



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E  
TECNOLOGIA DO AMAZONAS  
CAMPUS MANAUS DISTRITO INDUSTRIAL  
TECNOLOGIA EM MECATRÔNICA INDUSTRIAL**



**LUAN RAFAEL MARIÊ DE PAIVA**

**ADEQUAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DA BOBINA À  
NR12 EM UM PROCESSO DE FORMAÇÃO DE TAMPAS DE  
ALUMÍNIO**

**MANAUS – AM**

**2019**

**LUAN RAFAEL MARIÊ DE PAIVA**

**ADEQUAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DA BOBINA À  
NR12 EM UM PROCESSO DE FORMAÇÃO DE TAMPAS DE  
ALUMÍNIO**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito parcial à obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial, do Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, Campus Manaus Distrito Industrial – IFAM/CMDI.

Orientador: Prof. MSc. José Fábio de Lima Nascimento

**MANAUS - AM**

**2019**

## Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

---

P149r

Paiva, Luan Rafael Mariê de.

Adequação de um sistema de alimentação da bobina à NR12 em um processo de formação de tampas de alumínio. / Luan Rafael Mariê Paiva. – Manaus, 2019.

75 f.: il.

TCC de Graduação (Tecnologia em Mecatrônica Industrial) – Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, 2019.

Orientador: Prof. MSc. José Fábio de Lima Nascimento

1. Barreira de segurança. 2. Norma regulamentadora 12. 3. Controlador lógico programável. 4 Dispositivos de intertravamento. I. PAIVA, Luan Rafael Mariê de (Orient.) II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

CDD 629.89

---

Elabora por Darlene Silveira Rodrigues, n.696 (CRB11)



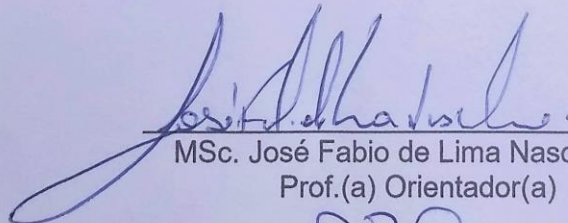
## TERMO DE APROVAÇÃO

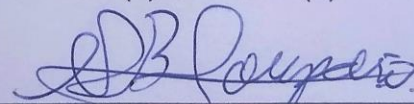
### ADEQUAÇÃO DE UM SISTEMA DE ALIMENTAÇÃO DA BOBINA À NR12 EM UM PROCESSO DE FORMAÇÃO DE TAMPAS DE ALUMÍNIO

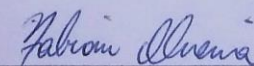
por

LUAN RAFAEL MARIÊ DE PAIVA

Este Trabalho de Conclusão de Curso (TCC) foi apresentado em 02 de AGOSTO de 2019 como requisito parcial para a obtenção do título de Tecnólogo em Mecatrônica Industrial. O candidato foi arguido pela Banca Examinadora composta pelos professores abaixo assinados. Após deliberação, a Banca Examinadora considerou o trabalho aprovado.

  
MSc. José Fabio de Lima Nascimento  
Prof.(a) Orientador(a)

  
Msc. Ricardo Brandão Sampaio  
Membro titular

  
Esp. Fabian Bezerra de Oliveira  
Membro titular

Dedico este trabalho com todo carinho à minha família, que sempre me apoiou pelos momentos de ausência.

## **AGRADECIMENTOS**

Luan Rafael Mariê de Paiva

A minha mãe Rosangela Mariê de Paiva e a toda minha família. Ao Curso de Tecnologia em Mecatrônica Industrial do IFAM, e às pessoas com quem convivi nesses espaços ao longo desses anos. A experiência de uma produção compartilhada na comunhão com amigos nesses espaços foram a melhor experiência da minha formação acadêmica. A todos aqueles que de alguma forma estiveram e estão próximos de mim, fazendo esta vida valer cada vez mais a pena. E aos professores pela paciência, pelo incentivo, pela força e principalmente pelo carinho. Valeu a pena toda distância, todo sofrimento, todas as renúncias... Valeu a pena esperar... Hoje colherei, os frutos deste empenho! Esta vitória é muito importante para a conclusão de mais uma etapa na minha vida!!! Agradeço ao mundo por mudar as coisas, por nunca as fazer serem da mesma forma, pois assim não teríamos o que pesquisar, o que descobrir e o que fazer, pois através disto consegui concluir o meu Trabalho de Conclusão de Curso.

*“Uma chance em um milhão é melhor que nenhuma chance.”  
“Kakaroto”.*

## RESUMO

O presente trabalho abordará sobre a aplicação da Norma Regulamentadora 12 voltado para o estudo de caso de um sistema de barreira de segurança com intertravamento para um sistema de desbobinador, carro de transporte de bobina e tombador de bobina de uma prensa de formação de tampas de alumínio de uma fábrica localizada no Polo Industrial de Manaus utilizando controladores programáveis e dispositivos de segurança de acordo com as normas previstas na NR-12. O escopo deste trabalho é formado por um breve histórico do surgimento das normas de segurança do trabalho, tipos de sistema de segurança em máquinas, proteções de segurança, sensores, válvulas, blocos de segurança, Controlador Lógico Programável, dispositivos de intertravamento, parada de emergência, levantamento e compreensão do processo e cada equipamento que compõe o sistema, Análise de riscos do processo e medidas adotadas para se realizar a implantação do projeto. Tais abordagens visam mostrar a norma regulamentadora 12 e suas aplicações no sistema de segurança que será apresentado como objeto de estudo do sistema de implantação da barreira de segurança obedecendo os itens estabelecidos na norma regulamentadora 12 cuja finalidade é evitar acidentes de trabalho, melhorando a segurança dos técnicos e mecânicos de produção que fazem parte do processo de manutenção preventiva, corretiva e operação dos equipamentos. Ao final será apresentado uma tabela com o antes de depois do resultado da implantação deste trabalho para verificação das melhorias apresentadas.

Palavras-chave: barreira de segurança, Norma Regulamentadora 12, Controlador Lógico Programável, dispositivos de intertravamento, manutenção preventiva, desbobinadeira.



## **ABSTRACT**

The present work will deal with the application of the Regulatory norm 12 focused on the case study of an interlocking safety barrier system for an unwinder, reel carriage and reel tipper system of a one-piece aluminum cap forming press. factory located at the Manaus Industrial Pole using programmable controllers and safety devices in accordance with the rules set forth in Regulatory norm 12. The scope of this paper is formed by a brief history of the emergence of occupational safety standards, machine safety system types, safety guards, sensors, valves, safety blocks, Programmable Logical Controller, interlocking devices, emergency stop, lifting. and understanding of the process and each equipment that makes up the system, process risk analysis and measures taken to carry out the project implementation. Such approaches aim to show the regulatory norm 12 and its applications in the safety system that will be presented as object of study of the safety barrier implantation system obeying the items established in the regulatory norm 12 whose purpose is to avoid work accidents, improving the safety of the workers. production technicians and mechanics who are part of the equipment preventive, corrective maintenance and operation process. At the end will be presented a table with the before and after the result of the implementation of this work to verify the improvements presented.

**Keywords:** safety barrier, regulatory norm 12, Programmable Logical Controller, interlocking devices, preventive maintenance, winder.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1 - Corpo da Norma NR12 .....	18
Figura 2 – Estrutura da Norma NR12.....	18
Figura 3 – Proteção Fixa de uma Correia de Transferência .....	20
Figura 4 – Proteção Móvel de um Sistema de Correias de Sincronismo .....	21
Figura 5 – Fluxograma para a Escolha de uma Proteção Fixa ou Móvel.....	22
Figura 6 – Sistema de uma Proteção de Prensas por Ferramenta Fechada .....	23
Figura 7 – Sistema de uma Proteção de Prensas por Enclausuramento da Zona de Prensagem .....	24
Figura 8 – Diagrama do Tipo de Proteção a ser Utilizado Considerando as Zonas de Perigo .....	25
Figura 9 – Relé de Segurança Rockwell .....	26
Figura 10 – CLP Zélio .....	27
Figura 11 – Sensor de Segurança do Tipo Indutivo Festo Utilizado para Desativar a Esteira em Movimento Caso Haja Alguma Oscilação na Haste Magnética .....	28
Figura 12 – Chave de Segurança do Tipo Magnética Rockwell .....	28
Figura 13 – Cortina de Luz Schmersal .....	30
Figura 14 – Tapete de Segurança Schmersal .....	30
Figura 15 – Scanner de Segurança Sick.....	31
Figura 16 – Seção Transversal de uma Válvula de Segurança .....	32
Figura 17 – Bloco de Segurança de Prensa Minster .....	32
Figura 18 – Calço de Segurança de uma Prensa Minster .....	33
Figura 19 – Chave de Habilitação .....	34
Figura 20 – Painel com Botão de Parada de Emergência .....	35
Figura 21 – Estágios de Avaliação de Riscos .....	36
Figura 22 – Matriz de Categoria de Risco .....	42
Figura 23 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 1 Simplificado.....	43
Figura 24 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 2 Simplificado .....	44
Figura 25 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 3 Simplificado .....	45
Figura 26 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 4 Simplificado .....	45
Figura 27 – Fluxograma da Análise de Riscos Utilizada no Estudo de Caso.....	46
Figura 28 – Tampa de Alumínio sem Anel .....	46
Figura 29 – Distribuição do Tombador de Bobina, Carro de Transporte e Desbobinador no Processo .....	50
Figura 30 – Fluxograma do Processo de Passagem da Bobina até sua Alimentação .....	51
Figura 31 – Tombador de Bobina.....	52
Figura 32 – Carro de Transporte da Bobina .....	53
Figura 33 – Painel de Controle Sistema de Tombador da Bobina, Carro de Transporte e Desbobinador.....	53

Figura 34 – Desbobinador.....	54
Figura 35 – Prensa de Formação de Tampas .....	55
Figura 36 – Espaço do Tombador de Bobina sem Enclausuramento .....	57
Figura 37 – Espaço do Tombador de Bobina sem Proteção com Risco de Esmagamento.....	57
Figura 38 – Bobina sendo Transportada pelo Carro de Transporte.....	59
Figura 39 – Melhoria Apresentada Para Eliminar os Riscos.....	61
Figura 40 – Desbobinador Alimentando a Prensa, Apenas um Isolamento Simples da Área .....	62
Figura 41 – Exemplificação do Risco Existente na Área do Desbobinador.....	63
Figura 42 – Falta de Proteção no Sistema de Alimentação da Bobina .....	65
Figura 43 – Falta de Proteção na Saída da Prensa.....	65
Figura 44 – Falta de Proteção na Lateral da Prensa .....	66
Figura 45 – Esboço de Proteção no Sistema de Alimentação da Bobina .....	67
Figura 46 – Esboço de Proteção na Saída Prensa.....	68
Figura 47 – Esboço de Proteção parte Lateral da Prensa .....	68
Figura 48 – Sistema de Desbobinador de Formação de Anel já Enclausurado, a partir da mesma Formação Utilizar no Tombador, Carro de Transporte e Desbobinador da Prensa de Formação da Tampa Básica .....	70
Figura 49 – Delimitação da Área onde Será Fixado o Enclausuramento e a Porta para o Acesso ao Sistema de Tombador, Carro de Transporte e Desbobinador.....	70
Figura 50 – Resultado da Matriz da Categoria de Risco .....	71
Figura 51 – Chave de Segurança Allen Bradley a ser Instalada na Porta Para Evitar que a Mesma Abra e Operação .....	69
Figura 52 – Painel de Segurança a ser Instalado no Sistema de Desbobinador, Carro de Transporte e Tombador.....	72
Figura 53 – Programa na Linguagem Ladder Para Comunicação do Circuito de Segurança com a Prensa.....	74

## LISTA DE TABELAS

Tabela 1 – Exemplos de Perigo, Situações Perigosas e Eventos Perigosos Mecânicos.....	36
Tabela 2 – Relação da probabilidade de Ocorrência do Dano Relacionado com o seu Valor Numérico .....	37
Tabela 3 – Relação de Frequencia da Exposição, Grau de Possível Lesão e Número de Pessoas Sob Risco .....	40
Tabela 4 – Tabela de Grau de Risco Calculado .....	41
Tabela 5 – Estimativa e Classificação de Risco .....	58
Tabela 6 – Estimativa e Classificação de Risco .....	60
Tabela 7 – Estimativa e Classificação de Risco .....	60
Tabela 8 – Estimativa e Classificação de Risco .....	63
Tabela 9 – Estimativa e Classificação de Risco .....	64
Tabela 10 – Estimativa e Classificação de Risco .....	66
Tabela 11- Resultados através da tabela HRN antes da implantação do sistema de segurança.....	71
Tabela 12- Resultados através da tabela HRN depois da implantação do sistema de segurança.....	71
Tabela 13- Custos para instalação do sistema de enclausuramento.....	72

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>13</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>15</b>
2.1	HISTÓRIA DA SEGURANÇA NA INDÚSTRIA .....	15
2.2	HISTÓRIA DA SEGURANÇA NO BRASIL .....	16
2.3	HISTÓRIA DA NR12 NO BRASIL.....	16
2.4	ESTRUTURA DA NORMA REGULAMENTADORA NR12 .....	17
2.5	TIPOS DE SISTEMA DE SEGURANÇA DE MÁQUINAS .....	19
2.5.1	Tipos de Proteção de Máquina.....	20
2.5.2	Tipos de Dispositivos de Segurança de Máquinas.....	26
2.5.3	Dispositivos de Interfaces de Segurança de Máquinas.....	26
2.5.4	Tipos de Dispositivos de Intertravamento de Máquinas .....	27
2.5.5	Válvulas e Blocos de Segurança de Máquinas .....	31
2.5.6	Dispositivos Mecânicos de Máquinas .....	33
2.5.7	Dispositivos de Validação de Máquinas.....	34
2.5.8	Dispositivos de Parada de Emergência de Máquinas .....	32
<b>3</b>	<b>ANÁLISE DE RISCOS, AVALIAÇÃO DE RISCOS E APRECIÇÃO DE RISCOS DE MÁQUINA .....</b>	<b>36</b>
3.1	DETERMINAÇÃO DO LIMITE DA MÁQUINA.....	37
3.2	IDENTIFICAR OS PERIGOS E RISCOS .....	37
3.3	ESTIMATIVA DO RISCO DA MÁQUINA .....	39
3.4	CATEGORIAS DE RISCO DA MÁQUINA.....	43
<b>4</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>46</b>
<b>5</b>	<b>ESTUDO DE CASO: TOMBADOR DE BOBINA, CARRO DE TRANSPORTE DE BOBINA E DESBOBINADOR .....</b>	<b>49</b>
5.1	APLICAÇÃO DA NR-12 A UM SISTEMA DE TOMBADOR DA BOBINA, CARRO DE TRANSPORTE E DESBOBINADOR DA PRENSA DE FORMAÇÃO .	50
5.2	ANÁLISE DE RISCO DO SISTEMA DE TOMBADOR DE BOBINA, CARRO DE TRANSPORTE E DESBOBINADOR A UMA PRENSA DE FORMAÇÃO .....	56
5.2.1	Análise de Riscos do Sistema de Tombador .....	56
5.2.2	Análise de Riscos do Sistema de Carro de Transporte da Bobina .....	59
5.2.3	Análise de Riscos para o Sistema de Desbobinador .....	63
5.2.4	Análise de Riscos para a Prensa de Formação .....	64
5.3	MEDIDAS ADOTADAS PARA O SISTEMA DE TOMBADOR DE BOBINA, CARROS DE TRANSPORTE E DESBOBINADOR A UMA PRENSA DE FORMAÇÃO .....	69
<b>6</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>73</b>
	<b>REFERÊNCIAS.....</b>	<b>74</b>

## 1 INTRODUÇÃO

Hoje em dia na indústria para diversos tipos de trabalho existem procedimentos, instruções de trabalho e medidas de segurança para evitar acidentes, e com a nova revolução industrial 4.0 todos os equipamentos já estão sendo produzidos conforme a legislação de segurança. Cada país tem sua legislação a respeito da segurança e com o Brasil não é diferente: no Polo Industrial de Manaus a maioria dos equipamentos são importados de países como por exemplo os Estados Unidos, que apesar de já se existir uma preocupação com a segurança alguns equipamentos por mais modernos que sejam ainda necessitam adicionar algum tipo proteção. Por isso o auxílio da NR12 é tão importante para a implementação de sistemas de segurança e esta norma se baseia em normas internacionais e nacionais pois os equipamentos de outros países ainda necessitam de adequação quando chegam ao Brasil para poder atender as normas nacionais que contém na NR12. Com esta norma implementada os equipamentos apresentam os requisitos necessários durante seu ciclo de vida.

As normas de segurança foram desenvolvidas para que o número de acidentes de trabalho diminuísse, e com o intuito de se padronizar foram criadas várias normas regulamentadoras (NR'S), no Brasil aconteceu em 1970, Atualmente o assunto segurança está sempre presente na indústria, onde existem comissões de proteção de acidentes (CIPAS), treinamentos e mapeamento de áreas de risco e projetos de melhoria continua em segurança para se evitar ao máximo os acidentes. Além disso com a indústria 4.0 é cada vez mais comum a implementação de robôs em áreas de risco para se reduzir ao máximo o risco de acidentes, atualmente até mesmo dispositivos de uso doméstico estão de acordo com normas de segurança como máquinas de lavar e micro-ondas, ressaltando a importância da segurança não somente na indústria mas como em todo o lugar que haja risco.

## **JUSTIFICATIVA**

O objetivo deste trabalho é apresentar medidas e dispositivos de segurança da norma regulamentadora NR12 para o enclausuramento de um sistema de desbobinador, tombador e carro de transporte de bobina acoplado a uma prensa de formação de tampas de alumínio em uma empresa do polo industrial de Manaus o qual abordará todos os itens para instalação deste sistema, e como acoplar tudo ao controlador lógico programável (CLP), para garantir uma parada rápida e eficiente em caso de algum sinistro no sistema.

## **OBJETIVO GERAL**

Identificar a melhor maneira de se realizar o enclausuramento do sistema de desbobinador, tombador e carro de transporte de bobina de uma prensa, utilizando toda a estrutura da NR12 desde a análise do risco e os dispositivos necessários, para se comunicar com o controlador lógico programável.

## **OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

Para alcançar o objetivo geral, acima descrito, será necessário realizar os objetivos específicos que seguem:

- a) Analisar a norma regulamentadora NR12 e suas aplicações nos sistemas de segurança;
- b) Apresentar medidas e técnicas construtivas do melhor sistema de segurança observando a aplicabilidade com o controlador logico programável usado no desbobinador, tombador e carro de transporte de bobina e na prensa de formação;
- c) Apresentar o estudo de caso do modelo do sistema de segurança e sua aplicabilidade no sistema de desbobinador, tombador e carro de transporte de bobina;
- d) Apresentar o resultado da aplicação do sistema de segurança do desbobinador, tombador e carro de transporte de bobina e fazer a comparação do antes e depois de implementado as medidas de segurança da NR12.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

O referencial teórico abordará sobre a história da segurança na indústria e no Brasil, estrutura da norma NR12, tipos e sistemas de segurança em máquinas, tipos de proteções, dispositivos de segurança, interface, intertravamento, válvulas e blocos de segurança, dispositivos de validação e de parada de emergência.

### 2.1 HISTÓRIA DA SEGURANÇA NA INDÚSTRIA

A história da segurança do trabalho teve inícios nos anos de 1700, com sua primeira publicação na Itália realizada pelo médico Bernardino Ramazzini do livro “As doenças dos trabalhadores”.

Entre os anos de 1760 a 1830 na Inglaterra, ocorreu um fato marcante na indústria a Revolução Industrial que teve sua origem com o surgimento da máquina de fiar e máquinas a vapor.

Com a revolução industrial, as máquinas já começavam a substituir a mão de obra do artesão com muito mais velocidade e precisão. A mão de obra que antes tecia manualmente, era escalada para trabalhar nas fábricas, sendo constituída geralmente de famílias pobres, inclusive crianças (OLIVER,2019).

No meio desta situação começaram a surgir casos graves de acidentes pois na época não existiam leis que amparavam os trabalhadores, não só acidentes, muitos dos quais fatais, mais também doenças típicas agravadas pelo ambiente de trabalho de péssima condição da época. No período de inatividade o operário não recebia salário e não havia leis que o amparasse (OLIVER,2019).

