústria, e a falta de medidas de segurança pode resultar em acidentes graves e impactos negativos para a empresa.

No Brasil, a segurança do trabalho é regulada pelas Normas Regulamentadoras (NRs), que consistem em decretos e portarias que servem como base para o trabalho e exercício das atividades profissionais. O pessoal habilitado e regulamentado para atuar na área de segurança do trabalho tem como objetivo principal manter o ambiente de trabalho livre de riscos de acidentes e doenças ocupacionais. Essa prevenção visa evitar possíveis danos aos empregados, que afetam tanto o indivíduo quanto a empresa à qual estão vinculados (SANTOS et al., 2021).

Nesse contexto, a automação de processos industriais, aliada a medidas de segurança, pode proporcionar um ambiente de trabalho mais seguro e eficiente (OLIVEIRA et al., 2019). Esse processo envolve utilização de tecnologias avançadas, como Controladores Lógicos Programáveis (CLPs) e sistemas de automação. Segundo a citação de Fernandes et al. (2018), os CLPs são dispositivos versáteis e confiáveis que permitem o controle preciso e eficiente de máquinas e processos industriais.

A principal norma reguladora que aborda sobre a segurança dos profissionais é a NR-12. Conforme destacado por Santos et al. (2021), a NR-12 estabelece requisitos específicos para garantir a integridade física dos trabalhadores e prevenir acidentes. O desenvolvimento deste estudo contemplará aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, considerando as melhores práticas e normas de segurança.

Diante disso, o objetivo desse trabalho é realizar adequações na parte elétrica , mecânica e pneumática em uma máquina de solda Mig Mag com processo de soldagem simultâneo , com a integração de recursos de automação e controle , visando a maximização da produtividade interface entre homem -máquina e, ao mesmo tempo, a segurança dos operadores envolvidos , com proteções fixas e moveis , elementos mecânicos e pneumáticos , periféricos de segurança e interface elétrica .

Desta forma , teremos um equipamento automatizado seguindo os princípios de Adequação NBR12100 , ISO 13849 .

## 2 METODOLOGIA

### 2.1 Tipo de pesquisa

A natureza do estudo é aplicada, por se tratar de um problema específico, da máquina em desacordo com a NR-12, que precisa ser adequada.

Com relação aos objetivos do estudo, se utilizou o método de pesquisa descritiva, isso porque foram utilizadas técnicas padronizadas para a coleta e análise de dados da máquina e por fim, o procedimento a ser utilizado foi a pesquisa de campo, devido ao levantamento documental das informações da máquina: informações do fabricante, marca e modelo, ano de fabricação, número de série, dimensões, peso e campo de aplicação das máquinas.

Após a escolha da máquina foi utilizado o método de avaliação 5W2H, da qual são aplicadas perguntas para obter uma melhor definição dos detalhes do equipamento. Este método é uma representação de seis perguntas em inglês, sendo cinco com as iniciais com “W” (*what, who, whom where e which*) e uma com “H” (*how*). Traduzindo, temos: O quê? Quando? Onde? Quem? Qual? Como?

A finalidade de aplicar este método é por causa da obtenção de uma melhor resolução da escolha da aplicação. Então, tem-se: Máquina de solda simultânea, localizada em uma empresa multinacional de autopeças no Sul de Minas, equipamento que produz componentes para o setor automotivo nos dias de segunda a sábado, em 3 turnos de trabalho, neste processo é feito a união do copo mais argola com o tubo reservatório, garantindo assim a estanqueidade do tubo de proteção do amortecedor. Conforme mostrado na Figura 1.

Figura 1 – Imagem da máquina de solda antes da avaliação de risco.

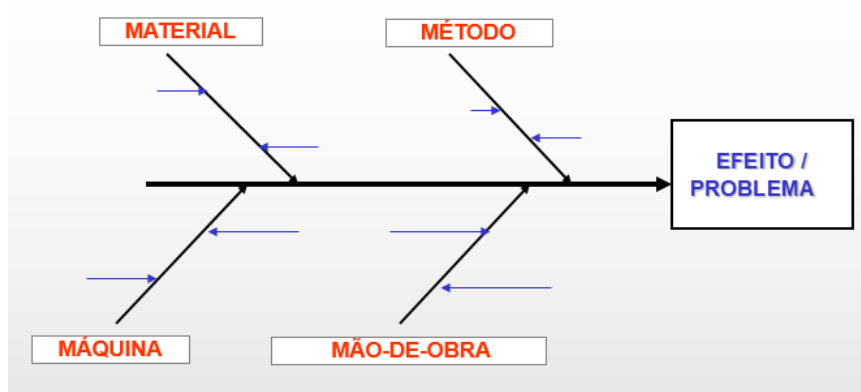


Fonte: do autor (2024)

Neste momento o processo produtivo acontece sem as medidas de segurança necessárias para assegurar a integridade dos operadores, tais como falta de proteções fixas e moveis , sistema de movimentação pneumático e mecânico sem controle de segurança , parte elétrica dos acionamentos em alta tensão , com risco de choque elétrico painel elétrico fora das normas da normativa NR10 , áreas de risco não monitoradas , portando adequar o equipamento as normas de segurança NR-12, segurança de máquinas operatrizes. Após esta definição, foi utilizado o método 4M, que consiste um *Brainstorming* Organizado. O método de 4M é uma técnica utilizada para diagnosticar um problema que permite procurar a(s) causa(s) de um problema concentrando o estudo sobre 4 elementos que podem influenciar o fenômeno,

Hoje temos o 6M , porem as demais variáveis não seria necessário para este processo .  
conforme Figura 2.

Figura 2 – Diagrama de causa e efeito.



Fonte: do autor (2024)

- |             |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                               |
|-------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| Material    | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Material usado no processo de solda está adequado.</li> <li>- Processo de montagem e agrupamento dos itens a serem soldados dentro do especificado.</li> </ul>                                                                                                                                       |
| Método      | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Método do processo de solda adequado para o processo.</li> <li>- Acompanhamento da equipe de qualidade do processo de solda.</li> </ul>                                                                                                                                                              |
| Máquina     | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Proteções fixas e moveis inadequadas e não existentes.</li> <li>- Sistema pneumático obsoleto, sem despressurização manual e automática.</li> <li>- Sistema mecânico sem controle de parada.</li> <li>- Sistema elétrico fora de normativa.</li> <li>- Falta de periféricos de segurança.</li> </ul> |
| Mao de obra | <ul style="list-style-type: none"> <li>- Operadores treinados e aptos a operação da máquina de solda.</li> <li>- Processo de solda orientado pelo plano operacional.</li> </ul>                                                                                                                                                               |

Neste trabalho se utilizou abordagem qualitativa, devido a utilização do método *Hazard Rating Number* (HRN), que dará uma resposta qualitativa que irá ser utilizada para definir quais os principais riscos da máquina de solda, bem como a prioridade de adequação desses riscos.

O HRN é um método de fundamento Quantitativos definido por Chris Steel em 1990, que permite análises exaustivas e estimativas muito precisas, avaliando as consequências de um evento em termos de danos para as pessoas. O cálculo é realizado pela seguinte equação:

$$HRN = GS \times FE \times PO \times NP \quad (1)$$

Onde, GS é o Grau de Severidade do ferimento, FE é a Frequência de Exposição, PO é a Probabilidade de Ocorrer e NP é o Número de Pessoas Expostas ao Risco. Os valores para os parâmetros do método HRN está apresentado no Quadro 1.

Quadro 1 – Valores para os parâmetros, segundo método HRN.

(Continua)

| <b>GRAU DE SEVERIDADE (GS)</b>                            | <b>PESO</b> |
|-----------------------------------------------------------|-------------|
| Arranhão/ contusão/ escoriação                            | 0,1         |
| Dilaceração/ corte/ doença leve                           | 0,5         |
| Fratura de osso menores/ enfermidade leve temporária      | 1           |
| Fratura de ossos importantes/ enfermidade leve permanente | 2           |
| Perda de um membro/olho                                   | 4           |
| Perda de 2 membros/olhos                                  | 8           |
| Enfermidade grave permanente ou crítica                   | 12          |
| Fatalidade                                                | 15          |
| <b>FREQUENCIA DE EXPOSIÇÃO (FE)</b>                       | <b>PESO</b> |
| Anualmente                                                | 0,5         |
| Mensalmente                                               | 1,0         |
| Semanalmente                                              | 1,5         |
| Diariamente                                               | 2,5         |
| Em termos de horas                                        | 4,0         |
| Constantemente                                            | 5,0         |
| <b>PROBABILIDADE DE OCORRER</b>                           | <b>PESO</b> |
| Quase impossível                                          | 0,033       |
| Altamente improvável                                      | 1,0         |
| Improvável                                                | 1,5         |
| Possível                                                  | 2,0         |
| Alguma chance                                             | 5,0         |

Quadro 1 – Valores para os parâmetros, segundo método HRN.

(Conclusão)

| <b>PROBABILIDADE DE OCORRER</b>                 | <b>PESO</b> |
|-------------------------------------------------|-------------|
| Provável                                        | 8,0         |
| Muito provável                                  | 10,0        |
| Certo                                           | 15          |
| <b>NÚMERO DE PESSOAS EXPOSTAS AO RISCO (NP)</b> | <b>PESO</b> |
| 1–2 pessoas                                     | 1           |
| 3–7 pessoas                                     | 2           |
| 8–15 pessoas                                    | 4           |
| 16–50 pessoas                                   | 8           |
| Mais que 50 pessoas                             | 12          |

Fonte: adaptado de Chris Steel (1990).

No final da avaliação, o valor encontrado mediante aplicação do método HRN indica o nível de risco, podendo ser classificado de risco desprezível à risco inaceitável (Quadro 2).

Quadro 2 – Classificação do nível de risco de acordo como HRN.

| <b>Valor</b> | <b>Classificação</b>                                                                                            |
|--------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| 0–5          | Desprezível – oferece um risco muito baixo para a segurança e saúde                                             |
| 5–50         | Baixo, porém significativo – Contém riscos necessários para a implementação de medidas de controle de segurança |
| 50–500       | Alto – Oferece possíveis riscos, necessitam que sejam utilizadas medidas de controle de segurança urgente       |
| Mais de 500  | Inaceitável – É inaceitável manter a operação do equipamento na situação que se encontra                        |

Fonte: adaptado de Chris Steel (1990).

## 2.2 Local, data e equipe

O projeto teve início no mês de outubro de 2022. A equipe foi constituída por um Supervisor de projetos, um Projetista, três eletrotécnicos e um Serralheiro.

## 2.3 Objeto de estudo

Foi realizado um estudo de caso em uma máquina de solda Mig Mag simultânea (por ter 2 pontos de solda durante o processo) MMC15118, fabricada por Welding Argentina S.A., com as seguintes características: tensão de alimentação elétrica do equipamento de 440 Vac,

corrente nominal de 16 A e tensão de comando de 24 Vcc, o movimento da mesa vertical para cima e o movimento do cilindro da porta vertical para baixo. A máquina é composta de uma estrutura metálica, unidade pneumática e a zona de operação. Tem como finalidade realizar soldas de peças do processo produtivo. O processo de operação é realizado manualmente ou automaticamente.

A apreciação de risco foi realizada com base nas informações obtidas durante a inspeção da máquina ou de seu projeto, e por meio da documentação técnica fornecida para análise, nesta etapa foram identificados e documentados os perigos nos pontos de operação, assim como, nos sistemas de transmissão associados a máquina. Os riscos foram classificados e a categoria de risco foi estabelecida, baseada nos mais severos riscos identificados.

As metodologias de avaliação e quantificação de riscos utilizadas neste estudo foram baseadas nas normas ISO 12100 e ISO/TR 14121-2, foram avaliados os perigos e suas tarefas associadas, tais como operação, manutenção, ajustes, limpeza, entre outras. A classificação da categoria risco das partes de sistemas e comando relacionados à segurança foi baseada na norma NBR 14153, e teve como objetivo definir o circuito correspondente de acordo com o nível de performance requerido, determinando assim a arquitetura do circuito de segurança requerida para a função.

Para os perigos identificados, os sistemas de proteção quando existentes, foram visualmente inspecionados. Para os perigos avaliados, onde nenhuma medida de segurança foi identificada, ou quando as medidas de segurança existentes foram insuficientes para a mitigação dos riscos, soluções de segurança baseadas em experiência, e de acordo com os requisitos das normas técnicas vigentes foram sugeridas.

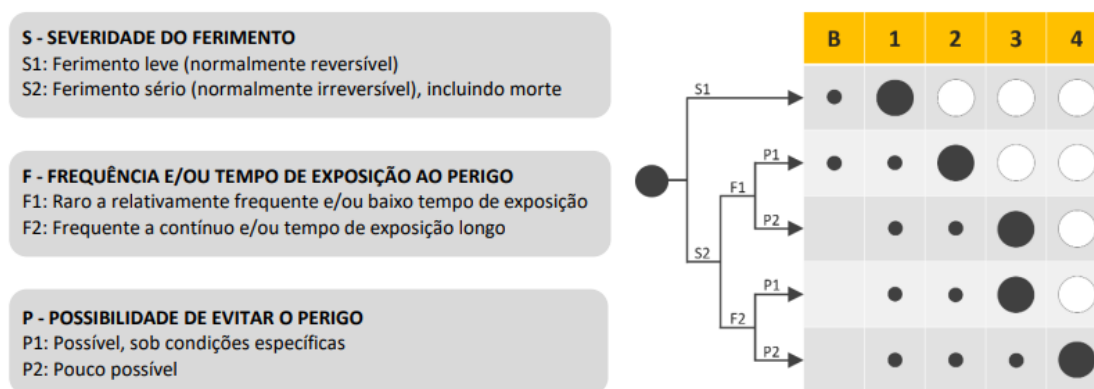
Os dispositivos de parada de emergência existentes na máquina também foram avaliados, com base na localização, acessibilidade, boa sinalização e correta interligação. Outras situações onde a metodologia de avaliação e classificação de risco não pode ser aplicada, e para os itens que não estiverem em conformidade com a Norma Regulamentadora NR-12, foram classificadas como NÃO CONFORMIDADE – NC, para estes itens, medidas de adequação para correção das não conformidades foram propostas com base na metodologia aqui informada. Ainda foram utilizadas as classificações: CONFORME – CO, NÃO APLICÁVEL – NA e CLIENTE FINAL – CF.

Por questões técnicas, tendo em vista que a máquina já se encontra em uso por um determinado tempo, algumas fases do ciclo de vida da máquina não puderam ser contempladas, as fases de montagem, instalação, comissionamento, descomissionamento, desativação, transporte e construção não foram avaliados.

A apreciação de risco foi realizada mediante uma sequência de passos de acordo com a ISO 12100: a) determinação dos limites da máquina, considerando seu uso devido, bem como quaisquer formas de mau uso razoavelmente previsíveis; b) identificação dos perigos e situações perigosas associadas; c) estimativa do risco para cada perigo ou situação perigosa; d) avaliação do risco e tomada de decisão quanto a necessidade de redução dos riscos; e) opção para eliminação do perigo ou redução de risco associado ao perigo por meio de medidas de proteção.

A determinação da categoria de segurança foi verificada conforme indicação da NBR 14153:2013 que classifica as partes de um sistema de comando relacionadas à segurança, com respeito a sua resistência a defeitos e seu subsequente comportamento na condição de defeito, que é alcançada pelos arranjos estruturais das partes e/ou por sua confiabilidade. Este processo leva em consideração três fatores: Severidade do ferimento (S), frequência e/ou tempo de exposição ao perigo (F) e possibilidade de evitar o perigo (P) (Figura 3). O desempenho de uma parte de um sistema de comando relacionada à segurança, com relação à ocorrência de defeitos, é dividido em cinco categorias (B, 1, 2, 3 e 4), que devem ser usadas como pontos de referência. Não é objetivo da NBR 14153:2013 a utilização dessas categorias, em qualquer ordem de hierarquia, com respeito a requisitos de segurança.

Figura 3 – Representação esquemática do processo de determinação da categoria de segurança requerida apresentado na NBR 14153.



Fonte: do autor (2024).

Após esta análise, os itens em desacordo com a NR-12 foram apontados para serem corrigidos. Diante dos apontamentos viu-se a necessidade de se elaborar o projeto conceitual, projeto elétrico, projeto mecânico e projeto pneumático. Após a realização das adequações foi realizada a validação final.

