

JOÃO CLÁUDIO GOMES FERREIRA

Princípios Básicos da Aplicação da Norma regulamentadora NR12 para
adequação à segurança de prensas e similares

São Paulo
2019

JOÃO CLÁUDIO GOMES FERREIRA

Princípios básicos de aplicação da norma regulamentadora NR12 para
adequação à segurança de prensas e similares

Monografia apresentada à Escola Politécnica
da Universidade de São Paulo para a
obtenção do título de Especialista em
Engenharia de Segurança do Trabalho

São Paulo
2019

Dedico este trabalho à memória sempre viva de meu avô, Décio Pinto Ferreira, que com sua paixão pelos estudos e extremo profissionalismo demonstrado durante anos no ofício de eletricista, foi fundamental na escolha de minha carreira e sempre será meu espelho para a vida. Que seu bom humor sempre ilumine a todos nos céus.

AGRADECIMENTOS

A Deus por toda a saúde, confiança e força que me deu durante todos esses dias para continuar estudando mesmo quando o cansaço falava mais alto.

À minha esposa, Degiane Vargas, que sempre se demonstrou uma super companheira e que, com seu amor, confiança e apoio sempre me ajudou no cuidado com nosso filho e nossa família, tornando possíveis todos os momentos de estudo dedicados durante o curso.

Ao meu filho Eduardo, que com seu nascimento me trouxe toda a alegria e motivação necessárias para concluir o curso com muita dedicação e empenho. Cada sorriso seu recarregou minhas baterias durante esta jornada.

Aos meus pais Rogério e Izabel, que sempre me incentivaram a estudar e sempre buscar ser o melhor naquilo que me proponho a fazer, nunca deixando o carinho e o amor faltarem em minha vida.

À instituição Euchner do Brasil que através da figura de seu diretor e grande líder, Sr. Natanael Correa, me proporcionou a oportunidade da realização deste curso de especialização, demonstrando muita confiança em meu trabalho demonstrado durante todos estes anos na equipe.

E, finalmente, mas não menos importante, aos Professores, IMADs, toda equipe do LACASEMIN e também, aos colegas de turma pelos ensinamentos, ajuda, dedicação, presteza e atenção demonstradas durante todo o período letivo.

RESUMO

A crescente demanda por equipamentos e processos seguros têm feito com que as empresas invistam cada vez mais nas adequações de máquinas e equipamentos conforme exigências da NR12 no Brasil. Este trabalho tem como objetivo facilitar a compreensão dos passos necessários para adequação de prensas e similares, através da apresentação do processo de adequação de uma prensa mecânica tipo freio embreagem, denominada PM17, cujo processo de avaliação de riscos foi baseado na metodologia HRN – Hazard Rating Number. Por meio de uma pesquisa qualitativa desenvolvida através da técnica do estudo de caso foram levantados todos os pontos necessários para adequação da máquina às exigências da norma, levantamento da categoria de segurança aplicável à máquina em questão e implementados sistemas de segurança eficazes e que garantam a segurança das pessoas e do processo de produção. Os resultados obtidos demonstram que é possível realizar a adequação da prensa freio embreagem à NR12, de acordo com a legislação vigente e de forma que sua operação se torne a mais segura possível. Desta forma este trabalho pode-se tornar uma referência para futuras adequações de outras prensas ou equipamentos similares.

Palavras-chave: NR12. Prensa. HRN. Categoria. Segurança.

ABSTRACT

The growing demand for safety equipments and safety process has made companies invest more and more in the adequacy of the machines and equipments as required by NR12 in Brazil. This work aims to make easy the comprehension of the necessary steps to make possible the adequacy of presses and similars, through presentation of the adequacy process of the one mecanichal press, type brake-clutch, called PM17, whose risk evaluation process was based on metodology HRN – Hazard Rating Number. Through a qualitative research developed by the study case technique all the necessary points for the adequacy of the machine to the requirements of the standard were raised, defined the safety category applicable to the machine in question and implemented effective safety systems that make sure the safety of the people and the production process. The obtained reasults show that is possible to make the adequacy of the brake-clutch press to the NR12, according to the vigente law and so that is the operation becomes as safe as possible. Thus, this work could becomes a referency for adequacy of the other presses and similar equipaments in the future.

Keywords: NR12. Press. HRN. Category. Safety

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Zona de prensagem em Prensa Mecânica de engate por chaveta	16
Figura 2 – Pirâmide hierárquica das obrigações legais de SST no Brasil	20
Figura 3 – Universo das Normas	22
Figura 4 – Processo de Apreciação e redução dos riscos	24
Figura 5 – Elementos de Risco	26
Figura 6 – Circuito de Segurança em categoria B / categoria 1	28
Figura 7 – Circuito de Segurança em categoria 2	29
Figura 8 – Circuito de Segurança em categoria 3	30
Figura 9 – Circuito de Segurança em categoria 4	31
Figura 10 – Seleção possível de categorias	32
Figura 11 – Prensa Mecânica de Engate por chaveta	35
Figura 12 – Prensa Mecânica Excêntrica PMEFE tipo H e tipo C	36
Figura 13 – Válvula de Segurança de Fluxo Cruzado	37
Figura 14 – Prensa Mecânica de Fricção com acionamento por fuso DESPROTEGIDA	38
Figura 15 – Prensa Hidráulica	39
Figura 16 – Bloco Hidráulico de Segurança	40
Figura 17 – Prensa Servoacionada	41
Figura 18 – Prensa Pneumática	42
Figura 19 – Válvula de Segurança	42
Figura 20 – Martelo Pneumático	43
Figura 21 – Martelo de queda	44
Figura 22 – Exemplos de ferramentas usadas em dobradeira	45
Figura 23 - Dobraideira descendente com freio-fricção pneumática e dobradeira ascendente hidráulica	45
Figura 24 – Guilhotina	46
Figura 25 – Calandra sem adequação	46
Figura 26 – Recalcadora	47
Figura 27 – Prensas enfardadeiras	48
Figura 28 – Cálculo para distâncias mínimas de segurança para detectores de presença optoeletrônicos	54

Figura 29 – Prensa Mecânica analisada – PM 17	56
Figura 30 – Sistema de acionamento da Prensa Mecânica PM 17	58
Figura 31 – Sistema de proteção óptico da Prensa Mecânica PM 17	61
Figura 32 – Sistema de segurança para Setup e Manutenção da Prensa Mecânica PM17	63
Figura 33 – Painel elétrico de comando da Prensa Mecânica PM 17	65
Figura 34 – Sistema de Acionamento Bimaterial Reformado da prensa PM17	67
Figura 35 – Sistema de Acionamento Bimaterial conectado a controlador de Segurança	68
Figura 36 – Instalação do Botão de emergência no painel da máquina	69
Figura 37 – Sistema de Acionamento de emergência conectado ao CCS Euchner	70
Figura 38 – Enclausuramento do martelo e das zonas laterais da prensa	71
Figura 39 – Barreira de luz Sick instalada na zona frontal da prensa PM17	72
Figura 40 – Barreira de luz Sick conectada ao CCS Euchner	73
Figura 41 – Dispositivo de retenção acoplado à chave de segurança Sick	74
Figura 42 – Dispositivo de retenção CS 800 – ACE Schmersal	76
Figura 43 – Proposta de melhoria do sistema de segurança do calço de segurança da PM17	76
Figura 44 – Proposta para monitoramento da posição do martelo da prensa PM17	78
Figura 45 – Painel elétrico da prensa PM17 após reforma	79
Figura 46 – Comando elétrico redundante de acionamento da prensa PM17	80
Figura 47 – Sinalização de Segurança do Painel elétrico.....	81

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Tabela dos valores relacionados à severidade dos danos considerados.....	50
Quadro 2 – Tabela dos valores relacionados à frequência de exposição ao risco considerados.....	51
Quadro 3 – Tabela dos valores relacionados à probabilidade de ocorrência do dano considerado.....	52
Quadro 4 – Tabela dos valores relacionados ao número de pessoas expostas ao perigo considerado.....	52
Quadro 5 – Tabela dos valores do HRN (Hazard Rating Number) com classificação do risco, sua descrição e a ação prevista	53
Quadro 6 – Medição do Tempo de parada total do sistema.....	57
Quadro 7 – HRN – Acionamento bimanual.....	59
Quadro 8 – HRN – Acionamento de emergência.....	60
Quadro 9 – HRN – Zona de Prensagem.....	62
Quadro 10 – HRN – Zona de Preparação da Máquina	64
Quadro 11 – HRN – Zona de Monitoramento do Martelo.....	65
Quadro 12 – HRN – Painel Elétrico e Sistemas de comando.....	66
Quadro 13 – HRN – Acionamento Bimanual após adequação	68
Quadro 14 – HRN – Acionamento de Emergência após adequação	70
Quadro 15 – HRN – Zona de Prensagem após adequação	73
Quadro 16 – HRN – Zona de Preparação da Máquina – Fase inicial	75
Quadro 17 – HRN – Zona de Preparação da Máquina – Após melhorias	77
Quadro 18 – HRN –Monitoramento do Martelo – Após adequação	78
Quadro 19 – HRN – Painel elétrico e sistemas de comando após reforma	80

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABIMAQ	Associação Brasileira da Indústria de Máquinas e Equipamentos
ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
ART	Anotação de Responsabilidade Técnica
CCS	Controlador Configurável de Segurança
CCT	Convenções Coletivas do Trabalho
CF	Constituição Federal
CL	Classe do Risco
CLP	Controlador Lógico Programável
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
C OIT	Convenções da Organização Internacional do Trabalho
EN	<i>European Norm</i>
EPI	Equipamento de Proteção Individual
Fe	Frequência de Exposição ao Risco
FIERGS	Federação das Indústrias do Estado do Rio Grande do Sul
HRN	<i>Hazard Rating Number</i>
IEC	<i>International Electrotechnical Commission</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LI	Leis Internacionais
MTB	Ministério do Trabalho
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira Registrada
NP	Número de Pessoas expostas ao risco
NR	Norma Regulamentadora
NT	Notas Técnicas do MTE
PL	<i>Performance Level</i>
PM17	Prensa Mecânica 17
PMEEC	Prensa Mecânica excêntrica de engate por chaveta
PMEFE	Prensa Mecânica excêntrica com freio / embreagem
PMFAF	Prensa Mecânica de Fricção com Acionamento por Fuso
PMI	Ponto Morto Inferior
PMS	Ponto Morto Superior

Pr	Probabilidade de Ocorrência do Dano
Se	Severidade do Dano Considerado
SRTE	Superintendência Regional do Trabalho e Emprego
TR	<i>Technical Report</i>
UNIFEI	Universidade Federal de Itajubá

