

UNIVERSIDADE FEDERAL DO RIO GRANDE DO SUL
ESCOLA DE ENGENHARIA - CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA
TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

PROJETO DE ADAPTAÇÕES PARA CONFORMIDADE COM NORMAS DE
SEGURANÇA EM MÁQUINA SELADORA DE CAIXAS CORRUGADAS
por

Hector Daudt

Monografia apresentada ao Departamento de Engenharia Mecânica da Escola de Engenharia da Universidade Federal do Rio Grande do Sul, como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Engenheiro Mecânico.

Porto Alegre, abril de 2022.

DADOS INTERNACIONAIS DE CATALOGAÇÃO

CIP - Catalogação na Publicação

Daudt, Hector
PROJETO DE ADAPTAÇÕES PARA CONFORMIDADE COM NORMAS
DE SEGURANÇA EM MÁQUINA SELADORA DE CAIXAS CORRUGADAS
/ Hector Daudt. -- 2022.
27 f.
Orientador: Fabiano Disconzi Wildner.

Trabalho de conclusão de curso (Graduação) --
Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Escola de
Engenharia, Curso de Engenharia Mecânica, Porto
Alegre, BR-RS, 2022.

1. Segurança de máquinas. 2. NR-12. 3. apreciação
de riscos. I. Wildner, Fabiano Disconzi, orient. II.
Título.

Elaborada pelo Sistema de Geração Automática de Ficha Catalográfica da UFRGS com os dados fornecidos pelo(a) autor(a).

Hector Daudt

PROJETO DE ADAPTAÇÕES PARA CONFORMIDADE COM NORMAS DE
SEGURANÇA EM MÁQUINA SELADORA DE CAIXAS CORRUGADAS

ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DOS
REQUISITOS PARA A OBTENÇÃO DO TÍTULO DE
ENGENHEIRO MECÂNICO
APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELA BANCA EXAMINADORA DO
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

Prof. Dr. Cirilo Seppi Bresolin
Coordenador do Curso de Engenharia Mecânica

Área de Concentração: Processos de Fabricação

Orientador: Prof. Dr. Fabiano Disconzi Wildner

Comissão de Avaliação:

Prof. Dr. Fabiano Disconzi Wildner

Prof. Dr. Heraldo José de Amorim

Prof. Dr. Tiago Becker

Porto Alegre, abril de 2022.

Daudt, Hector. **Projeto de adaptações para conformidade com normas de segurança em máquina seladora de caixas corrugadas**. 2022. 27 páginas. Monografia de Trabalho de Conclusão do Curso em Engenharia Mecânica – Curso de Engenharia Mecânica, Universidade Federal do Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

RESUMO

O presente trabalho tem como objetivo a elaboração de uma proposta de adequações em uma máquina seladora de caixas corrugadas para conformidade com as normas de segurança, em especial com a NR-12. Para tanto, foram realizadas: uma pesquisa aprofundada de quais normas eram pertinentes para o equipamento; uma apreciação de riscos conforme a ABNT NBR ISO 12100; a diagramação de proteções fixas e móveis para isolamento das zonas de risco; a escolha de componentes comerciais para a construção de um sistema de comando segundo categoria determinada com a norma ABNT NBR 14153. Ao final deste trabalho obteve-se um projeto completo de adaptações a serem realizadas na máquina juntamente das justificativas para tais.

PALAVRAS-CHAVE: Segurança de máquinas, NR-12, apreciação de riscos, categoria de segurança.

Daudt, Hector. **Design of modifications to conform to safety standards in a corrugated box sealing machine**. 2022. 27 pages. Mechanical Engineering End of Course Monography – Mechanical Engineering degree, The Federal University of Rio Grande do Sul, Porto Alegre, 2022.

ABSTRACT

The objective of this work is to elaborate a proposal of adjustments to a sealing machine for corrugated boxes to comply with safety standards, especially the NR-12. To this end, the following steps were conducted: a thorough research of which standards were relevant to the equipment; a risk assessment according to ABNT NBR ISO 12100; the design of fixed and movable guards for isolation of risk areas; the choice of commercial components for the construction of a control system according to the category determined by the ABNT NBR 14153 standard. At the end of this work, a complete project of adaptations to be performed in the machine was obtained along with the justifications for them.

KEY WORDS: Machine safety, NR-12, risk assessment, safety category.

NOMENCLATURA

Abreviaturas e acrônimos

ABIMAQ

Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos

ABNT

Associação Brasileira de Normas Técnicas

ISO

International Organization for Standardization

NA

Contatos normalmente abertos

NBR

Norma técnica brasileira

NF

Contatos normalmente fechados

NM

Norma Técnica MERCOSUL

TR

Technical Report

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO.....	1
1.1 Objetivo	1
2. FUNDAMENTAÇÃO.....	1
2.1 Base legal.....	2
2.2 Normas regulamentadoras	2
2.3 A Norma Regulamentadora 12	3
2.4 Adequação a NR-12.....	3
3. METODOLOGIA.....	4
3.1 Realização da pesquisa de normas.....	4
3.2 Apreciação de riscos	4
3.2.1 Determinação dos limites da máquina	4
3.2.2 Identificação dos perigos	4
3.2.3 Estimativa de riscos	4
3.3 Avaliação de riscos	6
3.4 Projeto de adequações	6
4. RESULTADOS	6
4.1 Apreciação de riscos.....	6
4.1.1 Determinação dos limites da máquina	6
4.1.2 Identificação dos perigos	7
4.1.3 Estimativa de risco/Categoria de Segurança.....	9
4.1.4 Análise de risco.....	10
4.2 Projeto de adequações	10
4.2.1 Barreiras físicas.....	10
4.2.2 Sistema de comando	12
4.2.2.1 Sensores de segurança.....	13
4.2.2.2 Botões de parada de emergência	13
4.2.2.3 Contatores para aplicações de segurança	13
4.2.2.4 Relé de segurança.....	13
4.2.2.5 Circuito proposto.....	14
4.2.3 Discussão	14
5. CONCLUSÃO.....	15
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	16
APÊNDICE A – Fotos de riscos e inconformidades da máquina	17
APÊNDICE B – Sensores e Relé – imagens retiradas dos manuais	18
APÊNDICE C – Levantamento de valores dos sensores	18
APÊNDICE D – Vistas das proteções físicas propostas	20

1. INTRODUÇÃO

Visando a automação da produção e constante melhora de sua competitividade, as indústrias são pressionadas pelo mercado para buscar soluções em maquinário que simplifiquem seus processos. Quando tais soluções não estão disponíveis já de forma comercial, muitas empresas são forçadas a desenvolver equipamentos próprios através de parcerias ou ainda repensar por completo etapas de suas atividades.

Durante os estágios iniciais de introdução dessas novas máquinas é comum que sejam necessárias adaptações técnicas a serem implementadas no equipamento, seja para melhorar a execução de alguma função produtiva ou ainda de adequação para alguma legislação vigente.

Neste contexto, o presente trabalho tem como objetivo o projeto de adequações para atendimento de normas de segurança em uma máquina de selagem automática de caixas corrugadas no processo de expedição de uma empresa do setor calçadista. O equipamento em questão foi desenvolvido de forma personalizada e, após um período de testes que comprovaram a sua viabilidade técnica mas que indicaram riscos a nível de segurança, a empresa definiu que deveria ser estudada uma solução definitiva que minimizasse a exposição dos operadores a possíveis acidentes.

Evidentemente, a tomada de tais medidas de segurança também é uma requisição legal conforme ilustram: o artigo 157, seção I, Capítulo V do Título II da Consolidação das leis do trabalho (CLT) (BRASIL, 1943) – através da redação estabelecida pela Lei n 6.514 de 22 de dezembro de 1977 – que determina que é de responsabilidade das empresas cumprir e fazer cumprir as normas de segurança e medicina do trabalho (BRASIL, 1977); A Norma regulamentadora número 12 que estabelece em seu ponto 12.1.7 que é de responsabilidade do empregador adotar medidas de proteção para o trabalho e equipamentos que sejam capazes de resguardar a saúde e a integridade física de seus trabalhadores (BRASIL, 2019).

Logo, torna-se clara a necessidade e obrigatoriedade do projeto de adequações para esta máquina segundo as normas de segurança e, portanto, o presente trabalho tem por escopo a pesquisa e a determinação de quais adaptações serão necessárias para este fim.

1.1 Objetivo

Desta forma define-se como objetivo deste trabalho:

- Realizar uma análise quanto a aplicação de normas de segurança, em especial a norma regulamentadora número 12, junto de projetos de adequação para uma máquina de selar caixas corrugadas automatizada na expedição de uma empresa do setor calçadista.

Além disto, considerando o trabalho etapa por etapa que deverá ser realizado, podemos definir como objetivos intermediários:

- Realizar uma pesquisa detalhada das normas aplicáveis à máquina foco deste projeto juntamente com as observações sobre suas bases legais.
- Realizar uma apreciação de riscos e levantamento de incompatibilidades do atual equipamento perante as normas de segurança.
- Realizar projeto/diagramação das soluções escolhidas satisfatórias elencando como elas suprem os pontos das normas que foram considerados em discordância.

2. FUNDAMENTAÇÃO

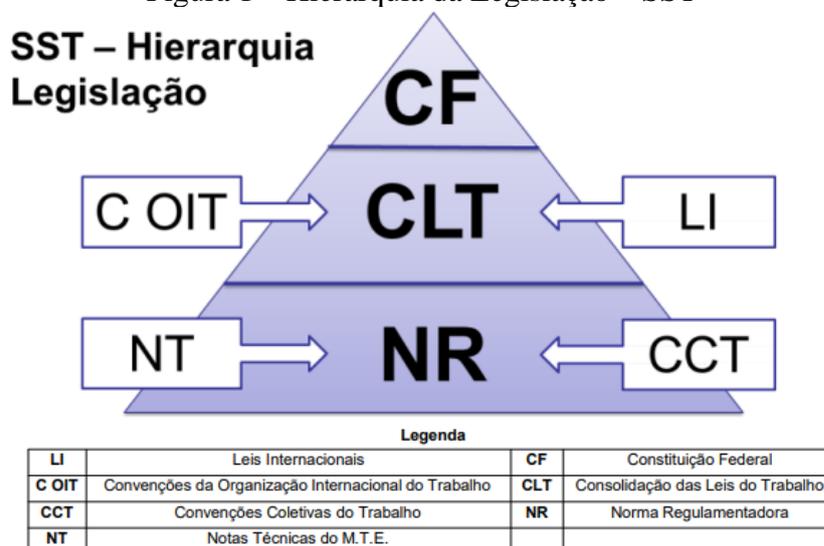
Nesta seção será exposta a revisão bibliográfica que baliza o presente projeto. Como a segurança do trabalho é um tópico cuja normatização é de incumbência/iniciativa do estado, as definições e pesquisas expostas a seguir se concentram em torno das normas e leis atualmente vigentes, além de ponderações levantadas por órgãos públicos ou associações representativas da indústria brasileira.