## 2.4 Procedimentos e materiais

Os procedimentos para a efetivação do protótipo foram o esquema elétrico e a parametrização do CLP de segurança. Para a construção do sistema elétrico, foi utilizado o programa EPLAN, cujos projetos permitem projetar sensores, sinais, controles e atuadores digitais e analógicos (EPLAN, 2023).

Como ferramenta de controle dos processos automatizados foi utilizado o CLP Siemens (3sk2122-1aa10). A interface de programação que parametrizou o CLP foi o *Safety Es* (SIEMENS, 2023). Foram utilizados o botão de emergência, o botão reset, as chaves de segurança e os contadores de segurança.

No projeto foram utilizados o botão de emergência *Schneider*; o botão *reset Schneider* luminoso ø22mm plástico, retorno por mola, azul, NA, 24vca/cc xa2ew36b1; as chaves de segurança D4NL-4EFA-B Omron e os contadores de segurança aux 24Vcc 8NA+1NF CAWBS8100C03-Weg. O esquema elétrico foi montado com o auxílio do software EPLAN, programa de engenharia para planejamento e processos integrados em engenharia elétrica e tecnologia de automação. O programa permite a reutilização dos dados dos documentos esquemáticos para a programação de CLP, bem como para sistemas de CLP e rede (EPLAN, 2023).

Segundo a NR-12, nas categorias de risco 3 e 4, as máquinas devem oferecer redundância em seus dispositivos e monitoração quanto aos dispositivos de segurança instalados (BRASIL, 2022). Assim, foi utilizado o dispositivo CLP para o monitoramento do sistema de automação. Este dispositivo contém 20 entradas de segurança e 6 saídas de segurança, 4 destas monitoradas e 2 sem monitoramento que é o ideal para botões luminosos de status.

O feixe de luz infravermelha, quando detecta algum objeto no espaço delimitado para seu alcance é acionado a interface do homem com a máquina que, uma vez acionado, realiza a parada da máquina em qualquer momento, conforme a necessidade de segurança. Esses dispositivos devem operar com 24 volts, em tensão contínua. Isso porque é estritamente proibido pela NR-12, que esses botões operem em 110VAC ou 220VAC, pois há contato manual com o operador. Além disso, a máquina deve conter o botão de emergência com livre acesso e estar em lugar visível a quem está nas proximidades da máquina, pois só assim estará garantido o uso emergencial a que se propõe em caso de ameaça de dano ou de dano efetivo.

### 3 RESULTADOS E DISCUSSÕES

#### 3.1 Avaliação de risco

Na avaliação da máquina verificou-se: Material – o componente utilizado na operação da máquina está correto. Método – o método operacional aplicado aos operadores é seguindo a máquina conforme foi fornecida pelo fabricante com acionamento de início do ciclo por um botão liga ciclo. Máquina – o equipamento não atende as características de segurança operacional, precisava ser adequada. Mão de obra – os operadores não estavam capacitados para atuarem no novo padrão operacional do equipamento.

Portanto, atestou-se que o equipamento avaliado não atende, aos requisitos legais da NR-12 e NR-10, da Portaria 3214. Ressalta-se que a não correção dos itens referenciados compromete a segurança dos usuários do equipamento. Para este ser declarado como “seguro” deverão ser adotadas todas as medidas de segurança recomendadas (BRASIL, 2022).

Diante da avaliação de risco da máquina de solda, ela foi classificada como de baixo risco, na categoria 4, conforme ilustra a Figura 4. A classificação de risco da máquina de solda levou em consideração três fatores: Severidade do ferimento (S) como sério; frequência e/ou tempo de exposição ao perigo (F) como frequente a contínuo e/ou tempo de exposição longo; e possibilidade de evitar o perigo (P) quase nunca possível. Por meio dessa classificação foi possível classificá-la na categoria 4.

Figura 4 – Classificação de risco da máquina de solda.



Fonte: do autor (2024).

No quadro 3 está o resultado da aplicação do método HRN. No evento perigoso de contato com peças e/ou componentes energizados foi observado um valor de grau de severidade

máximo, ou seja, pode ser fatal. Os perigos encontrados estavam relacionados com curto-circuito e partes vivas, o que podiam ocasionar choques, eletrocussão e queimadura. Contudo, quando avaliado juntamente com os demais parâmetros do método HRN, a classificação foi dada como baixa, porém significativa.

Por outro lado, merece destaque o evento perigoso de contato com partes da estrutura metálica com sistema energizado, do qual obteve um alto nível de Classificação de risco de acordo como HRN (Quadro 3).

Quadro 3 – Dados referente a aplicação do método HRN.

|                                                                                         |           |                         |                                   |
|-----------------------------------------------------------------------------------------|-----------|-------------------------|-----------------------------------|
| <b>Evento perigoso: Movimentação de componentes de transmissão por motor elétrico</b>   |           |                         |                                   |
| Probabilidade de ocorrência                                                             | 1         | Frequência de exposição | 5                                 |
| Grau de severidade                                                                      | 4         | n de pessoas expostas   | 1                                 |
| <b>HRN</b>                                                                              | <b>20</b> | <b>Classificação</b>    | <b>Baixo, porém significativo</b> |
| <b>Evento perigoso: Movimento de mecanismo pneumático</b>                               |           |                         |                                   |
| Probabilidade de ocorrência                                                             | 1         | Frequência de exposição | 5                                 |
| Grau de severidade                                                                      | 4         | n de pessoas expostas   | 1                                 |
| <b>HRN</b>                                                                              | <b>20</b> | <b>Classificação</b>    | <b>Baixo, porém significativo</b> |
| <b>Evento perigoso: Acionamento involuntário ou inesperado</b>                          |           |                         |                                   |
| Probabilidade de ocorrência                                                             | 1         | Frequência de exposição | 5                                 |
| Grau de severidade                                                                      | 4         | n de pessoas expostas   | 1                                 |
| <b>HRN</b>                                                                              | <b>20</b> | <b>Classificação</b>    | <b>Baixo, porém significativo</b> |
| <b>Evento perigoso: Acesso a elementos móveis mecânicos</b>                             |           |                         |                                   |
| Probabilidade de ocorrência                                                             | 1         | Frequência de exposição | 2,5                               |
| Grau de severidade                                                                      | 4         | n de pessoas expostas   | 1                                 |
| <b>HRN</b>                                                                              | <b>10</b> | <b>Classificação</b>    | <b>Baixo, porém significativo</b> |
| <b>Evento perigoso: Contato com peças e/ou componentes energizados</b>                  |           |                         |                                   |
| Probabilidade de ocorrência                                                             | 1         | Frequência de exposição | 1                                 |
| Grau de severidade                                                                      | 15        | n de pessoas expostas   | 1                                 |
| <b>HRN</b>                                                                              | <b>15</b> | <b>Classificação</b>    | <b>Baixo, porém significativo</b> |
| <b>Evento perigoso: Contato com partes da estrutura metálica com sistema energizado</b> |           |                         |                                   |
| Probabilidade de ocorrência                                                             | 1         | Frequência de exposição | 5                                 |
| Grau de severidade                                                                      | 15        | n de pessoas expostas   | 1                                 |
| <b>HRN</b>                                                                              | <b>75</b> | <b>Classificação</b>    | <b>Alto</b>                       |
| <b>Evento perigoso: Partida involuntária ou inesperada</b>                              |           |                         |                                   |
| Probabilidade de ocorrência                                                             | 1         | Frequência de exposição | 4                                 |
| Grau de severidade                                                                      | 4         | n de pessoas expostas   | 1                                 |
| <b>HRN</b>                                                                              | <b>16</b> | <b>Classificação</b>    | <b>Baixo, porém significativo</b> |

HRN. Hazard Rating Number; n. número

Fonte: do autor (2024).

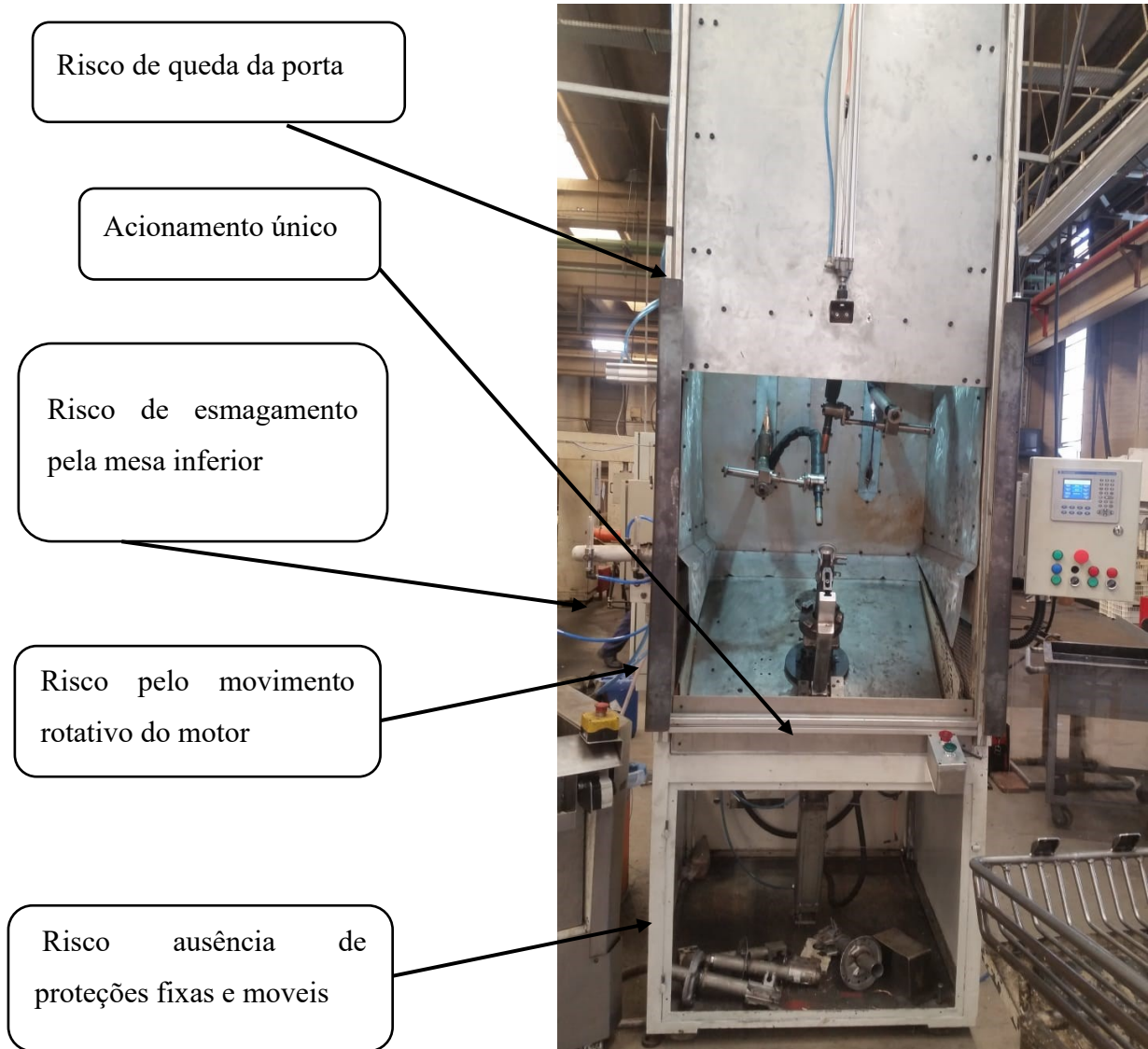
Em relação ao alto risco com sistema energizado, Boger (2018) avaliando o risco de acidente em uma máquina de corte de cabeça bovina, também identificou riscos concernentes à choque elétrico no interior de seus comandos elétricos e quadro de comando. O autor destaca que mesmo após adequações, o equipamento ainda dispõe de quadros de comando que podem acarretar riscos elétricos se forem abertos por pessoal não treinado e autorizado, portanto,

recomenda-se a utilização do aviso de perigo no local, conforme foi realizado na adequação da máquina de solda deste estudo.

Itens que não atenderam a classificação de risco e foram indicadas para adequações estão apresentados no quadro 4.

A Figura 5 mostra as adequações que foram apontadas como necessárias na máquina.

Figura 5 – Foto inicial da máquina antes das melhorias e adequações.



Fonte: do autor (2024).

Quadro 4 – Itens em desacordo com a classificação de risco.

| ITENS ANALISADOS                                                  | QUESTÕES                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                  |
|-------------------------------------------------------------------|-----------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>MANUTENÇÃO, INSPEÇÃO, PREPARAÇÃO, AJUSTE, REPARO E LIMPEZA</b> | As manutenções, inspeções, limpezas, reparos e outras intervenções são realizadas por profissionais capacitados, qualificados ou legalmente habilitados formalmente autorizados pelo empregador e com adoção de fechamento, desligamento, bloqueio das fontes de energias perigosas, verificação de fuga de energia e utilização de sistemas de retenção? |
|                                                                   | As manutenções, inspeções, limpezas, reparos e outras intervenções, onde não são possíveis a aplicação dos procedimentos de bloqueios das fontes de energias perigosas, são realizadas conforme requisitos do item 12.11.3.1?                                                                                                                             |
| <b>SINALIZAÇÃO</b>                                                | A máquina e suas instalações possuem sinalização de segurança a fim de advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos?                                                                                                                                                                                                        |
|                                                                   | A máquina possui em local visível as informações sobre tipo, modelo, capacidade, peso, nº de série ou nº de identificação, razão social, CPNJ e o nº do registro do CREA do fabricante ou importador?                                                                                                                                                     |
|                                                                   | A máquina possui em local visível informações sobre tipo, modelo, capacidade, número de série ou número de identificação atribuído pela empresa?                                                                                                                                                                                                          |
| <b>MANUAIS</b>                                                    | A máquina possui manual escrito em idioma português–Brasil, fornecido pelo fabricante ou importador, com as informações à segurança em todas as fases de utilização?                                                                                                                                                                                      |
|                                                                   | O manual de instruções estão escritos em língua portuguesa, é escrito de forma clara, tem avisos relativos a segurança realçados e permanecem disponíveis para os usuários nos locais de trabalho?                                                                                                                                                        |
|                                                                   | O manual de instruções possui no mínimo todas as informações determinadas no item 12.13.4 da NR–12                                                                                                                                                                                                                                                        |
| <b>INSTALAÇÕES E DISPOSITIVOS ELÉTRICOS</b>                       | As partes condutoras que podem ficar sob tensão, estão devidamente aterradas?                                                                                                                                                                                                                                                                             |
|                                                                   | Os quadros ou painéis elétricos possuem porta de acesso mantida permanentemente fechada, bom estado de conservação, proteção e identificação dos circuitos?                                                                                                                                                                                               |
|                                                                   | Os quadros ou painéis elétricos possuem sinalização quanto ao perigo de choque elétrico e restrição de acesso?                                                                                                                                                                                                                                            |
| <b>DISPOSITIVOS DE ACIONAMENTO DE PARTIDA E PARADA</b>            | Os dispositivos de acionamento bimanual existentes atendem aos requisitos mínimos (atuação síncrona, distância entre botões, monitoramento por interface, relação entre sinais de entrada e saída, etc.) conforme requisitos do item 12.4.3 da NR 12?                                                                                                     |
|                                                                   | Os dispositivos de acionamento bimanual existentes estão posicionados a uma distância segura da zona de perigo?                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                   | Os dispositivos de acionamento bimanual existentes encontram-se estáveis na posição de trabalho e possuem altura compatível com o alcance do operador em sua posição de trabalho?                                                                                                                                                                         |
|                                                                   | A máquina possui comando que permite o controle de diferentes níveis por meio de seletor? Se sim, o seletor possui bloqueio em cada posição, correspondência de um único modo de comando, seleção visível e facilmente identificável?                                                                                                                     |
|                                                                   | O acionamento por pessoas não autorizadas pode oferecer risco? Se sim, existe sistema que possibilite o bloqueio dos dispositivos de acionamento?                                                                                                                                                                                                         |
|                                                                   | Os circuitos elétricos responsáveis pelas partidas dos motores possuem estrutura redundante e monitoramento de falhas que comprometam a função de segurança?                                                                                                                                                                                              |
|                                                                   | As zonas de perigo da máquina possuem sistemas de segurança que assegurem proteção à integridade física dos trabalhadores?                                                                                                                                                                                                                                |
| <b>SISTEMA DE SEGURANÇA</b>                                       | A máquina possui projeto, diagrama ou representação esquemática dos sistemas de segurança em língua portuguesa e sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado?                                                                                                                                                                              |
|                                                                   |                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                                           |
| <b>DISPOSITIVO DE PARADA DE EMERGÊNCIA</b>                        | O acionamento dos dispositivos de emergência resultam na retenção do acionador?                                                                                                                                                                                                                                                                           |
|                                                                   | O desacionamento dos dispositivos de emergência são apenas possíveis como resultado de uma ação manual intencional sobre o acionador?                                                                                                                                                                                                                     |
| <b>COMPONENTES PRESSURIZADOS</b>                                  | As mangueiras utilizadas nos sistemas pressurizados possuem indicação da pressão máxima de trabalho admissível especificada pelo fabricante?                                                                                                                                                                                                              |

Fonte: do autor (2024).