As primeiras leis de proteção ao trabalhador surgiram na Inglaterra no ano de 1802 quando criou-se a lei de amparo aos operários. Já no ano de 1819 surge a lei que proibia o trabalho para menores de 9 anos e limitava a 12 horas a jornada para menores de 16 anos, em 1833, o Parlamento Inglês votou uma nova lei, reduzindo para 8 horas o limite de jornada dos menores de 13 anos. (OLIVER,2019). Em 1847, passou a vigorar uma lei estabelecendo a duração diária do trabalho para 10 horas dando proteção as mulheres e menores, em 1908, foi estabelecida a jornada diária de 8 horas, em 1910 foi criada a folga de meio dia por semana aos comerciários, e em 1912, o Código de Leis Trabalhistas foi ampliado por estatutos especiais e portarias administrativas (OLIVER,2019).



## 2.2 HISTÓRIA DA SEGURANÇA NO BRASIL

No Brasil as primeiras leis surgiram em 1919 e foram aprimoradas ano após ano. Alguns fatos dos que marcaram o desenvolvimento da segurança do trabalho no Brasil foi no ano de 1919, no qual foi criada a lei de Acidentes do Trabalho, tornando compulsório o seguro contra o risco profissional, em 1923, a criação da caixa de aposentadorias e pensões para os empregados das empresas ferroviárias o qual foi marco da Previdência Social, em 1930 a criação do Ministério do Trabalho, Indústria e Comércio, atual MTPS, em 1943 foi criada a consolidação das leis do trabalho, CLT, que trata de segurança e saúde do trabalho no título II, capítulo V do artigo 154 ao 201. Em 1966 criou-se a fundação Jorge do Duprat Figueiredo de segurança e medicina do trabalho (FUNDACENTRO), que atua em pesquisa científica e tecnológica relacionada à segurança e saúde dos Trabalhadores e no ano de 1978 foi realizado a criação das normas regulamentadoras. Nessa portaria foram aprovadas as Normas Regulamentadoras, NR's, do capítulo V da CLT. Hoje temos ativas 36 Normas Regulamentadoras dentre elas está a NR12 (OLIVER,2019).

## 2.3 HISTÓRIA DA NR12 NO BRASIL

A origem da NR12, especificamente, remete à lei 6514, de 22.12.1977, que altera o capítulo V do Título II da CLT, referente à saúde e medicina do trabalho e torna obrigatória algumas medidas, destacando os artigos 184, 185 e 186 da seção XI, relativa a máquinas e equipamentos e obrigatória para fabricantes de bens de capital, que estabelecem, por exemplo, a obrigatoriedade de dispositivos de parada, de partida e outros componentes necessários (ALVES,2015).

Em seguida à aprovação dessa lei, a portaria, documento que contém instruções acerca da aplicação das leis, GM nº 3214 aprova em 1978 as Normas Regulamentadoras, entre elas a NR12, com ênfase em máquinas e equipamentos. Atualmente, a Norma em vigência possui ênfase em segurança do trabalhador, alterada e revisada em 2010 pela portaria SIT, nº 197 introduzindo ao mercado nacional o conceito de máquinas intrinsecamente seguras (ALVES,2015).

## 2.4 ESTRUTURA DA NORMA REGULAMENTADORA NR12

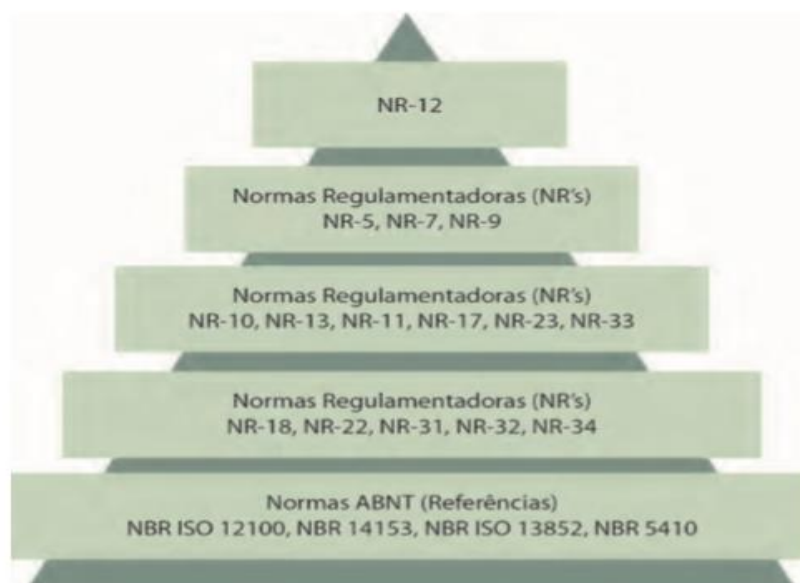
A NR12 diz respeito à segurança no trabalho em máquinas e equipamentos tendo como principais objetivos:

- a) Segurança do trabalhador - Garantir a segurança do trabalhador em qualquer operação e manutenção de máquinas e equipamentos utilizados durante o processo;
- b) Máquinas e equipamentos intrinsecamente seguros - São os que possuem um sistema interno com uma espécie de barreira para que caso haja qualquer tipo de faísca ou descarga elétrica interna seja contida, evitando que se torne uma fonte de ignição para algum tipo de sinistro relacionado a incêndio (AUTOMATECH,2019).
- c) Melhorias das condições de trabalho em equipamentos de uso geral – Garantir que todas as máquinas e equipamentos de uso coletivo pelos trabalhadores atendam as normas de segurança necessárias para sua utilização bem como manter seu funcionamento durante a operação;
- d) Respeito ao conceito da falha segura - capacidade dos dispositivos de segurança de colocar a máquina em um estado que impeça o seu descontrole, prevenindo o incidente ou acidente (VENTURELLI,2019).
- e) Máquinas e equipamentos a prova de burla – Impedir que máquinas e equipamentos não operem caso o sistema de segurança como blocos, botões de emergência, guardas de proteção com intertravamento esteja desativado ou desabilitado.

Sua estrutura tem suporte em outras NR's e normas técnicas ABNT, com diferentes focos, como a NR7, que trata de Programas de Controle Médico de Saúde Ocupacional e a NBR-14009 que descreve procedimentos básicos, conhecidos como apreciação de riscos, pelos quais os conhecimentos e experiências de projeto, utilização, incidentes e danos relacionados a máquinas são considerados conjuntamente, com o objetivo de avaliar os riscos sobre a vida da máquina (SILVA,2019).

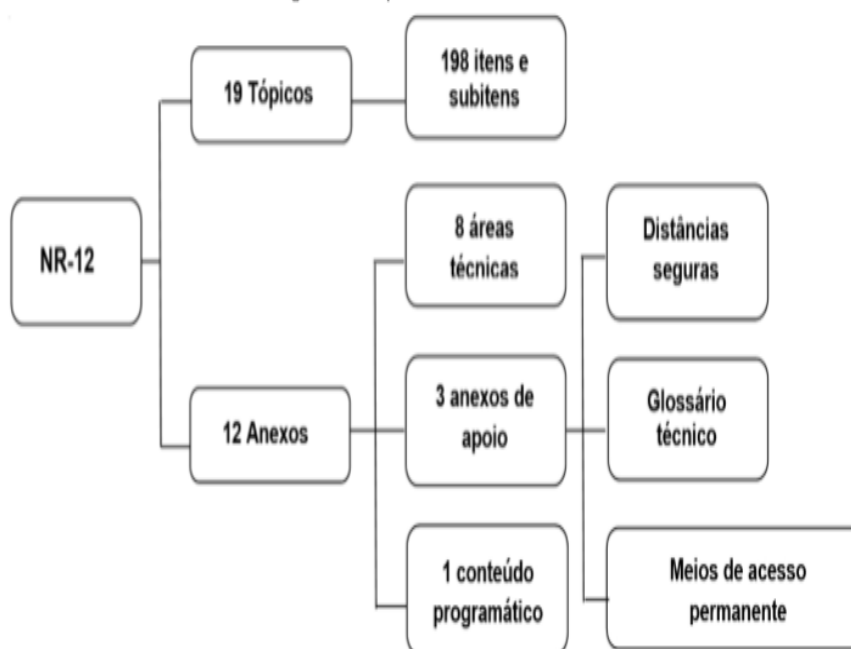
O corpo da Norma NR12 está representado na figura 1 e a estrutura da NR12 está representada na figura 2.

Figura 1 - Corpo da Norma NR-12



Fonte: <http://www.norminha.net.br/Arquivos/Arquivos/cartilha-nr12-view.pdf>

Figura 2 - Estrutura da Norma NR-12



Fonte: <https://pt.slideshare.net/dlessademiranda/apostila-nr-12>

## 2.5 TIPOS SISTEMAS DE SEGURANÇA DE MÁQUINAS

A norma regulamentadora NR12 é uma norma que diz não só sobre o projeto, mas como a utilização, construção, transporte, montagem, instalação, ajuste, operação, limpeza, manutenção, inspeção e desmonte da máquina, nova ou usada, ela também prevê que, apesar do rigor na concepção dos equipamentos e na capacitação da mão-de-obra, em algum momento haverá falha técnica ou humana, basicamente é a ideia de que quando o sistema de uma máquina falha, por qualquer motivo, deve-se iniciar um modo de “falha segura”. Isso significa que se o sistema falhar ele deve ativar uma situação segura, que não coloca em risco usuários e o sistema (JHM,2019).

Para que o estado seguro do sistema seja garantido mesmo se houver falha do equipamento, o mesmo deve ser equipado com sistemas de segurança adequados. De acordo com a Norma, as zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas caracterizados por proteções fixas, móveis e dispositivos de segurança interligados, que garantem proteção à saúde e integridade física do trabalhador.

Para isso são utilizados dispositivos comercialmente, selecionados de tal maneira que:

a) **Tenham categoria de segurança conforme análise de riscos prévia** que é a busca e investigação dos riscos que os sistemas envolvidos no equipamento em análise podem causar (RAGNA,2019).

b) **Estejam sob responsabilidade técnica de profissional habilitado** – Geralmente a análise é realizada por profissionais com experiência na área de manutenção de máquinas e equipamentos juntamente com o técnico de segurança do trabalho da empresa, em alguns casos e realizada a contratação de uma consultoria de NR12.

c) **Não possam ser burlados ou neutralizados** – Impedir que máquinas e equipamentos não operem caso o sistema de segurança esteja desativado ou desabilitado.

d) **Mantenham-se sob monitoramento automático, com exceção dos dispositivos exclusivamente mecânicos**- equipamentos elétricos devem ser monitorados para verificar se o sistema foi alterado ou possui alguma falha.

e) **Paralisem movimentos perigosos em situações de falha** - em todo movimento ou ultrapassagem em zona de risco o equipamento deve parar imediatamente para evitar acidentes ou danos a quem opera ou realiza algum tipo de manutenção na máquina ou equipamento.

### 2.5.1 Tipos de Proteções de Máquinas

Segundo SILVA (2019), proteção é um elemento que utiliza barreira física para prover segurança de quem opera uma máquina, dentre algumas de suas características estão:

- a) cumprir suas funções durante a vida útil da máquina;
- b) fixação firme;
- c) não criar pontos de esmagamento ou agarramento;
- d) ser construída com materiais resistentes e robustos;
- e) não possuir cantos vivos;
- f) resistir às condições ambientais do local;
- g) Proporcionar condições de higiene e limpeza;
- h) permitir intervenções necessárias;

As proteções são classificadas em:

**Proteções fixas** – Devendo ser mantida em sua posição de maneira permanente ou por meio de elementos de fixação que só permitam sua remoção ou abertura com uso de ferramentas específicas a figura 3 ilustra um tipo de proteção fixa utilizado para impedir o acesso a uma correia de transferência.

**Figura 3 - Proteção Fixa de Uma Correia de Transferência**



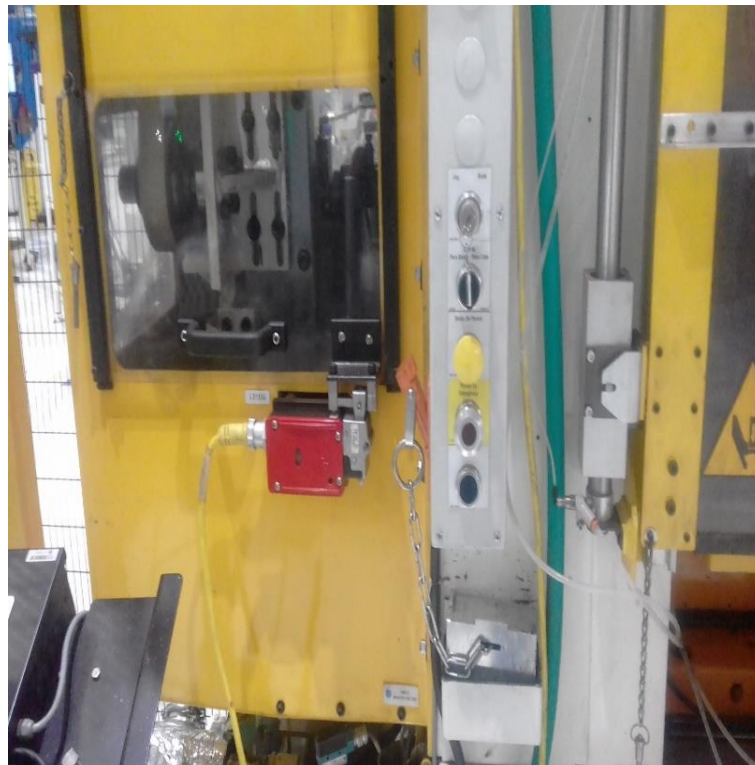
Fonte: Próprio Autor

**Proteções móveis** – Podem ser abertas sem o uso de ferramentas, e são geralmente ligadas à estrutura das máquinas ou a um elemento de fixação adjacente por elementos mecânicos. Normalmente, essa proteção está associada a algum dispositivo de intertravamento, pois caso a proteção seja aberta com a máquina em movimento um sinal de comando de parada deve ser enviado ao circuito de segurança. A figura 4 representa um tipo de sistema de correias de sincronismo de uma prensa.

Conforme disposto no item 12.45 da norma regulamentadora NR12, a máquina dotada de proteção móvel com dispositivo de intertravamento deve:

- a) Operar somente com proteções fechadas;
- b) Paralisar as funções perigosas quando as proteções forem abertas durante a operação;
- c) Garantir que o fechamento da proteção por si só não possa dar início às funções perigosas da máquina.

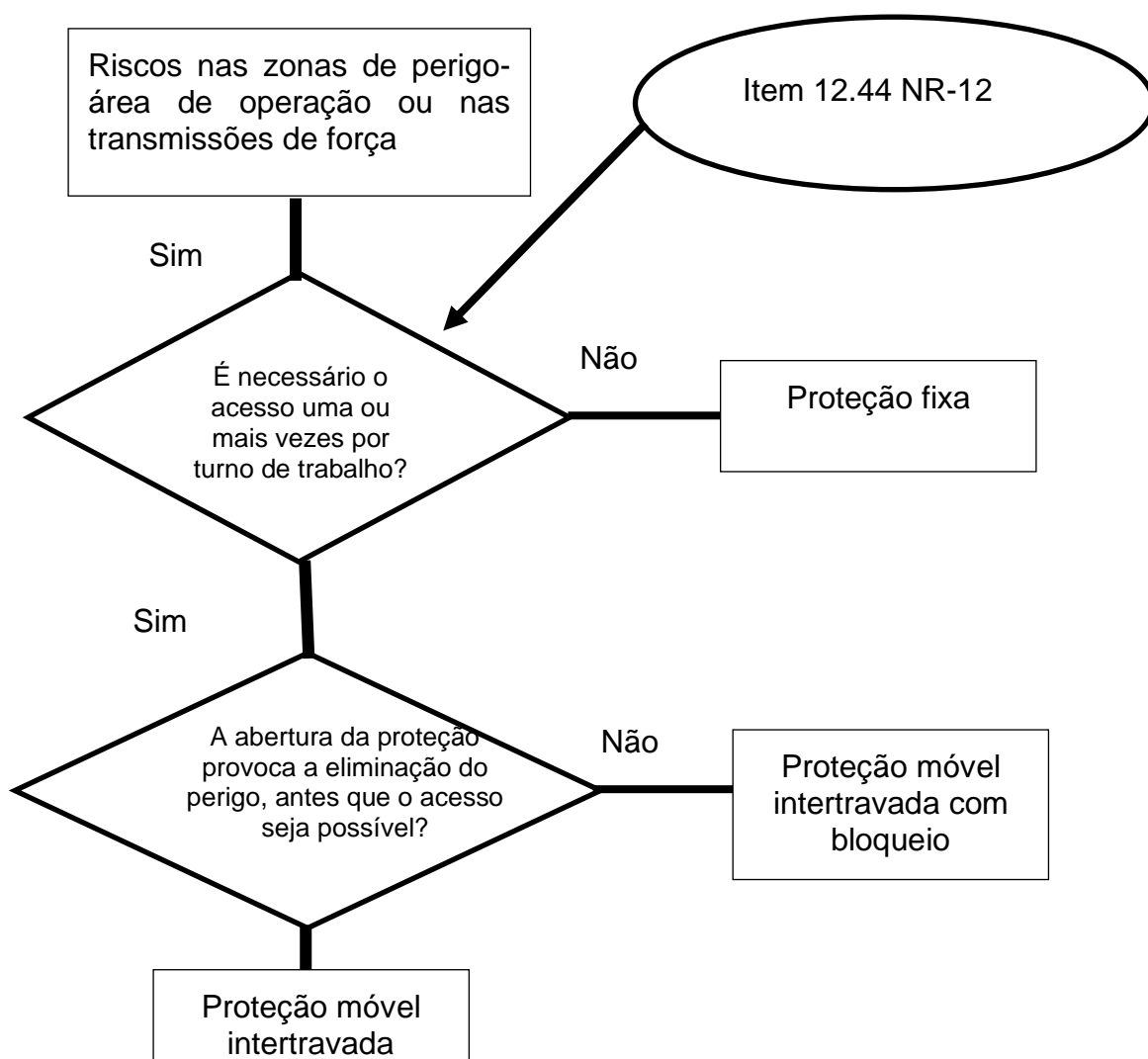
**Figura 4 - Proteção Móvel de um Sistema de Correias de Sincronismo.**



**Fonte: Próprio Autor**

Para a escolha de uma proteção fixa ou móvel é seguido o fluxograma a seguir da figura 5:

**Figura 5 - Fluxograma Para a Escolha de uma Proteção Fixa ou Móvel**



**Fonte: Qualynorte consultoria e treinamento Ltda.**

No caso com bloqueio, o fenômeno perigoso requer um intervalo de tempo antes de ser eliminado, ou seja, a abertura imediata da proteção permite acesso a partes da máquina em movimento. Este bloqueio pode ser condicional, onde o desbloqueio ocorre apenas sob certas condições, ou incondicional, onde o desbloqueio ocorre a qualquer tempo, mas com uma restrição: o perigo deve ser eliminado antes do desbloqueio da barreira, devendo respeitar o item 12.46 da Norma regulamentadora NR12 que diz:

- a) Permitir a operação somente com a proteção fechada e bloqueada;
- b) Manter a proteção fechada e bloqueada enquanto não forem eliminados os riscos de lesão devido aos movimentos perigosos;
- c) Garantir que o fechamento e bloqueio não habilite às funções perigosas da máquina.

No caso de prensas ou similares, as proteções são: ferramenta fechada (figura 6) e enclausuramento da zona de prensagem (figura 7).

Ambos permitem o ingresso de material por meio de frestas, mas não dos membros superiores, como mãos e dedos, não devendo criar riscos adicionais.