Os principais resultados buscados nesta parte do trabalho são: a determinação de quais normas devem ser empregadas para a adequação da máquina estudada; levantar qual é a base legal, ou seja, sobre quais pontos da legislação estas normas se sustentam;

2.1 Base legal

Com respeito a base legal para a existência das normas, deve-se ter em mente a ideia geral da hierarquização das leis (também chamado ordenamento jurídico), onde cada ação, instrução ou determinação do estado se sustenta a partir de algum documento de legislação considerado “superior” e que se sobrepõem aos seus dependentes. Sem adentrarmos muito a fundo em matéria jurídica, podemos ilustrar tal situação com a Figura 1 retirada do “Manual de instruções da norma regulamentadora – NR-12” da Associação brasileira das indústrias de máquinas (2019). Nela podemos notar no topo da pirâmide a Constituição federal, documento máximo do país, que se coloca acima da Consolidação das leis do trabalho (CLT) e por sua vez sobre as normas regulamentadoras (NR) e notas técnicas (NT).

Figura 1 – Hierarquia da Legislação – SST



Fonte: ABIMAQ (2019)

Sendo o escopo deste trabalho o projeto de adequações de uma máquina específica, o primeiro documento que traz interesse prático é a Consolidação das leis do trabalho, cujos artigos 184, 185, 186 da seção “XI – Das máquinas e equipamentos” servem como base legal para a introdução das normas regulamentadoras (NR), conforme indica o atual Ministério do Trabalho e Previdência (BRASIL, 2019).

2.2 Normas regulamentadoras

Historicamente, as normas regulamentadoras foram aprovadas/criadas através da portaria MTb número 3.214 de 08 de junho de 1978. Estas NRs regem diversas áreas de atividade industrial, passando desde informações referentes a itens gerais como “NR-06 – Equipamentos de Proteção Individual - EPI” até aplicações específicas como “NR-29 – Norma Regulamentadora de Segurança e Saúde no Trabalho Portuário”. Dentre elas a principal relacionada ao trabalho desenvolvido neste projeto é a “NR-12 – Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos”, pois como seu próprio título indica é aquela que regula a segurança em maquinário.

Além dela são consideradas como de interesse as “NR-10 – Segurança em Instalações e Serviços em Eletricidade”, “NR-17 – Ergonomia” e “NR-26 – Sinalização de Segurança”, seja por regularem questões conexas ao projeto de máquinas ou por serem inclusive mencionadas dentro da NR-12. No entanto, frisa-se que devido as limitações feitas no escopo do presente trabalho, a conformidade com estas NR serão levadas em conta, mas não tidas como objetivo.

2.3 A Norma Regulamentadora 12

Através da portaria MTb número 3.214 de 08 de junho de 1978 foi realizada a primeira publicação da norma regulamentadora número 12. O texto original da mesma viria a ser modificado algumas vezes ao longo dos anos, sendo a última atualização feita em 30 de junho de 2019 através da portaria número SEPRT 916 (BRASIL, 2019).

No corpo de seu texto a norma define diversas obrigações técnicas que devem ser cumpridas pelos equipamentos. Cada subdivisão da NR (18 ao todo) busca regular algum aspecto geral de máquinas que pode ou não estar presente, como por exemplo componentes pressurizados. Além disso, a NR possui doze anexos que, de acordo com a ABIMAQ (2019), podem ser divididos em anexos de I a IV sobre informações complementares para atendimento do corpo e demais anexos e de V a XII que são específicos para determinados tipos de máquinas.

2.4 Adequação a NR-12

Quanto à como garantir que uma máquina está de acordo com o que é imposto, não existe no presente momento nenhuma certificação ou órgão responsável por atestar a conformidade de determinada máquina ou equipamento à NR-12 (ABIMAQ, 2019). Isto acaba por colocar como responsabilidade da empresa usuária, ou do fabricante original, a comprovação através material documental que a máquina atende à legislação vigente, sob pena de embargo ou multa.

Dessa forma, e em virtude da ausência de um método único de aplicação criado pelo poder público, a ABIMAQ (2019) coloca como procedimento para a adequação de máquinas a tomada das seguintes ações prioritárias: a realização de uma apreciação de risco (o que está fundamentado em 12.1.9, 12.5.2 alínea “a” e diversos outros pontos da NR); o registro de responsável técnico (alínea “b” de 12.5.2 e outros pontos); elaboração do manual da máquina; elaboração dos procedimentos operacionais de segurança; realização de treinamento; planejar cronograma de adequação.

Em virtude da limitação de escopo deste trabalho, a única ação de verdadeiro interesse a ser aplicada é a apreciação de risco. O restante, como a elaboração de manual de segurança e treinamento da operação, é de grande importância para a utilização das máquinas e comprovação legal, mas não possuem grande relevância para este projeto.

Segundo as definições dadas no glossário da NR-12 (anexo IV) para “apreciação de risco” e “categoria” (“categoria de segurança” conforme 12.5.2 alínea “a” e 12.4.14) observa-se que para realizar uma apreciação de risco precisa-se seguir as normas “ABNT NBR ISO 12100 - Segurança de máquinas – Princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos” e “ABNT NBR 14153 - Segurança de máquinas - Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança - Princípios gerais para projeto [...]”. Complementar a utilização delas a ABIMAQ (2019) recomenda o uso da “ABNT ISO/TR 14121-2 – Segurança de máquinas – Apreciação de riscos – Parte 2: Guia prático e exemplos de métodos”.

Por fim, ressalta-se que a NR-12 indica também a utilização de diversas outras normas que podem ser úteis dependendo da aplicação. Para este projeto foram usadas: a NBR ISO 13857 referente a distâncias de segurança; a NBR NM 272 sobre proteções fixas e móveis; a NBR ISO 14119 sobre dispositivos de intertravamento.

3. METODOLOGIA

Nesta seção será exposta a metodologia executada para o desenvolvimento deste trabalho. Ou seja, serão descritos os passos tomados desde a concepção do mesmo até sua conclusão, que se materializa neste documento. O objetivo para tanto é, além de demonstrar as atividades realizadas, ilustrar de forma mais sistemática uma possível abordagem para problemas similares.

3.1 Realização da pesquisa de normas

Posterior a definição do problema a ser abordado, o primeiro passo tomado foi uma pesquisa minuciosa sobre a base legal e normas que deveriam ser aplicadas neste projeto. O resultado obtido está exposto na seção de fundamentação deste documento conforme previamente demonstrado. Repete-se aqui apenas a conclusão de que a principal ação a ser realizada é a apreciação de riscos, tomando como base o exposto nas normas ABNT NBR 12100, ABNT NBR 14153 e ABNT ISO/TR 14121-2.

3.2 Apreciação de riscos

Segundo a seção 5 da norma NBR 12100 a apreciação de risco compreende 2 etapas, a análise de riscos e a avaliação de riscos. A primeira pode ainda ser subdividida em: determinação dos limites da máquina; identificação dos perigos; estimativa de risco. A ideia geral desta divisão é que a análise de riscos fornecerá através de sua investigação as informações necessárias para a avaliação, que determinará se deve ou não ser realizadas adequações no equipamento.

3.2.1 Determinação dos limites da máquina

A determinação dos limites da máquina tem por objetivo identificar suas propriedades mecânicas e físicas, a sua capacidade funcional, seu “mau uso razoavelmente previsível” e o ambiente onde ela operará, conforme indica a seção 5.2 da ISO/TR 14121-2. Em resumo: busca-se neste momento levantar todo tipo de informações de caráter técnico ou qualitativo que possa acarretar, influenciar ou indicar alguma espécie de risco e que permita elucidar o atual estado da máquina.

3.2.2 Identificação dos perigos

A identificação dos perigos é a etapa mais crucial em toda apreciação de riscos, pois é neste momento em que, em uma situação ideal, todo perigo seria identificado permitindo sua correção. A realização deste passo pode seguir diferentes procedimentos, sendo que neste trabalho em específico foi dada primazia pelo emprego de métodos “de baixo para cima”, conforme classifica a ISO/TR 14121-2. Ou seja, tomou-se como ponto de partida as origens dos perigos (partes móveis, arestas cortantes e etc), delinear-se zonas de perigo (regiões da máquina), e por fim chegando aos possíveis danos causados (impactos, escoriações, mutilações e etc).

Como material de apoio para estas observações, foram utilizadas as tabelas do anexo B da norma NBR 12100, que ilustram exemplos de perigos, além da comparação direta entre a máquina e as determinações dos artigos da NR-12. Assim, o resultado obtido foi uma listagem detalhada dos riscos encontrados, acompanhado de informações balizadoras das normas.