SUMÁRIO

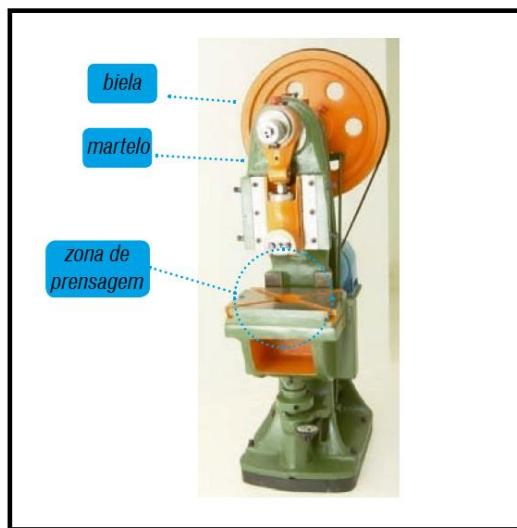
1 INTRODUÇÃO	16
1.1 OBJETIVO	18
1.2 JUSTIFICATIVA	18
2 REVISÃO DA LITERATURA	19
2.1 OBRIGAÇÕES LEGAIS	19
2.2 UNIVERSO DAS NORMAS TÉCNICAS APLICÁVEIS EM SEGURANÇA DE MÁQUINAS	20
2.3 APRECIAÇÃO E REDUÇÃO DOS RISCOS	22
2.4 ELEMENTOS DE RISCO	25
2.5 CATEGORIAS DE SEGURANÇA	27
2.6 PRENSAS	34
2.6.1 Prensas Mecânicas	34
2.6.1.1 Prensas Mecânicas excêntricas de engate por chaveta – PMEEC.....	35
2.6.1.2 Prensas Mecânicas excêntricas com freio / embreagem – PMEFE	36
2.6.1.3 Prensas Mecânicas de fricção com acionamento por fuso – PMFAF	38
2.6.2 Prensas Hidráulicas	39
2.6.3 Prensas Servoacionadas	40
2.6.4 Prensas Pneumáticas	41
2.7 MÁQUINAS OU EQUIPAMENTOS SIMILARES	43
2.7.1 Martelo Pneumático	43
2.7.2 Martelo de queda	43
2.7.3 Prensa Dobradeira	44
2.7.4 Guilhotina, Tesoura e Cisalhadora (manual, mecânica e hidráulica)	46
2.7.5 Rolo Laminador, Calandra, desbobinadeira e endireitadeira	46
2.7.6 Recalcadoras	47
2.7.7 Prensas enfardadeiras	48
3 MATERIAIS E MÉTODOS	49
3.1 MÉTODOS E TÉCNICAS APLICADAS	49
3.2 MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS RISCOS	49
3.2.1 SE (Severidade do Dano Considerado)	50
3.2.2 Fr (Frequência de Exposição ao Risco)	51
3.2.3 Pr (Probabilidade de ocorrência do dano)	51

3.2.4 NP (Número de Pessoas expostas ao risco)	52
3.2.5 CL (Classe do Risco)	53
3.3 AVALIAÇÃO DOS RISCOS	57
3.3.1 Sistema de acionamento normal da Prensa e acionamento de emergência	58
3.3.2 Sistema de segurança da zona de prensagem	61
3.3.3 Sistema de segurança para operações de preparação, limpeza e Manutenção da máquina	62
3.3.4 Sistema de segurança para monitoramento da posição do Martelo	64
3.3.5 Sistema de segurança do painel elétrico e dos sistemas elétricos de acionamento da máquina	65
4 RESULTADOS E DISCUSSÃO	67
4.1 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA SISTEMA DE ACIONAMENTO BIMANUAL	67
4.2 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA SISTEMA DE ACIONAMENTO DE EMERGÊNCIA	69
4.3 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA SISTEMA DE SEGURANÇA DA ZONA DE PRENSAGEM	71
4.4 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA SISTEMA DE SEGURANÇA PARA OPERAÇÕES DE PREPARAÇÃO, LIMPEZA E MANUTENÇÃO DA MÁQUINA	74
4.5 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA SISTEMA DE SEGURANÇA PARA MONITORAMENTO DA POSIÇÃO DO MARTELO	77
4.6 PROPOSTA DE SOLUÇÃO PARA SISTEMA DE SEGURANÇA DO PAINEL ELÉTRICO E DOS SISTEMAS ELÉTRICOS DE ACIONAMENTO DA MÁQUINA	79
4.7 PROPOSTA DE MELHORIA DOS SISTEMAS DE SINALIZAÇÃO DA PRENSA PM17	81
4.8 PROPOSTA DE ATUALIZAÇÃO DO MANUAL E DA DOCUMENTAÇÃO DA PRENSA PM17	81
4.9 CAPACITAÇÃO DOS TRABALHADORES	82
5 CONCLUSÕES	83
REFERÊNCIAS	85

1. INTRODUÇÃO

Conforme definido no Anexo VIII da Norma regulamentadora NR12: "Prensas são máquinas utilizadas na conformação e no corte de materiais diversos, utilizando ferramentas, onde o movimento de seu martelo (punção) é proveniente de um sistema hidráulico/pneumático (cilindros hidráulicos ou pneumáticos) ou de um sistema mecânico, em que o movimento rotativo se transforma em linear por meio de sistemas de bielas, manivelas, conjuntos de alavancas ou fusos." (BRASIL, 2012). Pode-se definir uma prensa como uma máquina utilizada para comprimir ou conformar algum material localizado em sua zona de prensagem (espaço entre a mesa da prensa e o martelo, onde são fixadas as ferramentas), conforme apresentado na figura 1:

Figura 1 - Zona de prensagem em Prensa Mecânica de engate por chaveta



Fonte: ABIMAQ, 2012

Este tipo de maquinário é empregado no ambiente industrial, principalmente no segmento metalúrgico e automotivo, sendo um importante colaborador na elevada taxa de acidentes de trabalho no Brasil, com 35% dos mesmos ocorrendo nos membros superiores e, destes, 60% incidindo sobre mãos, dedos e punhos. Estes dados ressaltam a importância na adequação à segurança destas máquinas em todas as atividades econômicas, a fim de eliminar ou se reduzir ao máximo este número de acidentes. (AEPS, 2013).

No Brasil, a principal referência legal para a realização destas adequações é a Norma Regulamentadora NR12 – Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos, publicada inicialmente em 06/07/1978 através da Portaria MTB nº 3.214, de 08 de junho de 1978 e tendo sido atualizada recentemente através da Portaria MTB nº 1083, de 18 de dezembro de 2018. Esta norma regulamentadora estabelece os mínimos requisitos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho, determinando diretrizes técnicas necessárias para eliminação ou redução do risco de acidentes em todas as fases de projeto, utilização e sucateamento de máquinas e equipamentos de todos os tipos para quaisquer atividades econômicas destinadas para comercialização e operação em território nacional.

Aliada à obrigatoriedade das adequações exigidas pela NR12, as freqüentes mudanças no mercado mundial vem colaborando para a redução de máquinas novas não adequadas no mercado, pois os fabricantes de máquinas internacionais devem atender às exigências da norma para comercialização de seus produtos em território nacional, além do fato das grandes empresas exigirem de seus fornecedores o cumprimento de todas as exigências de segurança para fornecimento de produtos, dentre os quais se destaca o fornecimento de máquinas seguras. Os maiores obstáculos para a adequação das máquinas no Brasil encontram-se nas máquinas mais antigas, pois na época de sua produção ou não havia referências normativas nacionais ou eram simples demais se comparadas com o cenário atual. (José Amauri Martins, 2018).

Além disso, o investimento elevado, a dificuldade encontrada por muitos profissionais na interpretação das exigências técnicas das normas ABNT NBR ISO 12100, ABNT NBR 14153 e outras normas essenciais ao cumprimento das exigências da NR12, vem gerando muito atraso na redução do número de máquinas antigas adequadas no país, consequentemente colaborando para a lenta redução dos índices de acidentes de trabalho no Brasil.

1.1 OBJETIVO

O objetivo deste trabalho é apresentar de forma simples os princípios básicos exigidos pela norma regulamentadora NR12 para a adequação à segurança de prensas e similares através da apresentação do processo de adequação de uma prensa mecânica tipo freio embreagem, denominada PM17.

1.2 JUSTIFICATIVA

A motivação para a elaboração deste trabalho é a elucidação de forma prática e direta de como se realizar a adequação de um dos principais tipos de Prensas encontradas no mercado nacional, de forma que se tenha um ponto de partida para adequações das demais prensas e seus similares, facilitando a compreensão das abordagens das normas de referência ABNT NBR ISO 12100 e ABNT NBR 14153, como realizar a seleção e instalação correta dos dispositivos e como prevenir a burla dos sistemas de segurança já implantados. O elevado número de máquinas encontradas durante visitas técnicas ao parque fabril de indústrias do segmento metalúrgico e automotivo, adequadas de forma incorreta, burladas ou sem nenhuma etapa realizada, além da carência de informação relacionada às exigências práticas da NR12 e as limitações de investimentos em adequações relatadas pelos profissionais destas empresas, tornaram o desafio ainda maior.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 OBRIGAÇÕES LEGAIS

O Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) é o órgão responsável pelo estabelecimento de procedimentos e normas referentes à segurança e medicina no trabalho no Brasil. Atualmente, as Normas regulamentadoras (NRs) são as principais ferramentas de orientação e fiscalização das atividades relacionadas à saúde e segurança dos trabalhadores em todo o território nacional. Sua aplicação é obrigatória, de tal modo que as empresas que não cumprirem com as mínimas exigências legais e regulatórias das mesmas poderão sofrer punições dos fiscais do trabalho, as quais variam desde notificações e autuações até embargos e interdições das máquinas e instalações. (BRASÍLIA, 2015)

Quando se trata da adequação à segurança de máquinas e equipamentos de um parque fabril, a Norma Regulamentadora nº12 – Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos, e seus anexos, torna-se a principal referência normativa no Brasil. Esta NR define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho durante todas as fases de projeto, fabricação, comercialização, utilização e descarte de máquinas e equipamentos de todos os tipos e em todas as atividades econômicas. (BRASIL, 2010)

Por se tratar de um assunto muito amplo, visto a enorme variedade de máquinas e equipamentos encontrados no país, a NR12 muitas vezes não é suficiente para abordar todos os aspectos técnicos necessários para a correta adequação de um sistema de segurança. Portanto, é muito comum que os profissionais tenham de recorrer às normas técnicas nacionais da ABNT, que ao serem citadas nesta NR assumem caráter obrigatório e, na ausência delas, às normas internacionais aplicáveis (ISO ou IEC), sendo tal ação citada no tópico 12.1 desta norma: (ABIMAQ, 2018)

“12.1 - Esta Norma Regulamentadora e seus anexos definem referências técnicas [...] sem prejuízo da observância do disposto nas demais Normas Regulamentadoras - NR aprovadas pela Portaria n.º 3.214, de 8 de junho de 1978, nas normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis. ” (BRASIL, 2010).

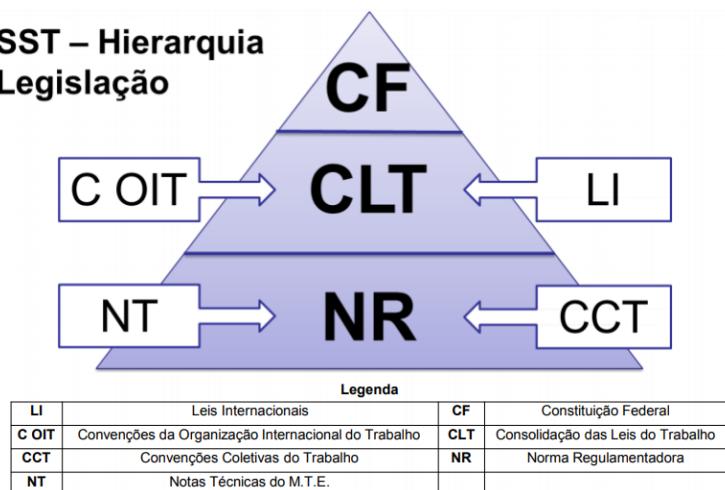
Deste modo, o MTE busca através da NR12, seus anexos e demais normas regulamentadoras aplicáveis, o cumprimento da exigência legal da CLT, seção XI – Das Máquinas e Equipamentos, a qual cita em seu Artigo 184: (ABIMAQ, 2018)

“Art.184 - As máquinas e os equipamentos deverão ser dotados de dispositivos de partida e parada e outros que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho, especialmente quanto ao risco de acionamento acidental.

Parágrafo único. É proibida a fabricação, a importação, a venda, a locação e o uso de máquinas e equipamentos que não atendam ao disposto neste artigo. ”

Pode-se compreender de modo simples as obrigações legais referentes à segurança de máquinas do Brasil, conforme a pirâmide hierárquica apresentada na figura 2:

Figura 2 – Pirâmide hierárquica das obrigações legais de SST no Brasil



Fonte: ABIMAQ , 2018

2.2 UNIVERSO DAS NORMAS TECNICAS APLICÁVEIS EM SEGURANÇA DE MÁQUINAS:

Atualmente existem três tipos diferentes de normas de segurança aplicáveis à segurança de máquinas no mundo, sendo:

- Normas tipo A – Normas Básicas de segurança

São normas de segurança que definem com rigor conceitos fundamentais, princípios de concepção e aspectos gerais válidos para todos os tipos de máquinas, além de estabelecer a terminologia básica aplicada à segurança de máquinas. (EUCHNER, 2018).