**Figura 6 - Sistema de Proteção de Prensas por Ferramenta Fechada**



Fonte: Próprio Autor

**Figura 7 - Sistema de Proteção de Prensas por Enclausuramento da Zona de Prensagem**

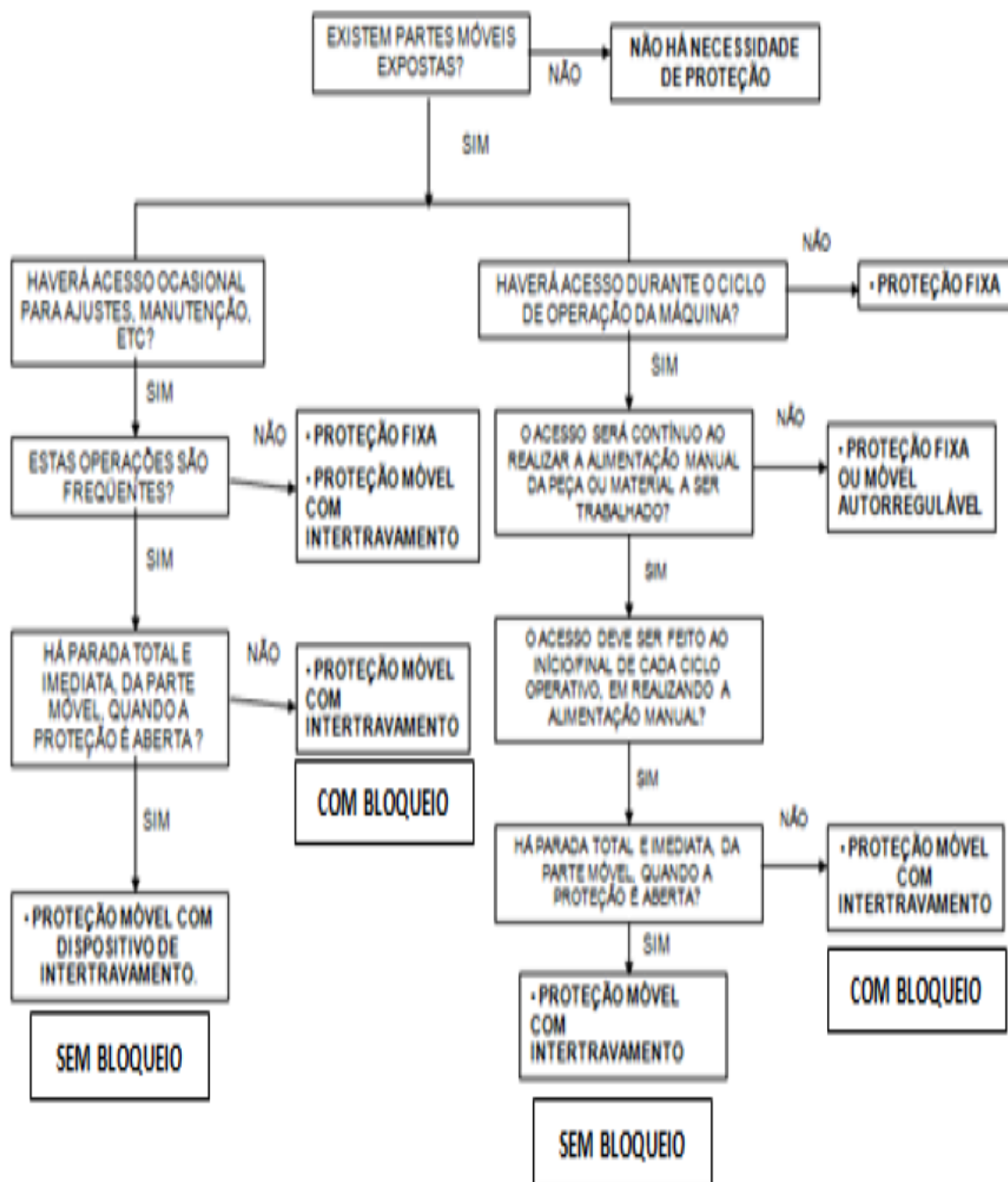


Fonte: Próprio Autor

A seleção do tipo de proteção a ser utilizado segue um diagrama (figura 8), que considera o acesso às zonas de perigo da máquina. Há empresas com seus próprios esquemas de seleção de proteção, realizado por meio de melhoria contínua do equipamento, mas embasados no esquema de princípios básicos de proteção de máquinas (ALVES,2015).



Figura 8 - Diagrama do Tipo de Proteção a ser Utilizado Considerando Zonas de Perigo



Fonte: ADAD, B. C. B. Princípios básicos de proteção de máquinas. Curitiba: Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial – PR, 2012.

### 2.5.2 Tipos de Dispositivos de Segurança de Máquinas

Dispositivos de segurança são componentes interligados ou associados a uma proteção, com a finalidade de reduzir os riscos de acidentes e de outros problemas ligados à saúde. Segundo o item 12.42 da norma regulamentadora NR12, esses dispositivos de segurança são classificados em:

- a) Comandos elétricos ou interfaces de segurança;
- b) Dispositivos de intertravamento;
- c) Sensores de segurança;
- d) Válvulas e blocos de segurança;
- e) Dispositivos mecânicos;
- f) Dispositivos de validação.

### 2.5.3 Dispositivos de Interfaces de Segurança de Máquinas e CLP Zélio soft.

As interfaces de segurança são dispositivos responsáveis por realizar o monitoramento, verificando a interligação, posicionamento e funcionamento de outros dispositivos do sistema e impedir a ocorrência de falha que provoque a perda da função de segurança (SILVA,2019). Os principais exemplos são os relês de segurança (figura 9), controladores lógico programáveis (CLP) de segurança e controladores configuráveis, equipamentos eletrônicos que supervisionam circuitos e outros dispositivos de segurança de máquinas e apresentam características essenciais a um elemento de segurança, com redundância, técnica que consiste em implementar mais de uma vez o mesmo componente no sistema de segurança (ALVES,2015).

**Figura 9 - Relé de Segurança Rockwell**



Fonte: [https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br003\\_-pt-p.pdf](https://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br003_-pt-p.pdf)

Entretanto, a finalidade do relé de segurança é limitada a apenas a equipamentos que possuem apenas um dispositivo de segurança. Se tratando de processos mais complexos como é o caso da indústria, existe a necessidade de um CLP de segurança zélio da Schneider electric (figura 10) um tipo especial de computador muito utilizado não somente na indústria, mas em controles de máquinas e processos em diferentes aplicações. Sendo um computador, este dispositivo compartilha termos comuns de um PC, pois ele é composto por uma CPU (Central Processing Unit ou processador), memória RAM (memória de leitura e gravação) e ROM (memória de apenas leitura) e portas de comunicação (COMs) (BERTULUCCI,2019).

**Figura 10-CLP Zélio**



**Fonte:** <https://www.google.com.br/search?q=clp+zelio+soft&>.

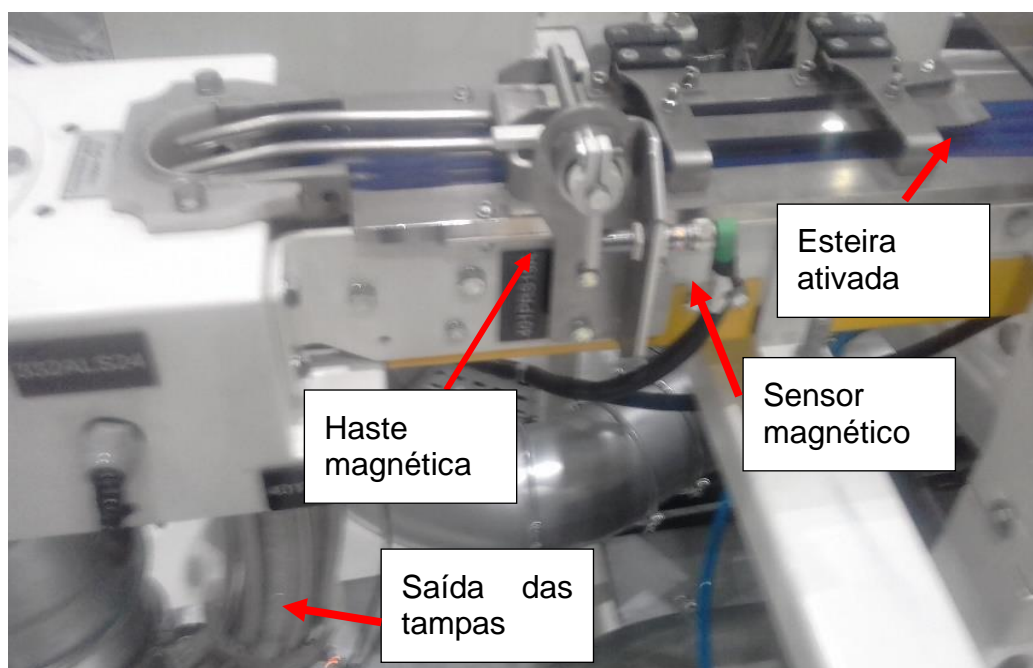
#### 2.5.4 Tipos de Dispositivos de Intertravamento de Máquinas

Dispositivos de intertravamento possuem como finalidade principal impedir o funcionamento da máquina sob condições específicas, como por exemplo no caso de prensas, a proteção móvel aberta ou o calço de segurança dentro da máquina impede que a prensa feche o circuito para funcionamento. Os tipos de dispositivos de intertravamento são:

**Sensores de segurança** – são dispositivos detectores de presença, mecânicos ou não-mecânicos, que atuam quando algo ou alguém adentra alguma zona de perigo e monitoram a posição de algum elemento, como uma porta de segurança. Ao serem atuados, enviam um sinal interrompendo ou impedindo o início de funções perigosas. Há uma gama considerável de tipos desses sensores dentre os quais podemos citar os sensores indutivos, também conhecidos como sensores de proximidade, são dispositivos eletrônicos para o ambiente industrial na detecção de

partes e peças metálicas não só de ferro ou aço, como também alumínio, latão e aço inox (ENGEREY,2019). A figura 11 representa a aplicação do sensor indutivo em um sistema de esteira por onde saem as tampas de alumínio conformadas na prensa de formação, caso ocorra alguma oscilação da haste magnética encostada no sensor devido a um atraso no sistema de transporte das tampas ou levantamento manual da haste para inspeção de qualidade a esteira será desativada.

**Figura 11 - Sensor de Segurança do Tipo Indutivo Feste Utilizado para Desativar a Esteira em Movimento Caso Haja Alguma Oscilação na Haste Magnética.**



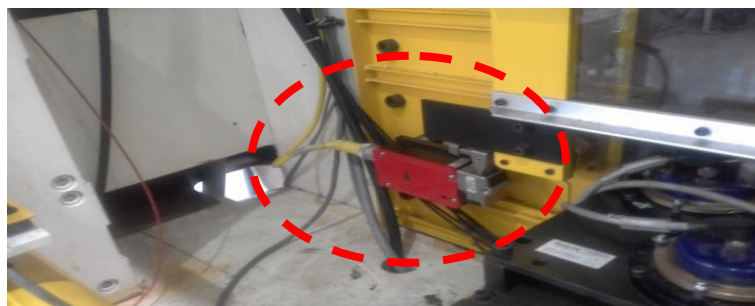
Fonte: Próprio Autor

**Chaves de segurança eletromecânicas** - São componentes normalmente utilizados em proteções mecânicas móveis que atuam por ruptura positiva, ou seja, os interruptores possuem contatos normalmente fechados e ainda que haja algum imprevisto, como colagem de contatos, o circuito de segurança é interrompido. Devem ainda garantir que mesmo o desgaste físico ou alguma tentativa de burla leve sempre a máquina ao estado seguro, não permitindo a abertura da proteção da máquina com esta operação (ALVES,2015).

Existe ainda outros tipos de chave de segurança: a chave magnética (figura 12) onde há dois elementos magnéticos, um fixo e um conectado junto à proteção móvel, o que elimina problemas de alinhamento e vibrações já a chave de bloqueio é

acionada por um solenoide que, em conjunto com os sinais de controle da máquina, não permite a abertura da barreira enquanto houver movimentos perigosos.

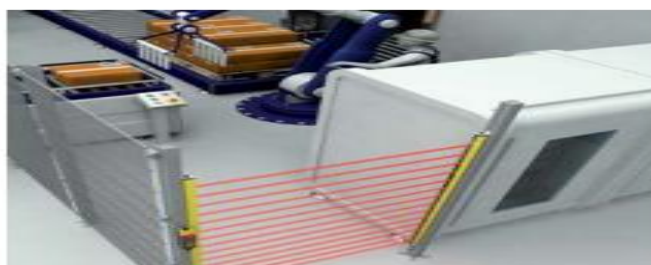
**Figura 12 - Chave de Segurança do Tipo Magnética Rockwell**



Fonte: Próprio Autor

**Cortinas de luz** – segundo BRADLEY (2019), são dispositivos opto-eletrônicos de segurança, detectores de presença, que identificam um objeto no campo de detecção da cortina de luz. Costumam ser usados em aplicações de proteção de máquinas para detectar a presença do dedo, mão, membro ou corpo de uma pessoa. Também chamadas de AOPDs (Dispositivos de proteção ativa optoeletrônica), as cortinas de luz oferecem uma segurança ideal. Elas são ideais para aplicações nas quais o pessoal necessita de acesso fácil e frequente a um ponto de perigo de operação. A figura 13 representa uma cortina de luz em uma área de enclausuramento composta por um robô manipulador.

**Figura 13 - Cortina de Luz Schmersal**



Fonte: <http://www.schmersal.com.br/seguranca/produto/cortinas-e-grades-de-luz>

**Tapetes de segurança** – É um dispositivo de segurança utilizado ao redor da zona de perigo da máquina que quando acessado produz um curto-circuito de segurança interrompendo o perigo sendo necessário reiniciar o equipamento manualmente pelo painel principal. Sua construção consiste em duas placas metálicas separadas por

tiras isolantes. A figura 14 representa um tipo de tapete de segurança muito utilizado na área de acesso a prensas.

**Figura 14 - Tapete de Segurança Schmersal**



Fonte: <http://www.schmersal.com.br/seguranca/produto/tapetes-de-seguranca>

**Scanners** - Segundo Alves (2015, p.32) Scanners (figura 15), são dispositivos que monitoram uma área livremente programada utilizando um equipamento que transmite e recebe sinais optoeletrônicas indicando se o espaço monitorado foi invadido. Caso isso ocorra, a luz infravermelha emitida é refletida de forma difusa para o aparelho. Nesta situação, o atuador é paralisado e só atua caso a área seja evacuada e um novo comando de partida seja dado.

**Figura 15 - Scanner de Segurança Sick**



Fonte: <https://www.sick.com/br/pt/equipamentos-de-seguranca-optoeletronicos/scanner-de-seguranca-a-laser/microscan3-pro/c/g295660>

### 2.5.5 Válvulas e Blocos de Segurança de Máquinas

As válvulas de segurança são produtos que proporcionam o equilíbrio da pressão e por consequência auxiliam na segurança. Por isso, são constantemente utilizadas em diversos setores industriais. As válvulas de segurança são calibradas com uma pressão já dimensionada no projeto de construção do equipamento,



quando a pressão se eleva mais do que deveria, ou seja, mais do que a pressão que foi calibrada, elas se abrem e realizam o alívio dessa pressão. Quando a pressão diminui, elas se fecham automaticamente, sem que necessite de intervenção (ACEPIL,2019). A figura 16 mostra o desenho em seção transversal de uma válvula de segurança.

Figura 16 - Seção Transversal de uma Válvula de Segurança



Fonte: Alves, Luís

Blocos de segurança - São adequados a sistemas hidráulicos, como prensas, e pneumáticos, como martelos de queda pneumáticos, ambos com alta quantidade de movimento. Por exemplo, o cilindro hidráulico de uma prensa oferece risco de esmagamento a membros do operador, risco deve ser sinalizado. Segundo a Norma regulamentadora NR12 item 4 (subitens 4.3, 4.3.2, 4.3.4 e 4.3.5), esse tipo de equipamento deve possuir rearme manual associado ao elemento de segurança, instalado para prevenir acionamentos involuntários em caso de falha, e válvula de retenção para impedir a queda do martelo se o bloco de segurança falhar a figura 17 representa um bloco de segurança muito utilizado em prensas hidráulicas.

Figura 17 - Bloco de Segurança de uma Prensa Minster



Fonte: Próprio Autor

### 2.5.6 Dispositivos Mecânicos de Máquinas

De acordo com o item 12.42 da NR12, são enquadrados como elementos mecânicos de segurança: dispositivos de retenção, limitadores, separadores, empurradores, inibidores, refrateis e outros componentes de funcionamento similar. Um exemplo muito utilizado em prensas e similares é o calço de segurança (figura 18). Eles foram projetados para retenção mecânica em prensas e outras máquinas de operação no sentido vertical e com possibilidade de queda, travando o martelo de queda durante ajuste, manutenção ou troca de ferramenta da máquina. É aconselhável utilizar um dispositivo de intertravamento, permitindo o acionamento da máquina após o calço retornar a sua posição de origem. Dispositivos de retenção são obrigatórios, dotados de algum dispositivo eletromecânico que impeça o funcionamento da máquina enquanto estiverem atuando e identificados corretamente.

**Figura 18 - Calço de Segurança de uma Prensa Minster**



**Fonte: Próprio Autor**

### 2.5.7 Dispositivos de Validação de Máquinas

Dispositivos de validação são dispositivos de comando operados manualmente que permitem um operador entrar em uma área de risco com funções perigosas sendo executadas, apenas enquanto está segurando o elemento de habilitação na posição acionada. Quando um operador utiliza um console de mão simples para realizar uma manutenção ou setup de máquina ou equipamento, um movimento inesperado pode colocá-lo em risco, e nessa situação, instintivamente o



trabalhador pode soltar ou pressionar fortemente o console. Uma chave de habilitação (figura 19) é um dispositivo utilizado como controle de mão que opera através de três posições, pelo motivo descrito anteriormente: não pressionada, pressionada para a posição intermediária, e pressionada além da posição intermediária. Elas estão desligadas quando não são pressionadas ou quando fortemente pressionadas e apenas ligam quando apertadas levemente. Dessa forma, o trabalhador consegue adentrar a zona de perigo com as proteções abertas para alguma operação não regular habilitando essa chave e depois pressionando-a fortemente para desabilitá-la. Ao passar da posição 3 para a 1, o dispositivo não pode ser habilitado quando atravessa a posição 2. Para garantir a função de segurança, essa chave pode ser combinada com circuitos e interfaces de segurança (ALVES,2015).

**Figura 19 - Chave de Habilitação**



**Fonte: Próprio Autor**

#### 2.5.8 Dispositivos de Parada de Emergência de Máquinas

Dispositivos de parada de emergência são utilizados para levar uma máquina a um estado de operação segura, dentro do menor tempo possível sem ferir pessoas, danificar a máquina ou afetar o meio-ambiente (SCHNEIDER,2019).

Os itens 12.56 ao 12.63 da NR-12 contêm mais detalhes sobre esses elementos, que podem ser do tipo chave de acionamento por cabo ou botão de parada de emergência (figura 20), caso mais utilizado em indústrias, onde o botão deve ser vermelho, ter formato semelhante ao de um cogumelo e com base amarela. Os dispositivos de emergência devem ser facilmente visíveis e acessíveis, presentes em locais onde uma parada seja necessária e onde os operadores possam operá-la sem exposição a riscos. O sistema volta a funcionar normalmente após as condições de segurança serem restabelecidas por um funcionário autorizado.

**Figura 20 - Painel com Botão de Parada de Emergência**



Fonte: Próprio Autor

### 3 ANÁLISE DE RISCOS, AVALIAÇÃO DE RISCOS E APRECIÇÃO DE RISCOS DE MÁQUINAS

Para se evitar um acidente de trabalho, é necessário analisar os riscos envolvidos na máquina ou equipamento, usando as habilidades de um profissional utilizando critérios normatizados e incluindo na análise possibilidades reais. A NR-12 define critérios para realizar uma análise de riscos que atenda as especificações da sua norma para isso e necessário entender as seguintes definições:

**Análise de Risco** - Combinação da especificação dos limites da máquina, identificação dos perigos e estimativa dos riscos (DOUGLAS,2019).

**Avaliação de Risco** - Julgamento com base na análise de risco, do quanto os objetivos de redução de risco foram atingidos (DOUGLAS,2019).

**Apreciação do Risco** - Processo completo que compreende a análise de risco e avaliação de risco (DOUGLAS,2019).

A diferença é sutil, mas pode ser utilizado como referência o gráfico da figura 21 para melhor compreensão.

**Figura 21- Estágios da Apreciação de Riscos**



Fonte: <https://www.nr12semsegredos.com.br/passos-analise-de-risco-atender-nr12/>

### 3.1 DETERMINAÇÃO DOS LIMITES DA MÁQUINA

Para se determinar os limites das máquinas alguns fatores devem ser levados em consideração tais como:

**Limites de uso** – Que podem ser os Diferentes modos de operação, Manutenção da máquina (desgaste e mau uso), Tipo de utilização se é industrial ou residencial, Identificação do operador como gênero, idade, mão de uso dominante, e se possível utilização por pessoas com habilidades reduzidas (visual, auditiva, tamanho, força e outras), Nível de treinamento, habilidade e experiência necessário para utilização e manutenção e Exposição de outras pessoas aos perigos relacionadas à máquina que sejam razoavelmente previsíveis (DOUGLAS,2019).