Seguindo os itens que não estavam de acordo com a NR-12, foram realizadas as seguintes adequações:

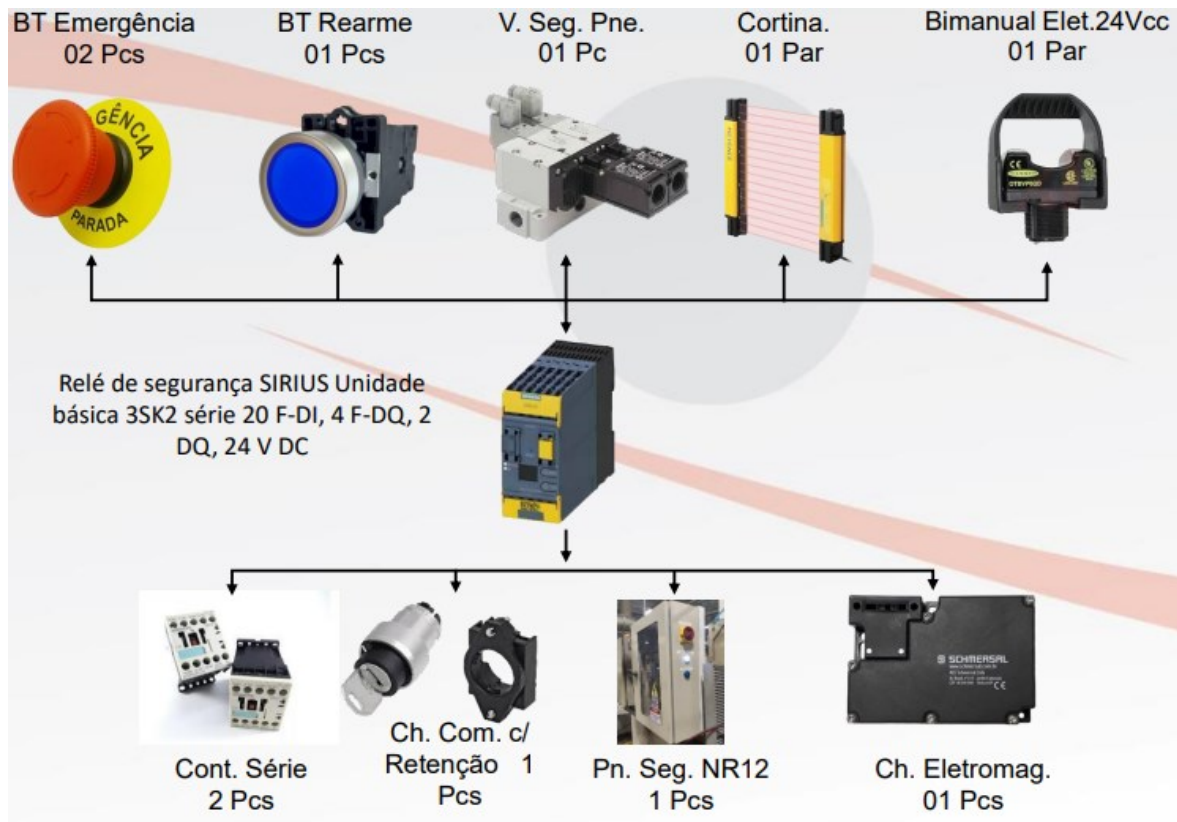
- a) Botão de Emergência tipo soco: foi instalado, juntamente a caixa do bimanual um botão de emergência tipo soco autotravante com 2 contatos NF, visando a parada do equipamento em caso de acionamento. Utilizou-se no Relé de segurança os dois contatos com ruptura positiva, sendo assim, redundante a lógica de segurança.
- b) Botão Azul (Rearme): foi instalado na caixa de acionamentos (comando Operador), um botão na cor azul de “Rearme”. O mesmo irá reiniciar o Sistema de segurança após a solução do defeito da parada do equipamento.
- c) Chave Com. c/Retenção: foi instalado na caixa de acionamentos (comando Operador), uma chave de comando com retenção. A mesma tem a função de desligar equipamento quando acionada, funcionando como chave Desliga/ Liga.
- d) Válvula Segurança Pneumática: foi instalado no equipamento uma válvula de segurança Pneumática Série VP (SMC), que tem como função principal o monitoramento do ar-comprimido. Bem como os demais itens de segurança, em caso de falha do equipamento a mesma será despressurizada, eliminando assim o risco.
- e) Bimanual 24Vcc: foi instalado um par de bimanual eletrônico 24Vcc. Independente do estado de conservação do bimanual instalado no local, foi realizado a troca do equipamento, pois durante os levantamentos realizados detectamos que a tensão de operação do componente instalado no local é de 127Vca, contrariando o disposto no item 12.36 da NR12. Assim, foi instalado um par de bimanual eletrônico 24Vcc.
- f) Chave de segurança com intertravamento: foi instalado em cada porta uma chave eletromagnética, com dois contatos NF sendo monitorados pelo Relé de Segurança.
- g) Cortina de Segurança: A principal função da cortina é o controle seguro de áreas e ambientes que não devem ser violados durante determinadas operações. Para esta adequação se utilizou um par de cortinas, para proteção da área frontal do equipamento, sendo que os demais lados estavam fechados através de proteções fixas.
- h) Relé de Segurança Programável: foi instalado no painel elétrico de Segurança NR12, um Relé de segurança programável, contendo 20 entradas de segurança; 4 saídas de segurança e 2 saídas não monitoradas. Este relé é responsável por realizar o monitoramento das funções de segurança presentes no equipamento, tais como;

parada de emergência, porta de proteção monitoradas, cortinas de luz, proteção de perímetro, controle com duas mãos, calços de segurança, dispositivos pneumáticos e dispositivos hidráulicos.

Nesse estudo tomou como base a NR-12, assim é importante relatar que esta norma desempenha um papel crucial na proteção dos trabalhadores, estabelecendo requisitos e diretrizes que devem ser seguidos para evitar acidentes, lesões e doenças ocupacionais. Ela abrange aspectos como o projeto seguro das máquinas, a instalação adequada, a operação correta, a manutenção regular e a capacitação dos trabalhadores. Além disso, a norma busca prevenir riscos relacionados a movimentações de partes das máquinas, energia elétrica, dispositivos de partida e parada, áreas de risco, entre outros (BRASIL, 2022).

Um diagrama de blocos indicando os componentes utilizados nas adequações pode ser visualizado na Figura 6.

Figura 6 – Diagrama de blocos.

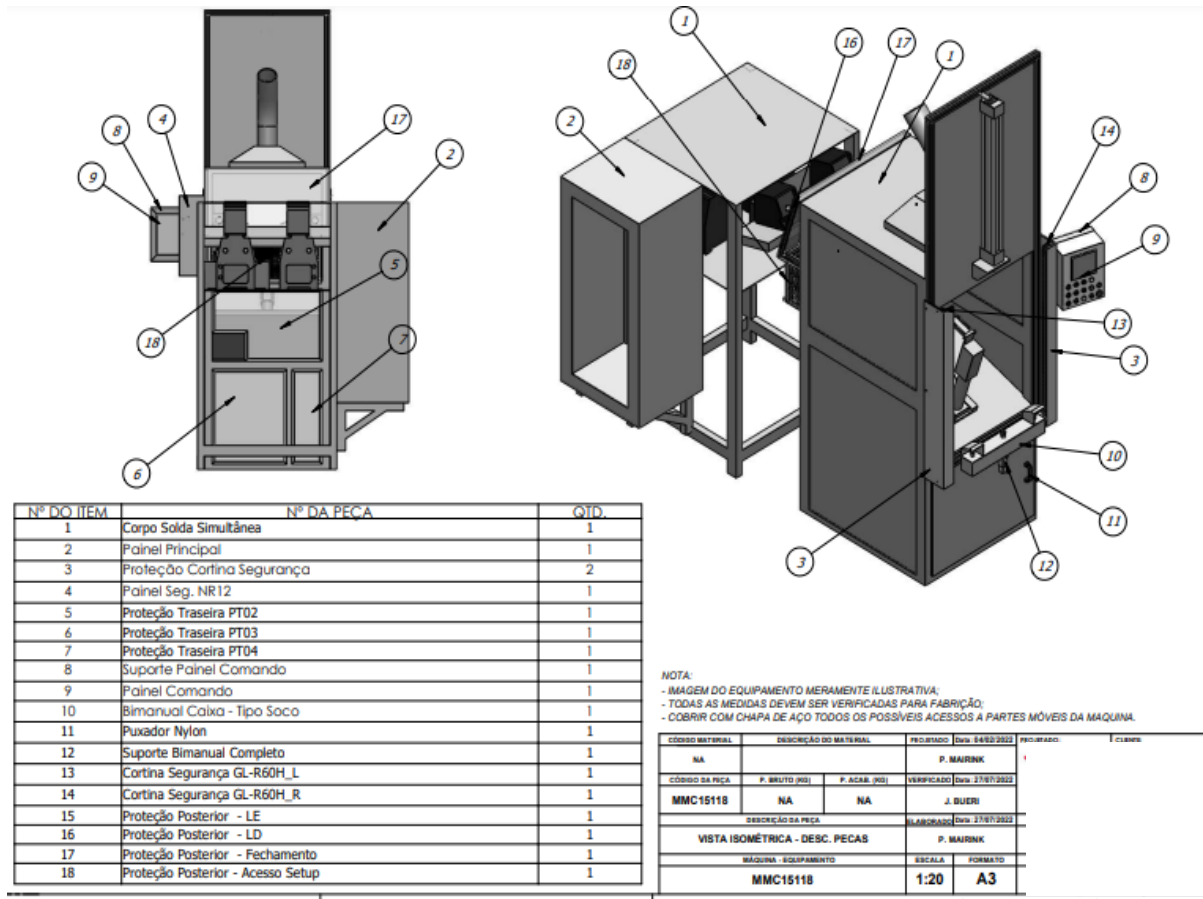


Fonte: do autor (2024).

3.2 Projetos: Mecânico, Elétrico e Pneumático

Os projetos mecânico, elétrico e pneumático foram desenvolvidos para atender as adequações sugeridas para a máquina de solda. No que se refere ao projeto mecânico, a figura 7 apresenta a descrição das peças da máquina. Foram realizadas alterações nas proteções laterais, traseira e dianteira da máquina, os projetos podem ser visualizados no Anexos de A a I. A proteção dianteira foi composta pela cortina de segurança e demais componentes relacionados ao acionamento da máquina

Figura 7 – Desenho ilustrativo da máquina descrevendo suas peças.



Fonte: do autor (2024).

Os projetos elétricos realizados foram: diagramas de carga e comando, Diagrama de Comando da Cortina de Luz e Layout do painel (Anexos J a Q). O projeto pneumático está apresentado no Anexo R.

### 3.3 Ações que foram implementadas

- a) Adequação Elétrica, contemplando inserção de um novo painel elétrico em conformidade com as normas vigentes, sendo o mesmo apenas referente ao sistema NR12, não contemplando retrofit do painel existente;
- b) Manutenção nas proteções mecânicas fixas existentes;
- c) Inspeção e em caso de necessidade substituição da cortina de segurança instalada na parte frontal do equipamento, monitoramento da mesma pela interface de segurança;
- d) Monitoramento de sistema pneumático e inserção de dispositivos de segurança em atendimento a NR12;
- e) Foi mantido o sistema de freio nas portas tipo guilhotina, inserido sistema de retenções pilotadas as mesmas para duplicidade da proteção;
- f) Foi inserido dispositivo bimanual conforme descrito no item 2.1 da NR12.

### 3.4 Sinalização

- a) Todos os equipamentos de segurança instalados foram identificados;
- b) Proteções fixas e móveis receberam placas com a identificação do risco ao qual o operador estará exposto durante a operação;
- c) No painel elétrico foram fixadas placas de identificação do risco, acesso somente por pessoal autorizado e identificação das tensões elétricas aplicáveis no interior do mesmo.
- d) Comando existentes no equipamento receberam placa de identificação de sua função.

### 3.5 Manuais Pós Adequação

Os manuais atuais dos equipamentos foram reconstituídos em língua portuguesa, incluindo os novos dispositivos instalados bem como recomendações de inspeção e manutenção dos mesmos, conforme itens da NR12, contendo:

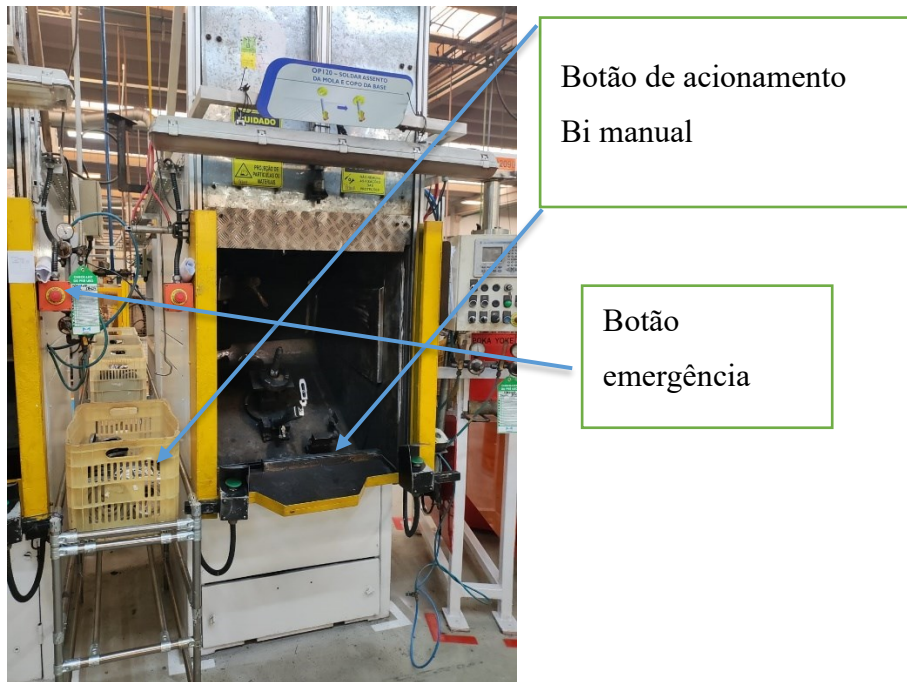
- a) Diagramas de sistemas de segurança e diagrama unifilar ou trifilar do sistema elétrico, conforme necessidade;
- b) Tipo, modelo e capacidade do equipamento;

- c) Descrição detalhada do equipamento e seus acessórios;
- d) Definição da utilização prevista para o equipamento;
- e) Definição das medidas de segurança existentes e daquelas a serem adotadas pelos usuários;
- f) Especificações e limitações técnicas para a sua utilização com segurança;
- g) ➤ Riscos que podem resultar de adulteração ou supressão de proteções e dispositivos de segurança;
- h) Informações técnicas para subsidiar a elaboração dos procedimentos de trabalho e segurança durante todas as fases de utilização;
- i) Procedimentos e periodicidade para inspeções e manutenção;
- j) Procedimentos a serem adotados em situações de emergência.

Foi instalado o dispositivo de acionamento do tipo bimanual, em pedestal com regulagem de altura, o qual deverá: funcionar somente quando os dois acionadores forem pressionados com um intervalo de tempo menor ou igual a 0,5 (meio) segundo; possuir sistema de monitoramento – interface de segurança (Relé de segurança específico ou PLC de segurança); funcionar somente com os dois acionadores pressionados, ou seja, caso um dos acionadores não tenha mais atuação a máquina / equipamento não poderá mais funcionar (o reinício da operação deverá ser mediante o acionamento simultâneo dos comandos); os acionadores devem estar posicionados de forma ergonômica (Figura 8).