Uma das principais normas tipo A, amplamente empregada no segmento industrial brasileiro é a norma ABNT NBR ISO 12100 – “*Princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos*” e a norma EN ISO 14121 – “*Safety of machinery – Risk assessment – Part. 1 – Principles*”. (EUCHNER, 2018)

- Normas tipo B – São normas que tratam de um aspecto específico de segurança ou abordam temas relacionados à dispositivos de segurança aplicáveis à uma extensa gama de máquinas, sendo subdivididas em:
(EUCHNER, 2018).
 - Normas Tipo B1 – Grupos de normas de segurança

São aquelas que abordam temas específicos de segurança, como velocidade, pressão, temperatura de superfície, ruídos, etc. (EUCHNER, 2018).

São exemplos de norma tipo B1:

- ABNT NBR 14153 - Segurança de Máquinas – Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança – Princípios gerais para projeto.
- EN ISO 13855 – *Positioning of protective devices with respect to approach speed of parts of the human body*

- Normas tipo B2 – São aquelas que dispõem sobre dispositivos específicos condicionadores de segurança, como comandos de acionamento tipo bimodal, dispositivos de emergência, chaves de intertravamento, etc. (EUCHNER, 2018).

São exemplos de normas tipo B2:

- *ISO 13850 – Emergency Stop – Principles for design*
- *ISO 13851 – Two-hand control devices – Functional aspects and design principles*
- *ISO 14119 – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection.*

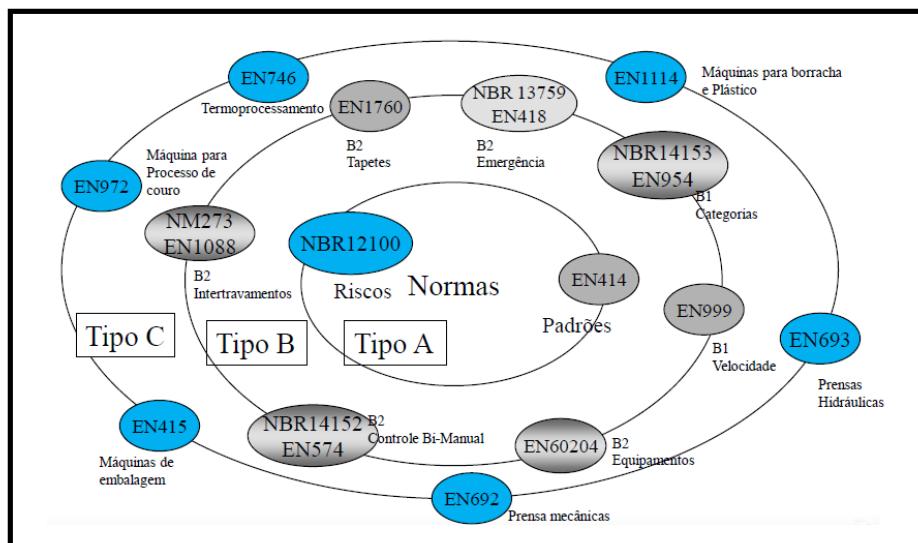
- Normas tipo C – Normas específicas

As normas tipo C contém todos os requisitos de segurança para uma máquina ou um grupo de máquinas específico. Se existir uma norma tipo C para a máquina que se deseja adequar, esta sempre terá prioridade sobre as normas tipo A ou tipo B.

Mesmo assim, as normas tipo C podem se referir às normas tipo A ou tipo B em seu conteúdo, de tal modo que em todas as circunstâncias, todas as exigências da diretiva de máquinas serão atendidas. (EUCHNER, 2018).

A figura 3 apresenta uma visão resumida do universo de normas aplicáveis à segurança de máquinas:

Figura 3: Universo das Normas



Fonte: Euchner, 2009

2.3 APRECIAÇÃO E REDUÇÃO DOS RISCOS:

Em máquinas ou equipamentos onde se é necessário implementar um sistema de segurança, analisar o risco é a forma de se conseguir uma máquina segura. O processo para se efetuar um correto levantamento de todos os riscos de uma máquina, segue as etapas abaixo: (MTE, 2015)

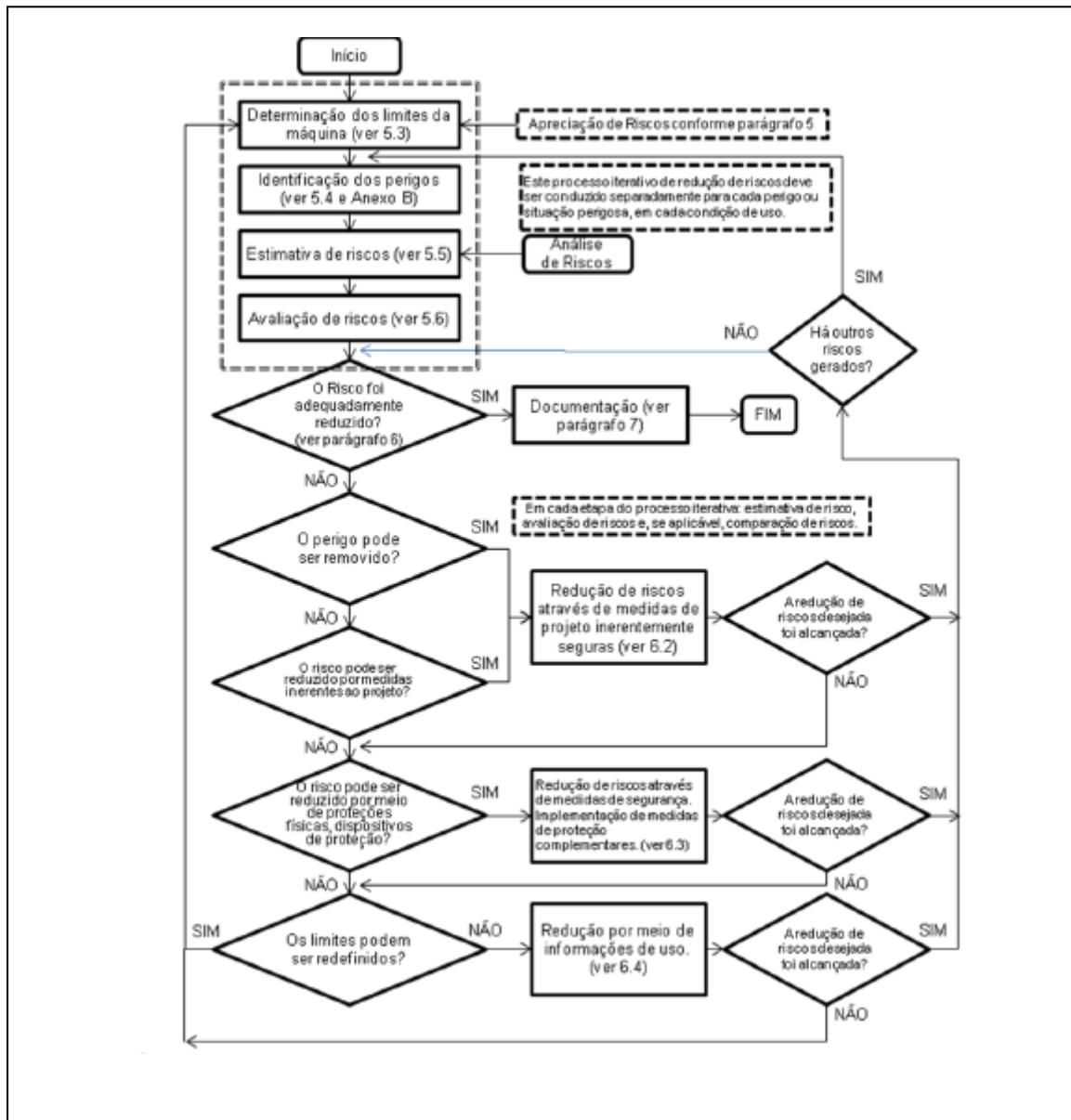
- *Estimativa de riscos* – Definição da provável gravidade de um dano e a probabilidade de sua ocorrência;
- *Análise de riscos* – Combinação da especificação dos limites da máquina, identificação dos perigos e estimativa dos riscos;
- *Avaliação do Risco* – Julgamento com base na análise de risco, do quanto os objetivos de redução do risco foram atingidos;
- *Apreciação do risco* – Processo completo que compreende a análise de riscos e a avaliação dos riscos.

O Objetivo de se efetuar uma apreciação de riscos em uma máquina ou equipamento é o de se atingir uma redução do risco adequada, ou seja, uma redução de todos os riscos inicialmente identificados que atenda ao menos as

exigências legais, utilizando para tanto, as melhores tecnologias disponíveis e consagradas. (ABIMAQ, 2012)

As etapas de apreciação e redução dos riscos estão descritas na norma EN ISO 12100 e ABNT NBR ISO 12100, conforme figura 4:

Figura 4 – Processo de Apreciação e redução de riscos



Fonte: ABNT NBR 12100, 2013

Este processo interativo estabelece que o fabricante da máquina ou seu representante legal deve determinar os limites da máquina, identificar os perigos provenientes da utilização da mesma e as consequências que estes perigos podem

trazer, estimar e avaliar estes riscos através de ferramenta de análise de riscos adequada para, finalmente, eliminar tais perigos ou reduzi-los para um nível aceitável a partir da aplicação de medidas de proteção suficientemente eficientes. (FESTO, 2016)

A aplicação das medidas de proteção deve seguir o disposto na norma ABNT NBR 12100 e consiste em medidas de proteção implementadas pelo projetista e em medidas de proteção estabelecidas pelo usuário: (ABIMAQ, 2012)

- Medidas de proteção implementadas pelo projetista:
 - Medidas de segurança inerentes ao projeto;
 - Medidas técnicas de segurança e medidas de proteção complementares
 - Medidas informativas de segurança (Manuais, Sinalizações, Alertas na máquina)
- Medidas de proteção implementadas pelo usuário:
 - Organização do trabalho (Procedimentos seguros de trabalho)
 - Sistemas de permissão de trabalho
 - Uso de Equipamento de proteção individual
 - Treinamentos

O processo de apreciação e redução dos riscos para máquinas está exigido na NR12, no tópico 12.5:

“- 12.5 Na aplicação desta Norma e de seus anexos, devem-se considerar as características das máquinas e equipamentos, do processo, a apreciação de riscos e o estado da técnica. ” (BRASIL, 2010)

2.4 ELEMENTOS DO RISCO

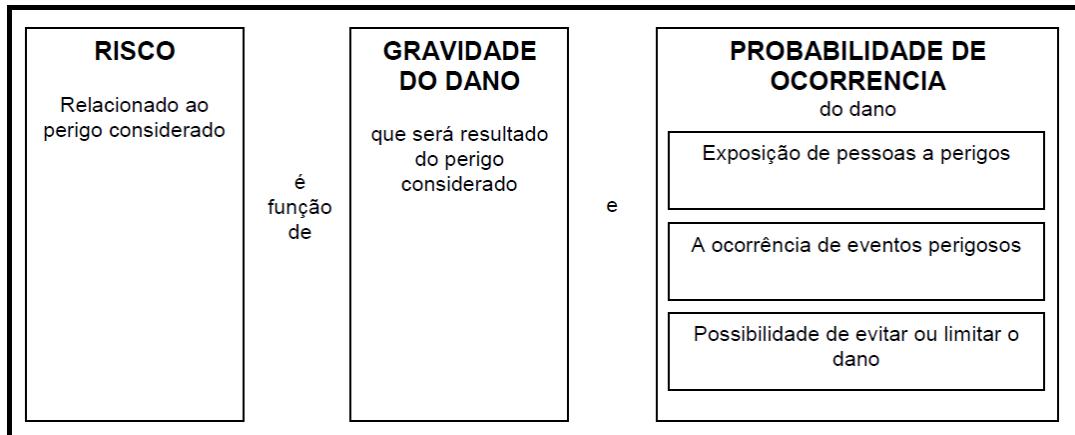
O risco associado a uma determinada situação perigosa depende dos seguintes elementos: (ABNT NBR ISO 12100, 2013)