1.1.1 **Limites de espaço** – Consistem em Movimentos da máquina, espaços de uso do operador e manutenção. Tipo de interação do operador à máquina e Conexões de energia (elétrica, hidráulica, mecânica) (DOUGLAS,2019).

1.1.2 **Limites de tempo** – Considera a Vida útil da máquina ou equipamento no seu curso normal ou mau uso razoavelmente previsível e Intervalos em que se é realizada as manutenções do equipamento (DOUGLAS,2019).

1.1.3 **Outros fatores que podem determinar os limites** – tipos de materiais e matéria prima processados, limpeza e manutenção diária do equipamento, organização do trabalho, ambiente (umidade, particulados, altitude, agentes químicos e outros) (DOUGLAS,2019).

### 3.2 IDENTIFICAR OS PERIGOS E RISCOS

Segundo ALVES (2015, p.39), os perigos são a origem de toda situação de risco, e a exposição de qualquer pessoa envolvida no processo produtivo pode levar a uma ocorrência não programada que ocasiona lesões ou perdas materiais ou humanas: é o acidente. Portanto, todas as pessoas relacionadas direta ou indiretamente ao processo e todas as condições perigosas devem ser corretamente identificados, de modo a avaliá-las e encontrar a melhor maneira de se evitar que o acidente ocorra novamente.

Esses fenômenos possuem diversas origens: mecânicos, elétricos, térmicos e químicos,

A Tabela 1 mostra alguns dos perigos existentes para a área mecânica sujeita a situações perigosas, que segundo a norma ABNT NBR ISO 12100, esses perigos especificados são situações causadoras de perigos e eventos de perigos que devem ser levados em consideração no momento da identificação de riscos e perigos existentes nas máquinas analisadas.

**Tabela 1 – Exemplos de Perigos, Situações Perigosas e Eventos Perigosos. Perigos Mecânicos**

<b>EXEMPLOS DE PERIGOS, SITUAÇÕES PERIGOSAS E EVENTOS PERIGOSOS (ABNT NBR ISO 12100)</b>	
<b>PERIGOS MECÂNICOS</b>	
<b>ORIGEM</b>	<b>POTENCIAIS CONSEQUÊNCIAS</b>
Aceleração, desaceleração;	Atropelamentos;
Cantos vivos;	Arremessos;
Aproximação de um elemento móvel a uma parte fixa;	Esmagamentos;
Corte de peças;	Corte e mutilação;
Elementos elásticos;	Segurar e prender;
Queda de objetos;	Enroscar
Gravidade;	Fricção e abrasão;
Altura a partir do solo;	Impacto;
Alta pressão;	Injeção;
Instabilidade;	Raspagem;
Energia cinética;	Escorregamento, tropeço e queda;
Mobilidade da máquina;	Perfuração;
Elementos móveis;	Sufocamento.
Elementos rotativos;	
Superfície.	

Fonte: ABNT NBR ISO 12100.

### 3.3 ESTIMATIVA DO RISCO DA MÁQUINA

Segundo Douglas (2019), o risco associado a uma situação perigosa depende de fatores como:

- Gravidade do dano no caso de um acidente
- Probabilidade de ocorrência (exposição, ocorrência do perigo e possibilidade de evitar).

O método que será utilizado neste trabalho para se fazer a estimativa do risco da máquina será HRN (Hazard Rating Number) em português seria algo como Valor de Classificação de Risco esse método está descrito na norma NBR 14009. O HRN expressa em valor numérico o risco para um determinado perigo/situação, desta forma podemos transformar a medida qualitativa em quantitativa, ou seja, um número.

Para conseguir chegar no HRN de uma situação perigo devemos calcular seguindo a seguinte fórmula:

$$\text{HRN} = \text{PO} \times \text{FEx} \times \text{GPH} \times \text{NP}$$

considerando-se:

- (PO) à Probabilidade de Ocorrência do Dano (tabela 2).

**Tabela 2 – Relação da Probabilidade de Ocorrência do Dano Relacionado com seu Valor Numérico**

<b>1</b>	<b>Probabilidade de Ocorrência</b>		<b>(LO)</b>
	0,033	Quase impossível	Pode ocorrer em circunstâncias extremas
	1	Altamente improvável	Mas pode ocorrer
	1,5	Improvável	Embora concebível
	2	Possível	Mas não usual
	5	Alguma chance	Pode acontecer
	8	Provável	Sem surpresas
	10	Muito provável	Esperado
	15	Certeza	Sem dúvida

Fonte: <https://www.utilidades.eng.br/partilhando-conhecimentos/textos-para-leitura.aspx>

A tabela 3 nos mostra a Relação à Frequência de Exposição ao Perigo/Risco (FE), Gravidade da Possível Lesão (GPD) e Número de Pessoas Expostas (NP).

**Tabela 3- Relação da Frequência da Exposição, Grau da Possível Lesão e Número de Pessoas sob Risco**

<b>2</b>	<b>Frequência da Exposição</b>	<b>(FE)</b>
	0,5	Anualmente
	1	Mensalmente
	1,5	Semanalmente
	2,5	Diariamente
	4	Em termos de hora
	5	Constantemente
<b>3</b>	<b>Grau da Possível Lesão</b>	<b>(DPH)</b>
	0,1	Arranhão / Escoriação
	0,5	Dilaceração / corte / enfermidade leve
	1	Fratura leve de ossos - dedos das mãos / dedos dos pés
	2	Fratura grave de ossos - mão / braço / perna
	4	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés
	8	Amputação de perna / mão, perda parcial da audição ou visão.
	10	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou mãos.
	12	Enfermidade permanente ou crítica
	15	Fatalidade
<b>4</b>	<b>Número de Pessoas sob Risco</b>	<b>(NP)</b>
	1	1 - 2 pessoas
	2	3 - 7 pessoas
	4	8 - 15 pessoas
	8	16 - 50 pessoas
	12	Mais do que 50 pessoas

Com base nos valores e nas variáveis pré-estabelecidas podemos chegar ao valor que determina o nível de risco mínimo e máximo de uma máquina ou equipamento avaliado pelo método HRN (UTILIDADES,2019). A tabela 4 mostra o grau e o range de perigo que pode ser calculado.

**Tabela 4- Tabela de Grau de Risco Calculado**

<b>Tabela de Grau de Risco calculado</b>		
HRN	Risco	Comentário
0 - 1	<b>Raro</b>	Apresenta um nível de risco muito pequeno
1 - 5	<b>Baixo</b>	Apresenta um nível de risco a ser avaliado
5 - 50	<b>Atenção</b>	Apresenta riscos em potencial
50 - 100	<b>Significativo</b>	Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de uma semana
100 - 500	<b>Alto</b>	Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança no prazo máximo de um dia
> 500	<b>Extremo</b>	Apresenta riscos que necessitam de medidas de segurança imediata

Fonte: <https://www.utilidades.eng.br/partilhando-conhecimentos/textos-para-leitura.aspx>.

Por meio do cálculo do HRN temos um intervalo de risco de 0,00165 a 13500 onde o primeiro apresenta o nível de risco mais baixo possível e o segundo representa o nível de risco mais alto possível. Caso esse resultado seja relevante sistemas de proteção devem ser adotados segundo a NBR 14153 referenciados na norma NBR ISO 12100. Esse sistema consiste em três parâmetros que são:

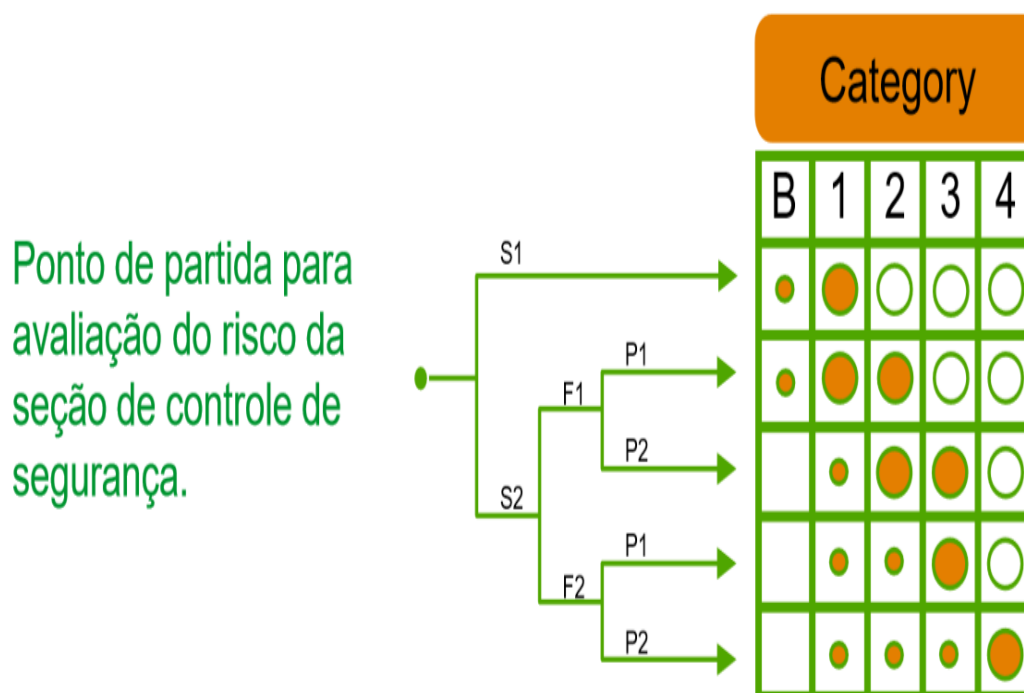
a) Severidade do ferimento (s1 e s2), onde s1 é representado por ferimentos leves, reversíveis que se recuperam a curto prazo como é o caso de cortes simples e abrasão e s2 que são lesões graves como e o caso de cortes profundos e mutilações.

b) Frequência ou duração de exposição ao perigo (F1 e F2), consistem em o tempo de permanência na zona de perigo onde F1 é para baixo tempo de exposição ao perigo e o F2 é para exposição frequente ao perigo ou por longos tempos de exposição.

c) Possibilidade de evitar o perigo ou limitar os danos (P1 e P2) Referem-se geralmente à velocidade e a frequência com a qual a peça analisada se movimenta e a sua distância com relação ao operador. Onde P1 é possível sob certas condições e P2 praticamente impossível (GRANO,2019).

Após determinar um índice para cada parâmetro, a combinação entre os índices resulta em uma categoria de risco para a máquina, que pode ser B, 1, 2, 3 ou 4, sendo B a categoria mais básica de segurança e 4, a mais complexa, exigida para equipamentos onde há situações de risco muito relevantes. A matriz representada pela Figura 22 esclarece como é feita a classificação (ALVES,2019).

Figura 22 - Matriz de Categoria de Risco





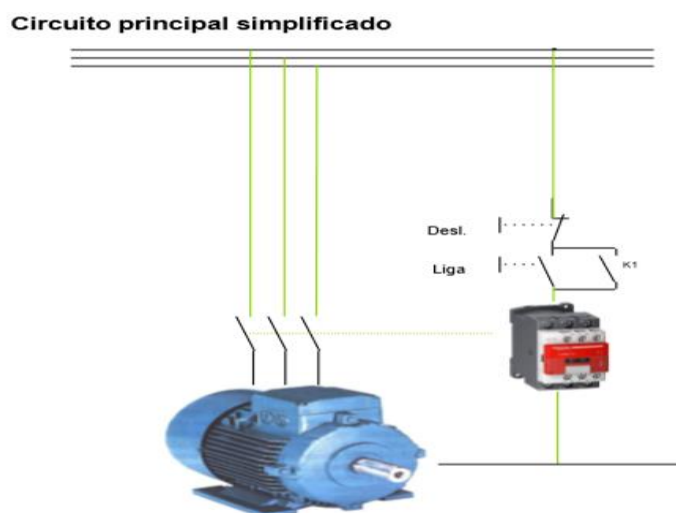
### 3.4 CATEGORIAS DE RISCO DA MÁQUINA

Após se realizar as estimativas dos riscos por meio do cálculo HRN e de se verificar a categoria dos riscos por meio da matriz e decido qual o melhor sistema será adotado pelo equipamento para se evitar acidentes por isso eles são divididos em 5 categorias a quais são:

**Categoria B-** As peças relacionadas com a segurança das máquinas, seu controle e seu equipamento de segurança e todos componentes, devem ser projetados, construídos, selecionados e combinados de acordo com as normas em vigor, de forma a resistir às influências esperadas. A característica dessa categoria e que uma falha pode levar à perda da função de segurança dependendo do risco pode ou não ser aceitável o circuito característico dessa categoria e composto por componentes como por exemplo relés convencionais em circuitos (GRANO,2019).

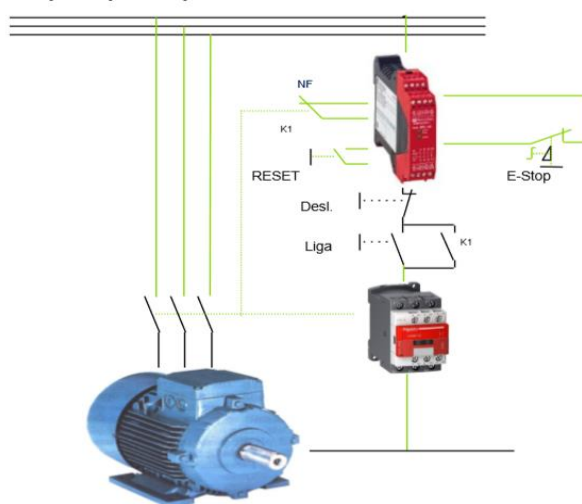
**Categoria 1-** As exigências da categoria B devem ser satisfeitas com a aplicação de componentes de segurança com tecnologia confiável como descrito na categoria B, mas com maior confiabilidade nas funções relativas à segurança (GRANO,2019). A figura 22 mostra um exemplo de circuito categoria 1 simplificado.

**Figura 23 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 1 Simplificado**



**Categoria 2** - As exigências da categoria B devem ser satisfeitas e tecnologia de segurança confiável deverá ser usada. As funções de segurança deverão ser testadas em adequados intervalos de tempo pelo controle da máquina. Uma falha pode levar à perda da função de segurança entre os testes (GRANO,2019). A perda é detectada pelo teste a figura 24 apresenta o circuito simplificado.

**Figura 24 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 2 Simplificado**

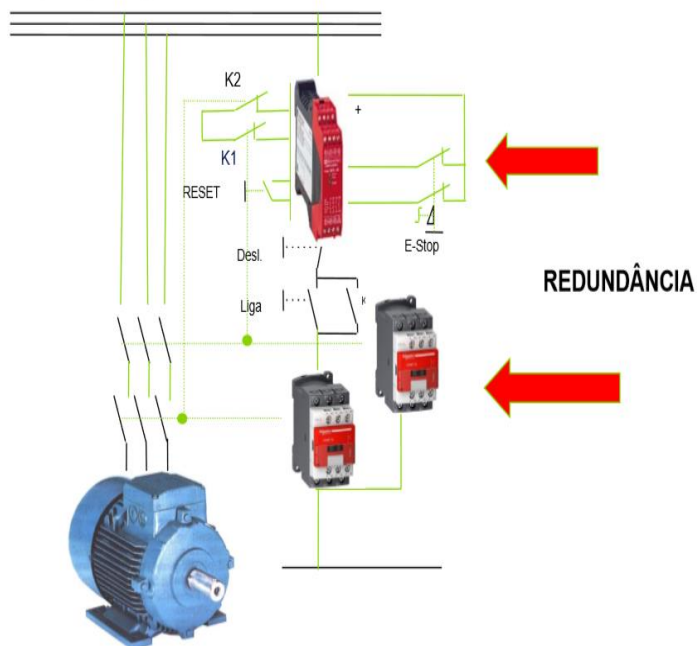


Fonte: [https:// www.ciesp.com.br/limeira/2015/02/Safety-2015-jan-versao-clientes.pdf](https://www.ciesp.com.br/limeira/2015/02/Safety-2015-jan-versao-clientes.pdf)

Existem também as categorias 3 (figura 25) e 4 (figura 26) a primeira exige desempenhos bons dos sistemas de segurança e utilizam interfaces de segurança e circuitos redundantes mais que com acúmulos de falhas como um curto circuito podem falhar já a categoria 4 segundo Grano (2019) é quando as partes dos sistemas de comando relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que: a) uma falha isolada em qualquer dessas partes relacionadas à segurança não leve à perda das funções de segurança, e b) a falha isolada seja detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança, como, por exemplo, imediatamente, ao ligar o comando, ao final do ciclo de operação da máquina. Se essa detecção não for possível, o acúmulo de defeitos não deve levar à perda das funções de segurança.

**Figura 25 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 3 Simplificado**

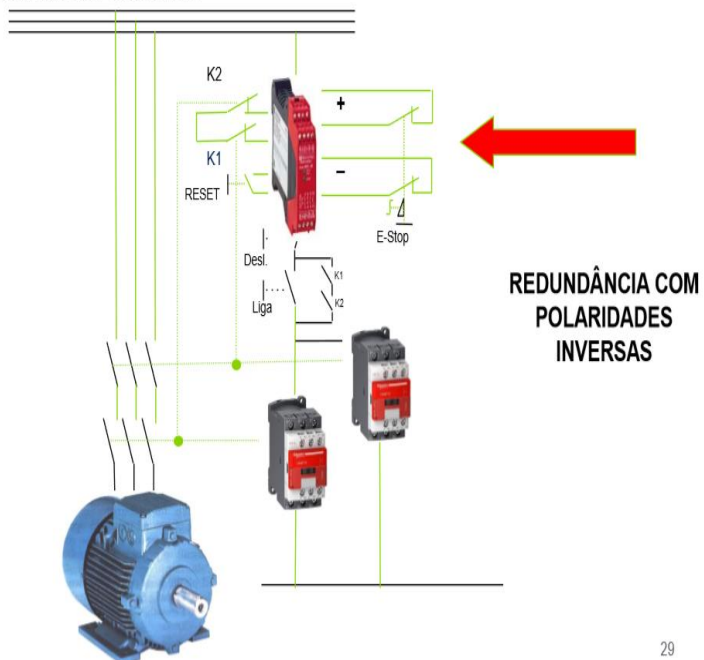
Circuito principal simplificado



Fonte: [https:// www.ciesp.com.br/limeira/2015/02/Safety-2015-jan-versao-clientes.pdf](https://www.ciesp.com.br/limeira/2015/02/Safety-2015-jan-versao-clientes.pdf)

**Figura 26 – Diagrama do Circuito Principal Categoria 4 Simplificado**

Circuito principal Simplificado



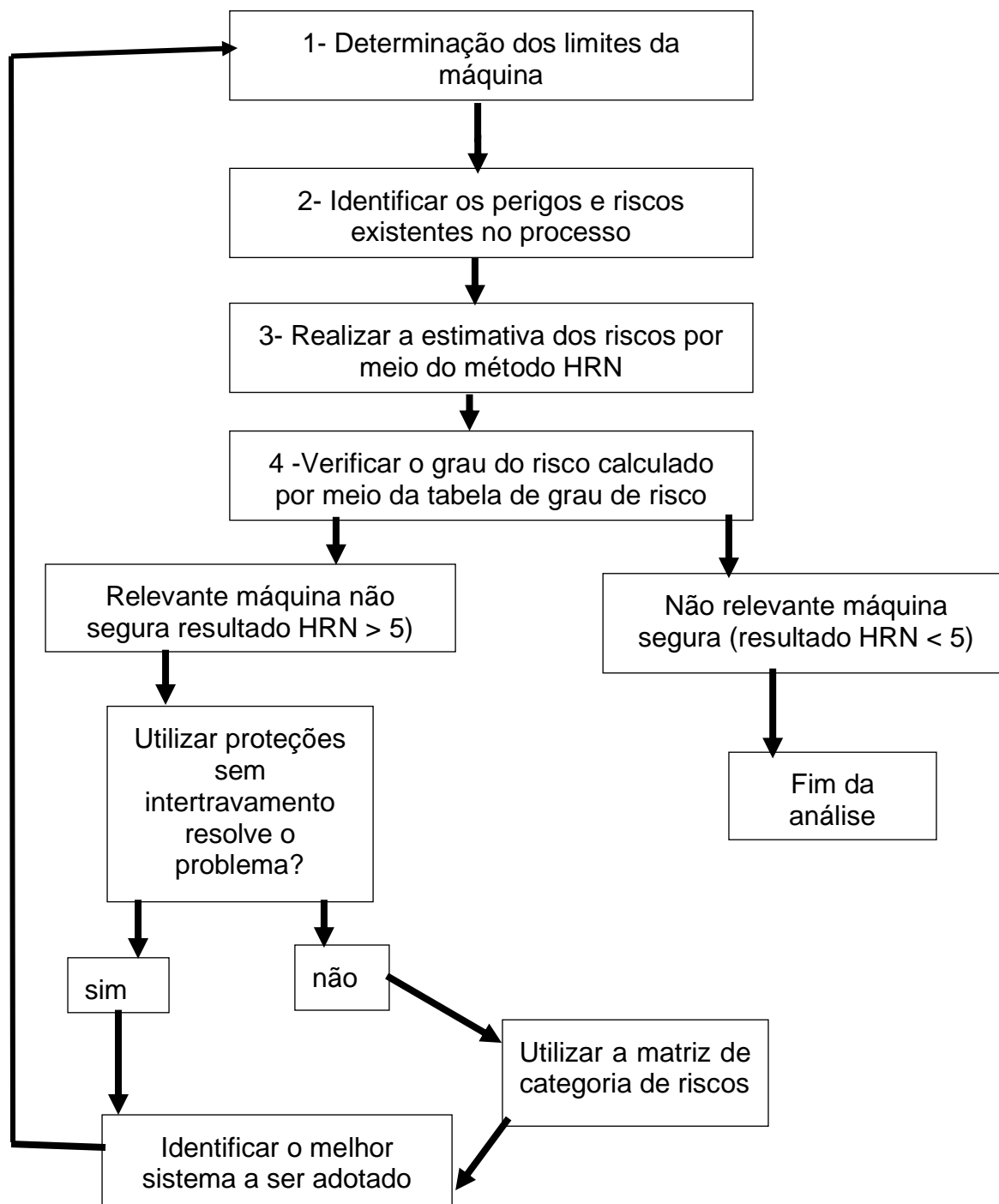
29

Fonte: [https:// www.ciesp.com.br/limeira/2015/02/Safety-2015-jan-versao-clientes.pdf](https://www.ciesp.com.br/limeira/2015/02/Safety-2015-jan-versao-clientes.pdf)

## 4 METODOLOGIA

A metodologia deste trabalho consiste em apresentar uma forma esquemática para se realizar a avaliação dos riscos inerentes ao processo que será apresentado no estudo de caso. A figura 27 apresenta um fluxograma da análise de riscos que será utilizada.