3.2.3 Estimativa de riscos

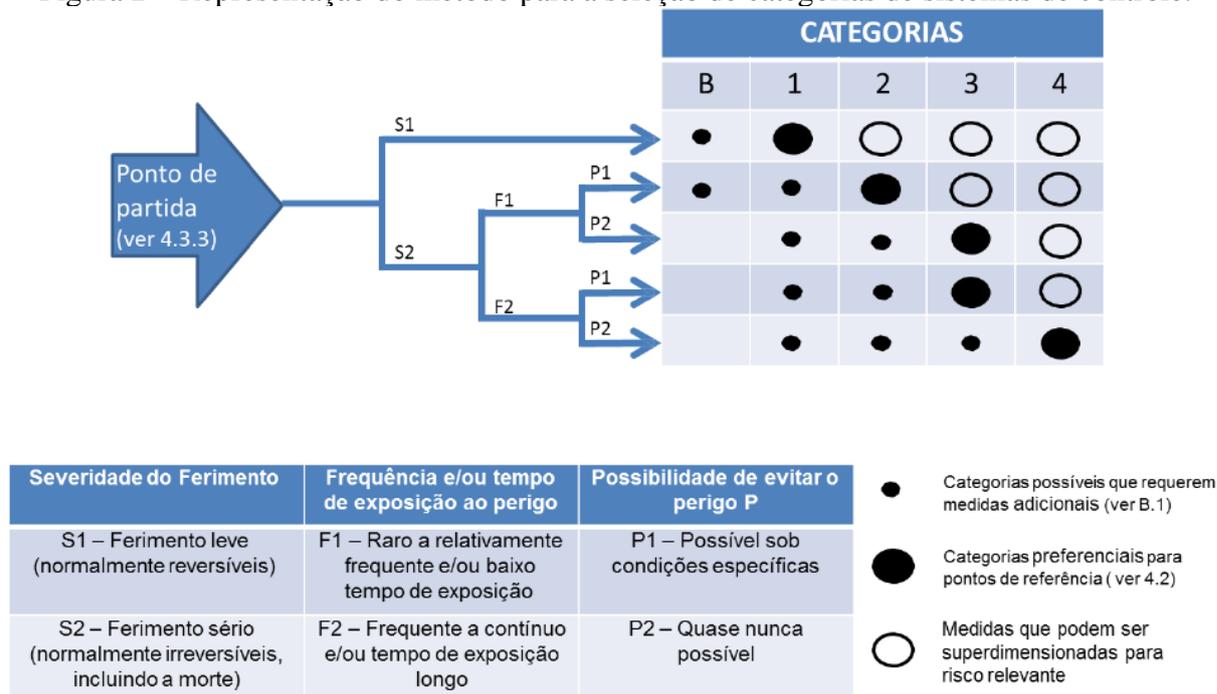
De posse dos limites da máquina e da identificação dos perigos, entra-se na etapa da estimativa de riscos. O objetivo desta estimativa é de estimar a relevância de determinado risco

encontrado de forma a indicar se determinado problema deverá ser corrigido ou se poderá ser desconsiderado.

Para a realização desta estimativa, diferentes ferramentas podem ser utilizadas, sejam elas puramente qualitativas ou até quantitativas (para casos mensuráveis como de emissões radioativas ou térmicas). O importante é que, conforme indica a seção 6.1 da ISO/TR 14121-2, qualquer ferramenta utilize pelo menos dois parâmetros: gravidade do dano e probabilidade de ocorrência deste.

Neste contexto, o método empregado será aquele exposto no “Anexo B – Guia para a seleção de categorias” da norma ABNT NBR 14153. Este método consiste em classificar os riscos encontrados de acordo com 3 parâmetros: Severidade do ferimento; frequência ou tempo de exposição ao perigo; possibilidade de evitar o perigo. Cada parâmetro possui apenas 2 subdivisões, o que torna ele de fácil implementação. Os ferimentos são classificados entre leve (normalmente reversível) e sério (normalmente irreversível, incluindo morte). A frequência entre “raro a relativamente frequente [...]” e “frequente a contínuo [...]”. A possibilidade entre “possível sob condições específicas” e “quase nunca possível”. O objetivo final deste método é de classificar cada risco segundo uma categoria. Esta categoria (denominada entre B, 1, 2, 3 e 4) por sua vez tem como função determinar quais as características que um sistema de comando destinado a redução deste risco deveria obedecer. Por exemplo, para categorias de máquinas de baixa periculosidade serão exigidas questões simples como o uso de componentes comerciais já validados, enquanto para equipamentos mais perigosos poderá ser exigido redundâncias e controladores lógico programáveis de segurança. A Figura 2 ilustra a aplicação deste método.

Figura 2 – Representação do método para a seleção de categorias de sistemas de controle.



Fonte: ABIMAQ - adaptado da norma NBR 14153 (2019).

Ao fim desta etapa se espera que sejam listados todos os riscos consideráveis encontrados e as categorias de sistemas de comando correspondentes. Conforme determina a norma, cada categoria possui uma listagem de características a serem atendidas, de forma que sairá desta etapa também um conjunto de definições práticas a serem obedecidas para a mitigação dos riscos.

3.3 Avaliação de riscos

O objetivo da avaliação de riscos é de definir quais são as situações perigosas que requerem medidas de redução e, numa próxima iteração do processo, reavaliar se as mudanças propostas lograram sucesso na diminuição deles sem acrescentar novos riscos. Devido ao exposto anteriormente chegaremos nesta etapa de projeto já possuindo boa parte destas considerações, de forma que a passagem a próxima etapa se dará quase diretamente.

3.4 Projeto de adequações

Tendo em mãos uma listagem minuciosa dos riscos, além da categoria do sistema de comando de segurança a ser atingido, o próximo passo é a busca por soluções a serem aplicadas. Passando tanto pela pesquisa de componentes comerciais como pela sua utilização em conjunto para a mitigação. Desta etapa o objetivo final é a obtenção do projeto de adequações que obedeçam às determinações da NR-12.

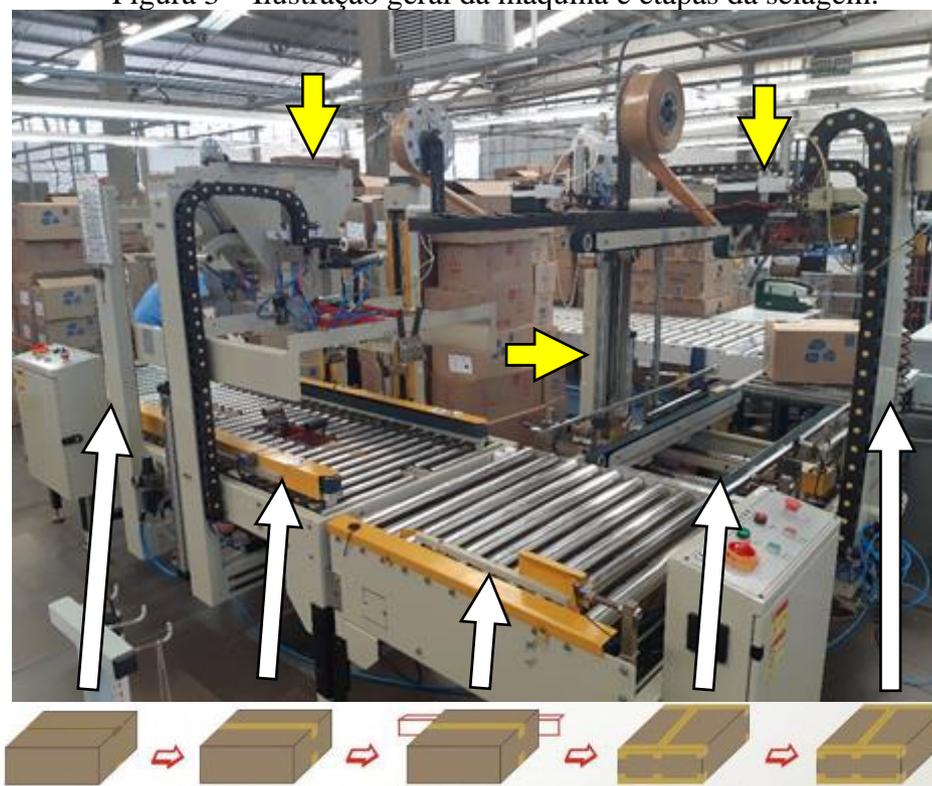
4. RESULTADOS

4.1 Apreciação de riscos

4.1.1 Determinação dos limites da máquina

A máquina seladora de caixas corrugadas é, de forma simplificada, composta por dois módulos colocados ao longo de um conjunto de mesas de transporte. Cada módulo possui um carro suspenso que através da utilização de sensores determina as dimensões das caixas a serem lacradas e se desloca para a posição desejada para a aplicação da fita. O primeiro módulo aplica a fita seladora na região central superior e inferior ao longo do comprimento, enquanto o segundo módulo o aplica nos quatro cantos que ainda se encontram abertos (2 superiores e 2 inferiores). A Figura 3 ilustra estas etapas, onde as setas brancas indicam os locais de cada passo e as setas amarelas as direções de movimento dos carros.

Figura 3 – Ilustração geral da máquina e etapas da selagem.



Fonte: Autor (2022)

Pelo projeto original, foi estimado que a máquina necessitaria de apenas um operador. Ele sozinho deveria ser capaz de realizar todas as tarefas necessárias, como a alimentação de caixas e alimentação das fitas. Na prática isto acabou não se confirmando, tendo a máquina de trabalhar com 3 operadores, sendo o primeiro destinado a alimentação das caixas, o segundo a alimentação das fitas e correções na operação (como o corte manual de fitas em caso de falha no mecanismo) e o terceiro a revisão final de cada caixa. Segundo o informado, a principal razão para esta mudança é a quantidade elevada de pequenos defeitos que ocorrem no aparelho e necessitam de intervenção humana. Por padrão de segurança a máquina deveria ser parada/desligada toda vez que uma correção fosse necessária, porém isto raramente ocorre pois é mais simples e mais rápido a ação direta no equipamento do que o deslocamento até os botões de parada e subsequente intervenção. O aumento do número de operadores acaba por ser um agravante ao risco da máquina, visto que mais pessoas estão expostas a possíveis acidentes e todos podem intervir livremente no equipamento em momentos diferentes e de formas ou por direções distintas.