Houve a substituição dos dispositivos de parada de emergência que não possuíam retenção de seus acionadores, por dispositivos de parada de emergência com acionadores retentivos, de forma que se a ação no acionador for descontinuada, este se mantenha retido até que seja desacionado (Figura 8).

Figura 8 – Máquina com acionamento bi manual.



Fonte: do autor (2024).

Em relação à segurança dos dispositivos de partida, acionamento e parada, Quírico et al. (2017) destacam que o sistema deve adotar o comando bimanual e a cortina de luz com redundância e autoteste. O comando bimanual assegura que a máquina só seja acionada quando os dois botões forem pressionados simultaneamente. Conforme os autores, os painéis de comando bimanual devem ter dois botões de acionamento distantes o suficiente para evitar o acionamento com apenas uma mão.

Foi instalado dispositivos, tais como contadores, dispositivos de seccionamento comandados remotamente através de bobina de mínima tensão; inversores e conversores de frequência, *softstarters* e demais chaves de partida, em estrutura redundante, com monitoramento das funções de segurança (Figuras 9 e 10).

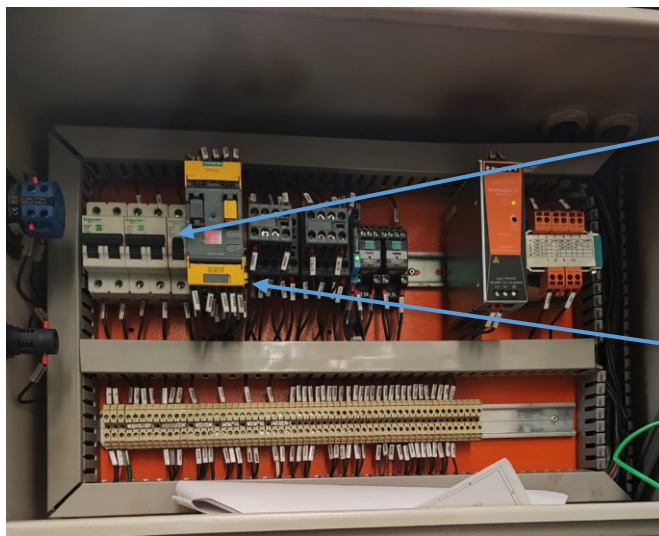
Figura 9 – Chave seccionadora liga/desliga.



Chave  
Seccionadora  
liga/desliga com

Fonte: do autor (2024).

Figura 10 – CLP e contatores.



CLP controlador lógico  
programável de  
segurança

Contatores de  
segurança em série  
(redundância)

Fonte: do autor (2024).

Para o uso do sistema de processamento e monitoração de segurança dos periféricos usados adotou-se um CLP de segurança. A justificativa para o uso deste componente se dá pelas características de cada item listadas abaixo:

- a) CLP de processo, é capaz de fazer grandes processamentos, porem para o processo de adequação NR12 o mesmo não possui entradas e saídas monitoradas (verificação contínua das saídas e entradas do CLP);
- b) Rele de segurança para controle de emergência e simultaneidade de acionamento bi manual, neste caso como a máquina foi categorizada em CATEGORIA 4, não podemos colocar os periféricos em série, e temos a necessidade de monitoração dos mesmos e ressaltar no IHM interface homem maquinas as falhas e acionamentos relacionados à segurança do equipamento;
- c) Arduino, pouca capacidade de processamento, não possui entradas e saídas monitoradas, não atende nenhum tipo de categoria para adequação;
- d) CLP de segurança, modelo que optamos em usar tem a quantidade exata de entradas e saídas monitoradas para os periféricos de segurança, atende Categoria 4 com IHM interface homem máquina com indicação de falhas e eventos de segurança, atendendo as conformidades das Normas IEC 61–50–8 e EN ISO 13849.

Dentre as linguagens de programação disponíveis para CLPs, o *Ladder Diagram* foi escolhido como foco neste trabalho devido às suas vantagens e ampla utilização. Conforme destacado por Silva e Lima (2018), o *Ladder Diagram* é uma linguagem gráfica que representa esquematicamente as conexões e operações lógicas do controlador, facilitando a compreensão dos operadores e profissionais do setor elétrico. A utilização de símbolos que representam dispositivos elétricos torna o *Ladder Diagram* familiar e de fácil interpretação, sendo amplamente empregado na programação de CLPs.

Em relação ao painel elétrico as alterações seguiram as principais recomendações: – Circuitos identificados e protegidos, pois nenhuma parte energizada pode ficar exposta; – Porta de acesso mantida permanentemente fechada; – Sinalização sobre o risco de choque elétrico e restrição de acesso a pessoas não autorizadas; – Bom estado de conservação; – Grau de proteção adequado em função do ambiente de uso; – implementação do CLP. A NR–12 aborda sobre o uso do CLP para o controle lógico da máquina com intuito não só operacional, mas para garantir a segurança e funcionamento seguro da máquina através de controle lógico de segurança (QUÍRICO et al., 2017).

De acordo com Costa e Santos (2017) os sistemas de controle não apenas contribuem para a segurança, mas também melhoram a eficiência e a produtividade dos processos industriais. A integração de sensores e atuadores em um sistema de controle inteligente

possibilita a detecção precoce de falhas, facilitando a manutenção preventiva e reduzindo o tempo de inatividade das máquinas.

Foi instalado dispositivo na alimentação pneumática principal da máquina ou equipamento, que permita o desligamento e bloqueio da energia por meio de cadeados. O dispositivo foi instalado em local de fácil acesso, e sinalizado de forma a facilitar a aplicação do procedimento de LOTO.

Foi instalada proteção física móvel associada a dispositivo de intertravamento ou dispositivo optoeletrônico – cortina de luz na zona frontal inferior; foi também instalada válvula monitorada pneumática de segurança, categoria 3. A cortina de luz foi instalada de acordo com a NBR ISO 13855 (Figura 11).

Figura 11 – Cortina de segurança.



Fonte: do autor (2024).

Sobre a realização de limpeza da máquina e seus periféricos, esta deverá ser realizada conforme manual do fabricante / plano de manutenção da empresa. Esta atividade deverá ser executada somente por profissionais capacitados, qualificados ou legalmente habilitados,

formalmente autorizados pelo empregador, com a máquina ou equipamento desligado, e adotados os procedimentos de bloqueio para todas as fontes de energias perigosas. Para situações especiais de manutenção, regulagem, ajuste, limpeza, pesquisa de defeitos e inconformidades, em que não seja possível o cumprimento das condições estabelecidas no item 12.11.3.1 da NR 12, nestas situações, por se tratarem de tarefas críticas não rotineiras que necessitam de controle, procedimentos especiais de segurança deverão ser adotados (emissão de Permissão de Trabalho Especial, acompanhamento pela supervisão / segurança do trabalho).

Os funcionários que trabalham com a máquina de solda, passaram por capacitação após as adequações. De acordo com a NR-12 é recomendado a capacitação dos trabalhadores para trabalharem com as máquinas e ferramentas, principalmente as máquinas novas ou as que passaram por adequações. Somado a isso, ainda há o fator que a NR-12 está passando por constantes atualizações, o que exige que a empresa também esteja atualizando constantemente seus colaboradores sobre todos os aspectos que direcionam a atuação dele juntamente à máquina ou ferramenta.

Segundo He et al. (2019) a interfaces homem-máquina reflete o objetivo de proporcionar uma interação mais intuitiva, eficiente e envolvente entre os operadores e os sistemas automatizados, contribuindo significativamente para melhorias na produtividade e na eficácia dos processos industriais. Novas tecnologias e abordagens estão sendo exploradas constantemente, permitindo avanços contínuos nessa área fundamental da automação industrial. As interfaces homem-máquina desempenham um papel crucial na troca de informações entre pessoas e máquinas, desafiando os limites da interação humano-computador e impulsionando avanços na inteligência artificial, por isso a necessidade constante de capacitação do pessoal.

Os periféricos de segurança foram instalados e realizado a interligação destes periféricos (ligação dos cabos, ligação do CLP, ect...). Após a finalização dos ajustes necessários foi realizado novamente a classificação de risco com o método HRN, do qual obteve um nível de classificação desprezível (Quadro 5).

Quadro 5 – Classificação de risco após ajustes necessários.

| Probabilidade de ocorrência   | Frequência de exposição | Grau de severidade | N de pessoas       | HRN  |
|-------------------------------|-------------------------|--------------------|--------------------|------|
| 0,03                          | 4                       | 6                  | 2                  | 1,44 |
| <b>CLASSIFICAÇÃO DO RISCO</b> |                         |                    | <b>DESPREZÍVEL</b> |      |

Fonte: Do autor (2024).

As adequações que foram apontadas e realizadas nesse estudo, também foram relatadas em outro estudo realizado por Boger (2018) em equipamentos utilizados em áreas frigoríficas. O autor identificou a necessidade de realizar ajustes em diversos itens, a fim de garantir maior segurança aos empregados, como no sistema de acionamento, botão de emergência, sistema pneumático, sistema elétrico, sistema hidráulico, sinalizações de segurança e a capacitação dos profissionais responsáveis pela operação do equipamento.

Após a realização de todas as adequação e averiguações, foi solicitada uma avaliação para emissão da certificação de adequações da máquina de solda, por uma empresa especializada, que apresentou parecer favorável e emitiu o Certificado de adequação e Atestado de conformidade da máquina com a legislação vigente (ANEXOS S - U).

## 4 CONCLUSÃO

Na análise de risco da máquina de solda foi verificado que ela não atendia aos requisitos legais da NR 10 e NR 12. Portanto, foram adotadas todas as medidas de segurança recomendadas para atender as normas vigentes.

Inicialmente foram desenvolvidos os projetos contemplando aspectos elétricos, pneumáticos e mecânicos, garantindo a segurança e o acesso adequado à máquina.

Foram adotadas medidas de automação de segurança conforme as diretrizes estabelecidas na norma regulamentadora NR-12, incluindo a utilização de um CLP de segurança e um Painel de Segurança com dispositivos de proteção e parada de emergência.

Foi incorporado o uso de movimentos pneumáticos por meio de ar comprimido, considerando vazão e pressão, e aplicação de válvulas de despressurização, válvulas direcionais e retenções pilotadas.

Após a finalização dos ajustes necessários a máquina foi classificada como nível de risco desprezível, ou seja, foram sanados todos os riscos de acidentes e para saúde dos trabalhadores que a operam.

## REFERÊNCIAS

- ARAUJO, E. P.; GASPAROTTO, A. M. S. **Aplicação da norma regulamentadora NR-12 para adequação de máquinas e equipamentos**. SIMTEC – Simpósio de Tecnologia da Fatec Taquaritinga, v. 6, n. 1, p. 210–221, 2019. Disponível em: [http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1981-77462018000301361&lng=pt&nrm=iso](http://www.scielo.br/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1981-77462018000301361&lng=pt&nrm=iso). Acesso em 1 out. 2022.
- BOGER, D. T. **Projeto do equipamento abridor de cabeça de acordo com as normas regulamentadoras NR-10 e NR-12**. 2018. 57 f. Trabalho de Conclusão de Curso (Especialização em Engenharia de Segurança no Trabalho) – Universidade Tecnológica Federal do Paraná, Medianeira, 2018.
- BRASIL. **Normas regulamentadoras NR-12**. 2022. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2022.pdf>. Acesso em: 04 out. 2022.
- COSTA, J. R. **Automação Industrial: Fundamentos e Aplicações**. São Paulo: Novatec Editora, 2022.
- EPLAN. 2023. Disponível em: [eplan.com.br/solucoes/a-nova-geracao-da-plataforma-eplan/destaques-da-plataforma-eplan-2023/](http://eplan.com.br/solucoes/a-nova-geracao-da-plataforma-eplan/destaques-da-plataforma-eplan-2023/). Acesso em: 20 abr. 2023.
- FERNANDES, V.; POOR, H. V.; RIBEIRO, M. V. Analyses of the incomplete low-bit-rate hybrid PLC-wireless single-relay channel. **IEEE Internet of Things Journal**, v. 5, n. 2, p. 917–929, 2018.
- HE, Q. et al. Triboelectric vibration sensor for a human-machine interface built on ubiquitous surfaces. **Nano Energy**, v. 59, p. 689–696, 2019.
- JOHNSON, M.; BRADSHAW, J. M.; FELTOVICH, P. J. Tomorrow's human-machine design tools: From levels of automation to interdependencies. **Journal of Cognitive Engineering and Decision Making**, v. 12, n. 1, p. 77–82, 2018.
- OLIVEIRA, J. Q. et al. Estudo sobre a modernização de sistemas de automação e controle num forno industrial. **REGRASP–Revista para Graduandos/IFSP**, Câmpus São Paulo, v. 4, n. 2, p. 80–95, 2019.
- QUÍRICO, V. C. et al. Máquinas do setor de serralha de uma indústria moveleira: avaliação de segurança antes e após a NR-12. In: **Anais do Seminário Científico do UNIFACIG**, n. 1, Ubá, 017.
- SANTOS, R. O. B. et al. A importância da NR-12 em seus diversos contextos: uma análise sistemática para prevenção de acidentes industriais. In: **Anais do II Congresso Brasileiro Interdisciplinar em Ciência e Tecnologia – CoBICET**. 30 de agosto a 03 de setembro de 2021. Lorena, SP, 2021.

SIEMENS. 2023. Disponível em: <https://mall.industry.siemens.com/>. Acesso em: 20 abr. 2022.

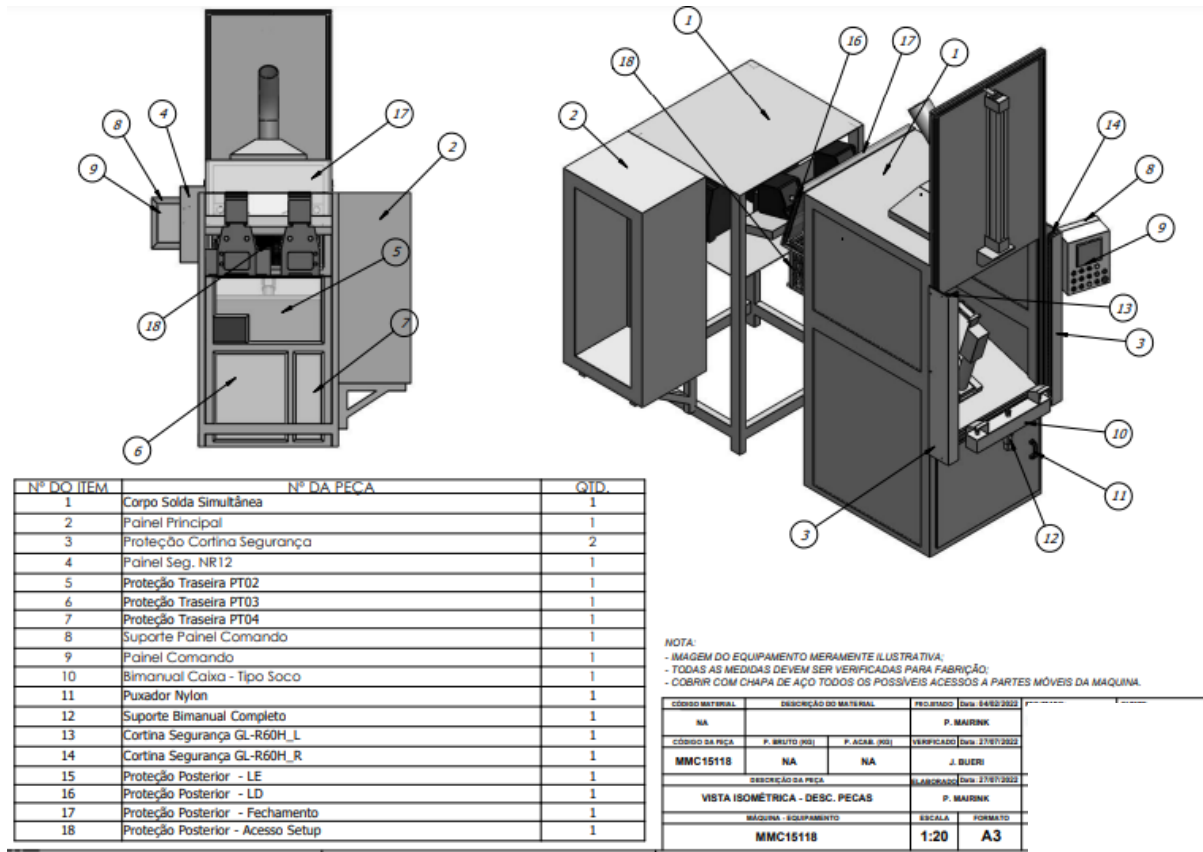
SILVA, M. V. M.; LIMA, C. E. O. Aplicação de Controladores Lógicos Programáveis em Processos Industriais. **Brazilian Journal of Development**, v. 4, n. 1, p. 1412–1424, 2018.