Figura 27 – Fluxograma da Análise de Riscos Utilizada no Estudo de Caso.



Fonte: Próprio Autor

1- Para a determinação dos limites da máquina, foram realizados levantamentos considerando os limites de uso que são realizados pela manutenção e pelos mecânicos do processo, bem como idade e experiência no processo em questão. Para determinar os limites de espaço foi realizado uma vistoria em todo o processo produtivo para se fazer o levantamento do leiaute do processo, bem como a disposição das máquinas e de que maneira os movimentos da máquina se interagem com o meio (operador, manutenção etc.). Para os limites de tempo foram levantadas questões como o tempo de vida útil do equipamento que pode variar de acordo com o período de realização da manutenção e troca de peças e componentes com desgaste. Outros fatores que podem determinar os limites estão a limpeza do equipamento e o material de uso, o alumínio que é a matéria prima predominante no processo.

2- Na etapa para se identificar os perigos e riscos existentes no processo foram levados em consideração cada parte do equipamento. Foram realizados os levantamentos dos perigos previsíveis, situações perigosas e eventos perigosos que podem ocorrer durante o uso da máquina, conforme se atribui a norma regulamentadora NR12. A análise foi baseada em perigos mecânicos, elétricos, falha na máquina, desatenção, ou por situações ocasionais, procurando identificar o comportamento intencional e não intencional do mecânico do processo bem como da manutenção em caso de alguma manutenção corretiva.

3- Para caso da estimativa dos riscos existentes, foi realizada a análise da operação e manutenção dos equipamentos durante a produção, para se realizar o levantamento dos dados foram considerados os elementos como (PO) à Probabilidade de Ocorrência do Dano, Relação à Frequência de Exposição ao Perigo/Risco (FE), Gravidade da Possível Lesão (GPD) e Número de Pessoas Expostas (NP). Esses fatores são base para o cálculo do HRN (valor de Classificação de Risco).

4- Com os valores obtidos pela análise se fez o uso da tabela de grau de risco para identificar se o perigo existente no processo realmente traz algum risco para os mecânicos do processo se sim qual o melhor sistema ser adotado, Para isso alguns fatores foram levantados como severidade do ferimento, frequência ou duração de exposição ao perigo e possibilidade de evitar o perigo e limitar os danos. Com o levantamento desses dados e a utilização da matriz de categoria de riscos para se

estipular o melhor controle de segurança foi possível detectar os perigos inerentes a cada uma das máquinas analisadas e a partir disto, propor as adequações necessárias a fim de atender a norma NR12.

Para a simulação das portas de segurança, foi necessário utilizar um circuito de intertravamento já selecionado pela matriz de categoria de riscos e para acoplar todo o sistema foi utilizado a programação em CLP ladder utilizando o programa zélio soft, um programa fornecido pela Schneider eletric para simular a situação levantada no estudo de caso no qual as funções lógicas do projeto serão representadas através de contatos e bobinas e com isso pode-se observar o sistema simulado de forma real antes da implantação do projeto.

## **5 ESTUDO DE CASO: TOMBADOR DE BOBINA, CARRO DE TRANSPORTE DE BOBINA E DESBOBINADOR.**

O próximo passo deste trabalho foi realizar um estudo de caso, que consistiu em aplicar a metodologia apresentada a um sistema de alimentação de prensa já existente e em operação, porém em desconformidade de itens presentes na norma Regulamentadora NR12, esses itens em desconformidade serão abordados na análise de riscos.

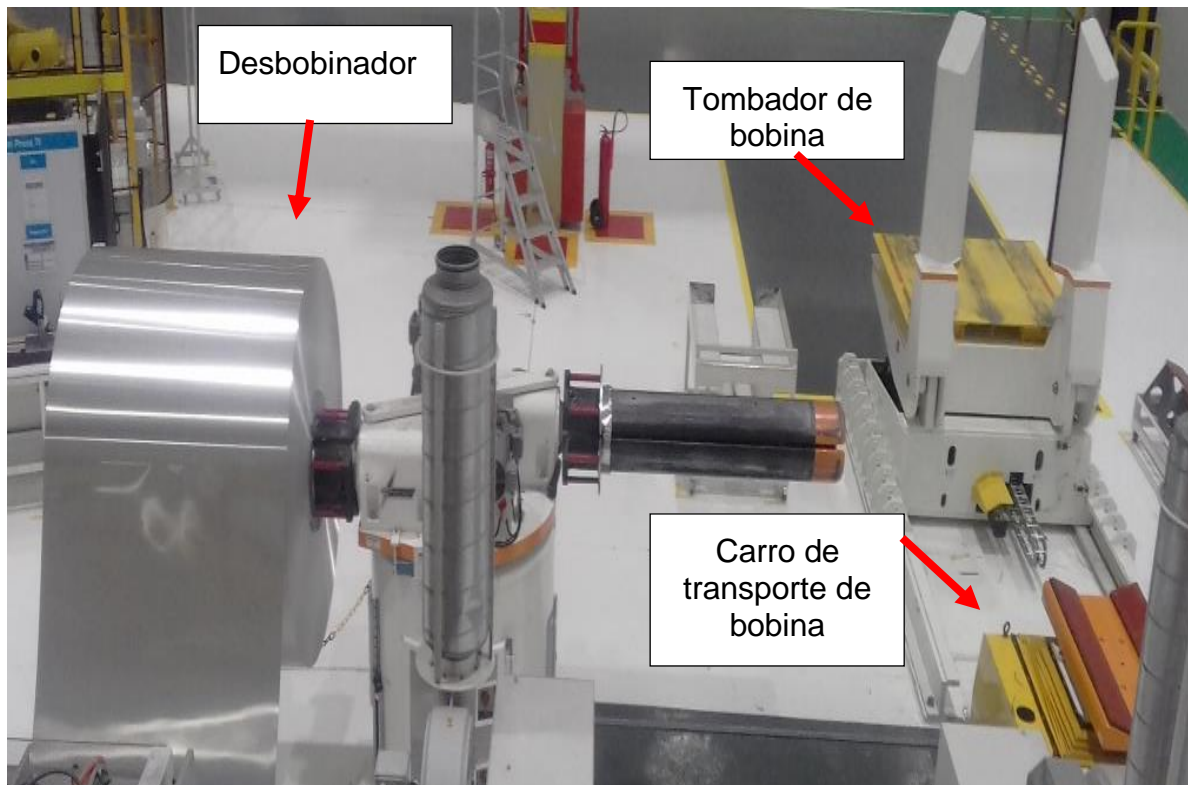
O caso de objeto de estudo em questão é um sistema de tombador de bobina carro de transporte de bobina e desbobinador tais equipamentos tem por finalidade alimentar a bobina de alumínio que chega através de uma empilhadeira e passa por todo esse processo até chegar a uma prensa para formação de tampas de alumínio sem o anel que consiste apenas no corpo da tampa (figura 28), de uma fábrica de tampas de alumínio. A figura 29 representa os equipamentos e sua distribuição no leiaute da fábrica.

**Figura 28 - Tampa de Alumínio sem Anel**



**Fonte: Próprio Autor**

**Figura 29 - Distribuição do Tombador de Bobina, Carro de Transporte e Desbobinador no Processo.**

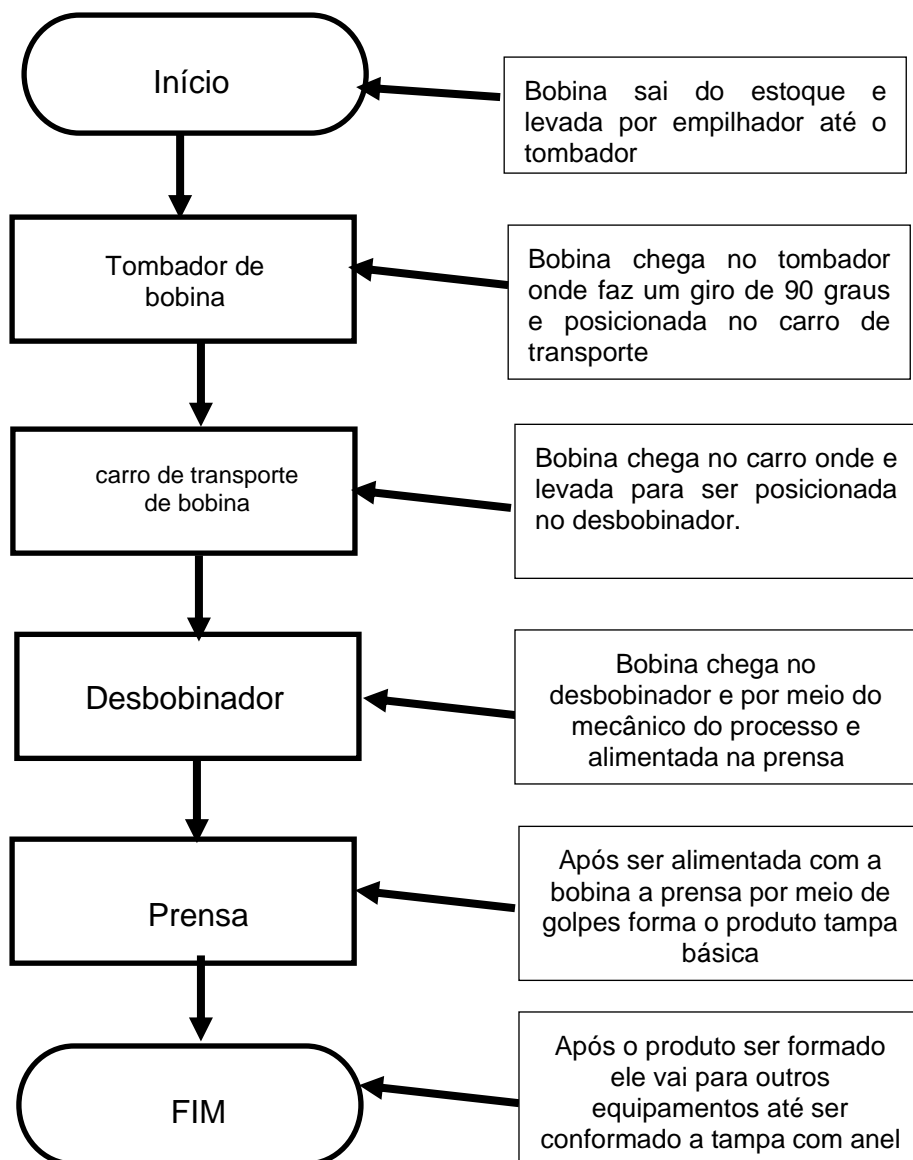


Fonte: Próprio Autor

### 5.1 APLICAÇÃO DA NR12 A UM SISTEMA DE TOMBADOR DE BOBINA, CARRO DE TRANSPORTE E DESBOBINADOR A UMA PRENSA DE FORMAÇÃO.

Antes de aplicar o procedimento descrito na metodologia, é importante compreender como funciona o processo desde a entrada da bobina até ela chegar a uma prensa para ser alimentada e conformada para a formação de tampas básicas (nome se dado as tampas sem o anel). O fluxograma da figura 30 o resume o processo que consiste em levar a bobina já separada pelo estoque com a ajuda de uma empilhadeira até o tombador de bobina que tomba a bobina em 90 graus e leva até o carro de transporte de bobina, que posiciona a bobina e o transporta até o desbobinador, que realiza a alimentação da bobina para a prensa de formação de tampas básicas.

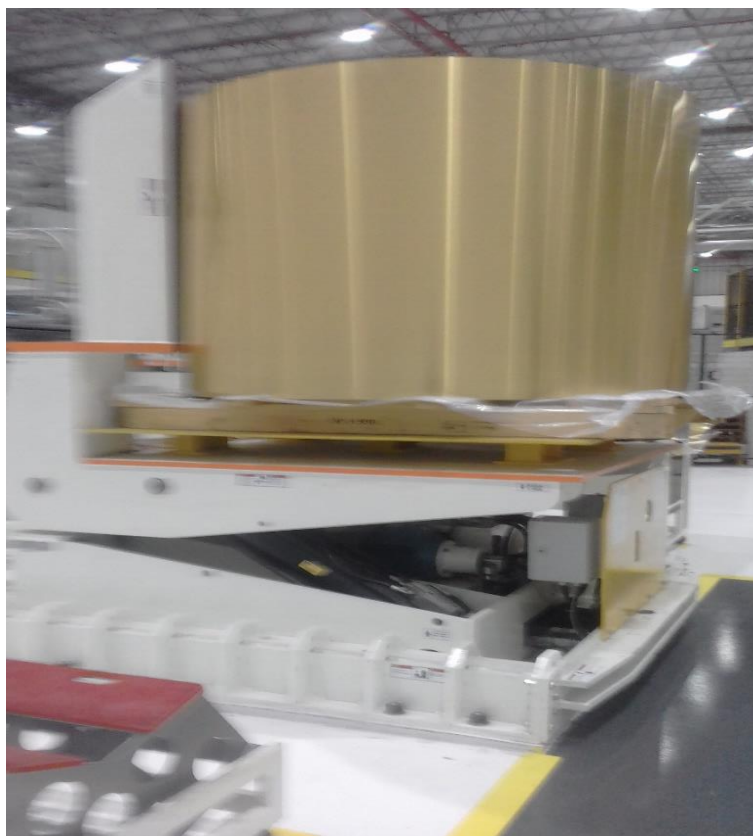
**Figura 30 - Fluxograma do Processo de Passagem da Bobina até sua Alimentação**



Fonte: Próprio Autor

O tombador de bobina (figura 31) é um equipamento de dois cilindros hidráulicos que por meio de acionamento manual fazem o tombamento da bobina em 90 graus, após a bobina ser tombada um sensor magnético libera para um terceiro cilindro hidráulico, por meio de acionamento manual fazer o processo de empurrar o tombador de bobinas para frente para que a bobina fique em posição para se preparar para carro de transporte da bobina recebê-la.

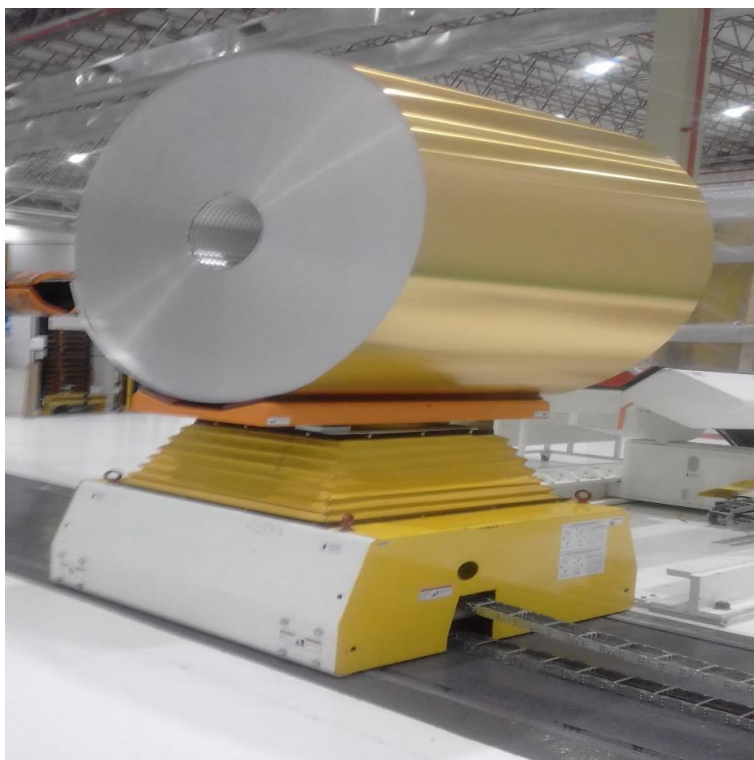


**Figura 31- Tombador de Bobina**

**Fonte: Próprio Autor**

Após a bobina ser tombada e posicionada, o mecânico do processo aciona manualmente o carro de transporte (figura 32) da bobina que por meio de um sistema de motor acoplado a uma cremalheira aciona a haste que levanta a base do carro de transporte para retirar a bobina do tombador. Após ser realizada esta operação é necessário que o mecânico retorne o tombador para sua posição de origem para poder dar continuidade no transporte da bobina por meio do carro de transporte. Feito isso é realizada a movimentação da bobina até o desbobinador esse movimento é realizado manualmente onde um motor elétrico acoplado a um trilho de transporte e acionado fazendo com que o carro se direcione em sentido horizontal para esquerda ou direita, após o carro chegar próximo ao desbobinador por meio de um painel de controle (figura 33) e realizado o posicionamento da bobina este processo de posicionamento deve ser feito de forma cuidadosa pois a espula (orifício vazado da bobina) deve se encaixar perfeitamente no desbobinador.

**Figura 32 - Carro de Transporte da Bobina**



Fonte: Próprio Autor

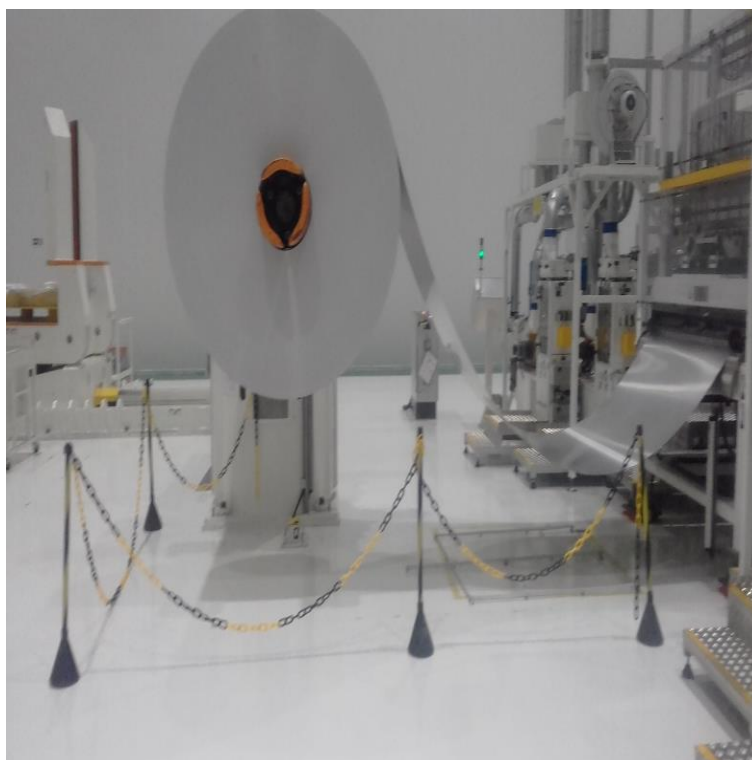
**Figura 33 - Painel de Controle Sistema de Tombador da Bobina, Carro de Transporte e Desbobinador**



Fonte: Próprio Autor

O passo seguinte do processo após a bobina ser posicionada é acionar manualmente o cilindro de expansão hidráulica do desbobinador (figura 34) para que o mesmo se conforme ao tamanho da espula este cilindro de expansão consiste em um cilindro acoplado a 3 hastes que quando o cilindro é acionado para avançar estas hastes se expandem, realizado este processo se realiza o retorno do carro de transporte até sua posição inicial. Enquanto a bobina que está sendo alimentada na prensa não acabar, o giro do desbobinador não é possível, pois sensores infravermelhos de detecção da bobina impedem este movimento, após o término da bobina, e liberado o giro de 180 graus da nova bobina que entrará na produção este giro é realizado por meio de um motor elétrico, um sensor de fim de curso indica quando o giro está completo com isso a alimentação da bobina estará sempre na mesma posição. Feito isso e acionado o cilindro de expansão para que ele retorne e a espula seja retirada pelo mecânico do processo.