- A gravidade do dano;
- A probabilidade de ocorrência desse dano, que é função:
 - Da exposição de pessoas ao perigo;

- Da probabilidade de ocorrência de eventos perigosos e,
- Das possibilidades técnicas e humanas de se evitar ou limitar os danos

Os elementos de risco são representados na figura 5:

Figura 5: Elementos de Risco



Fonte: ABNT NBR 12100:2013

Além destes fatores principais, a ABNT NBR 12100 considera também como aspectos importantes durante a estimativa de riscos:

- Tipo, freqüência e duração da exposição ao risco (Ex.: Modos de operação das máquinas e métodos de trabalho)
- Relação entre a exposição e os efeitos (para cada perigo analisado);
- Fatores Humanos (Fadiga, estresse, fatores ergonômicos, etc.);
- Adequabilidade das medidas de proteção (Circunstâncias que podem levar ao dano, comparação com métodos quantitativos, como ISO TR 14121-2)
- Possibilidade de anular ou burlar as medidas de proteção (Vantagens que a burla poderia ocasionar. Aplicar requisitos da norma EN ISO 14119)

Com base nas informações obtidas nos processos acima descritos, é possível identificar os riscos da máquina e, consequentemente, efetuar a correta redução de riscos conforme exigências da categoria de segurança ou nível de performance (performance Level – PL) estabelecidos para a máquina em questão. (EN ISO 13849-1, 2015)

2.5 CATEGORIAS DE SEGURANÇA:

Uma vez realizada a avaliação de riscos da máquina, pode-se determinar sua categoria de risco, de tal modo que se tenha uma referência do nível de medidas de segurança que se deve aplicar para a redução do risco encontrado. As categorias de risco estão estabelecidas na norma ABNT NBR 14153: 2013 – Segurança de Máquinas – Partes de Sistemas de comando relacionadas à segurança – Princípios gerais para projetos. (EUCHNER, 2018)

As categorias de riscos de acidentes estabelecem o desempenho, com relação à resistência de defeitos das partes de comando relacionadas à segurança e seu subsequente comportamento na situação de ocorrência destes defeitos, que é alcançada pelos arranjos estruturais do sistema de segurança da máquina e por sua confiabilidade, sendo divididas em cinco categorias (b, 1, 2, 3 e 4) que devem ser usadas como ponto de referência em um projeto de adequação de máquinas, podendo ser aplicadas para todos os tipos de máquinas e sistemas de comando de equipamentos de proteção (Por exemplo: dispositivos de intertravamento, comandos bimanuais, barreiras fotoelétricas, etc.) (ABNT NBR 14153, 2013)

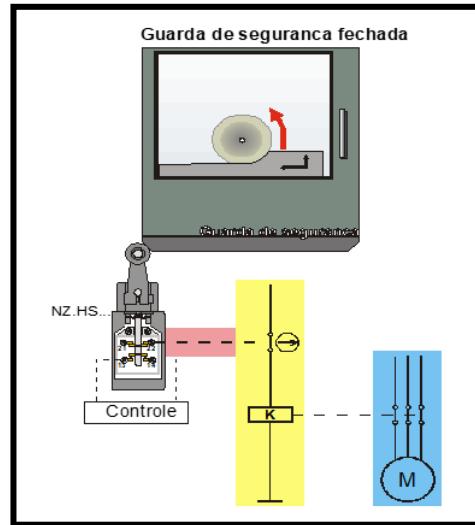
A especificação das categorias de segurança conforme ABNT NBR 14153 é:

Categoria B, as partes de um sistema de segurança devem ser projetados, construídos e montados de acordo com as Normas relevantes, e a ocorrência de um defeito pode levar a perda da função. Não são exigidas as aplicações de dispositivos de segurança.

Categoria 1, aplicam-se os requisitos da categoria B e ainda princípios comprovados e componentes de segurança bem testados; nesse caso, a ocorrência de um defeito pode levar a perda da função de segurança, porém a probabilidade é menor que na categoria B.

Os princípios necessários para atingir a segurança em sistemas categoria B e categoria 1 baseiam-se principalmente pela seleção de componentes, conforme apresentado na figura 6:

Figura 6: Circuito de segurança em categoria B / categoria 1



Fonte: Euchner , 2018

Categoria 2, aplicam-se os requisitos das categorias B e 1, e as funções de segurança devem ser verificadas em períodos adequados pelo sistema de comando da máquina. A verificação das funções de segurança deve ser efetuada:

- Na partida da máquina e antes do início de qualquer situação de perigo;
- Periodicamente durante a operação, se a avaliação do risco e o tipo de operação mostrarem que isso é necessário.

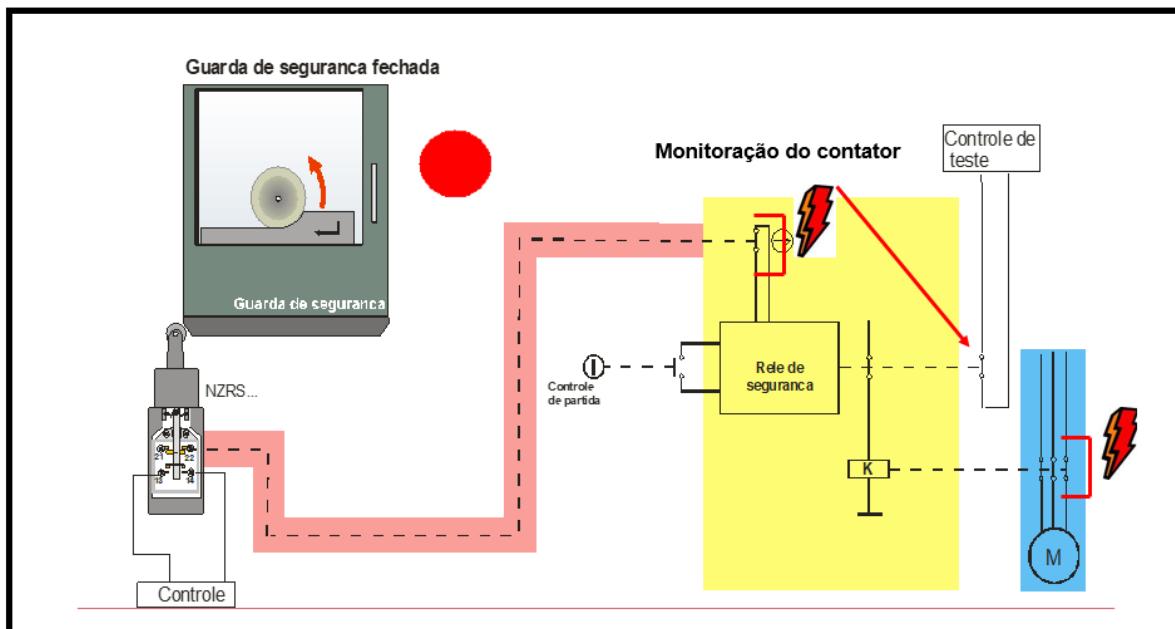
O início dessa verificação pode ser automático ou manual, de acordo com o estabelecido na apreciação de riscos, de tal modo que qualquer verificação das funções de segurança deve: (ABNT NBR 14153, 2013)

- Permitir a operação se nenhum defeito foi constatado;
- Gerar um sinal de saída que inicie uma operação apropriada no sistema de comando da máquina (por exemplo sua parada), se um defeito foi constatado e, quando isto não for possível, esta verificação deverá gerar um aviso do perigo relacionado à esta falha.
- Após a detecção do defeito, o estado seguro deve ser mantido até que o defeito tenha sido sanado.

O comportamento do sistema de segurança de categoria 2, conforme apresentado na figura 7, permite:

- A ocorrência de um defeito isolado leve à perda da função de segurança entre as verificações;
- A perda da função de segurança seja detectada pela verificação.

Figura 7: Circuito de segurança em categoria 2



Fonte: Euchner, 2018

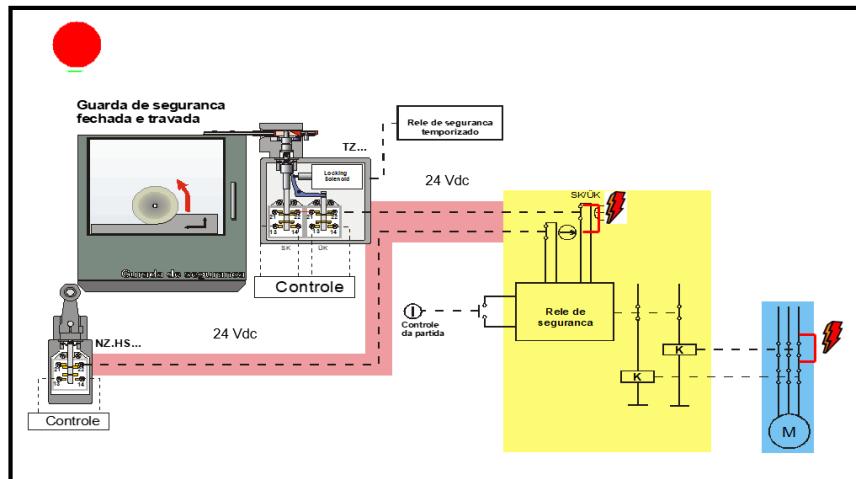
Categoria 3, aplicam-se os requisitos das categorias B e 1. O comportamento do sistema permite que, quando ocorrer um defeito isolado, não ocorra a perda da função de segurança, e que alguns defeitos, mas não todos sejam detectados. No entanto, o acúmulo de defeitos não detectados pode levar à perda da função de segurança.

Na maioria dos casos, em sistemas de segurança em categoria 3, conforme apresentado na figura 8, aplica-se:

- Redundância dos dispositivos de segurança instalados;
- Monitoramento elétrico em duplo canal

- Impedimento de aplicação de conexão serial para dispositivos de segurança eletromecânicos.

Figura 8: Circuito de segurança em categoria 3



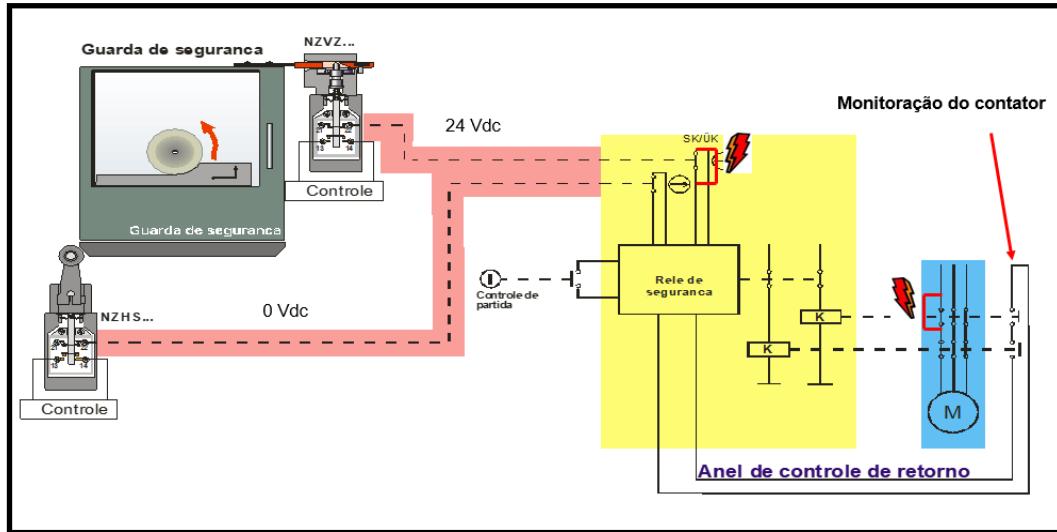
Fonte: Euchner, 2018

Categoria 4, aplicam-se os requisitos das categorias B e 1, e ainda as partes dos sistemas de comando relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que uma falha isolada em qualquer das partes relacionadas à segurança não leve à perda das funções de segurança.