SOUSA, A. R. F.; RODOLPHO, D. A importância da segurança do trabalho na produção industrial. **Revista Interface Tecnológica**, v. 17, n. 2, p. 817–824, 2020.

STEEL, C. Risk Estimation Techniques. **The Safety & Health Practitioner**, p. 20–21, 1990.

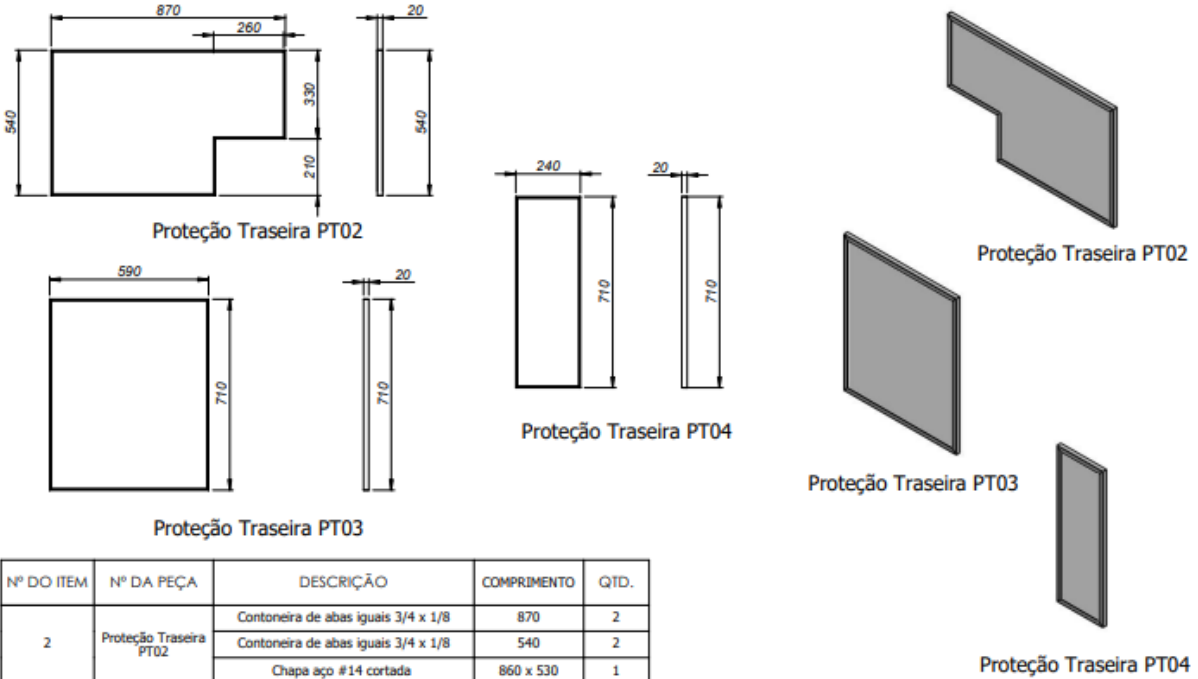
STRAUCH, B. The automation–by–expertise–by–training interaction: Why automation–related accidents continue to occur in sociotechnical systems. **Human Factors**, v. 59, n. 2, p. 204–228, 2017.

## ANEXO A – DESENHO ILUSTRATIVO DA MÁQUINA DESCREVENDO SUAS PEÇAS



Fonte: do autor (2023)

ANEXO B – DESENHO ILUSTRATIVO DAS PROTEÇÕES DA MÁQUINA  
DESCREVENDO SUAS MEDIDAS

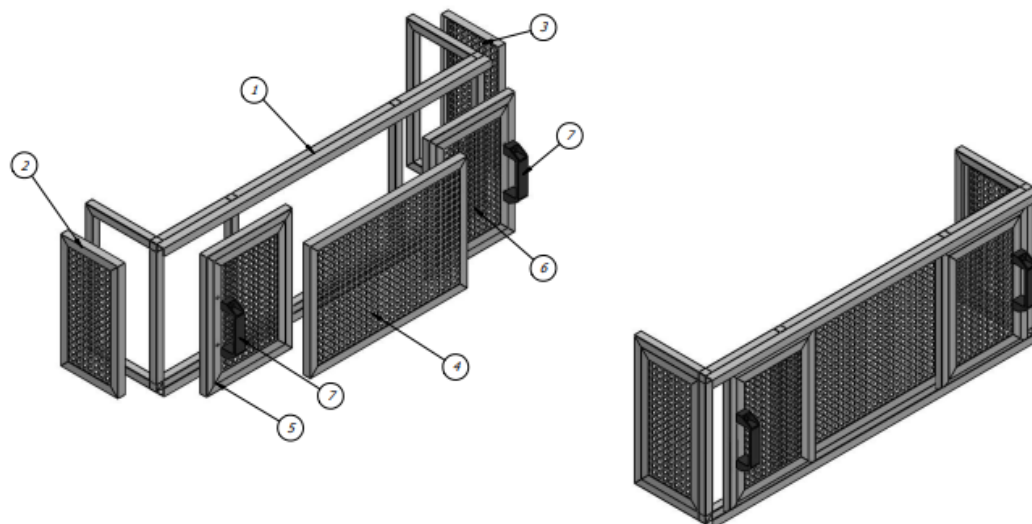


| Nº DO ITEM | Nº DA PEÇA             | DESCRIÇÃO                           | COMPRIMENTO | QTD. |
|------------|------------------------|-------------------------------------|-------------|------|
| 2          | Proteção Traseira PT02 | Contoneira de abas iguais 3/4 x 1/8 | 870         | 2    |
|            |                        | Contoneira de abas iguais 3/4 x 1/8 | 540         | 2    |
|            |                        | Chapa aço #14 cortada               | 860 x 530   | 1    |
| 3          | Proteção Traseira PT03 | Contoneira de abas iguais 3/4 x 1/8 | 590         | 2    |
|            |                        | Contoneira de abas iguais 3/4 x 1/8 | 710         | 2    |
|            |                        | Chapa aço #14 cortada               | 700 x 580   | 1    |
| 4          | Proteção Traseira PT04 | Contoneira de abas iguais 3/4 x 1/8 | 710         | 2    |
|            |                        | Contoneira de abas iguais 3/4 x 1/8 | 240         | 2    |
|            |                        | Chapa aço #14 cortada               | 700 x 230   | 1    |

|                       |                       |               |                             |
|-----------------------|-----------------------|---------------|-----------------------------|
| CÓDIGO MATERIAL       | DESCRIÇÃO DO MATERIAL | PROJADO       | DATA: 04/01/2022            |
|                       | NA                    | P. MAIRINK    |                             |
| CÓDIGO DA PEÇA        | P. BRUTO (RS)         | P. ACAB. (RS) | VERIFICADO DATA: 27/01/2022 |
| MMC15118              | NA                    | NA            | J. BUDRI                    |
| DESCRIÇÃO DA PEÇA     |                       | ELABORADO     | DATA: 27/01/2022            |
| PROTEÇÕES TRASEIRAS   |                       | P. MAIRINK    |                             |
| MÁQUINA - EQUIPAMENTO | ESCALA                | FORMATO       |                             |
| MMC15118              | 1:12                  | A3            |                             |

Fonte: do autor (2023)

## ANEXO C – DESENHO ILUSTRATIVO DAS PROTEÇÕES DA MÁQUINA

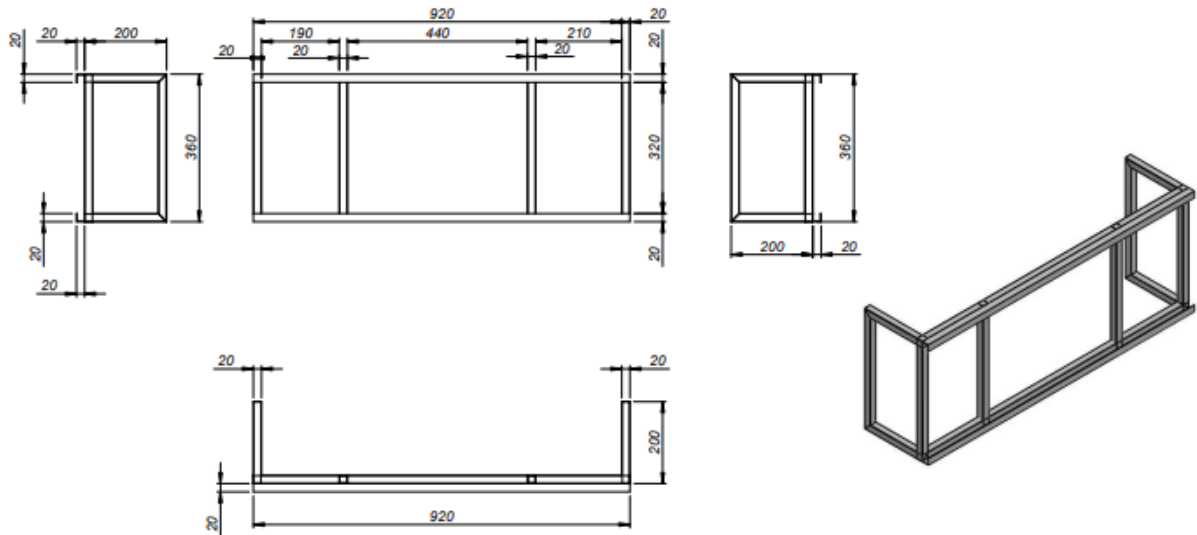


| Nº DO ITEM | Nº DA PEÇA                                | QTD. |
|------------|-------------------------------------------|------|
| 1          | Armação Proteção Posterior - Acesso Setup | 1    |
| 2          | Proteção Lateral Esquerda _ Armação       | 1    |
| 3          | Proteção Lateral Direita _ Armação        | 1    |
| 4          | Proteção Lateral Frontal _ Armação        | 1    |
| 5          | Porta Lateral Esquerda _ Armação          | 1    |
| 6          | Porta Lateral Direita _ Armação           | 1    |
| 7          | Puxador Nylon                             | 2    |

| CÓDIGO MATERIAL       | DESCRIÇÃO DO MATERIAL |                 | PROJETO    | DATA       |
|-----------------------|-----------------------|-----------------|------------|------------|
|                       | NA                    |                 | P. MAIRINK | 04/02/2023 |
| CÓDIGO DA PEÇA        | P. BRUTO (KG)         | P. LÍQUIDA (KG) | VERIFICADO | DATA       |
| MMC15118              | NA                    | NA              | J. BUERI   | 27/01/2023 |
| DESCRIÇÃO DA PEÇA     |                       |                 | ELABORADO  | DATA       |
| PROTEÇÕES TRASEIRAS   |                       |                 | P. MAIRINK |            |
| MÁQUINA - EQUIPAMENTO |                       |                 | ESCALA     | FORMATO    |
| MMC15118              |                       |                 | 1:6        | A3         |

Fonte: do autor (2023)

ANEXO D – DESENHO ILUSTRATIVO DA ARMAÇÃO DE PROTEÇÃO  
POSTERIOR

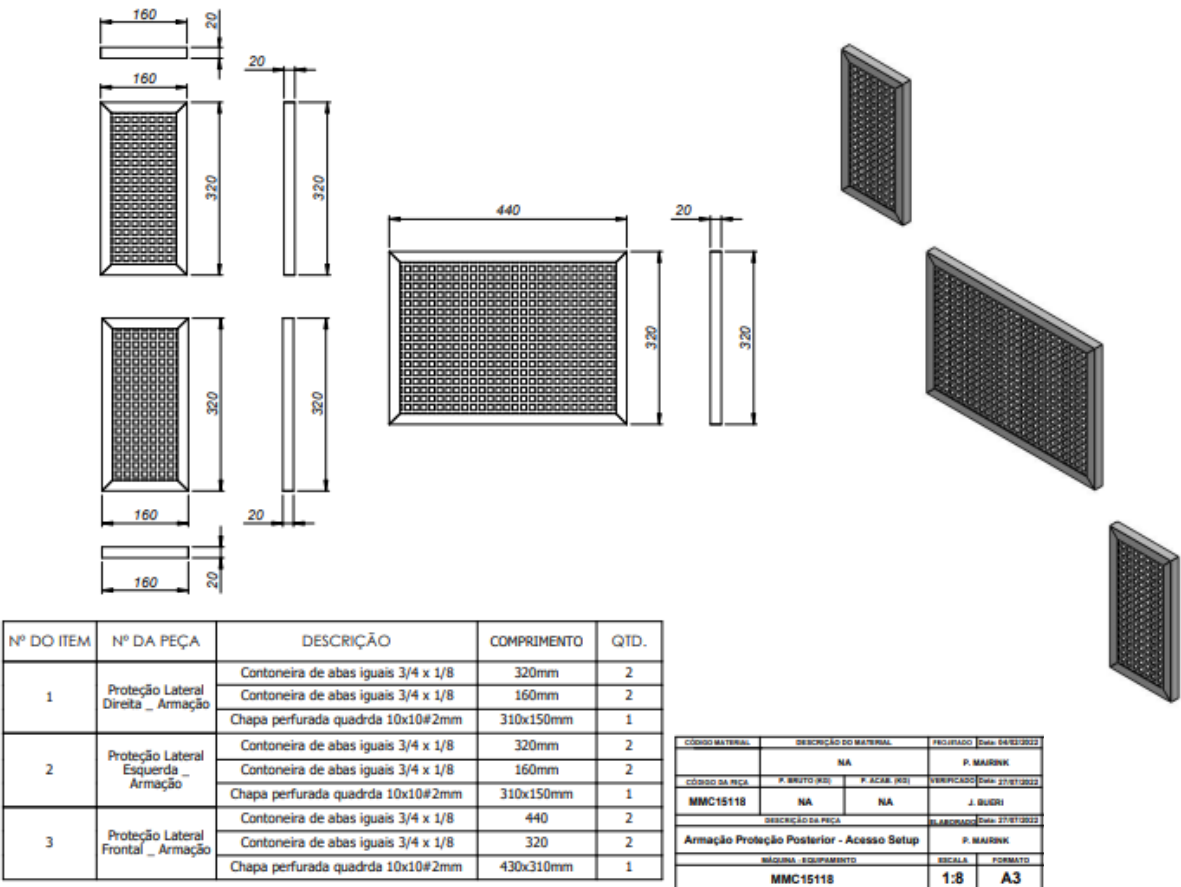


| Nº DO ITEM | Nº DA PEÇA                                | DESCRIÇÃO                           | COMPRIMENTO | QTD. |
|------------|-------------------------------------------|-------------------------------------|-------------|------|
| 1          | Armação Proteção Posterior - Acesso Setup | Metalon 20,00 X 20,00 X 1,52        | 920mm       | 2    |
|            |                                           | Metalon 20,00 X 20,00 X 1,52        | 320mm       | 6    |
|            |                                           | Metalon 20,00 X 20,00 X 1,52        | 200mm       | 2    |
|            |                                           | Contoneira de abas iguais 3/4 x 1/8 | 920         | 2    |

|                 |                                           |               |                  |                  |
|-----------------|-------------------------------------------|---------------|------------------|------------------|
| CÓDIGO MATERIAL | DESCRIÇÃO DO MATERIAL                     |               | FECHADO          | Data: 04/02/2023 |
|                 | NA                                        |               | P. MAURINK       |                  |
|                 | P. BRUTO (KG)                             | P. ACAB. (KG) | VERIFICADO       |                  |
|                 |                                           |               | Data: 27/01/2023 |                  |
| CÓDIGO DA PEÇA  | NA                                        | NA            | J. BUGRI         |                  |
| MMC15118        |                                           |               | H. ARBORADO      |                  |
|                 | DESCRIÇÃO DA PEÇA                         |               | Data: 27/01/2023 |                  |
|                 | Armação Proteção Posterior - Acesso Setup |               | P. MAURINK       |                  |
|                 | MÁQUINA - EQUIPAMENTO                     |               | ESCALA           | FORMATO          |
|                 | MMC15118                                  |               | 1:8              | A3               |