**Figura 34 - Desbobinador**



**Fonte: Próprio Autor**

Realizado este processo a nova bobina é alimentada na prensa (figura 35) por meio de guias e rolos puxadores em que o mecânico de processo auxilia em sua

passagem, antes disso e realizada uma verificação no ferramental que forma as tampas básicas após realizada a alimentação por meio dos controles de comando da prensa e realizado manualmente por meio de botoeiras golpes de levantar e baixar o martelo (jog) para a conformação do metal acontecer após aplicar vários jogs em modo manual e realizado a mudança de ciclo para o automático onde a prensa por meio de um motor principal, sistema de virabrequim e contra balanço aplica vários golpes de subida e descida do martelo a uma velocidade de 450 rpm, esteiras transportadores levam as tampas básicas para outros processos até a mesma adquirir a forma que todos conhecem quando estão nas latas para bebidas em todos os supermercados espalhados pelo país e pelo mundo.

**Figura 35 - Prensa de Formação de Tampas**



**Fonte: Próprio Autor**

## 5.2 ANÁLISE DE RISCOS DO SISTEMA DE TOMBADOR DE BOBINA, CARRO DE TRANSPORTE E DESBOBINADOR A UMA PRENSA DE FORMAÇÃO.

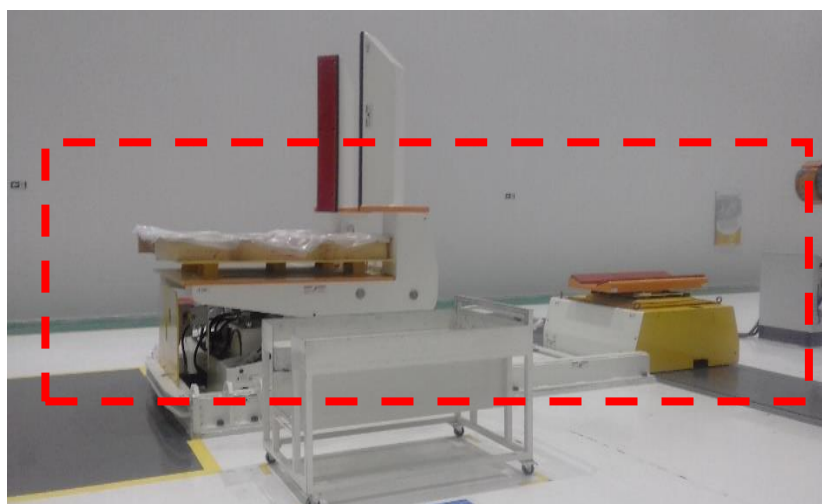
### 5.2.1 Análise de riscos do sistema de tombador

O sistema de tombador, carro de transporte, desbobinador e a prensa de formação das tampas analisada neste trabalho opera desde o ano de 2018, quando então foi solicitada a adequação para o sistema de NR-12, por ser uma máquina nova a mesma já vem com muitos dos sistemas da NR-12, porém por ser tratar de uma máquina em que todo seu sistema e inclusive a prensa é americana, alguns itens da NR-12 com a legislação brasileira não são contemplados .

O primeiro passo do procedimento para aplicação da NR12 à máquina é a determinação dos limites de apreciação de risco que são subdivididos em: limites de uso, limites de espaço, limites de uso e outros limites. Para o tombador das bobinas os limites de apreciação de riscos indicaram os seguintes resultados:

Para os limites de uso foi verificado que o manual do tombador não está presente na área de produção o que descumpra o item 12.125 da NR-12, foi verificado também que pessoas não autorizadas passam pelo local de risco como atalho pois o espaço ao redor do tombador proporciona riscos quando está sendo alimentado com a bobina o que descumpra o item 12.8 da norma. A figura 36 ilustra como o espaço ao redor do equipamento está sem nenhuma proteção o que pode ocasionar vários riscos se o equipamento estiver em movimento.

**Figura 36 - Espaço do Tombador de Bobinas sem Enclausuramento**

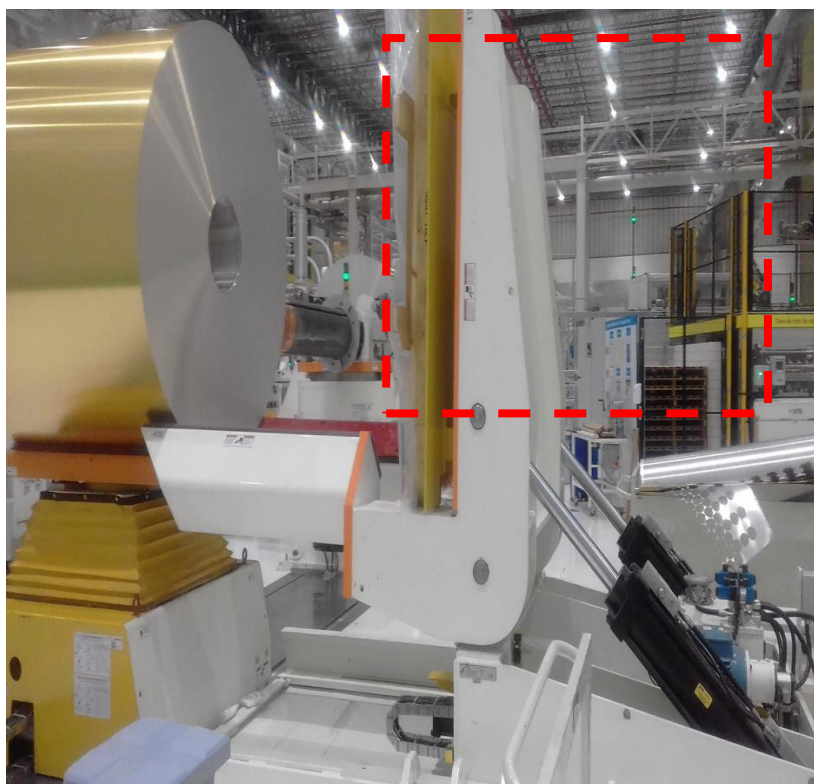


Fonte: Próprio Autor



No limite de espaço foi detectado que no movimento de retorno do tombador existe o risco de esmagamento se alguma pessoa estiver passando no seu perímetro este descumpra o item 12.38 da NR12. A figura 37 ilustra o momento em que o tombador oferece o risco de esmagamento se alguém estiver transitando por essa área. Para outros limites não foi detectado nenhuma anormalidade relacionada a segurança.

**Figura 37 - Espaço do Tombador de Bobinas Sem Proteção com Risco de Esmagamento**



**Fonte: Próprio Autor**

Na identificação dos perigos existentes no processo do tombador foram encontrados os riscos de esmagamento e a falta de um cercamento na área do tombador descumprindo o item 12.47.1 da NR-12 acarretando a circulação de pessoas não autorizadas. Estes riscos foram levantados já na determinação dos limites de apreciação de risco. Para realizar a estimativa dos riscos foi utilizado o método HRN cujo resultado está determinado na tabela 5.

Tabela 5- Estimativa e Classificação de Risco.

Tipo de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequencia de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
Risco de esmagamento total ou parcial no retorno do equipamento até sua origem	5	2,5	2	4	100	<b>significativo</b>
	<b>Alguma chance</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fratura grave de ossos - mão / braço / perna</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		

Fonte: Próprio Autor

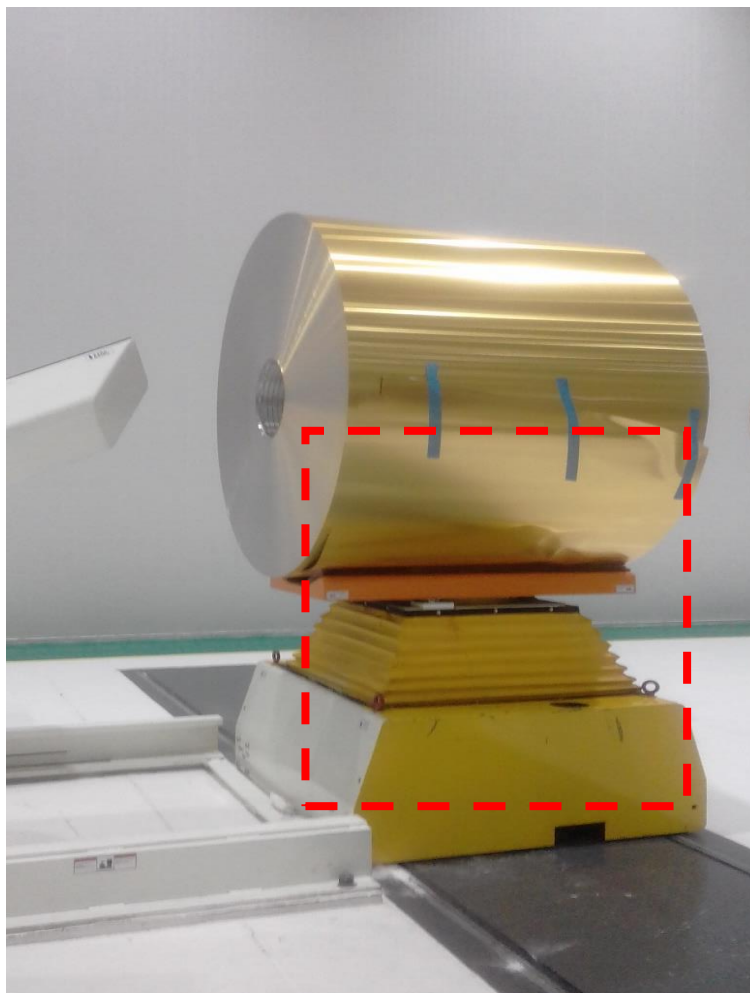
Pelo cálculo HRN da tabela 5 conclui-se que a classificação de risco é significativo, ou seja, possui riscos em potencial e que precisam ser solucionados, Por se tratar de um sistema acoplado a um carro de transporte de bobina, desbobinador e prensa de formação apenas medidas de proteção para o tombador não são suficientes, sendo necessário o levantamento dos riscos do carro de transporte e desbobinador para se realizar uma medida de proteção completa e que atenda todo o sistema.

### 5.2.2 Análise de Riscos do Sistema de Carro de Transporte da Bobina

Para o sistema de carro de transporte de bobina no levantamento de dados da determinação dos limites de apreciação foram verificados que os manuais do carro de transporte não estão presentes o que descumpra o item 12.125. da norma, na análise para o sistema foi levantado o risco de tombamento da bobina durante seu ciclo de saída do tombador até o desbobinador, durante esse ciclo se a bobina não estiver bem posicionada no suporte do carro de transporte a mesma pode tombar próximo ao painel de controle em que o mecânico realiza o movimento do carro o que podem acarretar e um acidente gravíssimo tal tombamento já ocorreu em outras fábricas do mesmo seguimento. A figura 38 mostra a bobina acima do

tombador observa-se que o suporte que segura a bobina possui uma área de apoio muito menor que o diâmetro da bobina o que acarreta um risco em potencial.

**Figura 38 - Bobina Sendo Transportada pelo Carro de Transporte**



**Fonte: Próprio Autor**

Na identificação dos perigos existentes no processo do carro de transporte da bobina foram encontrados os riscos de esmagamento pois carro de transporte realiza o movimento de subida e descida através de seu sistema de cremalheira e o tombamento da bobina abordado no parágrafo anterior. Através da tabela de estimativa e classificação de riscos (tabela 6 e 7) temos os seguintes resultados.



Tabela 6- Estimativa e Classificação de Risco.

Tipo de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequencia de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
Risco de esmagamento total ou parcial no retorno do equipamento até sua origem	5	2,5	2	4	100	<b>significativo</b>
	<b>Alguma chance</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fratura grave de ossos - mão / braço / perna</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		

Fonte: Próprio Autor

Tabela 7- Estimativa e Classificação de Risco.

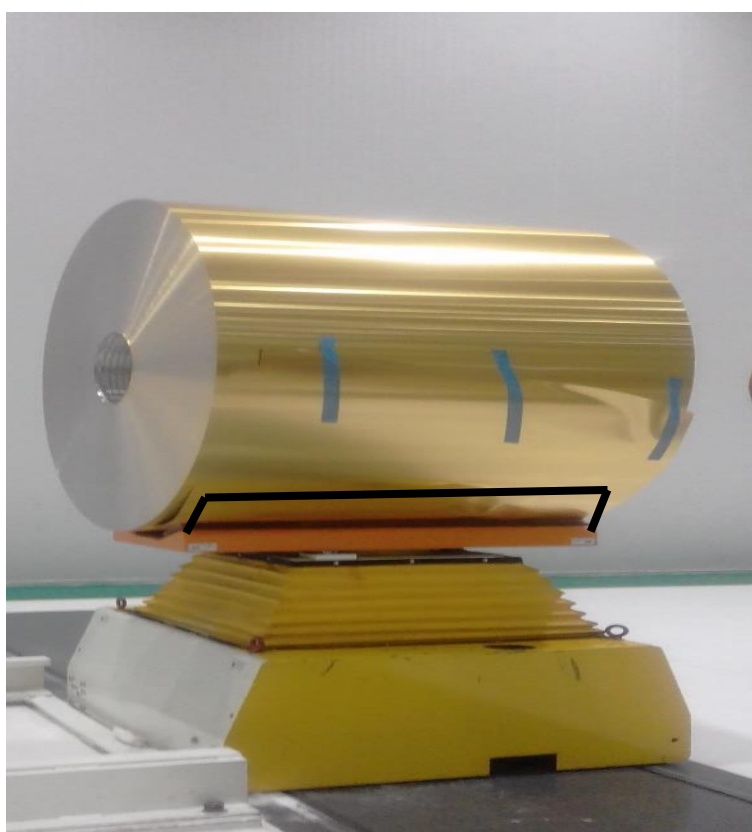
Tipo de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequencia de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
Risco de atropelamento se acontecer queda da bobina	2	2,5	15	4	300	<b>Alto</b>
	<b>Possível</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fatalidade</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		

Fonte: Próprio Autor

Através do cálculo HRN da tabela 6 conclui-se que a classificação de risco é significativa, ou seja, possui riscos em potencial e que precisam ser solucionados para isso o cercamento de todo o sistema incluindo o tombador e o desbobinador deve ser realizado para se adequar ao item 12.47.1 da NR12. Para a tabela 7 foi

verificado que mesmo com a probabilidade de ocorrência ser possível o risco envolvido e alto que pode ocasionar em uma fatalidade, para que o problema de tombamento não ocorra foi sugerido aumentar a área que segura a bobina do carro de transporte aumentando sua estabilidade no sistema eliminando o risco que a bobina tem de tombar. A figura 39 apresenta como o sistema poderia ficar se aumentasse a área de apoio da bobina em 200 milímetros de cada lado em um ângulo de 30 graus com uma chapa de espessura de 15 milímetros.

**Figura 39 - Melhoria Apresentada para Eliminar os Riscos de Tombamento da Bobina**



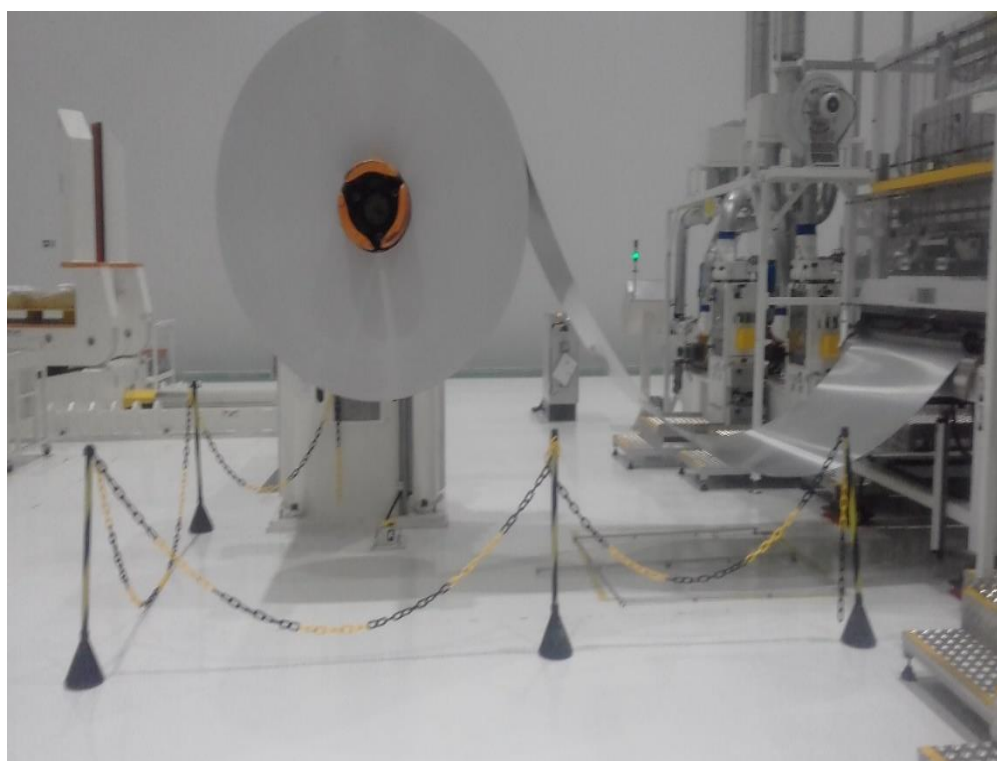
**Fonte: Próprio Autor**

### 5.2.3 Análise de Riscos Para o Sistema de Desbobinador.

No sistema de desbobinador para a determinação dos limites de apreciação foi verificado que os manuais do desbobinador não estão presentes o que descumpra o item 12.125 da NR-12. Os riscos e os perigos levantados no processo do desbobinador da bobina foram os riscos de corte mesmo com a utilização de EPI'S (equipamentos de proteção individual) pois quando a bobina está inserida no

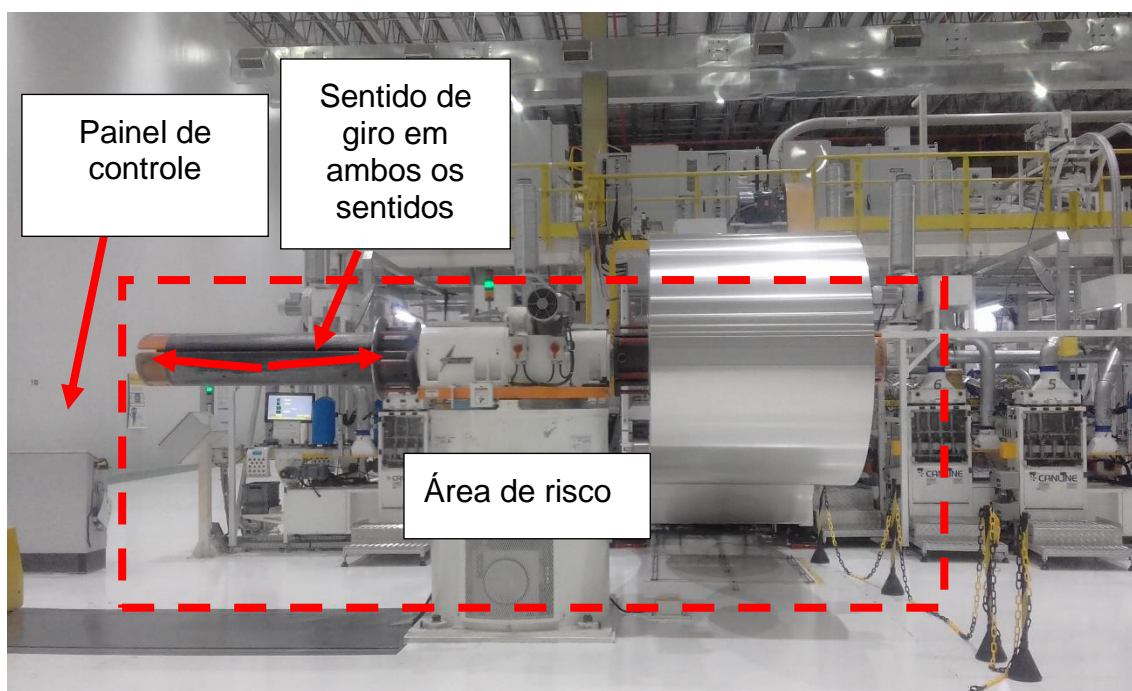
desbobinador, ao final do processo e realizado manualmente o preparo da bobina para que seja inserida na prensa (figura 40) ,como a largura da bobina é de aproximadamente 1,50 metros a sua movimentação se torna perigosa acarretando em riscos de corte nas pernas e no pescoço o risco pode ocorrer mesmo com a bobina já alimentada na prensa pois na área não há nenhum tipo de proteção o que acarreta em pessoas sem EPI transitando pelo local. Também foi verificado o risco de impacto no momento em que o desbobinador está realizando o seu giro para inserir uma bobina nova na prensa, se alguém estiver transitando na zona perigosa no momento do giro tal impacto pode acontecer sendo um acidente muito grave pois nesse momento o mecânico está no painel de controle sem nenhum campo de visão para a área de trás do equipamento a figura 41 exemplifica este caso.