O comportamento do sistema de segurança de categoria 4, conforme apresentado na figura 9, permite:

- Que todos os defeitos sejam detectados antes da perda da função de segurança (Por exemplo: Antes ou durante o acionamento de um sistema de segurança, ao ligar o comando de partida da máquina ou antes do rearne do sistema).
- Quando os defeitos ocorrem, a função de segurança é sempre cumprida;
- A máquina deve manter seu estado seguro até que o defeito encontrado seja sanado.

Figura 9: Circuito de segurança em categoria 4



Fonte: Euchner, 2018

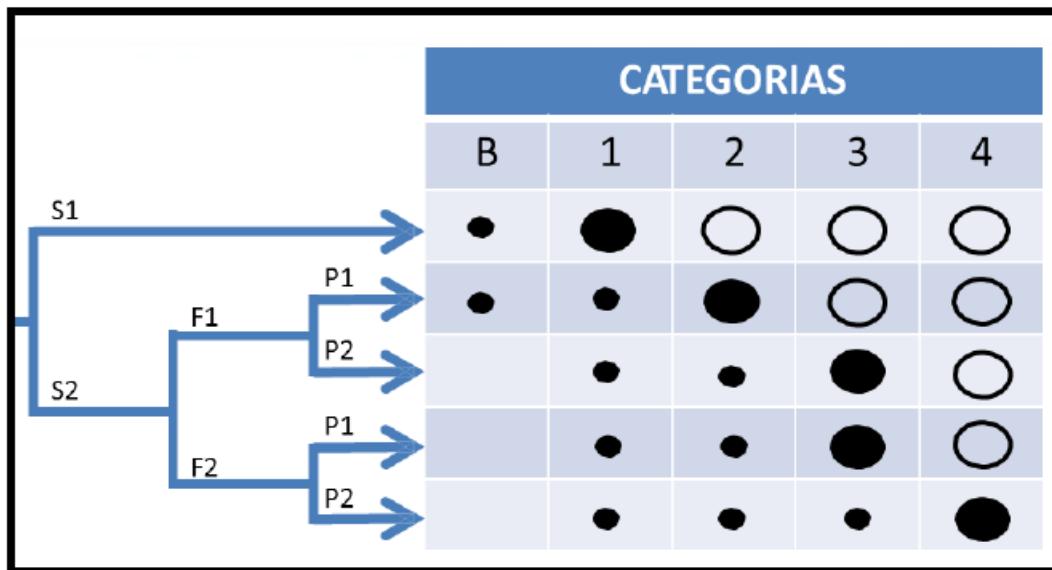
Os princípios necessários para atingir a segurança em sistemas categoria 2, 3 e 4 baseiam-se não apenas na seleção de componentes, mas principalmente pela estrutura completa do sistema de segurança da máquina (Entrada – Lógica de monitoramento – saídas). (FESTO, 2016)

Finalmente, a seleção de uma categoria para uma parte específica relacionada à segurança do sistema de comando depende principalmente de:

- Redução de risco a ser atingida pela função de segurança, para a qual a parte contribui;
- Probabilidade da ocorrência de defeitos nessa parte;
- Aumento do risco, no caso de defeitos dessa parte;
- Possibilidade de evitar o perigo nessa parte
- Tecnologia aplicada

De modo mais intuitivo, para determinação da seleção de categoria de risco de uma máquina, pode-se aplicar o guia para a seleção das categorias conforme anexo B da norma ABNT NBR 14153, o qual nos fornece o gráfico de risco apresentado na figura 10.

Figura 10: Seleção Possível de Categorias



Fonte: ABIMAQ, 2012

De acordo com o gráfico de riscos acima, a determinação da categoria de segurança leva em conta três parâmetros principais, denominados S, F e P, sendo: (ABNT NBR 14153, 2013)

S – Severidade do Ferimento:

Na escolha do parâmetro severidade do Ferimento, deve-se levar em conta as consequências usuais de acidentes (Lesões, ferimentos, doenças e até morte) e seu processo normal de cura, sendo o parâmetro S determinado vide abaixo:

- S1 – Ferimento leve (Normalmente reversível)
 - Exemplos: Contusões, lacerações, cortes e ferimentos sem complicações;
- S2 – Ferimento sério (Normalmente irreversível)
 - Exemplos: Amputações, mutilações e até morte;

F – Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo:

O período de exposição ao perigo normalmente é difícil de ser especificado, por esta razão deve-se avaliar um valor médio observado com relação ao período total de

utilização do equipamento. Um exemplo para a escolha do parâmetro F é a situação abaixo:

- F1 – Raro ou Baixo tempo de exposição
 - Exemplo: Acesso à zona de risco especificamente de tempos em tempos, em situações específicas como limpeza, setup de máquinas, manutenção e não durante operação da mesma.

- F2 – Frequentemente a contínuo ou elevado tempo de exposição:
 - Exemplo: Acesso regular às ferramentas da máquina para alimentação de peças, ajustes frequentes ou outras operações durante todo ou praticamente todo ciclo de trabalho da máquina.

P – Probabilidade de evitar o perigo:

A probabilidade de evitar o perigo em uma máquina está diretamente ligada ao tempo de reconhecimento da situação de perigo e a chance de se evitar a consequência desta exposição. Quando uma situação de perigo ocorre, o parâmetro P deve ser selecionado conforme abaixo:

- P1 – Possível sob condições específicas
 - Exemplo: Quando houver uma chance clara e real de se evitar um acidente, seja pela velocidade com que o perigo aparece ou pela possibilidade de fuga / intervenção de terceiros.

- P2 – Quase nunca possível
 - Exemplo: Quando praticamente não há chance de se evitar o perigo devido dificuldade de identificar a aproximação do mesmo ou pela operação isolada em uma área específica, sem chance de intervenção de terceiros.

2.6 PRENSAS:

Prensas são máquinas utilizadas na conformação e no corte de materiais, onde o movimento do martelo (punção) é proveniente de um sistema hidráulico /

pneumático (cilindro hidráulico / pneumático) ou de um sistema mecânico em que o movimento rotativo é transformado em linear através de uma cadeia cinemática (Motor elétrico, volante, engrenagens, eixos, bielas, guias, correias, etc.,). (ABIMAQ, 2012)

Esses equipamentos são encontrados em diversos setores econômicos, com preponderância no segmento metal-mecânico, sendo utilizados nas mais variadas aplicações, como conformar, moldar, furar, cunhar, repuxar e vazar peças. Há relatos de prensas utilizadas até para quebrar pedras e trabalhos em cerâmicas (NOBRE JÚNIOR, HB, 2009)

No mercado, as prensas podem ser classificadas segundo suas características, tais como: dimensão estrutura, marca, tipo, modelo, capacidade de aplicação de força ou velocidade, etc. (NOBRE JÚNIOR, HB, 2009)

As prensas podem ser classificadas em grupos de acordo com seu sistema de acionamento: Prensas mecânicas, prensas hidráulicas, Prensas Servo acionadas e prensas pneumáticas (dispositivos pneumáticos). (ABIMAQ, 2012)

2.6.1 – Prensas Mecânicas:

Os principais tipos de prensas mecânicas utilizadas na indústria metalúrgica são: As excêntricas (De engate por chaveta ou com freio/embreagem), a de fricção com acionamento por fuso e as servoacionadas. (ABIMAQ, 2012)

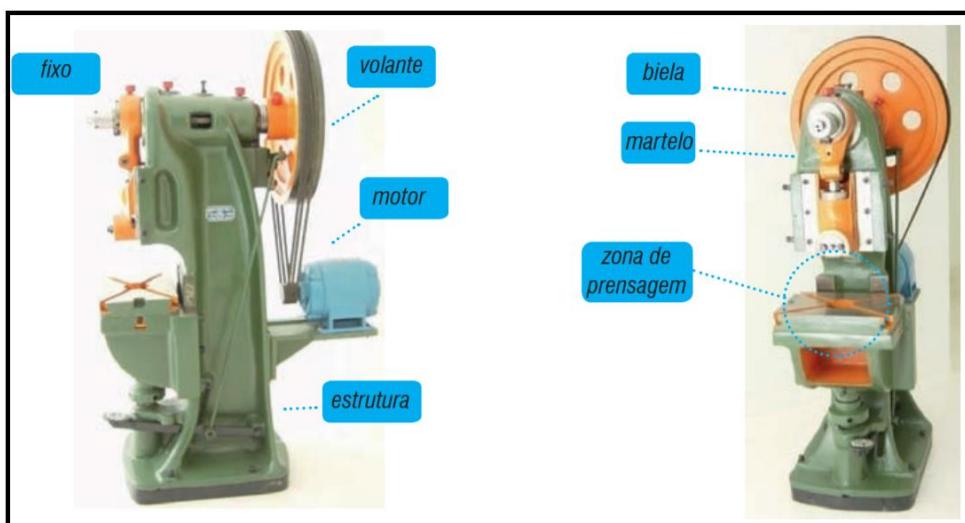
2.6.1.1 – Prensas Mecânicas excêntricas de engate por chaveta - PMEEC

Conforme ítem 9.2 do Anexo VIII – Prensas e Similares da NR12: “É proibida a importação, fabricação, comercialização, leilão, locação e cessão a qualquer título de prensas mecânicas excêntricas e similares com acoplamento para a descida do martelo por meio de engate de chaveta ou similar e de dobradeiras mecânicas com

freio de cinta, novas ou usadas, em todo o território nacional." (BRASIL, 2010). Entende-se como mecanismo similar aquele que não possibilite a parada imediata do movimento do martelo em qualquer posição do ciclo de trabalho.

Este tipo de máquina, conforme apresentado na figura 11, é amplamente utilizado no setor metal-mecânico brasileiro, devido sua relativa simplicidade construtiva, que possibilita a sua fabricação por empresas com baixa capacidade tecnológica, seu baixo custo de aquisição comparado às demais prensas e à precisão da descida do martelo no ponto morto inferior (NOBRE JUNIOR, 2009; FIERGS, 2006).

Figura 11- Prensa Mecânica de Engate por chaveta



Fonte: ABIMAQ, 2012

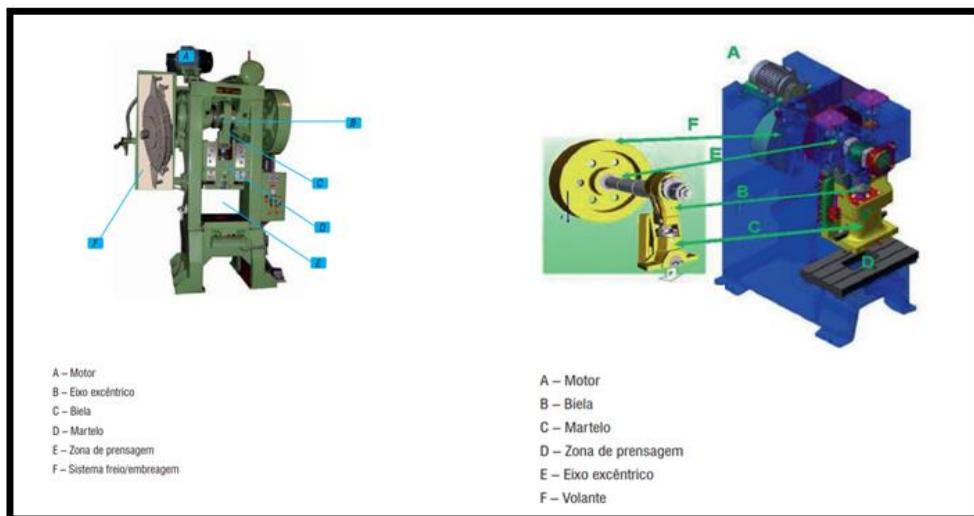
Em relação aos acidentes de trabalho, diversos estudos apontam que as PMEEC são responsáveis pela maioria dos acidentes em prensas no país. No período de 2001 a 2006, os acidentes analisados pelo Ministério do Trabalho e Emprego – MTE, em PMEEC, corresponderam a 35,6% do total de acidentes em prensas investigados pelos Auditores Fiscais do Trabalho no Brasil. (NOBRE JÚNIOR, HR, 2009).