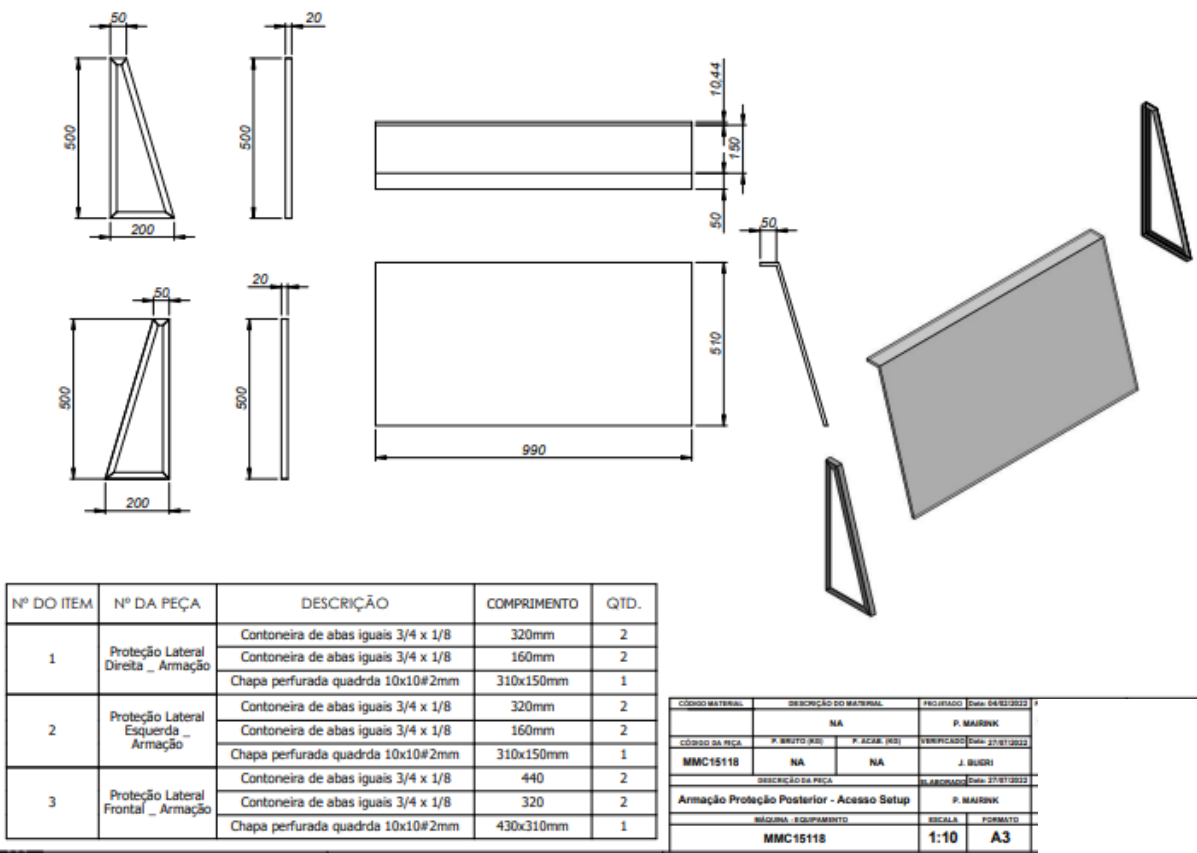
Fonte: do autor (2023)

ANEXO E – DESENHO ILUSTRATIVO DAS PROTEÇÕES LATERAIS



Fonte: do autor (2023)

ANEXO F – DESENHO ILUSTRATIVO DAS PROTEÇÕES LATERAIS

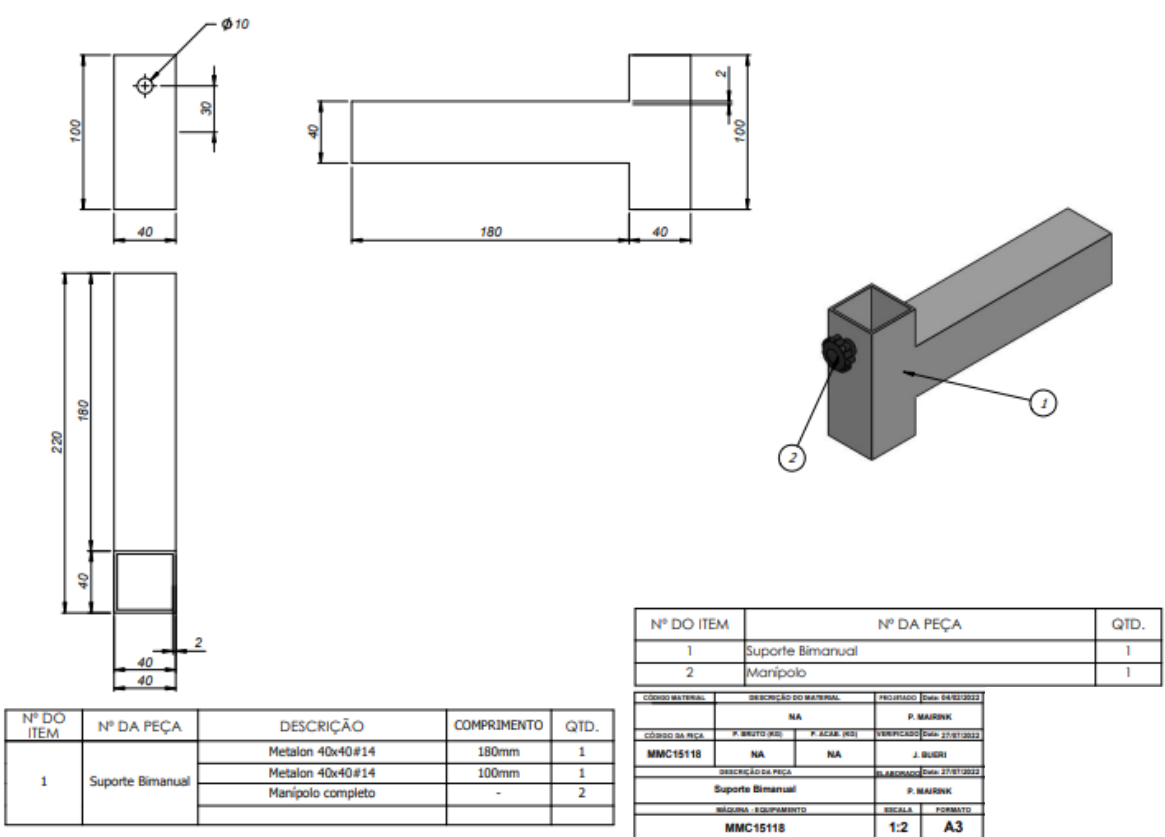


Fonte: do autor (2023)





ANEXO I – DESENHO ILUSTRATIVO DO SUPORTE BIMANUAL



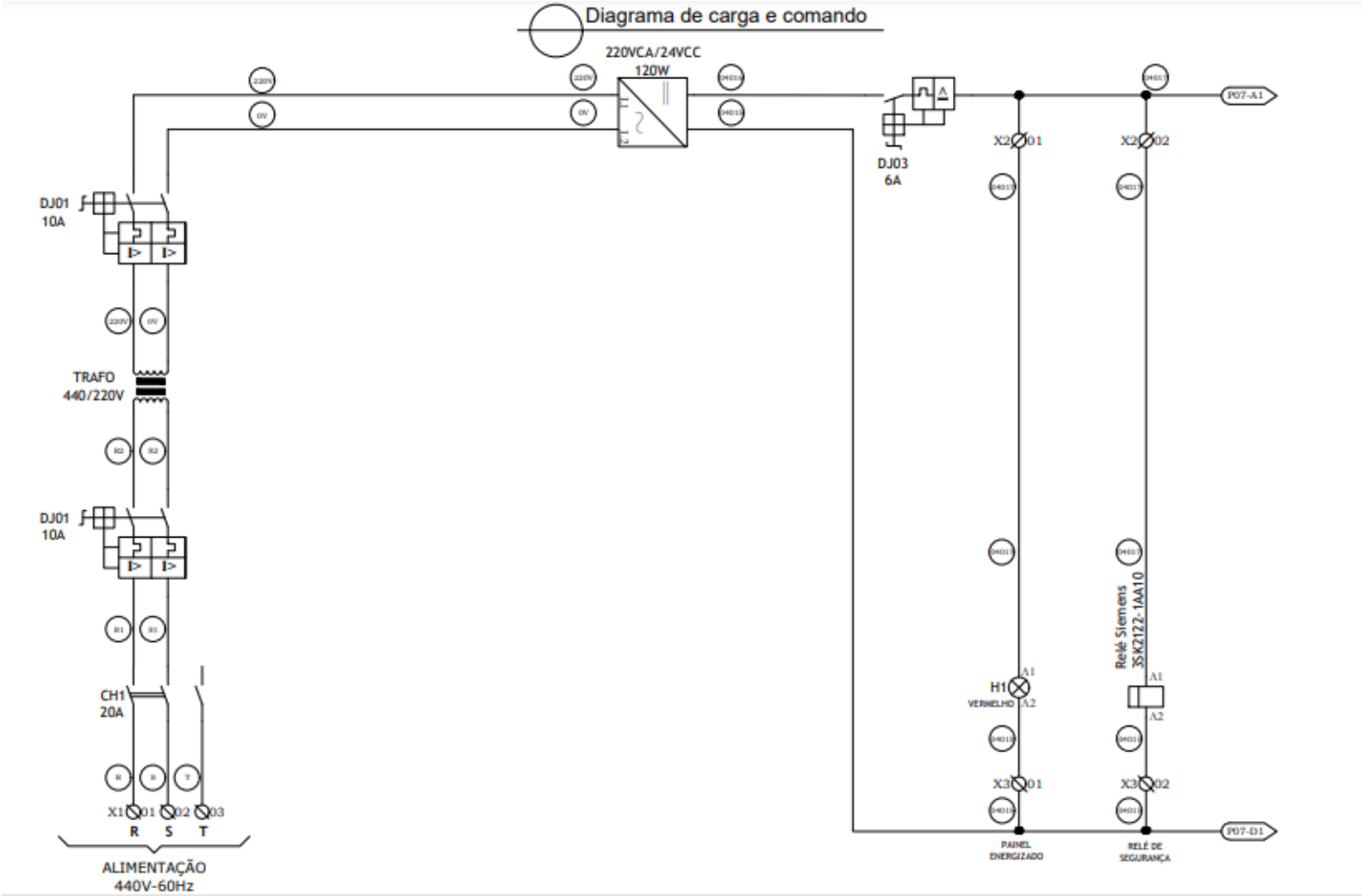
Fonte: do autor (2023)

## ANEXO J – SIMBOLOGIA UTILIZADA NO PROJETO

|  |   |                                               |  |   |                                       |  |   |                                              |  |    |                                               |  |   |                                          |  |    |                                    |  |           |
|--|---|-----------------------------------------------|--|---|---------------------------------------|--|---|----------------------------------------------|--|----|-----------------------------------------------|--|---|------------------------------------------|--|----|------------------------------------|--|-----------|
|  | F | SECCIONADORA COM FUSÍVEL TRIPOLAR - SOB CARGA |  | G | ALTERNADOR                            |  | B | SENSOR TÉRMICO CONTATO NA                    |  | N  | SENSOR DE TENSÃO CONTATO NF                   |  | D | CONTATO NA TÉRMICO                       |  | B  | BOTÃO ROLAGEM CONTATO NA           |  | W16H-0000 |
|  | F | SECCIONADORA TRIPOLAR - SOB CARGA             |  | G | BATERIA                               |  | B | SENSOR TÉRMICO CONTATO NF                    |  | B  | SENSOR DE VELOCIDADE CONTATO NA               |  | Q | CONTATO NF TÉRMICO                       |  | B  | BIDIRECIONAL ALTERNADO             |  | N3-PO3001 |
|  | A | CHAVE ROTATIVA SECCIONADORA TRIPOLAR          |  | G | FONTE DE BAIXA TENSÃO                 |  | B | SENSOR DE POSIÇÃO BARREIRA DE LUZ CONTATO NA |  | B  | SENSOR DE VELOCIDADE CONTATO NF               |  | d | FIM DE CURSO CONTATO NA                  |  | B  | BOTÃO MANUAL COM TRAVA CONTATO NA  |  | NX-ECC202 |
|  | Q | DISJUNTOR TRIPOLAR COM RELÉ TERMOMAGNÉTICO    |  | G | FONTE SIMPLES MONOFÁSICA CA / CA      |  | B | SENSOR DE POSIÇÃO BARREIRA DE LUZ CONTATO NF |  | B  | SENSOR DE NÍVEL CONTATO NA                    |  | d | FIM DE CURSO CONTATO NF                  |  | B  | BOTÃO MANUAL COM TRAVA CONTATO NF  |  | WH51-058  |
|  | Q | DISJUNTOR BIPOLAR COM RELÉ TERMOMAGNÉTICO     |  | G | FONTE SIMPLES CA / CC                 |  | B | SENSOR DE PRESSÃO CONTATO NA                 |  | B  | SENSOR DE NÍVEL CONTATO NF                    |  | N | BOTÃO SINALIZADO CONTATO NF              |  | B  | CHAVE 3 POSIÇÕES RETORNO AO CENTRO |  | NX-SL3000 |
|  | Q | DISJUNTOR MONOPOLAR COM RELÉ TERMOMAGNÉTICO   |  | G | FONTE SIMPLES CC / CC                 |  | B | SENSOR PRESSÃO CONTATO NF                    |  | B  | SENSOR DE CORRENTE CONTATO NA                 |  | N | BOTÃO SINALIZADO CONTATO NA              |  | B  | CHAVE COMUTADORA TRÊS POSIÇÕES     |  | NX-FF0730 |
|  | A | DISJUNTOR BIPOLAR                             |  | d | RELÉ DE CONTROLE                      |  | B | SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO NA             |  | B  | SENSOR DE CORRENTE CONTATO NF                 |  | N | BOTÃO PUXADO CONTATO NF                  |  | F  | FUSÍVEL                            |  | NX-P01000 |
|  | A | DISJUNTOR MONOPOLAR                           |  | d | RELÉ DE CONTROLE DE INTENSIDADE       |  | B | SENSOR DE PROXIMIDADE CONTATO NF             |  | B  | SENSOR INDUTIVO DE PROXIMIDADE CC             |  | N | BOTÃO PUXADO CONTATO NA                  |  | Rm | RELÉ DE SOBRECARGA                 |  | NX-SID800 |
|  | A | DISJUNTOR RESIDUAL                            |  | d | RELÉ DE CONTROLE DE NÍVEL             |  | B | SENSOR DE FLUXO CONTATO NA                   |  | B  | SENSOR DE TENSÃO CONTATO NA                   |  | N | BOTÃO MANUAL COM TRAVA CONTATO NA        |  | PE | SÍMBOLO TERRA                      |  | NX-S00400 |
|  | H | ALARME                                        |  | d | CONTATOR TRIPOLAR E FORÇA             |  | B | SENSOR DE FLUXO CONTATO NF                   |  | LT | SENSOR DE NÍVEL ANALÓGICO                     |  | N | BOTÃO MANUAL COM TRAVA CONTATO NF        |  | X  | BORNER INTERLIGAÇÃO COM O CAMPO    |  | NX-PC0010 |
|  | H | CAMPAINHA                                     |  | Y | SOLENÓIDE                             |  | B | SENSOR TÉRMICO CONTATO NA                    |  | KM | BOBINA CONTATOR DE MANOBRAS                   |  | N | BOTÃO ROLAGEM CONTATO NF                 |  | CH | CHAVE MAGNÉTICA DE BLOQUEIO        |  | NX-PC0020 |
|  | H | BUZINA                                        |  |   | TERMOSTATO                            |  | B | SENSOR DE ROTAÇÃO CONTATO NA                 |  | C  | BOBINA CONTATOR AUXILIAR                      |  | N | BOTÃO DE EMERGÊNCIA COM CONTATO NF       |  | CH | CHAVE MAGNÉTICA SEM BLOQUEIO       |  | NX-ID5442 |
|  | H | SINALIZADOR DE PULSO                          |  | B | CHAVE 3 POSIÇÕES PULSO                |  | B | SENSOR DE FREQUÊNCIA CONTATO NA              |  | d  | CONTATO REVERSÍVEL                            |  | N | BOTÃO DE EMERGÊNCIA COM DOIS CONTATOS NF |  | SC | SCANNER DE SEGURANÇA               |  | NX-005256 |
|  | H | ALARME ÁUDIO VISUAL                           |  | M | MOTOR DE CORRENTE ALTERNADA TRIFÁSICA |  | B | SENSOR DE FREQUÊNCIA CONTATO NF              |  | N  | BOTÃO EMERGÊNCIA COM TRAVA E CHAVE CONTATO NF |  | N | BOTÃO DE PULSO COM CONTATO NA            |  | RS | G9SE-201                           |  | NX-EM001  |
|  | H | SINALIZADOR                                   |  | X | EXAUSTOR                              |  | B | SENSOR DE TENSÃO CONTATO NA                  |  | N  | BOTÃO EMERGÊNCIA COM TRAVA E CHAVE CONTATO NA |  | N | BOTÃO DE PULSO COM DOIS CONTATOS NA      |  |    | MONITOR DE INTERFACE HOMEM MÁQUINA |  | G9SP-N205 |