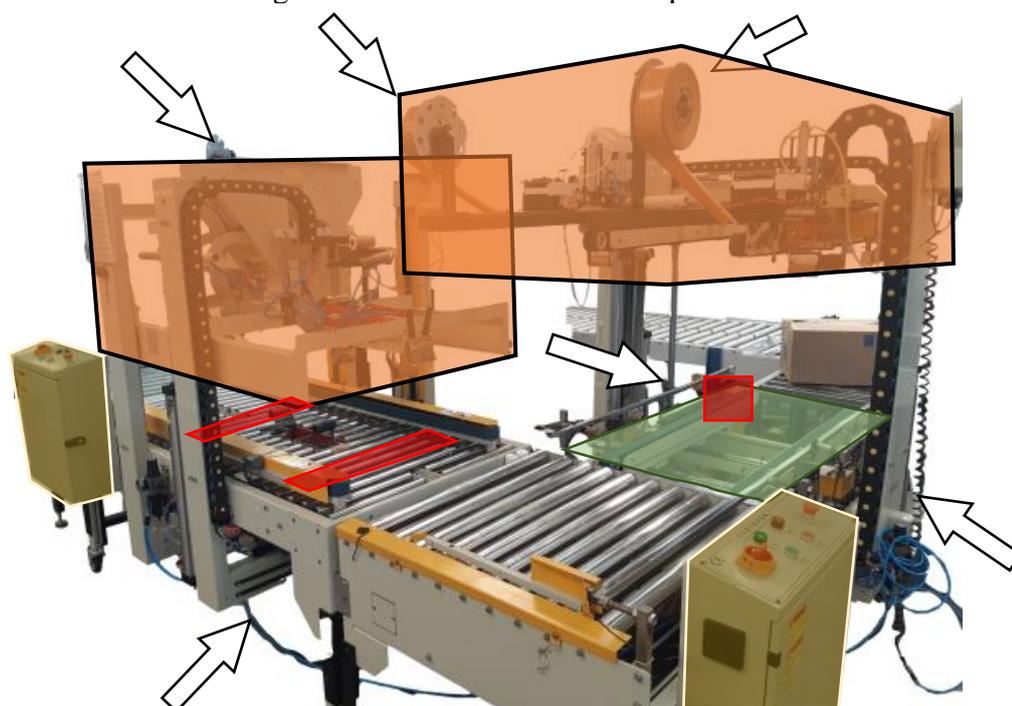
Atualmente a partida geral da máquina é comandada por dois quadros de força. Cada quadro comanda um dos módulos da máquina de forma que um pode estar ligado enquanto o outro está desligado. Ambos possuem botões de parada de emergência e também foi adicionado um botão extra ao fim da esteira da máquina para que o terceiro operador possa interromper o funcionamento. No entanto, estando os módulos ligados, o movimento da máquina ocorre de forma automática a partir de sensores que verificam se há caixas na esteira. Os sensores estão expostos e podem ter sua visão obstruída ou ativada de forma acidental.

Por fim, pode-se observar a partir do manual da máquina que os movimentos do equipamento são realizados por um conjunto de 14 pistões pneumáticos, que deslocam os 2 carros e cuja pressão de trabalho é de 6 kg/cm² (levemente acima do que a NR 12 considera como “não suficiente para causar danos” conforme 12.7.8), e 8 motores elétricos de ¼ de HP que acionam as 6 esteiras e 2 transmissões por corrente para a mesa de transporte. Além disso existem correntes de transmissão mecânica em vários pontos dos carros, que tem como função a distribuição das forças de movimento dos pistões de forma mais homogênea evitando distorção no equipamento.

4.1.2 Identificação dos perigos

A partir da observação da máquina e fazendo uso do material de apoio das tabelas do Anexo B da norma NBR 12100, podemos elencar os principais riscos detectáveis e suas correspondentes zonas. A Figura 4 ilustra estes locais. Nela os carros estão sombreados em laranja, indicadas por setas estão as 6 alimentadoras de fita (3 sob e 3 acima da altura da mesa), em verde o barramento do segundo módulo, em vermelho os locais onde se encontram correntes de fácil acesso e em amarelo os dois quadros de força. As únicas zonas não indicadas são os mecanismos de corte, em virtude de seu tamanho reduzido, e as colunas dos carros, visto a facilidade de identificá-las como a sustentação dos carros.

Figura 4 – Zonas de risco da máquina



Fonte: Autor (2022)

- Zonas dos carros 1 e 2: Movimento dos dois carros superiores pode ocorrer sem nenhuma restrição de entrada do operador ou outra pessoa na zona de perigo. Principais riscos seriam a ocorrência de impactos da parte móvel contra o operador, por exemplo uma descida do carro poderia atingir a cabeça de um operador. Esmagamento e prensagem seriam problemas possíveis em locais específicos com dedos ou mãos postos em partes indevidas.
- Zonas das colunas guias: Em cada uma das colunas guias dos carros existe um sistema de transmissão de movimento por corrente livre para acesso pelas mãos de forma fácil. Isto representa riscos de possível aprisionamento, enroscamento e fricção com os dedos, cabelos ou outras partes do corpo, podendo levar a mutilações ou escarpelamento.
- Zonas dos barramentos do módulo 2: A movimentação da guia de largura do segundo módulo da máquina abre espaço para que o operador projete o corpo e expõe o barramento da mesma, o que pode acarretar cortes e escoriações das mãos com o retorno do carro para uma eventual próxima caixa.
- Zonas das correntes sob a mesa: na máquina existem diversas correntes de transmissão dispostas ao longo do percurso percorrido pelas caixas (além daquelas relacionadas as colunas). Todas são de possível acesso pela parte de cima, passando as mãos por entre os rolos e ainda mais fáceis pela parte inferior. Ou seja, existem aqui também riscos de possível aprisionamento, enroscamento e fricção com os dedos ou outras partes do corpo.
- Zonas de alimentação de fitas: estes locais não são “zonas de risco” propriamente ditas, mas representam locais que obrigatoriamente os operadores irão acessar no mínimo uma vez por dia e que se encontram próximas a outros componentes móveis já citados em outras zonas: os 3 locais referentes as fitas que estão sob a mesa são próximas as correntes mencionadas anteriormente; as 3 restantes se localizam acima dos carros móveis. Dessa forma, caso um operador tente trocar um rolo durante a operação da máquina, ele está suscetível a que o carro acima de sua cabeça desça sobre ela ou que ele seja aprisionado por uma das correntes que se encontra próximo a sua intervenção.

- Zonas dos mecanismos de corte das fitas: são as zonas onde a fita é cortada através de um mecanismo de tensionamento e de faca giratória. As possíveis consequências de uma exposição ao mecanismo são lacerações na região do corpo expostas. Em tese os ferimentos não devem ser de grande gravidade pois a velocidade e força não são de grande dimensão e não há região de aprisionamento, além de que o movimento da faca é anunciado/premeditado pela aparição da caixa e movimento do carro. No entanto sempre é possível um ferimento de gravidade através de uma combinação atípica de fatores.

- Zona dos quadros elétricos: locais dos atuais 2 quadros elétricos do equipamento. Sob avaliação eles demonstraram possuir todos os componentes necessários pela NR-12. No entanto durante a operação estes quadros não foram preservados de forma a estarem sempre fechados e passaram a ser usados como depósito ou armário, o que está em desacordo com 12.3.5. Os riscos são referentes a possíveis acidentes elétricos.

Fotos ilustrativas dos riscos e acesso de mão e membros a essas zonas podem ser vistas no Apêndice A.

Após anunciadas estas zonas, deve ser mencionado que todas elas representam em certa medida inadequações com respeito as determinações de 12.5.1 e 12.5.9 da NR-12, onde são definidos que “As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança, caracterizados por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança interligados, que resguardem proteção à saúde e à integridade física dos trabalhadores.” e “As transmissões de força e os componentes móveis a elas interligados, acessíveis ou expostos, desde que ofereçam risco, devem possuir proteções fixas, ou móveis com dispositivos de intertravamento, que impeçam o acesso por todos os lados.” respectivamente.

Além disso, o acionamento e início de um ciclo é particularmente arriscado pois ocorre de forma automática a partir da detecção das caixas por sensores e não pela ação direta e intencional de alguém, como pelo pressionamento de um botão. Dessa forma é extremamente factível que o primeiro operador se concentre apenas em alimentar mais uma caixa à máquina, iniciando o movimento, e sem verificar a posição dos outros operadores. Ainda mais se um deles estiver fora do campo de visão, como atrás de uma coluna ou sob a máquina. Finalmente, existe ainda a possibilidade de acionamento totalmente involuntário por defeito dos sensores ou pela obstrução deles por outro objeto. Dessa forma, o acionamento pode ser considerado inadequado com respeito as determinações de 12.4.1 e 12.4.9 da NR-12.

Por fim, a sinalização de perigo na máquina é inadequada. As únicas sinalizações de perigo que existem estão em chinês (provavelmente mandarim) e são escassas, não avisando sobre boa parte das zonas de risco mencionadas anteriormente. Não existem também nenhuma sinalização sonora ou luminosa clara quanto ao estado da máquina, existem apenas pequenos LEDs localizados nos painéis dos equipamentos que normalmente ficam distantes da linha de visão. Isto tudo poderia ser considerado como em desacordo com praticamente todos os pontos da seção 12.12 sobre sinalização da NR-12.

4.1.3 Estimativa de risco/Categoria de Segurança

Seguindo o método exposto no anexo B da norma NBR 14153, pode ser concluído que este equipamento deveria possuir um sistema de comando de segurança pertencente a categoria 3. Chega-se a esta definição partindo das constatações que: certas áreas do equipamento podem levar a ferimentos sérios e irreversíveis, por exemplo o aprisionamento de dedos ou cabelos nas correntes pode levar a mutilações ou escarpelamento; a frequência de exposição é alta pois a necessidade de alimentação de fitas é de no mínimo uma vez por dia por rolo e as intervenções para correção são corriqueiras, da ordem de minutos entre uma e outra; Quanto a possibilidade de evitar o perigo, podemos considerar como sendo algo de boa possibilidade, pois a movimentação dos carros e partes móveis não é feita em grande velocidade e costuma possuir

formas de premeditação, como o próprio deslocamento da caixa caso o operador esteja em local com amplo campo de visão.

Assim, segundo a determinação da categoria 3, as partes de comando relacionadas à segurança devem ser projetadas de forma que: a fadiga operacional seja prevista; a influência do material processado seja considerada; outras influências externas sejam levadas em conta (oscilações da rede elétrica por exemplo); uso de princípios comprovados de segurança; um defeito isolado não pode levar a perda das funções de segurança; “Sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado deve ser detectado durante ou antes da próxima solicitação da função de segurança”

Atender aos 4 primeiros pontos desta listagem é simples, basta utilizar componentes comerciais amplamente utilizados com certificação (sensores, relés de segurança, etc) e guardar as fichas técnicas dos fabricantes como material documental. O quinto ponto obriga a consideração de redundâncias e o sexto o uso de alguma forma de monitoramento (por exemplo o uso de relé ou CLP de segurança).