**Figura 40 - Desbobinador Alimentando a Prensa, Apenas um Isolamento Simples da Área.**



**Fonte: Próprio Autor**

Figura 41 - Exemplificação do Risco Existente na Área do Desbobinador.



Fonte: Próprio Autor

Para o cálculo da estimativa dos riscos levantados foram utilizadas as tabelas 8 e 9 utilizando o método HRN.

Tabela 8- Estimativa e Classificação de Risco.

Tipo de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequencia de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
Risco de corte total ou parcial no manuseio da bobina	15	2,5	2	4	300	<b>Alto</b>
	<b>certeza</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fratura grave de ossos - mão / braço / perna</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		

Fonte: Próprio Autor

Tabela 9- Estimativa e Classificação de Risco.

<b>Tipo de risco</b>	<b>Probabilidade de ocorrência (PO)</b>	<b>Frequencia de Exposição (FE)</b>	<b>Grau do possível dano (GPD)</b>	<b>Número de pessoas expostas (NP)</b>	<b>HRN</b>	<b>Classificação de risco</b>
Risco de impacto no movimento de giro do desbobinador	5	2,5	2	4	100	<b>significativo</b>
	<b>Alguma chance</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fratura grave de ossos - mão / braço / perna</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		

Fonte: Próprio Autor

Através do cálculo HRN da tabela 8 conclui-se que a classificação de risco é Alto, pois a movimentação da bobina está presente no processo, mais para evitar que pessoas não autorizadas entrem na área do desbobinador o cercamento de todo o sistema deve ser realizado. Para a tabela 9 foi verificado que o risco de impacto no movimento do giro do desbobinador é significativo para isso o enclausuramento da área item 12.47.1 da NR12 é uma alternativa para eliminar esse problema.

#### 5.2.4 Análise de Riscos Para a Prensa de Formação

Para a prensa de formação de tampas os riscos e perigos levantados no processo foram:

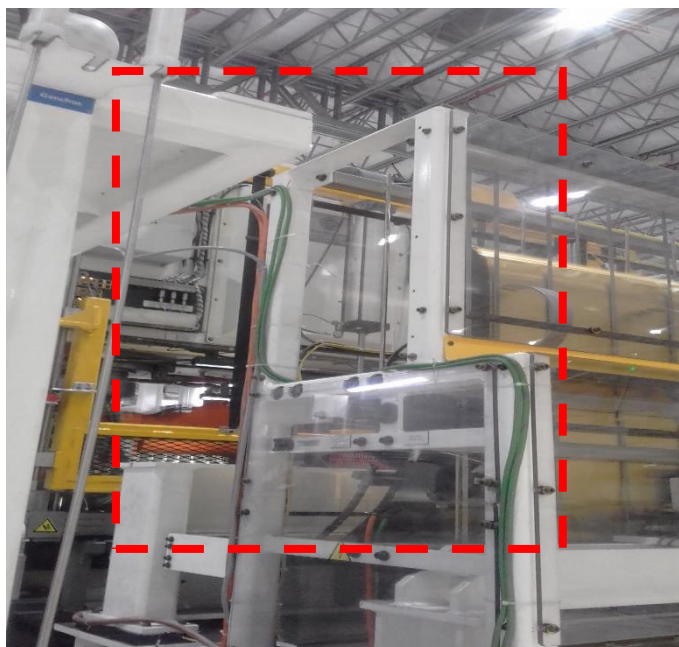
a) Falta de proteção de acrílico no sistema de alimentação da bobina (figura 39) o que permite o acesso a zona perigosa descumprindo o item 12.38 da Norma regulamentadora NR12.

b) Falta da proteção na área de saída das tampas já formadas na prensa (figura 40), permitindo o acesso ao cilindro de acionamento de subida da proteção descumprindo o item 12.38 da Norma regulamentadora NR12, caso o equipamento

pare e alguém esteja acessando área superior do equipamento e guarda for acionada pode ocorrer um acidente grave.

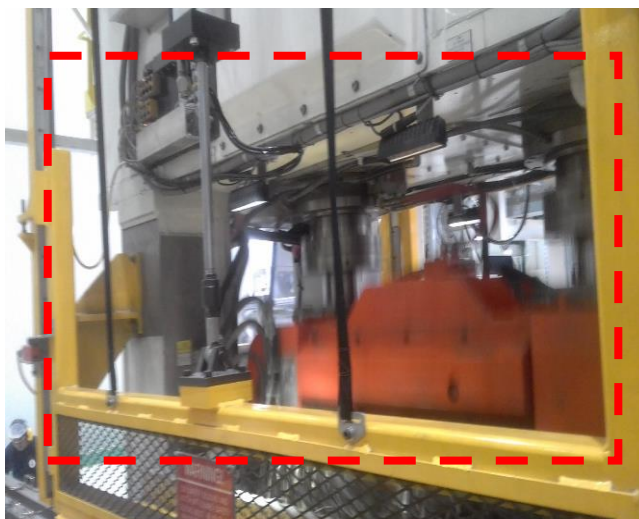
c) Área lateral da prensa sem proteção (figura 42) com máquina em funcionamento pode ser acessada sem nenhum problema descumprindo o item 12.38 da norma.

**Figura 42 - Falta de Proteção no Sistema de Alimentação da Bobina**



Fonte: Próprio Autor

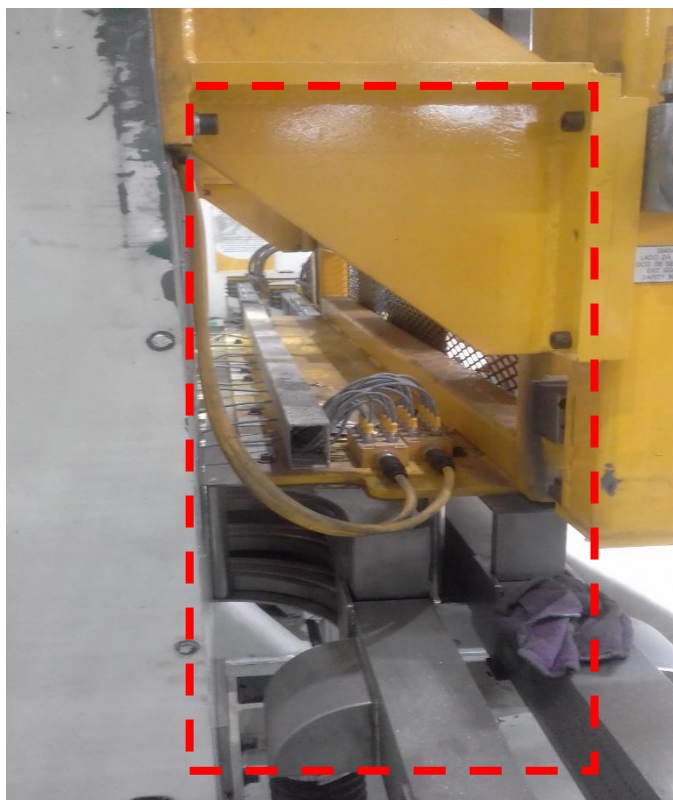
**Figura 43 - Falta de Proteção na Saída da Prensa**



Fonte: Próprio Autor



Figura 44 - Falta de Proteção Parte Lateral da Prensa



Fonte: Próprio Autor

Para os riscos levantados da prensa de formação, é realizado o cálculo da estimativa de classificação de risco através da tabela 10.

Tabela 10- Estimativa e Classificação de Risco.

Tipo de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequencia de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
Risco de corte ao acesso a zona sem proteção no sistema de alimentação da prensa	8	2,5	2	4	160	<b>Alto</b>
	<b>Provável</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fratura grave de ossos – mão / braço / perna</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		

Risco de esmagamento ao acessar a área de saída das tampas	10	2,5	2	4	200	<b>Alto</b>
	<b>Muito provável</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fratura grave de ossos – mão / braço / perna</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		
Risco de esmagamento ao acessar a área lateral da prensa	10	2,5	2	4	200	<b>Alto</b>
	<b>Muito provável</b>	<b>Diariamente</b>	<b>Fratura grave de ossos – mão / braço / perna</b>	<b>8 – 15 pessoas</b>		

**Fonte: Próprio Autor**

Por meio do cálculo HRN da tabela 10 conclui-se que a classificação de risco para as áreas sem proteção é alto, pois são áreas de fácil acesso do equipamento, além disso o risco envolvido caso alguma intervenção aconteça sem os procedimentos de segurança como parada da máquina e colocação do bloco de segurança pode levar a acidentes graves pois através das áreas sem proteção é possível realizar pequenas intervenções como a retirada de cavaco ou pedaços de fita preso na bobina sem desligar o equipamento. Para se resolver estes problemas se é necessário colocar proteções do tipo fixa nos 3 pontos identificados, esta medida atende a norma NR12 pois os lugares não devem ter acesso, visto que já existe proteções moveis com intertravamento para acessar a parte interna do equipamento. A figuras 45,46 e 47 apresentam um esboço das proteções fixas de acrílico que podem ser instaladas.

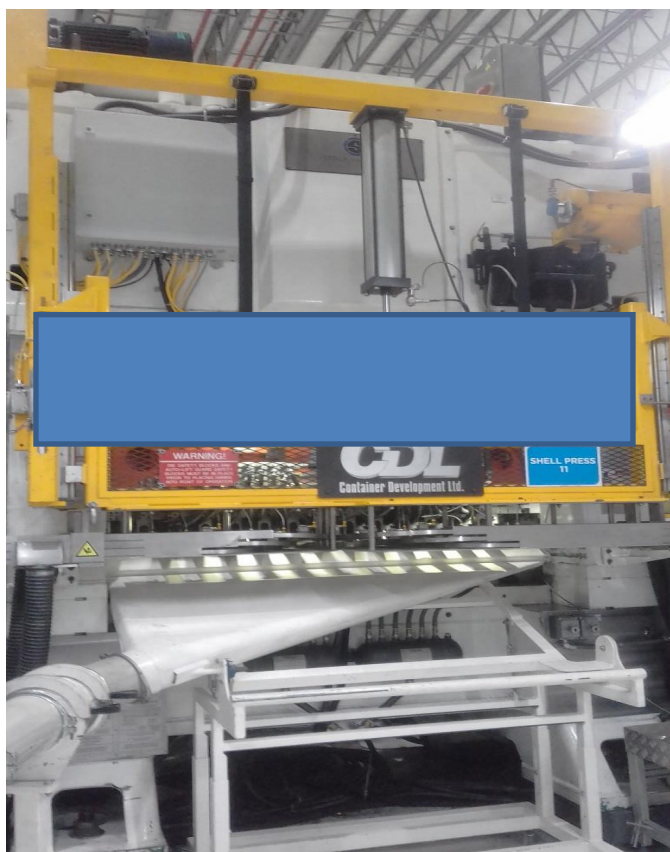
**Figura 45- Esboço de Proteção no Sistema de Alimentação da Bobina**



**Fonte: Próprio Autor**

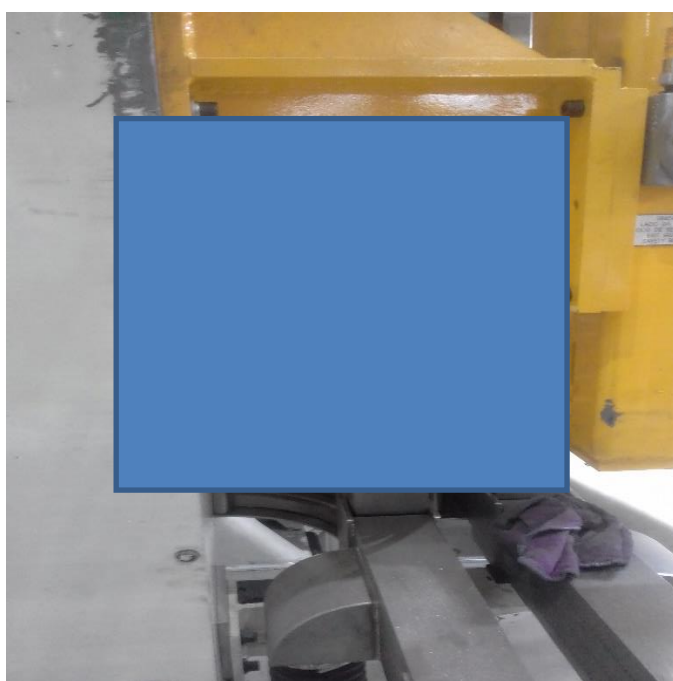


**Figura 46 – Esboço de Proteção na Saída da Prensa**



**Fonte: Próprio Autor**

**Figura 47- Esboço de Proteção Parte Lateral da Prensa**



**Fonte: Próprio Autor**

### 5.3 MEDIDAS ADOTADAS PARA O SISTEMA DE TOMBADOR DE BOBINA, CARRO DE TRANSPORTE E DESBOBINADOR A UMA PRENSA DE FORMAÇÃO.

Com os dados levantados e a análise de riscos do sistema de tombador, carro de transporte e desbobinador verifica-se para medida de proteção coletiva do sistema a necessidade do enclausuramento da área pois o mesmo não existe o que há e apenas uma área delimitada mais sendo possível qualquer pessoa transitar na área mesmo com o sistema de desbobinador em funcionamento o sistema não para se estiver alguma pessoa próxima. Os sensores que estão próximos servem apenas para verificar tamanho da bobina no desbobinador e controlar a velocidade já aconteceram muitos acidentes como cortes e quedas ao redor da área além do trânsito de pessoas não autorizadas na área, outros fatores que já foram levantados são na hora em que se movimenta a bobina no carro de transporte pois se existir a presença de alguém na hora em que ela estiver sendo inserida no desbobinador pode significar um risco de esmagamento fatal para quem estiver no lugar, outro fator de risco levantado e na hora do giro do desbobinador para inserir a bobina nova a ser alimentada se alguém estiver próximo na hora pode se chocar levando a um acidente grave, então o enclausuramento da área se faz necessário por essas condições.

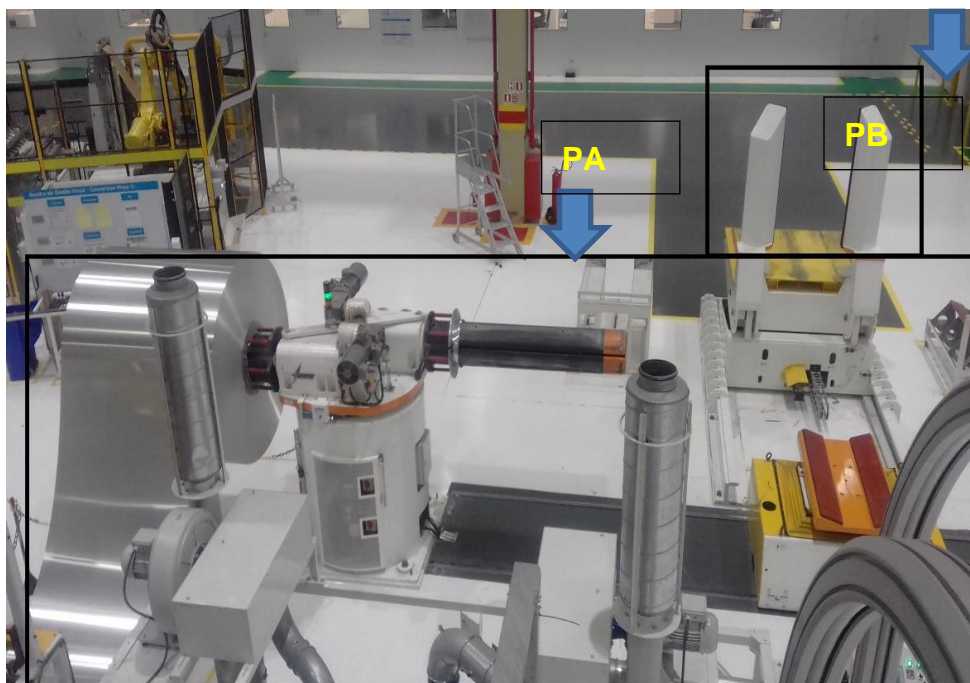
Como medida de proteção coletiva adotada para a segurança do sistema será realizado o enclausuramento da área do tombador, carro de transporte e desbobinador utilizando gradil como o utilizado na figura 48 em um caso bem similar de uma outra prensa de formação só que do anel da tampa básica, a diferença e que este não existe outros periféricos como o tombador e o carro de transporte sendo possível enclausurar apenas a área do desbobinador. A área a ser enclausurada no sistema de tombador, carro de transporte e desbobinador está demarcada conforme a figura 46, verifica-se também a necessidade de instalação de duas portas de acesso uma para eventuais manutenções, e alimentação da bobina na prensa e outra para para a entrada da bobina no tomabador para impedir pessoas transitando nesta área.

**Figura 48- Sistema de Desbobinador de Formação do Anel já Enclausurado, a Partir da Mesma Aplicação Utilizar no Tombador, Carro de Transporte e Desbobinador da Prensa de Formação da Tampa Básica.**



Fonte: Próprio Autor

**Figura 49 – Delimitação da Área Onde Será Fixado o Enclausuramento e a Porta Para Acesso ao Sistema de Tombador, Carro de Transporte e Desbobinador.**



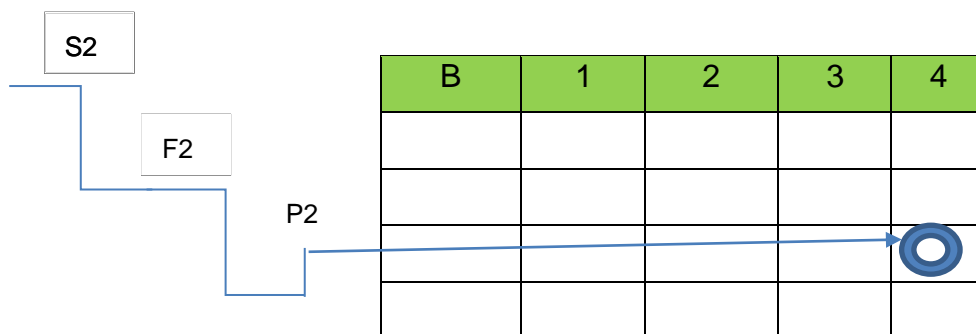
Fonte: Próprio Autor

Para as duas portas de segurança que serão instaladas no sistema, será utilizado o sistema de proteção com intertravamento. De acordo com o item 12.39 da norma NR-12, todos os sistemas de segurança devem estar monitorados por uma interface de segurança, no caso, um CLP. Para se obter a categoria do sistema de segurança e necessário utilizar a matriz de categoria de risco, para utilizá-la alguns

dados do sistema foram levantados, dentre os quais a severidade do ferimento ficou com S2 pois foram levantados risco de esmagamento total ou parcial no retorno do equipamento para sua origem no tombador e no carro de transporte, risco de atropelamento por queda da bobina no carro de transporte, e no desbobinador foram detectados risco de corte total ou parcial no manuseio da bobina para alimentar, esmagamento durante o posicionamento da prensa no desbobinador e risco de impacto no movimento de giro do desbobinador.