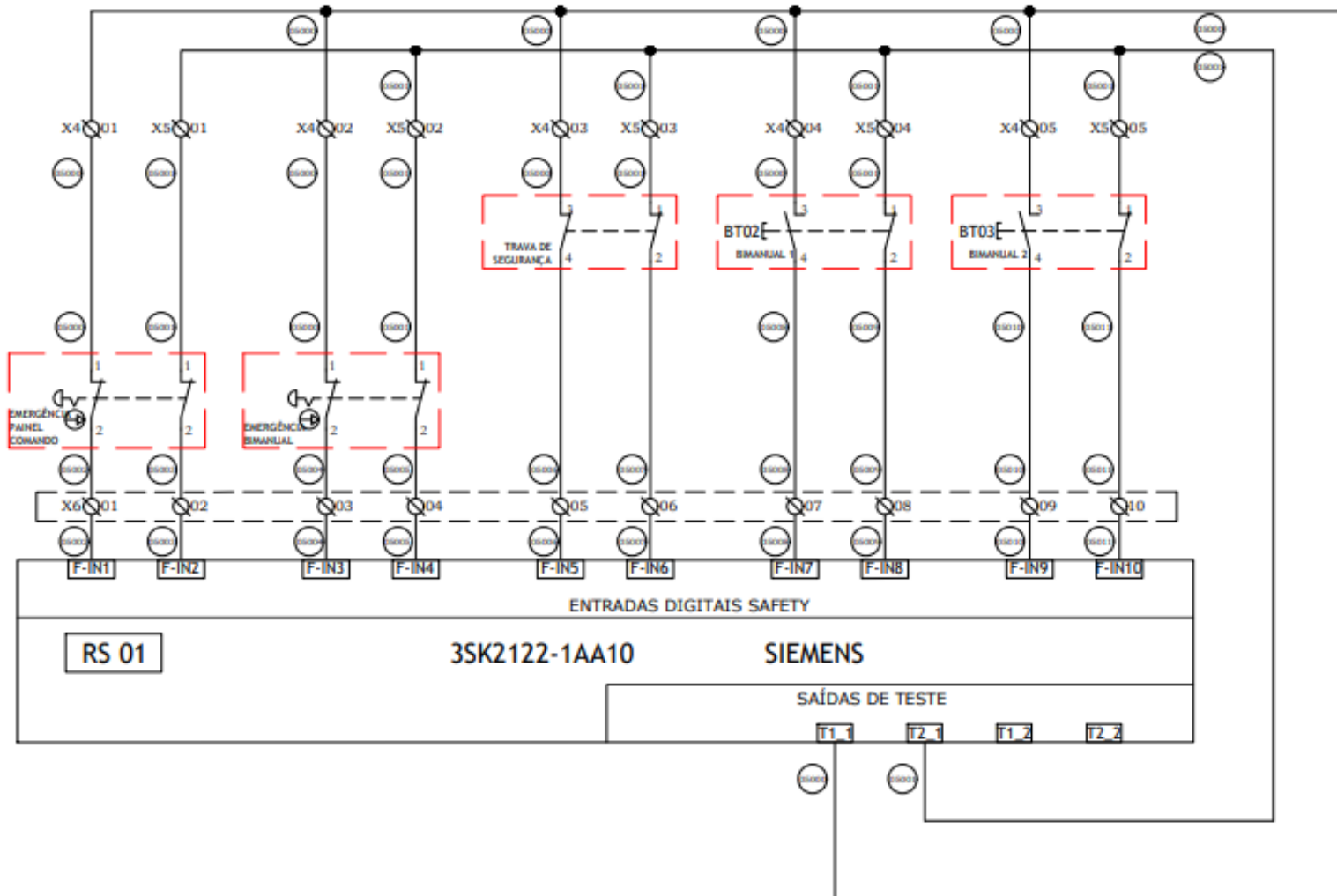
Fonte: do autor (2023)

## ANEXO K – DIAGRAMA DE CAIXAS E COMANDO



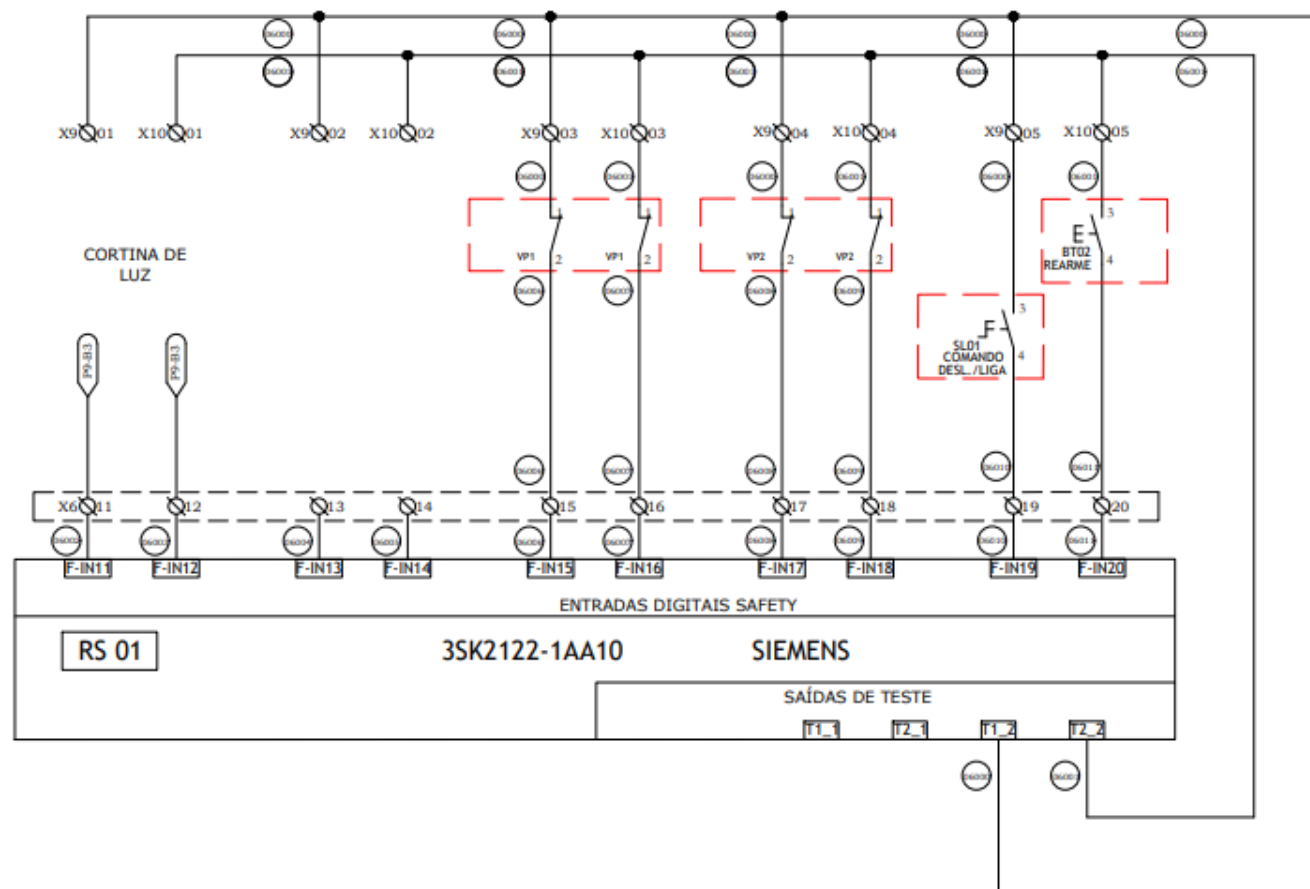
Fonte: do autor (2023)

## ANEXO L – DIAGRAMA DE COMANDO 1



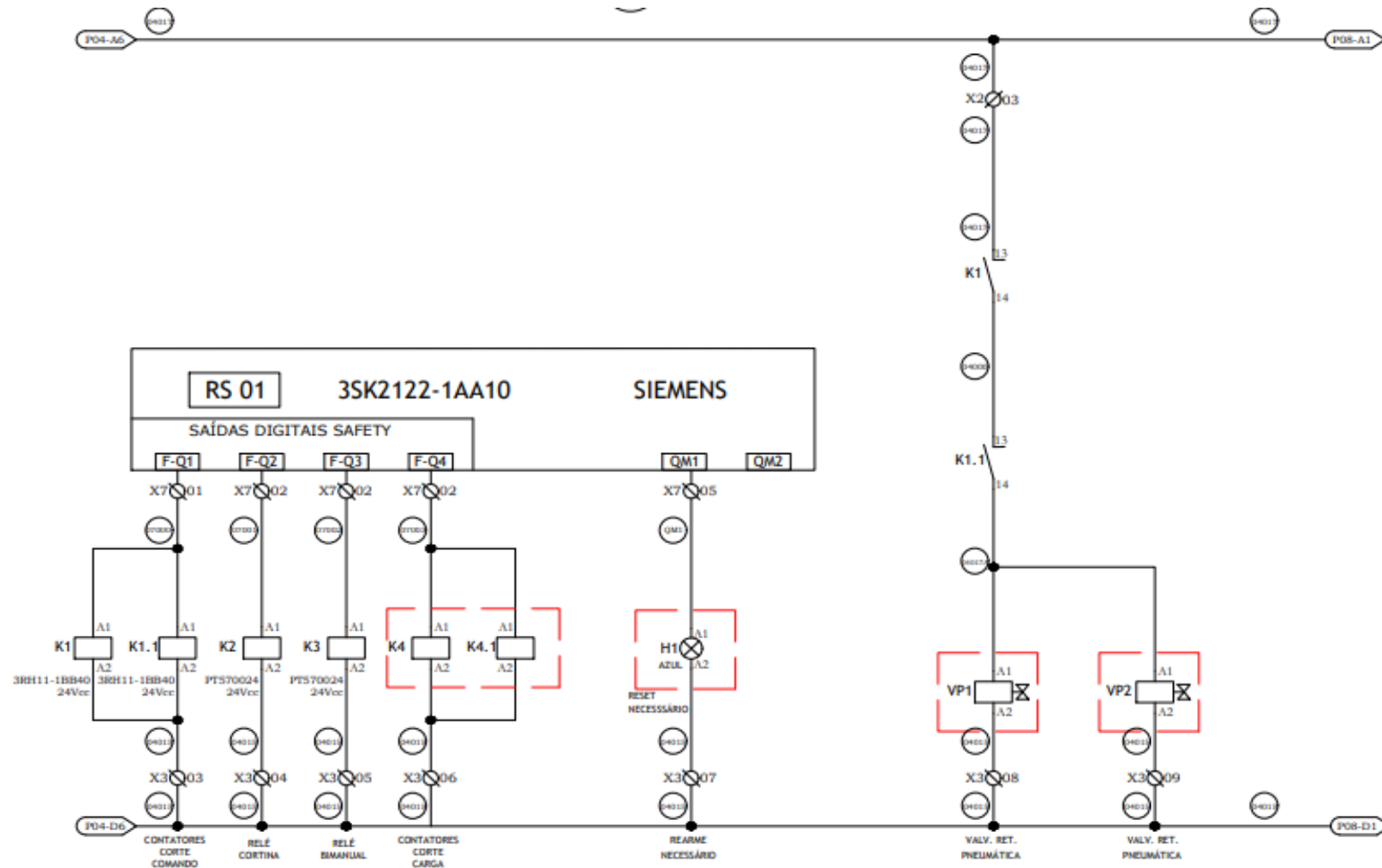
Fonte: do autor (2023)

## ANEXO M – DIAGRAMA DE COMANDO 2



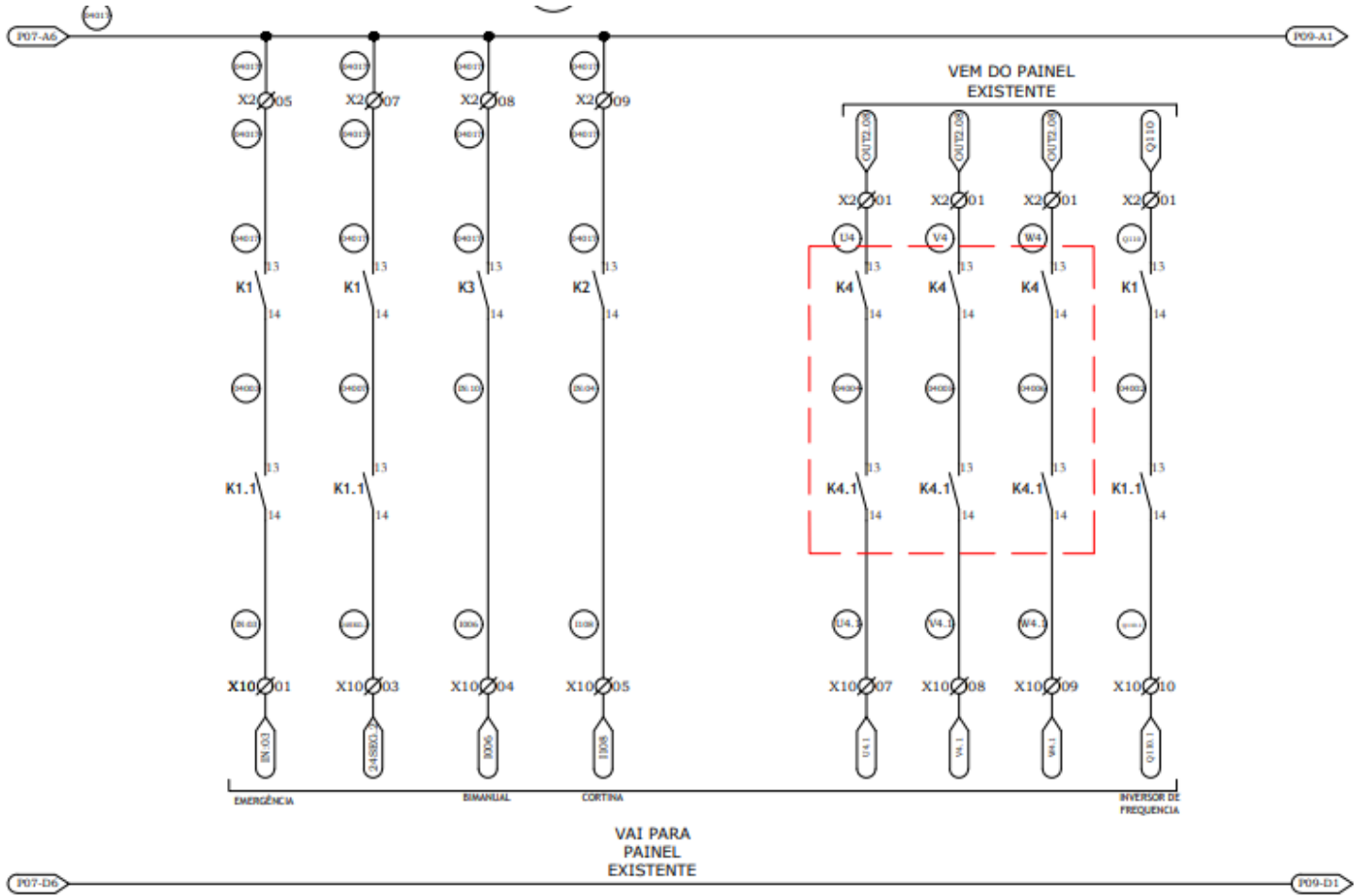
Fonte: do autor (2023)