4.1.4 Análise de risco

Conforme mencionado na seção de metodologia, a conclusão desta análise de riscos é relativamente direta: todos os riscos elencados até aqui deverão ser tratados e deverá ser utilizado um sistema de comando com partes relacionadas à segurança de categoria 3. Isto se faz necessário pela total ausência de barreiras físicas de proteção nas zonas de risco, pelo perigo que um acionamento involuntário representa e pela exposição constante dos operadores a riscos desnecessários.

4.2 Projeto de adequações

Considerando a apreciação de risco e as normas pertinentes expostas nas seções anteriores, pode-se entrar nas recomendações de adequação para a máquina. Ressalta-se que a proposta a ser detalha nos subtópicos a seguir é fruto de um processo iterativo onde diversas opções foram consideradas e por uma ou outra razão descartadas. Ao final de sua exposição abordaremos brevemente na parte de discussões algumas outras ideias que foram avaliadas e os motivos por não terem sido levadas adiante.

Neste contexto, e visando simplificar a exposição, pode-se separar a proposta em 2 vertentes: projeto de barreiras/proteções-físicas a serem integradas à máquina e projeto das partes do sistema de comando vinculadas a segurança.

4.2.1 Barreiras físicas

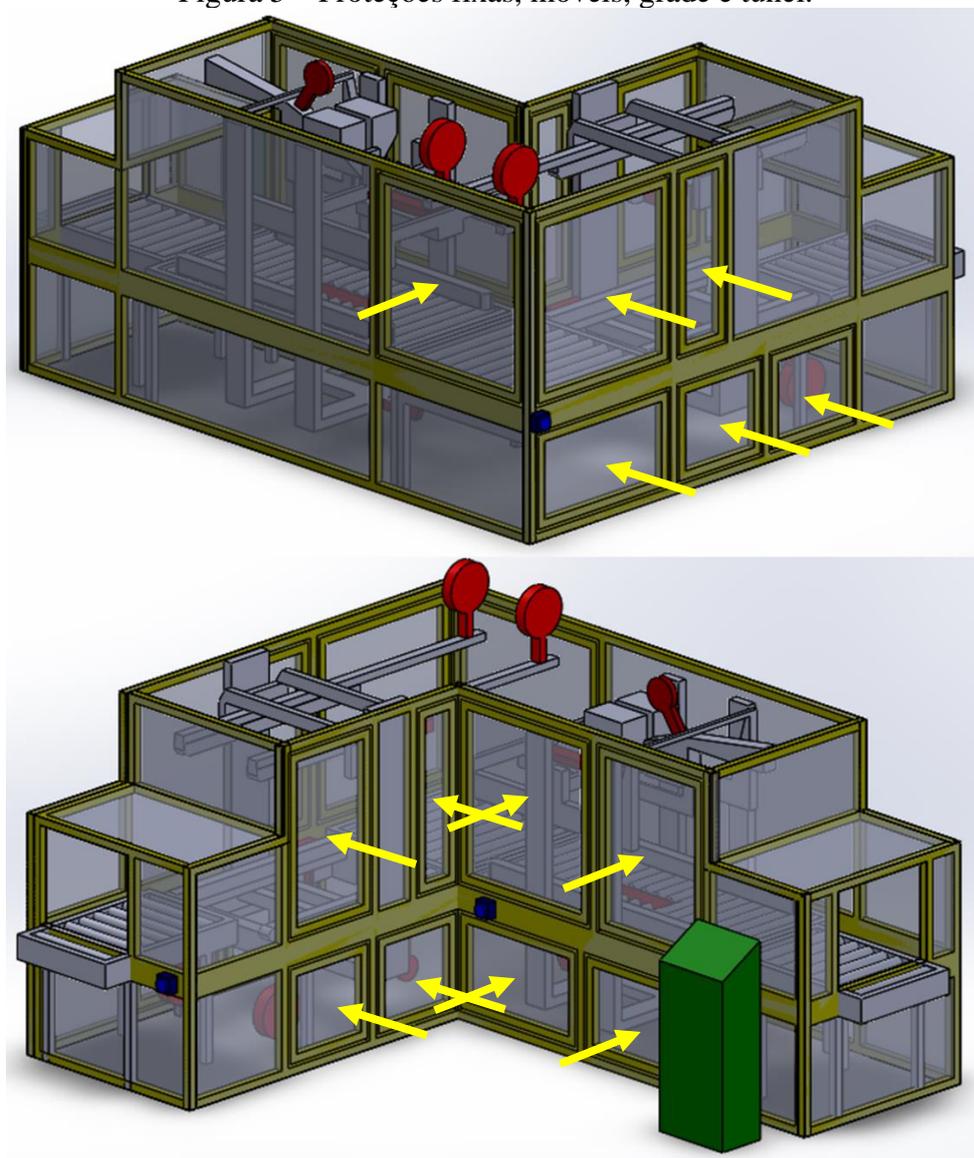
Devido à grande dimensão física das zonas de risco, em especial a área de descida dos carros, ao elevado número de partes móveis e as definições de 12.5.1 e 12.5.9 expostas na seção 4.1.2 deste relatório, chega-se à conclusão que é necessário introduzir proteções fixas e móveis para isolar os perigos da máquina. A diferença entre estes dois tipos de proteção pode ser encontrada em 12.5.4 ou ainda na norma NBR NM 272 (seções 3.2 e 3.3), mas se resume a ideia de que proteção fixa é aquela que necessita de ferramentas para sua remoção enquanto a móvel não. Sendo a proteção móvel associada a dispositivos de intertravamento (“dispositivo mecânico, elétrico ou de outro tipo, cujo propósito é prevenir a execução de funções perigosas da máquina [...]” segundo NBR ISO 14119) e utilizado quando o acesso a determinada região da máquina se faça necessária mais de uma vez por turno (12.5.6). Por fim deve-se mencionar que as proteções móveis ainda podem contar com dispositivos de bloqueio (que impedem a abertura até que os riscos de lesão tenham terminado) caso sejam necessários.

Da máquina em questão, chega-se à conclusão de que deverá ser utilizada proteção fixa distante e proteções móveis com intertravamento sem bloqueio (3.2.2 e 3.5 da NBR NM 272

respectivamente). A primeira se confirma pela necessidade de enclausuramento dos carros dos dois módulos, da mesa entre eles e da necessidade de uma proteção em túnel na entrada e na saída da máquina. A segunda é escolhida assim pois a máquina não possui grande inércia, de forma que seria bem improvável que um operador conseguisse abrir a proteção e se colocar em uma situação de risco antes da parada da máquina (escolha baseada no Anexo A da NBR NM 272).

O projeto destas proteções pode ser observado na Figura 5. A estrutura de sustentação concebida é composta por perfis metálicos parafusados ao chão onde são fixadas grades de perímetro (regiões sombreadadas) para impedir o acesso às zonas de risco. Esta grade é vazada com vãos quadrados de abertura de 20 mm, de forma que a estrutura é posicionada a uma distância de no mínimo 120 mm de qualquer zona de perigo, conforme determinado na Tabela 5 da norma NBR ISO 13857. Na entrada e na saída de caixas do equipamento pode-se notar o uso de proteções em forma de túnel de maneira a impedir o acesso por membros superiores. Para o comprimento destas proteções foi utilizado 850 mm conforme Tabela 3 da mesma norma, sendo considerado então como limitação no ombro e axila.

Figura 5 – Proteções fixas, móveis, grade e túnel.



Fonte: Autor (2022)

Na Figura 5 também é indicado, através de setas amarelas, o posicionamento das 14 portas de acesso a serem utilizadas como proteções móveis. As suas disposições foram concebidas de forma a permitir acesso a todas as estruturas comumente utilizáveis da máquina, em especial a alimentação de fitas e mecanismos de cortes que podem ser observados na cor vermelha (as vistas expostas no Apêndice D complementam a imagem e indicam mais claramente esta relação entre portas e mecanismos). Na figura são ilustradas portas de abertura por dobradiça, mas outros mecanismos podem ser utilizados, como por exemplo portas deslizantes, desde que se mantenha a distância de segurança mínima de 120 mm e que as áreas de acesso a máquina se mantenham as mesmas. No lado externo do “L” da máquina foi utilizado o menor número de portas possíveis, pois estas regiões são também locais de vias de circulação na fábrica. Os locais de inclusão de 3 dos 4 novos botões de emergência estão indicados com a cor azul. Por fim, sugere-se a construção de um novo quadro elétrico (indicado em verde) que permita o comando em conjunto dos dois módulos em um só local e cujo painel possa ilustrar as sinalizações dos componentes que serão descritos no tópico sobre o sistema de comando. Sua posição planejada seria próxima a alimentação das caixas e voltado para a região interna do contorno do equipamento, visto ser o local onde mais se buscou concentrar as operações devido ao mencionado anteriormente. Nele é onde se encontra o último botão de emergência.

4.2.2 Sistema de comando

Com relação as partes do sistema de comando de segurança, conforme mencionado na seção 4.1.3, busca-se categoria 3. Dessa forma, precisaremos em resumo: utilizar princípios comprovados de segurança; garantir que um defeito isolado não leve a perda da função de segurança e “sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado será detectável”.

Para tanto, já existem no mercado componentes comerciais individuais que permitem a construção de sistemas mais complexos de comando quando usados em conjunto. Estes equipamentos, destinados especificamente a área de segurança, muitas vezes possuem certificações internacionais de conformidade a normas e trazem recomendações quanto a como empregá-los para atingir determinada categoria. Neste contexto, foram selecionados componentes com base na existência destas certificações para categoria 3 ou acima. Considerações e comparações sobre valores econômicos são expostas no Apêndice C.

Deve ser esclarecido e lembrado aqui que não existe certificação nacional sobre a conformidade de um sistema de proteção à NR-12, porém internacionalmente existem certificações a nível de componentes para determinadas normas. Para este trabalho interessa as certificações para a norma ISO 13849-1. Norma esta que complementa a NBR 14153, mas que ainda não a substituiu conforme pode ser observado no corpo da NR-12.