Outros Trabalhos também demonstraram o potencial de geração de acidentes deste tipo de prensas (BELANGER et al, 1994, MAGRINI E MARTARELLO, 1989; MAGRINI, 1999; MENDES, 2001).

2.6.1.2 – Prensas Mecânicas excêntricas com freio / embreagem – PMEFE

As prensas mecânicas excêntricas com freio / embreagem, conforme exemplo apresentado na figura 11, possuem cadeia cinemática constituída por uma fonte de energia: motor elétrico que transmite movimento de rotação ao eixo excêntrico e por meio de bielas transforma o movimento rotativo em movimento linear (sobe e desce do martelo). Quanto à sua forma, podem ser do tipo “C” ou “H”, possuir eixo excêntrico transversal ou longitudinal, operar com alimentação manual ou automática, possuindo ainda mesa fixa, inclinada ou regulável, o que pode ser interessante para facilitar a descarga de peças por gravidade. (Aida Becker – SRTE – RS, 2012)

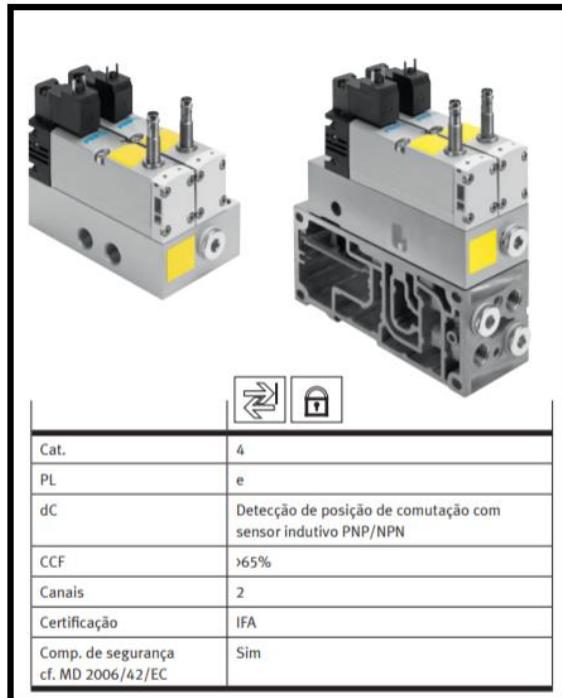
Figura 12 - Prena Mecânica Excêntrica PMEFE tipo H e tipo C



Fonte: ABIMAQ, 2012

A principal característica das prensas mecânicas excêntricas com freio / embreagem é seu sistema de acionamento comandado por válvula de segurança de fluxo cruzado, conforme apresentado na figura 13, o que permite que o ciclo de movimentação do martelo (PMS – ponto morto superior; PMI – ponto morto inferior; PMS – ponto morto superior) possa ser interrompido em qualquer posição, ou seja, caso alguma condição de segurança não seja satisfeita (Por exemplo: acionamento do dispositivo de parada de emergência). (Roberto Misturini – SRTE-RS, 2012)

Figura 13: Válvula de Segurança de Fluxo Cruzado



Fonte: FESTO, 2016

Os perigos mais significativos são os mecânicos, tais como: perigos de esmagamento, mutilação, corte ou perfuração, arrastamento ou aprisionamento, especialmente nas zonas de prensagem. Além destes, outros perigos relacionados à ergonomia e aspectos físicos (Energia elétrica, vibrações, etc.) também devem ser levados em conta na seleção dos sistemas de segurança, não somente nas etapas de operação, mas em todas as tarefas demandadas, tais como: ajustes, limpezas, manutenções, transporte e deve incluir todos os trabalhadores envolvidos e terceiros. (ABIMAQ, 2012)

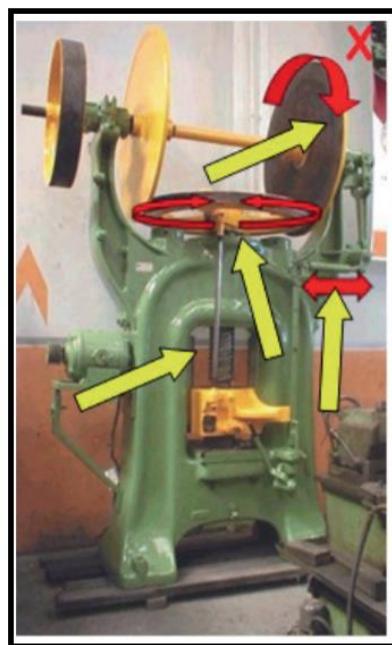
2.6.1.3 – Prensas Mecânicas de fricção com acionamento por fuso - PMFAF

Nas prensas PMFAF, também conhecidas como prensa tipo parafuso ou prensa por fuso, o martelo desce por meio de um grande parafuso (fuso) linear reversível, sendo acionado por dois robustos volantes laterais, posicionados verticalmente, que friccionam um volante horizontal central, localizado no ponto superior do fuso, permitindo desse modo a realização do movimento de descida e subida por meio do atrito dos volantes laterais com o volante horizontal. (ABIMAQ, 2012)

Nesta máquina, o martelo pode parar durante seu movimento de descida, ou seja, não executando um ciclo completo, todavia, a inércia do sistema não permite a precisão da parada do martelo, não sendo deste modo permitida a aplicação de sistemas de segurança de detecção por aproximação como cortinas de luz ou dispositivos fixos como comandos bimanuais. (Leonardo Nascimento – ABIMAQ, 2012).

A figura 14 apresenta um exemplo de prensa mecânica de fricção com acionamento por fuso.

Figura 14: Prensa Mecânica de Fricção com acionamento por fuso –DESPROTEGIDA



Fonte: ABIMAQ, 2012

2.6.2 – Prensas Hidráulicas:

As prensas hidráulicas têm como característica a força constante em qualquer ponto do curso do martelo e possuem, geralmente, o corpo em forma de “H”, com duas ou quatro colunas, com mesa fixa ou regulável, horizontal ou inclinada, podendo ter inúmeras outras características adicionais, como o duplo e o triplo efeito. (Leonardo Nascimento , 2012)

Quando acionada através de um pedal elétrico, pneumático ou hidráulico, ou comando bimanual (é proibido o uso de pedais ou alavancas mecânicas), o martelo recebe o movimento de um ou mais cilindros hidráulicos que se deslocam pela ação do fluido (óleo), que é injetado por bombas hidráulicas de alta pressão e motores potentes. Seu movimento é, na maioria das vezes lento e pode ser interrompido a qualquer momento do ciclo de trabalho, do mesmo modo que nas PMEFEs. (ABIMAQ, 2012). A figura 15 apresenta um tipo de prensa hidráulica encontrada no mercado nacional.

Figura 15: Prensa Hidráulica



Fonte: ABIMAQ, 2012

As prensas hidráulicas, por suas características peculiares, podem apresentar falhas como:

- Avanço involuntário (Válvula pilota sozinha)
- Falha no comando das válvulas (Não desligam)
- Queda do martelo.

As prensas hidráulicas podem possuir modo de acionamento contínuo com o uso de alimentadores automáticos, nessa condição, os riscos de acidentes são maiores, já que não existe comando do homem para a execução do ciclo. (ABIMAQ, 2012)

Nas prensas hidráulicas possuem dispositivos eletromecânicos denominados blocos hidráulicos de segurança, conforme figura 16, os quais tem por finalidade o controle seguro contra acionamento involuntários ou falhos de componentes comandados que açãoem partes da máquina que possam expor o usuário aos riscos e, devem possuir redundância e monitoramento, de modo a atender a todas as exigências da norma EN 693. (ABIMAQ, 2012)

Figura 16: Bloco Hidráulico de Segurança



Fonte: BOSCH REXROTH, 2012.

2.6.3 – Prensas Servoacionadas:

Prensas servoacionadas são máquinas mecânicas que tem como sua principal característica a eliminação do volante de inércia, bem como o freio e a embreagem, que são substituídos por acionamento diretamente no eixo principal através de um módulo da unidade central de condução servodrive. (ABIMAQ, 2012)

Os movimentos perigosos para este tipo de máquina precisam ser interrompidos rapidamente, inclusive em caso de queda de energia, além de ser necessário o impedimento de uma nova movimentação involuntária do sistema. (ABIMAQ, 2012)

Para o controle de parada de uma prensa servo acionada como a apresentada na figura 17, no ponto morto superior (escorregamento) bem como o risco de acidente pela queda do martelo em consequência do peso próprio em liberações momentâneas do eixo do motor (Por exemplo: queda de energia elétrica), devem ser previstos freios externos mecânicos com acionamento pneumático ou hidráulico através de válvulas de segurança categoria 4, conforme exigências da NBR 13930, e retorno por molas. Devem existir no mínimo dois freios, independentemente da quantidade de motores, e devem agir diretamente no engrenamento ou eixo excêntrico e seguir a categoria de segurança prevista na avaliação de riscos. (NELSON CESAR BARREIRA, 2012)

Figura 17: Prensa Servoacionada



Fonte: ABIMAQ, 2012.

2.6.4 – Prensas Pneumáticas

Prensas pneumáticas, conforme exemplo apresentado na figura 18, possuem seu funcionamento baseado no princípio de Pascal, no qual a pressão aplicada a um fluido, dentro de um recipiente fechado é transmitida, sem variação, a todas as partes do fluido bem como às partes do recipiente. (WIKIPEDIA, 2014)

Figura 18: Prensa Pneumática



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

As prensas pneumáticas e similares devem ser comandadas por válvulas de segurança específicas para impedir o acionamento inesperado, as quais devem ser redundantes, dinamicamente monitoradas e isentas de pressão residual em caso de falha. (ABIMAQ, 2012)

Figura 19: Válvula de Segurança



Fonte: Ross Controls, 2018

A prensa ou similar deve possuir rearme manual, incorporado à válvula de segurança ou em qualquer outro componente do sistema, de modo a impedir qualquer acionamento adicional em caso de falha. (ABIMAQ, 2012).

2.7 – MÁQUINAS OU EQUIPAMENTOS SIMILARES

Além das prensas citadas acima, a norma regulamentadora NR12 estabelece requisitos de segurança para máquinas ou equipamentos que possuam funcionamento similar, dentre os quais destacam-se os mais encontrados no parque fabril brasileiro:

2.7.1 – Martelo pneumático:

Conforme apresentado na figura 20, são utilizados para forjamento de peças a quente. Nestes equipamentos, uma câmara pneumática se mantém pressurizada por válvulas de ar. Quando a máquina é acionada, libera o ar comprimido da câmara, possibilitando a descida do martelo tanto por gravidade, quanto pela força exercida por outra câmara de ar comprimido (FIERGS, 2006; SILVA, 2003).

Figura 20: Martelo Pneumático



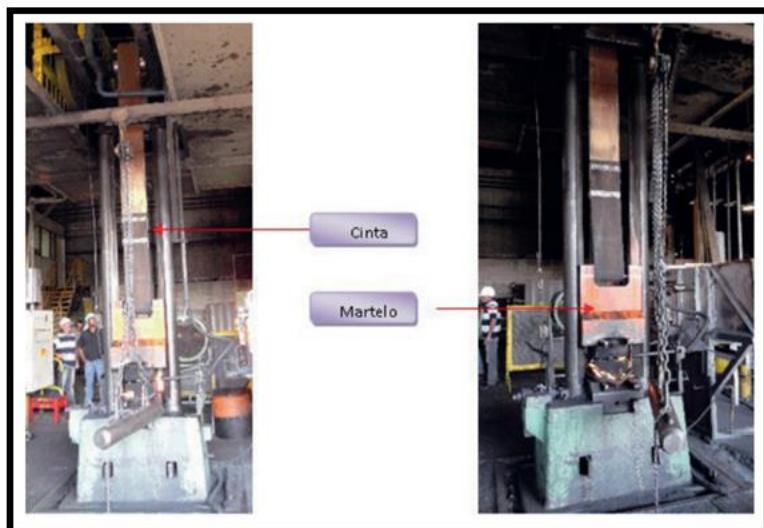
Fonte: ABIMAQ, 2012

2.7.2 – Martelo de queda

São utilizados para forjamento de peças a quente. Esta máquina consiste em uma estrutura de aço que sustenta um conjunto de volantes que giram livremente em relação ao eixo central. Há uma cinta de lona fixada em uma das extremidades ao eixo central e na outra o martelo. O martelo é “abraçado” por quatro perfis de aço

fixados à estrutura e que delimitam a trajetória do martelo. Quando acionada, o eixo é acoplado aos volantes através de mancal. Então, o eixo passa a girar, enrolando a cinta e levantando o martelo. Quando o martelo é liberado pelo operador, ele cai em queda livre sobre a peça, conforme figura 21. (FIERGS, 2006; SILVA, 2003).