## ANEXO N – DIAGRAMA DE COMANDO 3



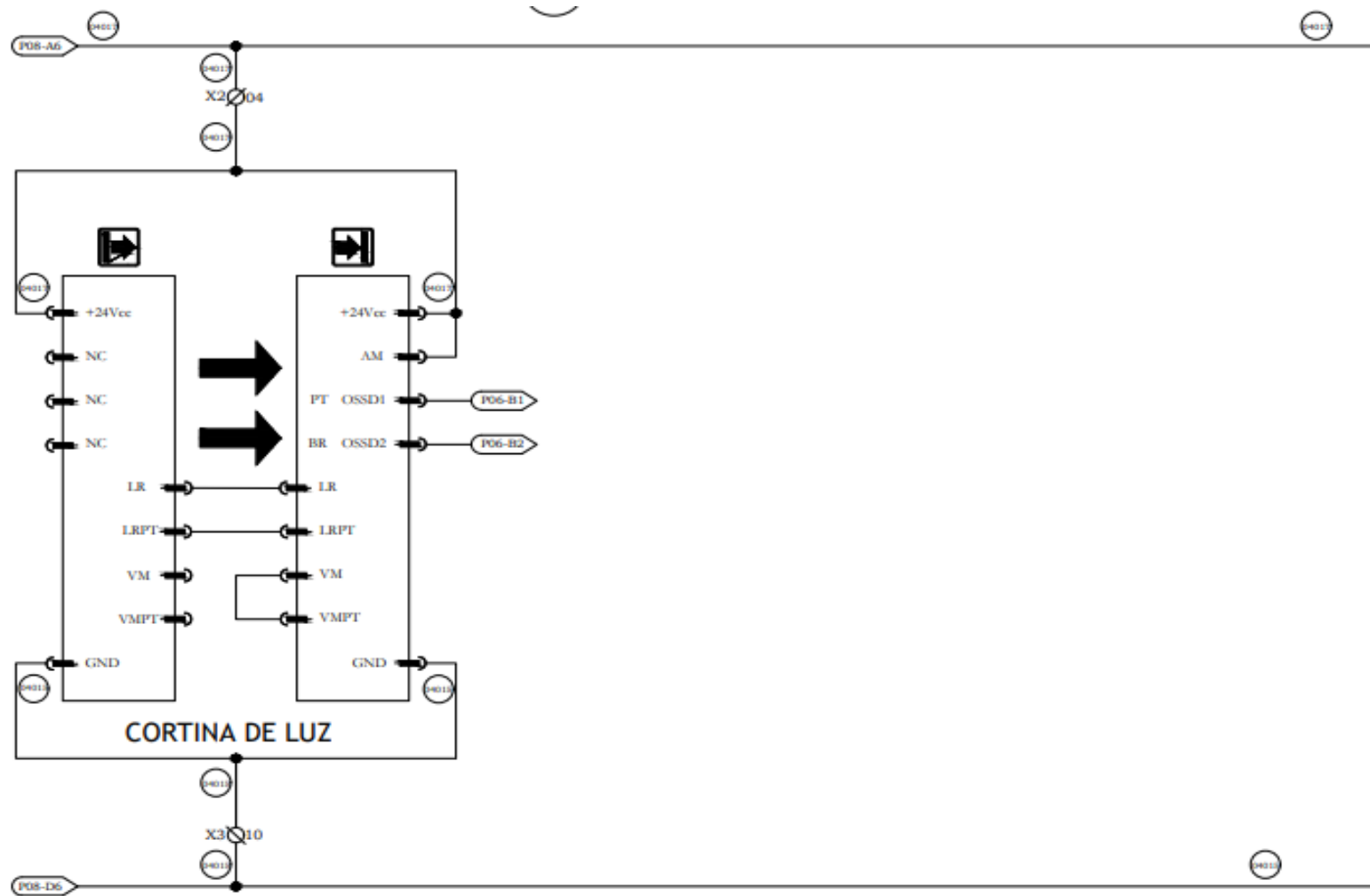
Fonte: do autor (2023)

ANEXO O – DIAGRAMA DE COMANDO 4



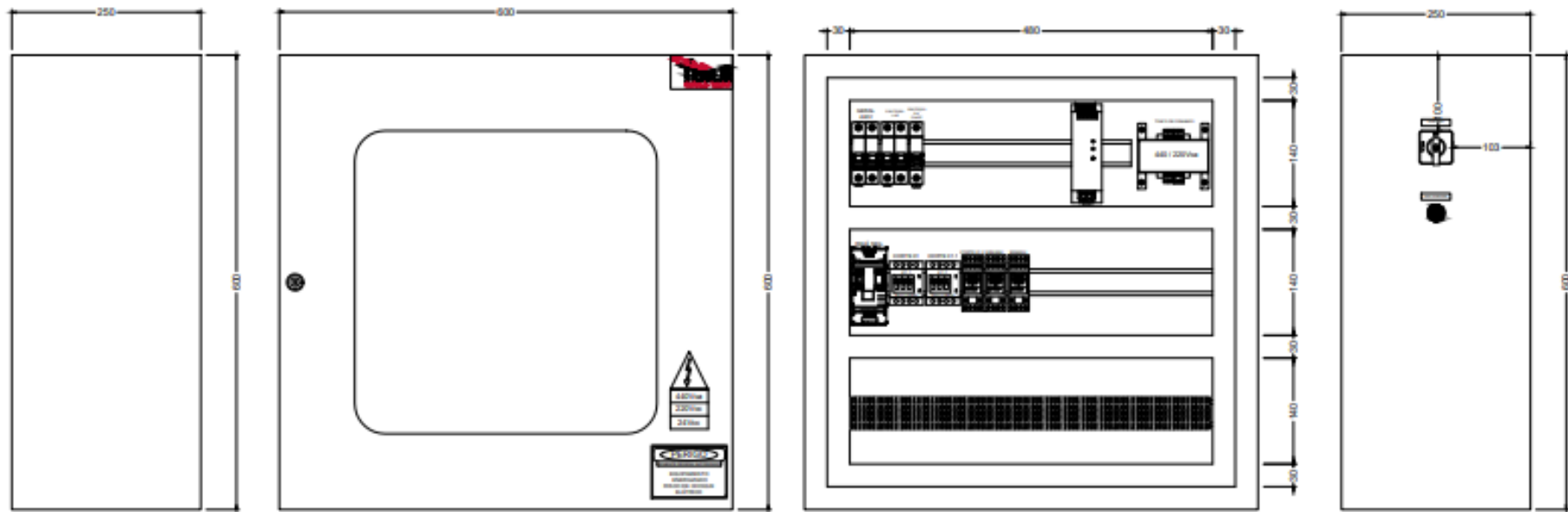
Fonte: do autor (2023)

## ANEXO P – DIAGRAMA DE COMANDO DA CORTINA DE LUZ



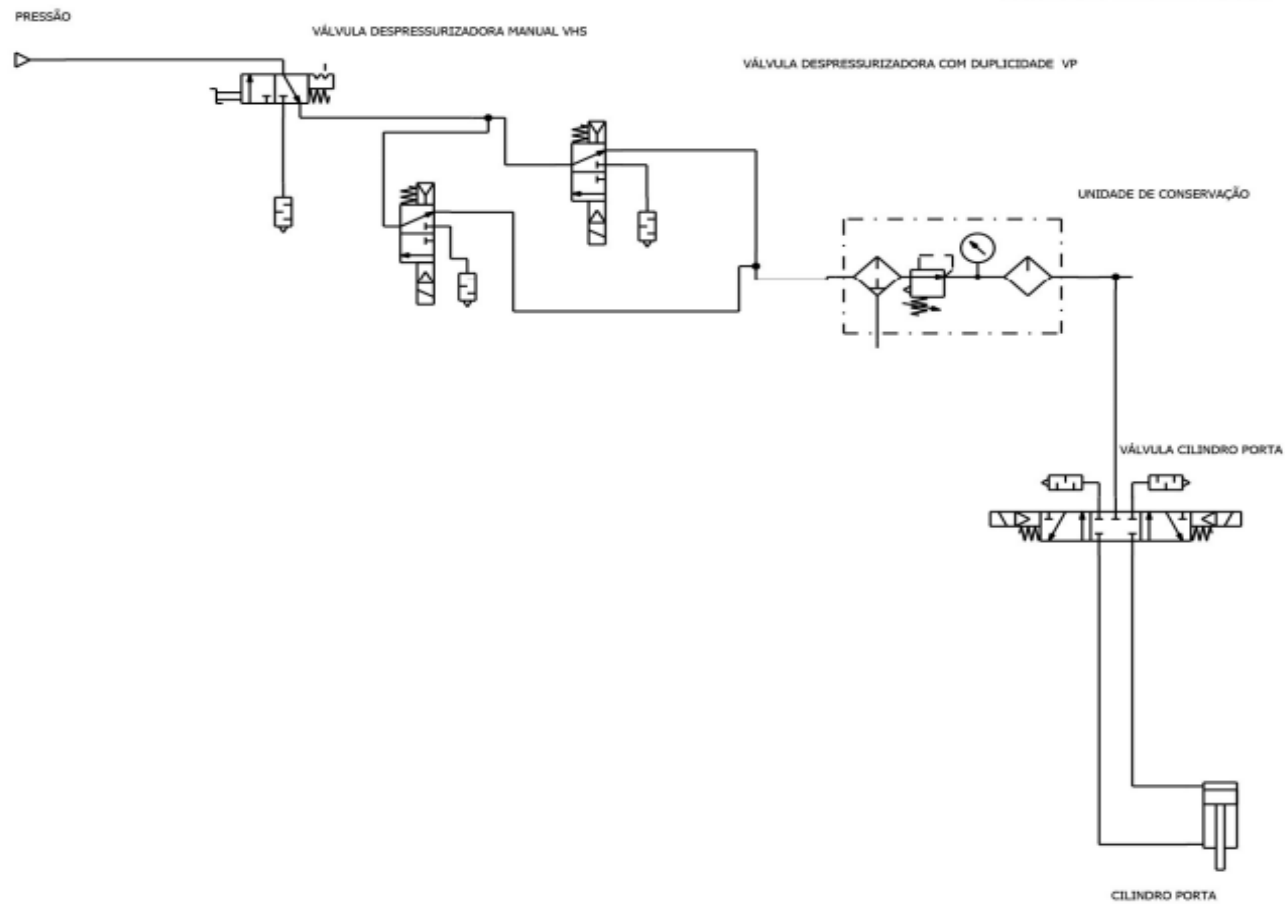
Fonte: do autor (2023)

## ANEXO Q – LAYOUT DO PAINEL



Fonte: do autor (2023)

## ANEXO R – ESQUEMA PNEUMÁTICO



Fonte: do autor (2024)

## ANEXO S – CERTIFICADO DE ADEQUAÇÃO

### CONCLUSÃO

Atestamos que o equipamento máquina de solda, atende, aos requisitos legais da NR 12, da Portaria 3214. OBS.: A documentação relativa à apreciação e redução de risco é exigida conforme a ABNT NBR ISO 12100:2013 – item 7. Não nos responsabilizamos quaisquer alterações ou reconfigurações referentes a NR 12, realizados na(s) máquina(s) após a entrega deste Laudo e/ou adequações realizadas. Estas ações além de causarem perda da garantia dos serviços realizados, também invalidam a Análise de Risco e o Certificado de Conformidade. O que não foi escopo deste trabalho (Laudo Técnico NR 12) não exime a Empresa Contratante ou o Cliente Final o cumprimento das determinações legais das demais NRs da Portaria n.º 3.214 do Ministério da Economia – Secretaria de Trabalho – Escola Nacional da Inspeção do Trabalho. São de responsabilidade do Cliente Final os seguintes tópicos da NR 12: Arranjo físico e instalações; Manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo e limpeza; Procedimentos de trabalho e segurança; Capacitação; Outros requisitos específicos de segurança e Disposições finais.

## ANEXO T – CERTIFICADO DE ADEQUAÇÃO

# CERTIFICATE OF TECHNICAL FILE ADEQUACY

to demonstrative compliance with the requirements of the  
**EU DIRECTIVE ON EMC**  
2004/108/EC

|                                         |                                                                                                                   |
|-----------------------------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|
| <b>Certificate No:</b>                  | TI(E) C2424SMC1.ABK                                                                                               |
| <b>Manufacturer:</b>                    | SMC Corporation<br>4-14-1 Soto-Kanda, Chiyoda-ku,<br>Tokyo 101-0021, Japan.                                       |
| <b>Equipment Type:</b>                  | Duplex Monitored Safety Dump Valve<br>VG342-5DZ-06-X87, VG342-5DZ-06F-X87<br>VG342-5DZ-06N-X87, VG342-5DZ-06T-X87 |
| <b>Technical File Reference:</b>        | DKN20186-T-001F VG342 ISO13849 TCF<br>Dated 1 June 2010                                                           |
| <b>Harmonized Standard Applied EMC:</b> | EN 61000-6-2:2005 (Immunity–Industrial environment)                                                               |

Based on a review of the evidence presented in the Technical File, and, in particular the EMC test reports, we hereby certify that the indicated Technical File adequately fulfils the general requirements of Annex IV of Council Directive 2004/108/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to Electromagnetic Compatibility. This certificate has been issued by Technology International (Europe) Ltd. in its capacity as an independent product certification organisation.

|                   |                                                                                                                                                                               |              |                            |
|-------------------|-------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------|--------------|----------------------------|
| <b>Issued by:</b> | <b>Technology International (Europe) Limited</b><br>56 Shrivenham Hundred Business Park<br>Shrivenham, Swindon, SN6 8TY, UK<br>Tel: (44) 1793 783137<br>Fax: (44) 1793 782310 |              |                            |
| <b>Signed:</b>    |                                                                                            |              |                            |
| <b>Name:</b>      | A L Brown<br>BSc, MSc, CPhys, MInstP                                                                                                                                          | <b>Date:</b> | 22 <sup>nd</sup> June 2010 |

*Technology International (Europe) Ltd is also a Notified Body for the Machinery Directive, 2006 / 42 / EC, Low Voltage Directive, 2006/95/EC, EMC Directive, 2004/108/EC and the Radio and Telecommunication Terminal Equipment Directive, 1999/5/EC.*



## ANEXO U – ATESTADO DE ADEQUAÇÃO



Product Service

**Attestation of Conformity****No. M8B 16 06 38717 045****Holder of Certificate: Siemens AG  
DF CP**Werner-von-Siemens-Str. 48  
92220 Amberg  
GERMANY**Product: Safety components  
Safety relays****Model(s): SIRIUS 3SK2****Parameters:**

|                       |                 |
|-----------------------|-----------------|
| Degree of protection: | IP20            |
| Operating voltage:    | 24Vdc -15%/+20% |
| Temperature Range:    |                 |
| Operation:            | -25°C ... +60°C |
| Storage:              | -40°C ... +80°C |

The report SA86655C and the user documentation in the currently valid revision are mandatory part of this certificate

**Tested according to:** EN ISO 13849-1:2015 (up to Cat 4, PL e)  
EN 62061:2005/A2:2015 (up to SILCL 3)

This Attestation of Conformity is issued on a voluntary basis according to Council Directive 2006/42/EC relating to machinery. It confirms that the listed equipment (Annex IV equipment under conformity declaration to article 12(3)a) complies with the principal protection requirements of the directive. It refers only to the sample submitted to TÜV SÜD Product Service GmbH for testing and certification. See also notes overleaf.

**Test report no.:** SA86655T

**Date,** 2016-06-23

( Peter Weiss )



After preparation of the necessary technical documentation as well as the EC declaration of conformity the required CE marking can be affixed on the product. Other relevant directives have to be observed.

Page 1 of 1