Assim, serão utilizados: 14 sensores de segurança ligados em série para a identificação da abertura das partes móveis; 4 botões de parada de emergência também conectados em série; dois relés de segurança, o primeiro para monitorar os sensores e o segundo para monitorar os botões de emergência; 4 contactores, 2 como redundância para o corte de transmissão de energia ao sistema caso os sensores indiquem a necessidade e 2 também como redundância para caso um dos botões seja pressionado. Todos com tensão de alimentação de 24 V CA de forma a obedecer ao item 12.4.13 da NR-12.

Por padronização e simplicidade, os equipamentos escolhidos são de um mesmo fabricante, no entanto frisa-se que todos podem ser substituídos por componentes de outras empresas, desde que ainda seja possível atingir a categoria 3 e qualquer necessidade de adaptação seja tomada.

4.2.2.1 Sensores de segurança

Para o monitoramento das proteções móveis da solução proposta, foram escolhidos sensores magnéticos codificados com função de segurança SSM5-30R1P201 da fabricante WEG (dispositivo de intertravamento tipo 4 segundo NBR ISO 14119). Estes componentes possuem a certificação internacional de concordância com categoria 4 da norma ISO 13849-1.

A construção interna destes sensores possuiu 2 contatos normalmente abertos (NA) redundantes para a detecção da atuação e um contato auxiliar normalmente fechado (NF) que pode ser utilizado para sinalização em painel de comando se assim desejado. Os dois contatos fecham o circuito quando o atuador magnético se encontra próximo a base e o abre quando ele se afasta, logo uma aplicação direta para as proteções móveis. Sua configuração permite, a ligação em série dos equipamentos com redundância de seus contatos conforme ilustrado no apêndice B retirado de seu manual.

4.2.2.2 Botões de parada de emergência

Quanto ao uso de botões de parada de emergência, opta-se pelo uso de um botão no novo quadro e painel geral da máquina próximo a alimentação e mais 3 distribuídos em posições próximas de onde são realizadas operações usuais, de forma que qualquer operador ou pessoa externa possa parar todo o equipamento sem necessitar de grande locomoção (12.6.2 da NR-12). Os botões extras poderiam ser montados em pequenas caixas elétricas como os de referência PBW1Y-GM12V03 e fixadas na estrutura das proteções fixas.

Cada botão comandaria um conjunto de dois contatos NF redundantes e um NA, o que representaria uma operação similar aos sensores magnéticos pois os dois contatos NA dos sensores são fechados quando o atuador se encontra próximo ao sensor (proteções fechadas) e é aberto numa situação de abertura das portas e conseqüente perigo. Já no caso dos botões de emergência, seus contatos estão fechados por padrão e serão abertos quando o botão é pressionado.

Por fim, a ligação destes contatos redundantes é realizada de forma similar ao caso dos sensores, onde cada um dos contatos NF é ligado em série com os de outros de botões para formar os canais de segurança de um relé.

4.2.2.3 Contatores para aplicações de segurança

Para o controle da alimentação da máquina, serão utilizados contatores CWBS25-11-30D02. Sua escolha é baseada na corrente de alimentação que é necessária para alimentar os dois módulos da máquina 16 A e na pouca necessidade de contatos auxiliares.

O objetivo dos contatores é comandar a abertura ou fechamento de seus contatos principais a partir da energização de sua bobina por um circuito de comando. O contator escolhido possui 3 canais NA principais, 2 canais auxiliares (1 NA e 1 NF) e terminais de comando. A proposta de sua utilização é colocar quatro contatores em série de forma a comandar de maneira redundante a alimentação geral da máquina (composta por uma única fase), onde os terminais de comando de 2 destes contatores estariam ligados aos canais de saída do relé responsável pelo monitoramento dos sensores e 2 ligados ao responsável pelos botões de emergência (este diagrama será apresentado na seção 4.2.2.5).

4.2.2.4 Relé de segurança

Quanto ao monitoramento dos sensores, utiliza-se o Relé de segurança CPW22. Sua escolha também se baliza na existência de certificação internacional para categoria 4 da norma ISO 13849-1. O relé de segurança é um componente cuja função é monitorar de forma cíclica os canais de segurança ligados a ele, verificando seus estados. Quando for detectada a abertura

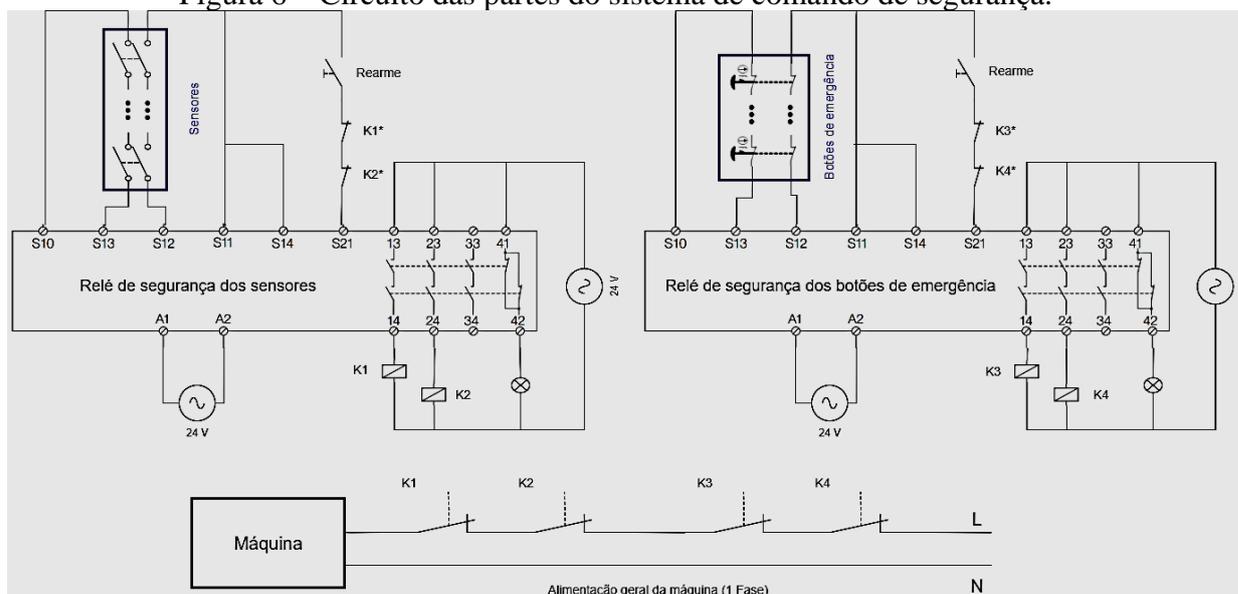
de qualquer um destes, abre-se também os canais de saída positivamente guiados de forma a, por exemplo, cortar o circuito de alimentação de uma máquina.

No Apêndice B encontra-se exposta a Figura 9 extraída do manual que ilustra esta situação, onde os canais de segurança são indicados pela letra S na parte de cima a esquerda e os de saída apenas por números na parte direita da imagem. Para a saída existem 3 canais NA e 1 NF, todos possuem redundância, sendo os 3 NA construídos com dois contatos em série para garantir o corte da corrente para o caso de soldagem de um dos contatos (garantindo um desligamento seguro) e o 1 NF com dois em paralelo garantindo a energização mesmo que um falhe em fechar. Conforme vista na imagem, a configuração ali recomendada alcança categoria 4 e é usada como base para o desenho do circuito final.

4.2.2.5 Circuito proposto

Na Figura 6 podemos observar o circuito proposto neste projeto para o monitoramento de segurança. Nele podemos observar os dois relés de segurança, o da esquerda observa os 14 sensores cujos contatos redundantes estão ligados em série em dois canais enquanto o da direita faz o mesmo, porém com os botões de emergência. Em ambos podemos observar os botões de rearme do relé e *loop* de retorno dos contactores (sinalizados pelo asterisco). Cada relé comanda dois contactores por redundância e uma pequena luz de sinalização. Caso uma proteção seja aberta ou um botão de emergência pressionado, os correspondentes contactores serão desenergizados e a alimentação geral da máquina cessará.

Figura 6 – Circuito das partes do sistema de comando de segurança.



Fonte: Autor (2022)

4.2.3 Discussão

Conforme mencionado no início da seção 4.2, esta proposta de adequações foi definida a partir de um processo iterativo onde outras opções também foram consideradas. Com relação a disposição das barreiras físicas e consequentes componentes de monitoramento, menciona-se que a ideia final proposta também foi uma das primeiras opções a serem levantadas. Isto assim ocorreu pois o pensamento geral de enclausurar as zonas de risco da forma mais justa/próxima possível é algo relativamente simples e comum na indústria.

No entanto, logo ficou claro que a necessidade de abertura das portas com posterior desligamento, fechamento das proteções e acionamento do Reset, prejudicaria a produtividade

da operação. Dessa forma, passou-se então ao levantamento de opções que fossem menos “invasivas” como substitutas. Infelizmente todas foram descartadas por uma razão ou outra.

A ideia de introduzir comandos bimanuais como forma de minimizar a exposição ao risco pelos operadores foi desconsiderada ao concluir-se que isto não permitiria dispensar as proteções físicas e que a coordenação de acionamento simultâneo entre 3 pessoas seria difícil. A possibilidade de separar os módulos de forma a construir mais duas proteções de túnel entre eles e permitir uma zona intermediária sem proteção não foi levada adiante pois qualquer necessidade de correção nos processos levaria invariavelmente a parada de um dos módulos, o que não traria nenhum benefício a não ser que um estoque intermediário fosse criado e mais um operador adicionado. Por fim, criar uma proteção mais afastada formando uma espécie de cabine onde operadores entrariam por uma porta também foi descartada, pois as únicas vantagens de permitir maior versatilidade para a manutenção e diminuição do número de proteções móveis seria contrabalanceada pela necessidade de introdução de outros sensores, como por exemplo tapetes táteis, para evitar que um operador se mantenha dentro da proteção com a máquina operando.