Figura 21: Martelo de queda

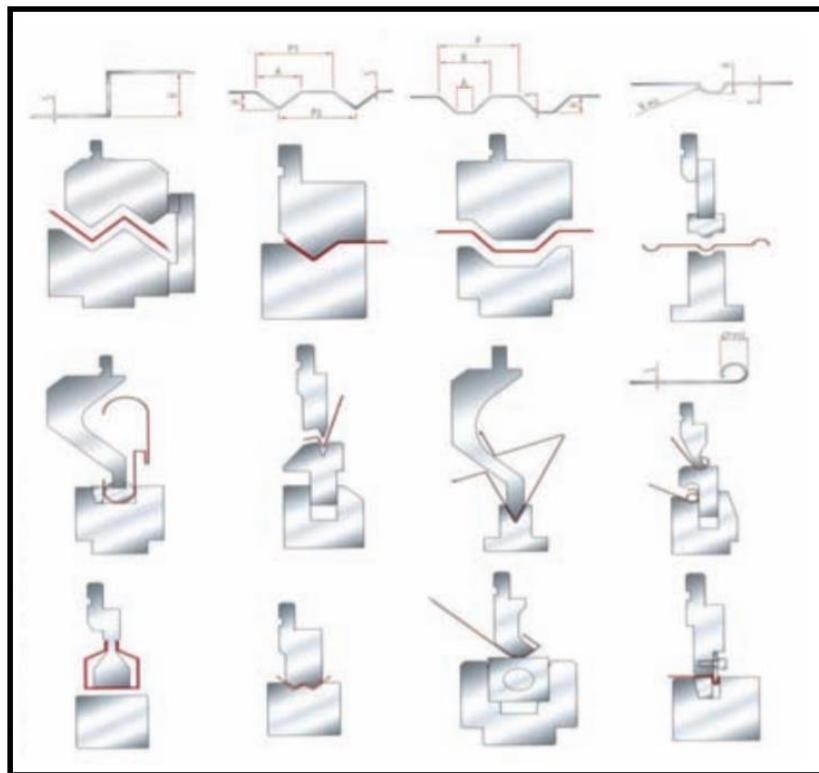


Fonte: ABIMAQ, 2012

2.7.3 – Prensa Dobradeira:

São equipamentos desenvolvidos para efetuar dobradas em materiais metálicos a frio e/ ou de estrutura plástica de possível conformação. Seu funcionamento está baseado na combinação de seu ferramental (punção e matriz), apresentados na figura 22, através dos quais pode-se efetuar dobradas de ângulos e raios, proporcionando a fabricação dos mais variados formatos de perfis, atendendo a vários tipos de setores da indústria. (Sílvio Clavijo, UNIFEI Universidade Federal de Itajubá, 2012)

Figura 22: Exemplos de ferramentas usadas em dobradeiras



Fonte: ABIMAQ, 2012

As prensas dobradeiras são definidas de acordo com suas características construtivas (ascendentes ou descendentes), conforme figura 23 e se dividem em quatro topologias distintas:

- Mecânica de acionamento por freio / embreagem (fricção mecânica) tipo cinta;
- Mecânica por freio / embreagem (fricção) mecânica;
- Mecânica por freio / embreagem (fricção) pneumática;
- Hidráulica

Figura 23: Dobradeira descendente com freio-fricção pneumática e dobradeira ascendente hidráulica



Fonte: ABIMAQ, 2012

2.7.4 – Guilhotina, tesoura e cisalhadora (manual, mecânica e hidráulica)

Seu princípio de funcionamento é semelhante ao da prensa mecânica e hidráulica, diferenciando-se apenas pelo movimento vertical, que, neste caso, é feito pelo suporte das lâminas de corte na parte superior.

No caso das tesouras, esses equipamentos operam com jogo laminar inferior e superior (facas), geralmente acionados por cames ou cilindros hidráulicos, porém suas funções são de corte. (Leonardo Nascimento, 2012). A figura 24 apresenta um exemplo do equipamento denominado Guilhotina.

Figura 24: Guilhotina



Fonte: ABIMAQ, 2012

2.7.5 – Rolo Laminador, calandra, desbobinadeira e endireitadeira

Conforme figura 26, são equipamentos destinados a conformar e laminar chapas através de rolos de aço tracionados por sistema mecânico com motor e redutor ou motor hidráulico. (ABIMAQ, 2012)

Figura 25: Calandra sem adequação



Fonte: Arquivo pessoal, 2016

2.7.6 – Recalcadoras

Recalcar é transformar uma barra de aço sob condições controladas em estágios com matrizes sequenciais, permitindo aproximação da geometria da peça.

Uma recaladora, como a apresentada na figura 26, é uma prensa mecânica com freio / embreagem, porém o fechamento do martelo é na posição horizontal. No processamento da peça, o operador introduz o tarugo de aço aquecido na matriz, pisa no pedal e transcorre toda a sequência de funcionamento através do engate da embreagem com a transferência de energia, em seguida há o complemento do ciclo do martelo e o acionamento do freio com a parada do mesmo. (José Carlos de Freitas, 2012).

Figura 26: Recalcadora



Fonte: ABIMAQ, 2012

2.7.7 – Prensas enfardadeiras

As enfardadeiras são prensas hidráulicas usadas na confecção de fardos de materiais reciclados (papel, papelão, latas de alumínio, garrafas PET, etc.), facilitando seu transporte e armazenamento, as quais geralmente possuem duas portas na parte frontal (Proteção superior e inferior) e uma proteção traseira, conforme apresentado na figura 27. (ABIMAQ, 2012)

Figura 27: Prensas enfardadeiras



Fonte: ABIMAQ, 2012

Esses equipamentos, pelas atividades a que se destinam, são amplamente utilizadas por cooperativas de reciclagem, tendo normalmente sua operação realizada por trabalhadores com baixas qualificações, sem quaisquer treinamentos e, muitas vezes, trabalhando sem nenhum dispositivo de proteção, configurando uma situação de grave e iminente risco. (ABIMAQ, 2012)

3 MATERIAIS E MÉTODOS

3.1 – MÉTODOS E TÉCNICAS APLICADAS:

Para realização deste estudo foram seguidos diversos passos focando o objetivo final de adequação da máquina. Dentre os passos realizados, tem-se:

- Visita à indústria metalúrgica na qual se localiza a prensa PM17, objeto deste estudo;
- Reunião com o comitê de NR12 desta empresa a fim de entender a real necessidade dos mesmos para adequação desta máquina;
- Visitas quinzenais à fábrica para alinhamento do projeto de adequação da prensa PM17;
- Realização do inventário da máquina e definição de seus limites conforme ABNT NBR ISO 12100;
- Levantamento do acervo fotográfico pré-adequação;
- Aplicação da metodologia HRN pré-adequação;
- Definição de projetos de implantação dos sistemas de segurança necessários para redução dos riscos, conforme categoria de segurança estabelecida pelo Anexo VIII da NR12 e norma ABNT NBR 14153;
- Especificação dos componentes de segurança necessários para implantação do projeto
- Acompanhamento da execução do projeto e instalação dos componentes de segurança;
- Levantamento do acervo fotográfico pós-adequação;
- Aplicação da metodologia HRN pós adequação
- Elaboração do cronograma de treinamentos dos colaboradores envolvidos no processo de trabalho da prensa PM17, conforme anexo II da NR12

3.2 – MÉTODOS PARA AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Após a identificação de todos os riscos foram aplicados os conceitos estabelecidos nas normas ABNT NBR 12100, ABNT NBR 14153, ISO 14119 e ISO 14121 para

definição de prioridades de riscos, definição das categorias de segurança do sistema e implementação do circuito de segurança mais adequado dentro das necessidades técnicas e do custo-benefício desejado.

A metodologia de análise de riscos aplicada na ABNT NBR 12100 segue o descrito na norma internacional ISO 14121 e, através do estabelecido nestas normas, pode-se aplicar o método de estimativa de riscos HRN – Hazard Rating Number, o qual atende aos requisitos das normas apontadas acima.

O método HRN é adequado para priorização das medidas de melhoria em função dos riscos estimados, pois os valores que podem resultar da estimativa abrangem uma faixa muito grande e com inúmeros resultados intermediários que, dessa forma, podem ser bem distribuídos, facilitando a estratégia adotada no processo de priorização de ações.

O HRN é um método quantitativo em que valores numéricos são atribuídos para os seguintes itens: Severidade do Dano Considerado (Se), Frequência de Exposição ao Risco (Fe), Probabilidade da Ocorrência do Dano (Pr) e Número de pessoas expostas ao Risco (NP), conforme descrito a seguir:

3.2.1 - SE (Severidade do Dano Considerado):

Deve-se optar pela opção que apresente o maior dano esperado que possa ocorrer em função do perigo que se está exposto.

O quadro 1 apresenta os valores relacionados à severidade dos danos considerados:

Quadro 1: Valores relacionados à severidade dos danos considerados

Dano	Severidade - Se
Morte	15
Perda de 2 membros/olhos ou doença grave (irreversível)	8
Perda de 1 membro/olho ou doença grave (temporária)	4
Fratura - ossos importantes ou doença leve (permanente)	2
Fratura - ossos menores ou doença leve (temporária)	1
Laceração/Efeito leve na saúde	0,5
Arranhão/Contusão	0,1

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego , 2015

3.2.2 – Fr (Frequência de Exposição ao Risco):

Seleciona-se a frequência à qual a pessoa está exposta ao perigo analisado

O quadro 2 apresenta os valores relacionados à frequência de exposição ao risco considerado:

Quadro 2: Valores relacionados à frequência de exposição ao risco considerado

Frequência de Exposição ao Risco	Fr
Constantemente	5
Horário	4
Diariamente	2,5
Semanal	1,5
Mensal	1
Anual	0,2
Raramente	0,1

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015

3.2.3 – Pr (Probabilidade de ocorrência do dano):

Aponta a probabilidade de ocorrência do dano considerado em função da exposição ao perigo identificado na máquina. Assim, de modo a melhor atender à necessidade em questão, seleciona-se uma das opções apresentada no quadro 3:

Quadro 3: Valores relacionados à probabilidade de ocorrência do dano considerado

Probabilidade de Ocorrência do Dano	Pr
Certamente	15
Esperado	10
Provável	8
Alguma Chance	5
Possível	2
Não esperado	1
Impossível	0,03

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego (2015)

3.2.4 – NP (Número de Pessoas expostas ao risco):

Seleciona-se o número de pessoas expostas ao perigo, após a análise do processo de trabalho. Opta-se então por uma das opções descritas no quadro 4:

Quadro 4: Valores relacionados ao número de pessoas expostas ao perigo considerado

Número Pessoas Expostas	NP
Mais de 50 pessoas	12
16-50 Pessoas	8
8-15 Pessoas	4
3-7 Pessoas	2
1-2 Pessoas	1

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015

3.2.5 – CL (Classe do Risco):

O objetivo da metodologia HRN é, a partir da análise dos fatores anteriormente descritos, obter a Classe de Risco (Cl), ou seja, uma avaliação qualitativa do risco e a ação requerida.