Com relação a frequência ou duração de exposição ao perigo foi pontuado como f2 pois todos os dias o mesmo processo e realizado. Para a possibilidade de evitar o perigo ou limitar os danos foi levantado como P2 pois a velocidade do sistema em relação ao peso da bobina que e de 10 toneladas, e considerada média, porém a distância do sistema para a operação e de 1 metro aproximadamente o que não dá tempo há uma possível evacuação rápida durante um tombamento de bobina. A figura 47 apresenta o resultado da matriz de categoria de risco.

**Figura 50 – Resultado da Matriz Categoria de Risco**

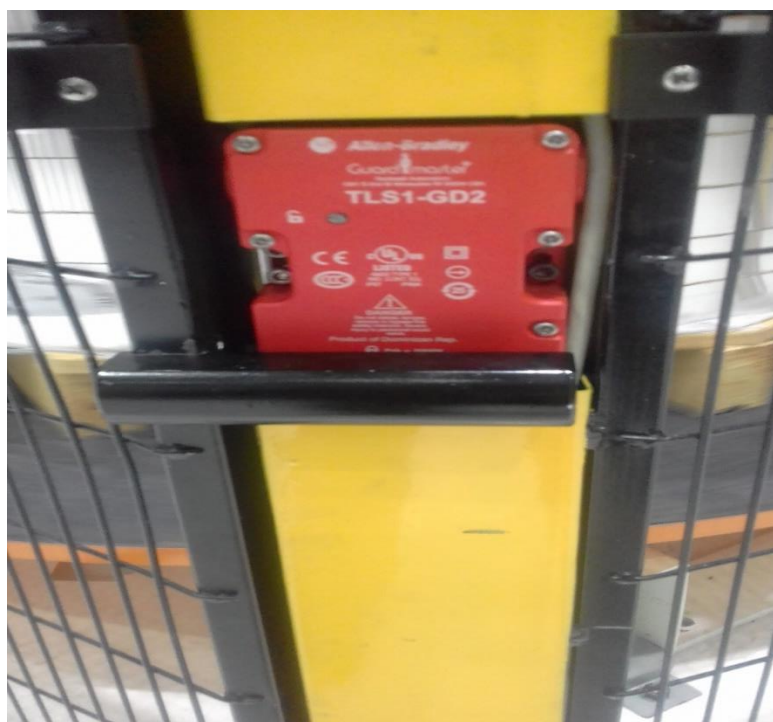


**Fonte: Próprio Autor**

Após o resultado levantado na matriz de categoria de risco temos para o sistema um circuito de intertravamento com circuito logico programável de categoria 4 que será instalado nas portas de segurança A e b , Para o circuito de categoria 4 além da recomendação de segurança já adotadas pelo circuito como a redundância o relé de segurança e dois contactores em série também o enclausuramento da área por grades de proteção se faz necessário. Com essas medidas de segurança será garantida segurança tanto do mecânico quanto do equipamento que irá atuar normalmente. As portas de segurança devem conter chaves de segurança eletromecânicas (figura 51) que só podem ser acionadas por um painel de controle

que deve ser inserido ao lado das portas conforme a figura 52. Este painel deve conter botões sinalizadores um verde para sistema ok sinalizando que o sistema está intertravado e um vermelho para sistema não ok, sinalizando que a porta está aberta um botão de emergency-stop tipo cogumelo para parada do sistema imediatamente caso haja algum sinistro, uma botoeira verde para acionar o sistema para se ter acesso a área de alimentação da prensa que ao pressioná-la irá parar o sistema de alimentação da prensa e a prensa caso seja necessário entrar na área do desbobinador para a troca da bobina por exemplo. Para retorno do sistema o mecânico deve se dirigir a prensa garantindo que as portas estão fechadas e com o sinalizador verde, com isso realizar o reset do sistema para que a prensa volte a operar normalmente. Com essas medidas adotadas se terá um sistema de segurança bastante confiável e somente pessoas autorizadas poderão adentrar no sistema de desbobinador, carro de controle e tombador.

**Figura 51 – Chave de Segurança Allen-Bradley a ser Instalada na Porta Para Evitar que a Mesma Abra em Operação**



Fonte: Próprio Autor



**Figura 52- Painel de Segurança a ser Instalado no Sistema de Desbobinador, Carro de Controle e Tombador.**

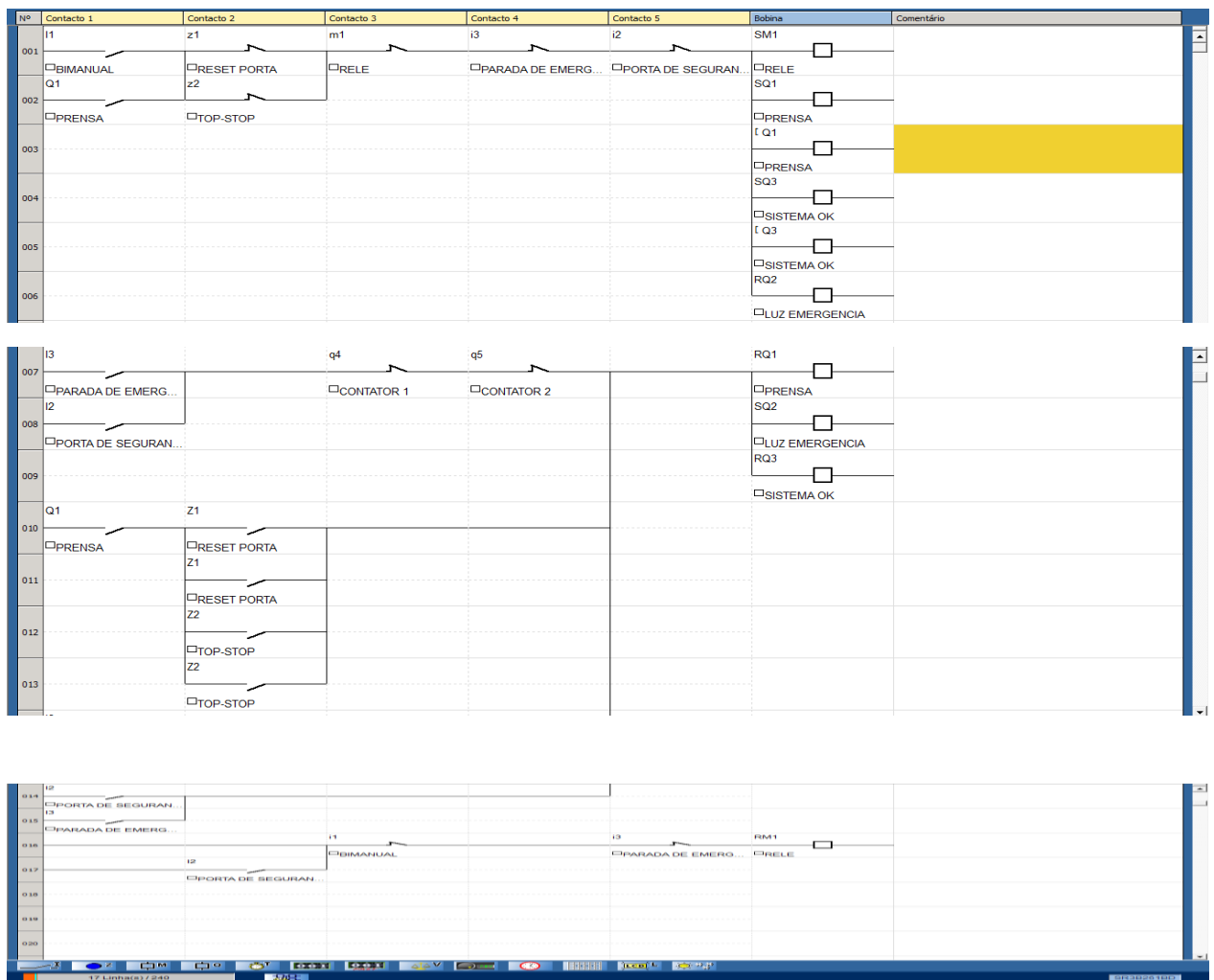


**Fonte: Próprio Autor**

Para garantir a comunicação do sistema de segurança com a prensa um programa em ladder deve ser inserido. A figura 53 mostra um circuito em ladder utilizando o programa zélio da Schneider, tal programa simula e controla o funcionamento do sistema a escolha desse programa se deu pois no curso de tecnologia em mecatrônica industrial tal simulador foi utilizado para aulas dispostas na matéria de CLP e controladores. O sistema físico é composto por relé de segurança, dois contactores, porta de segurança, botão de emergency-stop, um botão para liberar o sistema, uma chave que simula o restart da prensa e lâmpadas que simulam os sinalizadores do sistema e o motor da prensa. O funcionamento do circuito consistem em acionar a prensa, e caso se deseja acessar a área do desbobinador acionar o botão para liberar a porta com isso a porta poderá ser aberta e ao fechar deve se direcionar a prensa e acionar o botão para acionamento do sistema novamente. Com este circuito podemos simular o sistema e fazer a comunicação deste programa com a parte física. Com isto temos todos os componentes necessários para um circuito de segurança categoria 4 e implementar o projeto no sistema de tombador, carro de transporte e desbobinador. No circuito de linguagem ladder e apresentado todos contatos que vão para os componentes do sistema, na primeira e segunda linha do programa temos o contato bimanual de

acionamento a prensa, o contato de reset da porta o relé de segurança, botão de parada de emergência o top-stop que se caracteriza por um botão de stop da prensa para ser usada em caso de paradas seguras que não se caracterizam uma exposição de risco, todos eles configurados em serie e em paralelo onde são setados na memoria e simulam o funcionamento do circuito em operação normal com todos os componentes ativos, para as linhas de programa de 007 a 013 temos os contatos que simulam o circuito quando se é ativado uma parada no sistema ou uma entrada pelas portas de segurança caso de necessite realizar algum procedimento ou manutenção dos equipamentos, para as linhas de 014 a 017 tais contatos fazem parte do rearme do sistema simulando uma volta para o sistema de operação da prensa em sua configuração inicial.

**Figura 53- Programa em Linguagem Ladder para Comunicação do Circuito de Segurança com a Prensa**



Fonte: Próprio Autor

Com as medidas de proteções adotadas podemos ter um sistema de maior segurança reduzindo ao máximo as probabilidades de acidentes. Na tabela 11 podemos verificar a situação antes da implementação do sistema e na tabela 12 podemos verificar a diminuição dos riscos do sistema após o projeto ser implantado, levando ao fato de se investir em segurança, poderá levar a evitar acidentes e garantir um sistema com risco muito baixo para quem estiver manuseando.

**Tabela 11- Resultados através da tabela HRN antes da implantação do sistema de segurança.**

Tipo de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequência de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
Risco de esmagamento total ou parcial no retorno do equipamento até sua origem	5 <u>Alguma chance</u>	2,5 <u>Diariamente</u>	2 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	4 <u>8 – 15 pessoas</u>	100	<b>significativo</b>
Risco de atropelamento se acontecer queda da bobina	2 <u>Possível</u>	2,5 <u>Diariamente</u>	15 <u>Fatalidade</u>	4 <u>8 – 15 pessoas</u>	300	<b>Alto</b>
Risco de corte total ou parcial no manuseio da bobina	15 certeza	2,5 <u>Diariamente</u>	2 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	4 <u>8 – 15 pessoas</u>	300	<b>Alto</b>

Fonte: Próprio Autor

**Tabela 12- Resultados através da tabela HRN depois da implantação do sistema de segurança.**

Tipo de risco	Probabilidade de ocorrência (PO)	Frequência de Exposição (FE)	Grau do possível dano (GPD)	Número de pessoas expostas (NP)	HRN	Classificação de risco
Risco de esmagamento total ou parcial no retorno do equipamento até sua origem	1 <u>Altamente improvável</u>	2,5 <u>Diariamente</u>	0,5 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	4 <u>8 – 15 pessoas</u>	5	<b>baixo</b>
Risco de atropelamento se acontecer queda da bobina	1 <u>Altamente improvável</u>	2,5 <u>Diariamente</u>	0,5 <u>Fatalidade</u>	4 <u>8 – 15 pessoas</u>	5	<b>baixo</b>
Risco de impacto no movimento de giro do desbobinador	1 Altamente improvável	2,5 <u>Diariamente</u>	0,5 Fratura grave de ossos - mão / braço / perna	4 <u>8 – 15 pessoas</u>	5	<b>baixo</b>

Fonte: Próprio Autor



Para fins de custo foi se realizado o levantamento de custos através da tabela 13 onde é exibido o valor total do enclausuramento e os componentes necessários para a instalação incluindo a mão de obra necessária para executar o projeto, para resultados de pesquisa se fez uma pesquisa em empresas que realizam este tipo de serviço.

**Tabela 13- Custos para instalação do sistema de enclausuramento**

<b>Equipamento</b>	<b>Valor em reais</b>
Enclausuramento da área 200 metros quadrados	R\$ 40000,00
Circuito de intertravamento	R\$ 20000,00
Instalação do sistema de intertravento e circuito ladder	R\$ 15000,00
<b>TOTAL</b>	<b>R\$ 75000,00</b>

**Fonte: Próprio Autor**

Foi verificado que o custo total para se realizar a implantação do projeto foi de R\$ 75000 reais, um custo o custo que para um investimento em segurança que garantira uma redução máxima nos acidentes que poderão vir a acontecer na área para efeito de simulação um acidente com afastamento por corte exposto na empresa, são levados em conta fatores como tratamento médico, auxílio acidente em caso de perda de alguma função, despesas com reabilitação médica e ocupacional além de seguro acidente, apenas se isso não bastasse a empresa pode correr em processos na vara jurídica o que pode aumentar mais o valor de um trabalhador afastado, para este acidente com o prazo de 20 dias de afastamento foi levantado um custo de R\$ 7000,00 tal valor foi levantado, realizando pesquisas em sites de hospitais. Para a segurança o valor levantado para implantação do projeto e mínimo visto q o mesmo irá evitar vários acidentes já levantados na tabela HRN.

## 6 CONCLUSÃO

A implantação de medidas de segurança em conformidade com as Normas Regulamentadoras já apresentou resultados positivos quando foi instalada na prensa de formação do anel apesar de a área da prensa de formação das tampas ser bem maior as medidas de segurança adotadas serão as mesmas prevenindo acidentes diminuindo os riscos através da eficiência verificado na tabela 11 se comparado as tabelas 5,6,7 e 9 verificamos que o nível calculado pela tabela HRN ficou baixo. Com relação ao custo total da instalação do projeto e de um possível acidente de trabalho se faz uma proporção de 1 para 10, ou seja, para cada ano se houver um acidente na área em dez anos este custo será pago sem ser levado em conta as questões jurídicas a qual a empresa pode passar. Para uma fábrica que hoje é considerada a mais moderna do mundo em relação à produção de tampas para latas de alumínio com equipamentos de última geração, verificou-se a oportunidade de melhoria pois a legislação brasileira é bem mais complexa que a legislação de outros países. Esta implantação também visa a evitar embargos ou multas na empresa, visto que com o descumprimento da norma a empresa pode pegar sanções.

Acidentes de trabalho para serem evitados e preciso da ajuda de todos quanto mais treinamento, prevenção e melhorias forem implantadas, melhor será o resultado final o trabalho, visa mostrar que sempre há oportunidades de melhoria em qualquer setor e a segurança é o maior pilar de uma empresa que quer se destacar no cenário nacional e internacional.

Sem o curso de tecnologia em mecatrônica industrial este trabalho não poderia ser realizado pois matérias como a segurança do trabalho que engloba a NR12, acionamentos industriais pelo qual foi realizado a verificação do circuito a ser utilizado no projeto e CLP e microcontroladores que por meio desta disciplina foi realizado a simulação do circuito através da linguagem ladder e o conhecimento adquirido nas outras disciplinas o resultado final do trabalho não seria tão significativo. Para trabalhos futuros a sugestão será a utilização deste Tcc para a aplicação de um scanner que é um dispositivo eletrônico que faz uma varredura de livremente programada da área de risco devido ao seu custo elevado sua aplicação para este projeto se tornou inviável uma vez que a barreira de segurança obteve resultados satisfatórios e dentro dos padrões de segurança.

## REFERÊNCIAS

ACEPIL. Válvulas de Bloqueio, Controle, Retenção e Filtros. Disponível em: <<http://www.acepil.com.br/artigos/valvulas-retencao>>. Acesso em: 28 de maio de 2019.

ALVES, LUIZ. Aplicação de NR-12 Para Circuitos de Segurança Utilizando Controladores Lógico Programáveis e Atuadores Pneumáticos. São Paulo Editora USP, 2015.

AUTOMATECH. Equipamentos Intrinsecamente Seguros. Disponível em: <<https://www.automatech.com.br/blog/2017/08/15/equipamentos-intrinsecamente-seguros-is/>>. Acesso em: 22 de maio de 2019.

BRADLEY, ALLEN. Dispositivos de Segurança de Detecção de Presença. Disponível em: <<https://ab.rockwellautomation.com/pt/Sensors-Switches/Operator-Safety>>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

CUSTÓDIO, DOUGLAS. Análise de Riscos. Disponível em: <<https://www.nr12semsegredos.com.br/passos-analise-de-risco-atender-nr12/>>. Acesso em: 02 de junho de 2019.

ENGEREY. Tipos e Aplicações de Sensores na Indústria. Disponível em: <<http://www.engerey.com.br/blog/tipos-e-aplicacoes-de-sensores-na-industria>>. Acesso em: 27 de maio de 2019.

GRANO, ERICO. Apresentação de Segurança em NR-12. Disponível em: <<http://files.seaan.com.br/200001192-47c3448bf6/NR12-Estudo.pdf>> Acesso em: 02 de junho de 2019.

JHM MÁQUINAS. NR-12 e a Falha Segura. Disponível em: <<https://jhm.com.br/blog/nr12-e-a-falha-segura/>>. Acesso em: 25 de maio de 2019.

MINISTÉRIO DA ECONOMIA. Norma Regulamentadora nº 12 – Segurança no Trabalho e Máquinas e Equipamentos. Disponível em: <<http://trabalho.gov.br/seguranca-e-saude-no-trabalho/normatizacao/normas-regulamentadoras/norma-regulamentadora-n-12-seguranca-no-trabalho-em-maquinas-e-equipamentos>>. Acesso em: 01 de junho de 2019.

OLIVER, RODRIGO. A História da Segurança do Trabalho: Sabia que ela Iniciou antes do Nascimento de Cristo. Disponível em: <<https://prolifeengenharia.com.br/historia-da-seguranca-do-trabalho/>>. Acesso em: 24 de maio de 2019.

RAGNA SOLUÇÕES EM TECNOLOGIA. Os 3 Passos Para Fazer uma Análise de Risco. Disponível em: Acesso em: 26 de maio de 2019.

SCHNEIDER ELECTRIC. Função de Segurança de Parada de Emergência Disponível em: < <https://www.se.com/br/pt/work/solutions/system/s3/machine-control-emergency-stop.jsp>>. Acesso em: 28 de maio de 2019.

BERTULUCCI, CRISTIANO. Laudo NR-12 – Atenda a Norma Regulamentadora. Disponível em: <<https://revistaadnormas.com.br/2019/02/05/norma-regulamentadora-no-12-nr-12-aumenta-a-seguranca-dos-equipamentos/>>. Acesso em: 26 de maio de 2019.

SILVA, PABLO. NNR-12 – Treinamento em Segurança de Equipamentos. Disponível em: < <http://www.qualynorte.com.br/>>. Acesso em: 04 de julho de 2019.

UTILIDADES ENGENHARIA E CONSULTORIA. Metodologia HRN – Avaliação de Disponível em: < <http://www.utilidades.eng.br/servi%C3%A7os/seguran%C3%A7a-do-trabalho/implanta%C3%A7%C3%A3o-nr12.aspx>> Acesso em: 01 de junho de 2019.

VENTURELLI, MARCIO. Segurança para Operadores de Máquinas e Equipamentos. Disponível em: < <https://marcioventurelli.com/2014/10/14/nr-12-seguranca-para-operadores-de-maquinas-e-equipamentos/>>. Acesso em: 20 de maio de 2019.