A única possibilidade concebida que possa fazer frente a proposta relatada anteriormente, seria o “enclausuramento” da máquina com o uso de sensores optoeletrônicos (cortinas de luz) cujo rearme seria automático após a retirada de um membro da zona controlada por exemplo. Com este tipo de construção seria possível aumentar a produtividade do equipamento, no entanto seriam necessários sensores de grande dimensão para proteger a totalidade das zonas de risco e de resolução capaz de detectar pequenas invasões como por exemplo de dedos. Dessa forma esta construção teria um custo bem mais elevado e seria necessária uma avaliação mais criteriosa do ganho de produtividade para verificar se traria retorno financeiro. Além de que talvez este mesmo ganho possa ser obtido por uma alteração/melhoria mais direta nos mecanismos de corte da fita (evitando defeitos que exigem corte manual por exemplo), algo que não está previsto no escopo deste trabalho.

5. CONCLUSÃO

Deste projeto conclui-se que a máquina seladora de caixas corrugadas necessita de adequações para a sua conformidade com as normas de segurança, em especial a NR-12. Tal constatação é obtida a partir de uma apreciação de riscos, conforme normas NBR ISO 12100 e ISO/TR 14121-2, que identificou mais de 20 zonas de risco (2 carros móveis + 6 colunas + 6 alimentações de fita + 6 mecanismos de corte + correntes + barramentos) podendo levar a acidentes de diferentes níveis de gravidade, inclusive com danos irreversíveis como escarpelamento e mutilações de dedos.

Além disso, considerando o exposto na norma NBR 14153, chega-se à conclusão que a máquina necessita de partes de seu sistema de comando vinculadas a segurança que atendam a categoria 3.

Dessa forma, e utilizando o apoio das normas NBR NM 272, NBR ISO 14119, NBR ISO 13857, além de ponderações levantadas diretamente pela NR-12, pode-se chegar a uma proposta de adequação que envolve o enclausuramento da máquina por proteções físicas e móveis com o monitoramento por sensores e sistema de comando composto por múltiplos componentes com redundância e certificações internacionais.

Por fim, no subtópico “Discussão”, trazem-se brevemente outras ideias que foram levantadas, e as razões pela qual foram desconsideradas, além de ponderações referentes a possível perda de produtividade da máquina e como o estudo deste equipamento pode ser estendido para a avaliação de mecanismos que permitam a diminuição da perda desta produtividade.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

BRASIL. **Decreto-lei 5.452/1943. Consolidação das leis trabalhistas.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/decreto-lei/del5452.htm> Acesso em: 01 de mar de 2022.

BRASIL. **Lei 6.514/1977. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências.** Disponível em: <http://www.planalto.gov.br/ccivil_03/leis/l6514.htm> Acesso em: 01 de mar de 2022.

BRASIL. Ministério do Trabalho e Emprego. **NR-12 – Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos.** Brasília, DF, 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-12.pdf>> . Acesso em: 14 de fev. de 2022.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 12100: Segurança de Máquinas – Princípios Gerais de Projeto – Avaliação de Riscos.** 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 13857: Segurança de Máquinas – Distâncias de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores e inferiores.** 2021a.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR NM 272: Segurança de Máquinas – Proteções – Requisitos gerais para o projeto e construção de proteções fixas e móveis.** 2002.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR ISO 14119: Segurança de Máquinas – Dispositivos de intertravamento associados às proteções – Princípios de projeto e seleção.** 2021b.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **ABNT NBR 14153: Segurança de Máquinas – Partes de sistemas de comando relacionados à segurança – Princípios gerais para projeto.** 2013.

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DA INDÚSTRIA DE MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS. **Manual de Instruções da Norma Regulamentadora NR-12.** São Paulo, 2019. Disponível em: <<https://abimaq.org.br/wp-content/uploads/2021/07/2021070066546001626974368.pdf>> Acesso em: 14 de fev. de 2022.

WEG. **Guia de Instalação SSM5-30R / SSM5-40R.** weg.net. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h96/h6f/WEG-SSM5-installation-guide-10007105824-en-es-pt.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022

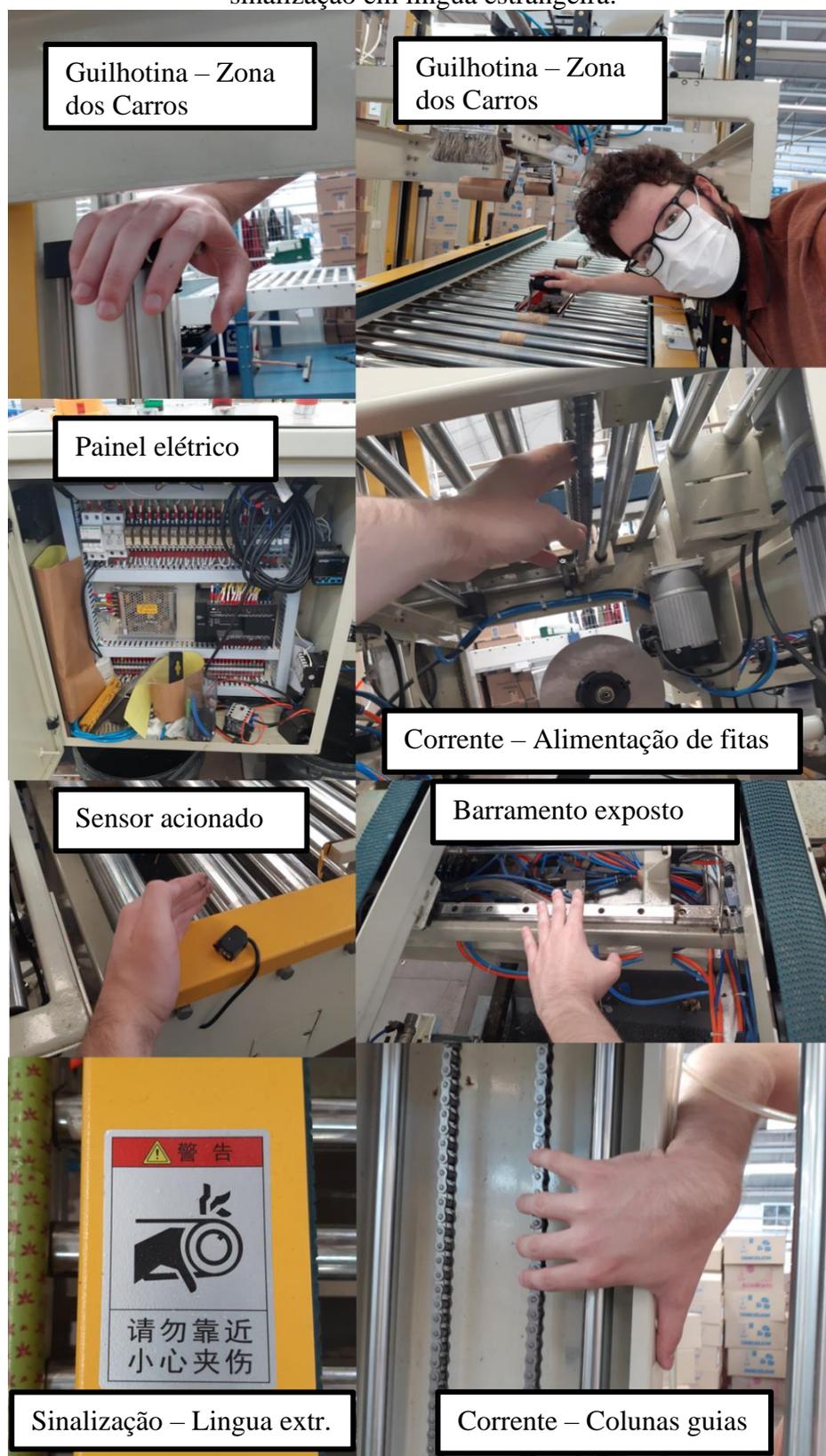
WEG. **Soluções em segurança linha safety.** weg.net. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/h98/hf3/WEG-catalogo-solucoes-em-seguranca-50029132-pt.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022

WEG. **CWBS - Contatores para aplicações de segurança.** weg.net. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hfd/hb8/WEG-contatores-para-aplicacoes-de-seguranca-cwbs-50070265-catalogo-pt.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022

WEG. **Controle de Parada de Emergência CPW22.** weg.net. Disponível em: <<https://static.weg.net/medias/downloadcenter/hd8/h66/WEG-CPW22-user-manual-10007941524-en-es-pt.pdf>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022

APÊNDICE A – Fotos de riscos e inconformidades da máquina

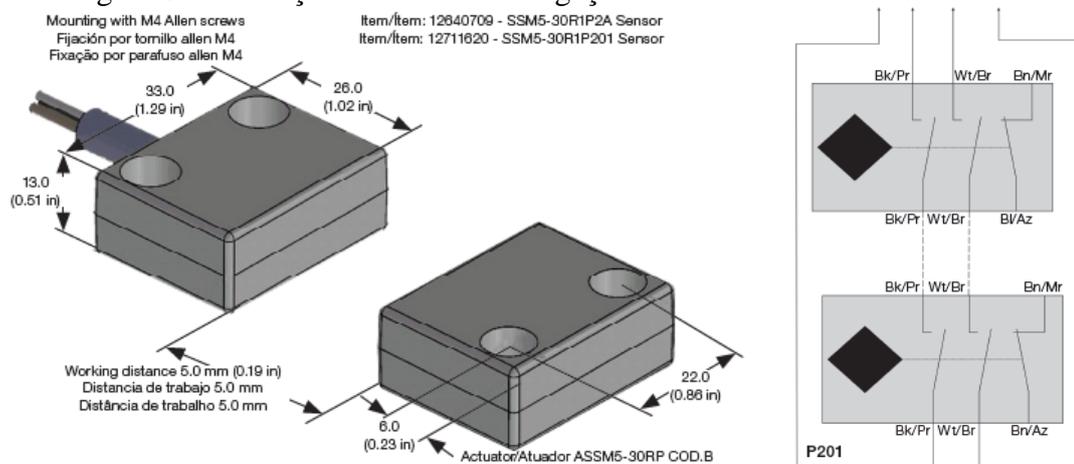
Figura 7 – Fotos dos riscos, acesso de membros à máquina, obstrução de sensores e sinalização em língua estrangeira.



Fonte: Autor (2022)

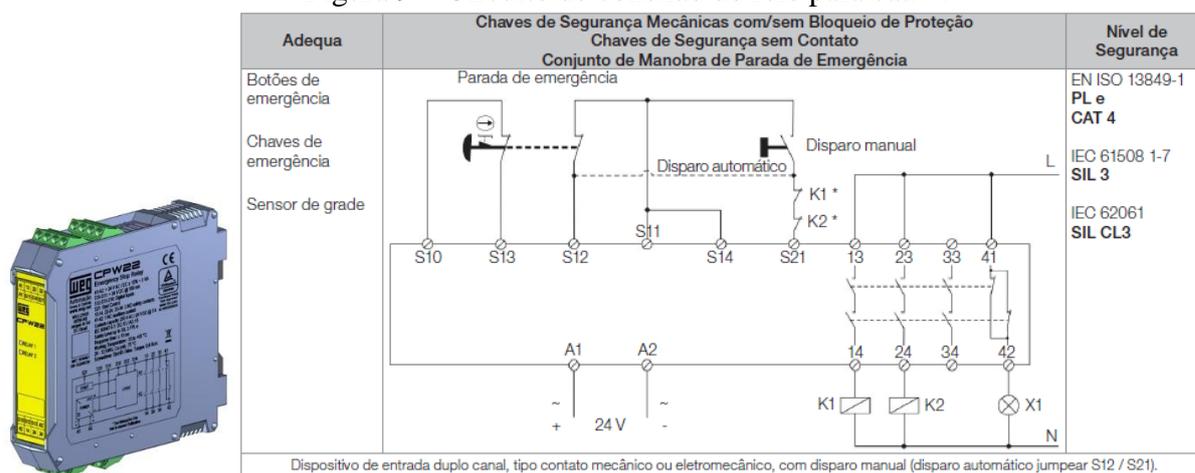
APÊNDICE B – Sensores e Relé – imagens retiradas dos manuais

Figura 8 – Ilustração dos sensores e ligação em série dos contatos redundantes



Fonte: WEG.

Figura 9 – Circuito de conexão do relé para cat. 4.



Fonte: WEG.

APÊNDICE C – Levantamento de valores dos sensores

Tabela 1 – Levantamento econômico dos valores de sensores.

Componente	Identificador	Fabricante	Especificações	Faixa de valor	Fonte
Sensor Magnético	SSM5-30R1P201	WEG		R\$ 200,00	1
Botão de emergência	PBW1Y-GM12V03	WEG		R\$ 200,00	2
Contator	CWBS25-11-30D02	WEG		R\$ 180,00	3
Relé de segurança	CPW22	WEG		R\$ 500,00	4
Cortina de Luz	Sf4b-h32c	Panasonic	Altura 700 mm - Objeto mínimo detectável 25 mm	R\$ 4.000,00	5

Cortina de Luz	LSP29-1500	WEG	Altura 1500 mm - Objeto mínimo detectável 29mm	R\$ 10.500,00	6
Cortina de Luz	XUSL2E30H061N	Schneider	Altura 610 mm - Objeto mínimo detectável 30mm	R\$ 3.300,00	7
Tapete de segurança	Ace 138021	Schmersal	1000 mm X 1500 mm	R\$ 3.800,00	8

Considerações:

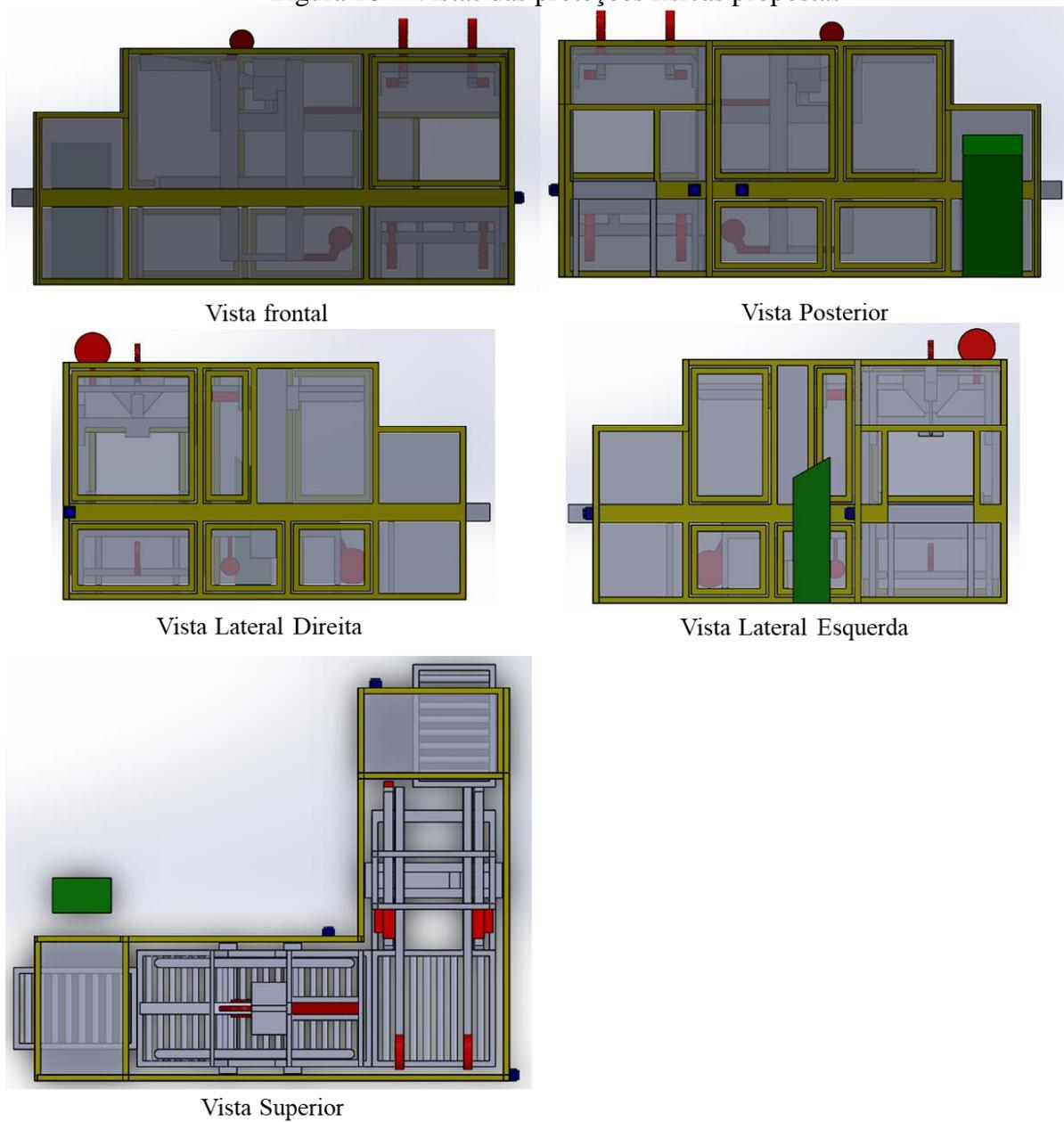
- Para enclausurar a máquina totalmente com cortinas de luz seriam necessários no mínimo 8 equipamentos. Todos de grandes dimensões e com pequenas resoluções para serem capazes de identificar intrusões de dedos. As cortinas de luz também necessitariam de estrutura metálica afastada da máquina, semelhante aos 120 mm necessários com a grade quadrada, porém o valor exato da distância de segurança deve ser calculado conforme Anexo I da NR-12.
- Para a criação de uma cabine com proteções afastadas seria necessário no mínimo 4 cortinas de luz ou 4 tapetes de segurança para evitar burla.

Fontes:

- 1) Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-2069395595-sensor-magnetico-ssm5-30r1p201-atuador-asm5-30r1p-weg-JM?matt_tool=31508429&matt_word=&matt_source=google&matt_campaign_id=14303413595&matt_ad_group_id=125984286477&matt_match_type=&matt_network=g&matt_device=c&matt_creative=539354956065&matt_keyword=&matt_ad_position=&matt_ad_type=pla&matt_merchant_id=307396518&matt_product_id=MLB2069395595&matt_product_partition_id=1636348405419&matt_target_id=aud-1008379684294:pla-1636348405419&gclid=EAiaIQobChMI-pbx4M-z9wIVD2SRCh2_KQ0-EAQYAyABEgISj_D_BwE>. Acesso em: 15 de abr. de 2022.
- 2) Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1057422267-boto-de-emergencia-nr12-pbw1y-gm12v03-1na-2nf-weg-JM>>
- 3) <https://www.magazineluiza.com.br/contator-weg-cwb25-11-30d02/p/ckfcgf7j2g/cj/didi/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022.
- 4) Disponível em: <<https://www.viewtech.ind.br/control-parada-de-emergencia-24vca-vcc-nr12-cpw22-weg>>. Acesso em: 15 de abr. de 2022.
- 5) Disponível em: <https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1575833648-cortina-de-luz-de-seguranca-panasonic-sf4b-h32c-JM?matt_tool=18956390&utm_source=google_shopping&utm_medium=organic>. Acesso em: 16 de abr. de 2022.
- 6) Disponível em: <<https://www.viewtech.ind.br/cortina-de-luz-de-seguranca-weg-lsp-1500mm-24vcc-resolucao-29-mm>>. Acesso em: 16 de abr. de 2022.
- 7) Disponível em: <https://br.mouser.com/ProductDetail/Telemecanique/XUSL2E30H061N?qs=AQIKX63v8RuGjj3QBUaM4g%3D%3D&mgh=1&gclid=EAiaIQobChMIImPuHmtSz9wIVg0FIAB0owwK0EAQYAiABEgJXivD_BwE>. Acesso em: 16 de abr. de 2022.
- 8) Disponível em: <<https://produto.mercadolivre.com.br/MLB-1621540060-tapete-de-seguranca-schmersal-4-1000x1500mm-ace-138021-JM>>. Acesso em: 16 de abr. de 2022.

APÊNDICE D – Vistas das proteções físicas propostas

Figura 10 – Vistas das proteções físicas propostas



Fonte: Autor (2022)