A classe de risco é igual à multiplicação dos valores escolhidos para cada um dos fatores escolhidos das tabelas apresentadas anteriormente:

$$CL = Se \times Fr \times Pr \times NP$$

Com o valor da Classe de Risco (CL) pode-se obter uma avaliação qualitativa do risco e prever a ação requerida para sua redução, vide quadro 5:

Quadro 5: Tabela dos valores do HRN (Hazard Rating Number) com classificação do risco, sua descrição e a ação prevista.

HRN	Risco	Descrição	
0 - 5	Insignificante	Oferece um risco muito baixo para a segurança e saúde.	Nenhuma Ação Requerida
5 - 50	Baixo porém significativo	Contém riscos necessários para a implementação de medidas de controle de segurança.	Melhoria Recomendada
50 - 500	Alto	Oferece possíveis riscos, necessitam que sejam utilizadas medidas de controle de segurança urgentemente.	Necessária Ação de Melhoria
500+	Inaceitável	É inaceitável manter a operação do equipamento na situação que se encontra.	Necessária Ação de Melhoria

Fonte: Ministério do Trabalho e Emprego, 2015

Algumas informações adicionais podem ajudar para um resultado mais claro e objetivo:

- Risco baixo, porém, significativo: Não são requeridas ações de melhoria de controle significativas, mas é recomendável o uso de Equipamentos de proteção individual (EPI) e a aplicação de procedimentos de trabalho acompanhados de treinamentos. (MTE, 2015)

- Risco Alto: Medidas de controle adicionais devem ser implementadas ao sistema instalado na máquina, em um prazo recomendado de 6 meses (MTE, 2015).
- Risco Inaceitável: Deve-se cessar a operação do trabalho da máquina até que medidas de controle tenham sido adotadas. (MTE, 2015).

Vale ressaltar que o HRN deve ser aplicado para cada perigo identificado na máquina, de forma que, caso a máquina tenha por exemplo, 3 perigos identificados, deve-se aplicar o método para cada um destes, individualmente.

Após a observação do tipo de risco encontrado, foi realizada a análise da norma ABNT NBR 14153 para a definição da categoria de segurança exigida para a aplicação das medidas de controle necessárias (Sensores – Interfaces de segurança – Atuadores / sistemas de comando) para cada ponto avaliado.

3.3 – AVALIAÇÃO DOS RISCOS:

Na etapa de avaliação dos riscos, foram avaliados individualmente todos os riscos encontrados na máquina em questão, tendo-se aplicado a metodologia HNR a cada um deles.

Os perigos mais significativos para as prensas mecânicas tipo freio / embreagem são os mecânicos, principalmente relacionados à zona de prensagem, tais como:

- Esmagamento
- Mutilação, corte ou perfuração
- Arrastamento ou aprisionamento

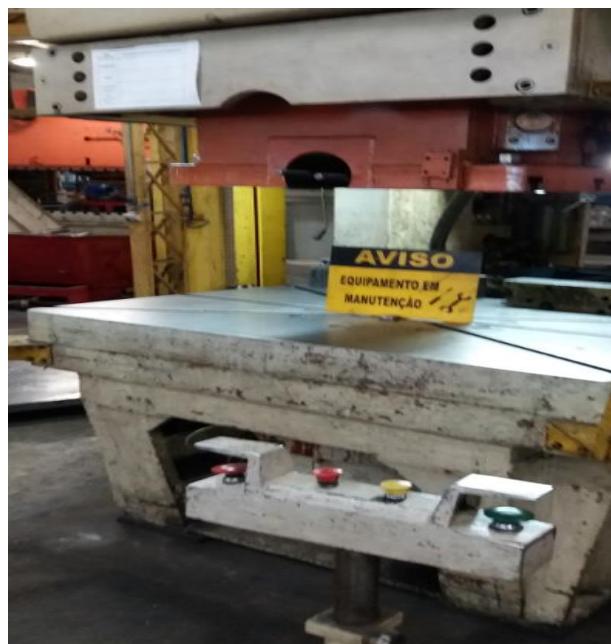
Outros perigos resultantes de material em processamento, emissão de fluidos nocivos ou sob pressão, contato com energia elétrica, vibrações, posturas inadequadas e ritmo excessivo devem ser levados em consideração na seleção dos sistemas de segurança, não somente visando a etapa de operação, mas todas as

tarefas demandadas, tais como: ajustes, limpeza e manutenção, incluindo todos os trabalhadores e terceiros envolvidos.

3.3.1 – Sistema de acionamento normal da Prensa e acionamento de emergência:

No início do processo de adequação desta máquina, para que a máquina iniciasse um novo ciclo de operação, a mesma era acionada por um sistema de comando tipo pedestal bimodal com botão de emergência incorporado, apresentado na figura 28.

Figura 28: Sistema de acionamento da Prensa Mecânica PM 17



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Deste modo, para avaliação dos riscos e possíveis ações de melhoria, aplicou-se a metodologia HRN para ambos os sistemas.

Em relação ao acionamento bimodal, onde a metodologia HRN foi aplicada segundo quadro 6, detectou-se as seguintes não conformidades em relação à norma:

- O bimanual estava conectado diretamente ao sistema de automação da máquina e não à uma interface de segurança, conforme exigência do ítem 12.26b;
- O bimanual estava instável em sua posição, balançando durante sua operação, não atendendo às exigências do ítem 12.29a e 12.94b;

Quadro 6: HRN – Acionamento bimanual

HRN - ACIONAMENTO BIMANUAL		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Perda de 1 membro / olho ou doença grave (Temporária)	4
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Diariamente	2,5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Provável	8
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN		80
Risco		ALTO

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Perigos detectados no sistema de açãoamento bimanual da prensa PM17:

- Esmagamento, corte, perfuração ou mutilação devido possibilidade de curto circuito entre canais do bimanual não detectada pela ausência da interface de segurança.

Já em relação ao sistema de açãoamento de emergência, cuja metodologia HRN foi aplicada segundo quadro 7, foram detectadas as seguintes não conformidades em relação à norma:

- O botão de emergência instalado no comando bimanual não era do tipo auto monitorado, ou seja, o desacoplamento dos contatos elétricos de açãoamento do mesmo na posição normalmente fechada, mantinha a máquina em operação mesmo com um defeito no componente, o que está em desacordo com as exigências do ítem 12.58a, 12.58f, 12.58g;
- O botão de emergência estava localizado somente no pedestal do bimanual, não havendo um segundo botão de emergência no painel, conforme exigências do ítem 2.7.2, do Anexo VIII

A avaliação de riscos para o acionamento de emergência, considerou como havendo alguma chance de ocorrência de um dano caso o botão de emergência venha a falhar, pois, além de não ser do tipo auto monitorado, o mesmo não estava sendo monitorado por uma interface de segurança, o que aumenta essa probabilidade.

Além disso, ausência do botão no painel pode fazer com que, caso uma pessoa venha a se acidentar devido falha no botão de emergência do pedestal, a lesão chegue até a ser fatal devido dificuldade de localização de um meio de parada da máquina, o que está em desacordo com o ítem 12.57.

Quadro 7: HRN – Acionamento de emergência

HRN - AÇÃO NAMENTO EMERGÊNCIA		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Morte	15
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Raramente	0,1
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Alguma Chance	5
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	7,5	
Risco	Baixo, porém, significativo	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Perigos detectados no sistema de acionamento de emergência da prensa PM17:

- Esmagamento, corte, perfuração ou mutilação falha do sistema de emergência durante uma intervenção na zona de prensagem.

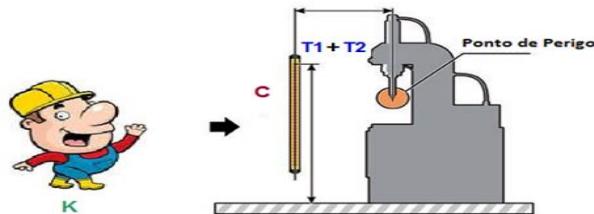
3.3.2 – Sistema de segurança da zona de prensagem:

Em uma máquina como a prensa, o maior risco de acidentes está na zona de prensagem, pois sobre ela localiza-se o martelo, elemento mais perigoso do sistema.

Por esta razão, deve-se atentar-se à proteção das partes móveis do sistema, sendo necessário monitorar o tempo de parada do martelo. Este tempo de parada (T) é aplicado no cálculo das distâncias de segurança utilizado para instalação dos

dispositivos de proteção optoeletrônicos (Barreira de luz de segurança), conforme descrito na seção 5 ISO 13855, para aproximação perpendicular à zona de perigo e apresentado na figura 29.

Figura 29: Cálculo para distâncias mínimas de segurança para detectores de presença optoeletrônicos



$$S = (K \times T) + C$$

Fonte: Reer SPA, 2013.

Na fórmula acima, temos os seguintes parâmetros que devem ser analisados individualmente para um dimensionamento correto do sistema de segurança aplicado:

- S = mínima distância em milímetros, da zona de perigo até o ponto de detecção do sensor.
- K = Velocidade de aproximação do corpo ou partes do corpo, em mm/s:
 - $K = 2000$ mm/s para aproximação com os membros superiores e distâncias de instalação do dispositivo de proteção de até 500 mm em relação à zona de risco;
 - $K = 1600$ mm/s para aproximação com o corpo e distâncias de instalação do dispositivo de proteção superiores a 500 mm em relação à zona de risco, ou ainda, para dispositivos de proteção instalados na horizontal.
- T = Performance de parada total do sistema, em segundos, dado pela soma do tempo de resposta do dispositivo de proteção (T_1) até a completa parada dos movimentos perigosos.

- $T = T1 + T2$
- $C = \text{Distância adicional em mm, a qual varia de acordo com a posição de instalação do dispositivo optoeletrônico e de sua resolução:}$
 - Para dispositivos instalados na horizontal, independentemente de sua resolução:
 - $C = 1200 - (0,4 \times H)$, onde:
 $H = \text{Altura de proteção do dispositivo de proteção (em mm)}$
 - Para dispositivos instalados na vertical, com resolução a partir de 40 mm
 - $C = 850$
 - Para dispositivos instalados na vertical, com resolução abaixo de 40 mm:
 - $C = 8 \times (d - 14)$, onde,
 $d = \text{resolução do dispositivo de proteção}$

A prensa na qual foi feita a análise é uma prensa mecânica do tipo freio / embreagem, identificada como PM17, na qual não havia praticamente nenhum sistema de segurança implementado, conforme mostra a figura 30:

Figura 30: Prensa Mecânica analisada – PM 17



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Para esta prensa, foi definida a aplicação do cálculo abaixo, pois a aproximação se dá pelos membros superiores e a distância de instalação do dispositivo de proteção não pode ultrapassar 500 mm devido processo de operação:

- $S = 2000 \times T + 8 \times (d - 14)$

Para que se possa aplicar o cálculo acima, mediu-se o tempo de parada do martelo, aplicou-se resolução de 30 mm (para detecção das mãos do operador) para o dispositivo de proteção e utilizou-se o tempo de parada do mesmo, informado pelo fabricante do dispositivo, conforme quadro 8, abaixo:

Quadro 8: Medição do Tempo de parada total do sistema

[S] DISTÂNCIA DE SEGURANÇA*		MEDIÇÕES																																	
Equação Geral (a)	(a) Eq. Geral para DSP vertical/mãos * (b) Eq. Geral para DSP horizontal/corpo *	Base: EN 999																																	
$S = K \cdot T + 8 \times (d - 14)$	$S = \text{DISTÂNCIA DE SEGURANÇA EM mm}$ $K = 2000 : \text{veloc. aprox. mm/s } (S < 501\text{mm})$ $K = 1600 : \text{veloc. aprox. mm/s } (S > 500\text{mm})$ $C = 1200\text{mm} - (0,4 \times H_d) \quad \text{-- } H_d = \text{altura do chão}$ $d = \text{resolução em mm do DSP (dispositivo sensor de presença)}$ $T = \text{tempo total de parada em s}$																																		
Equação Geral (b)	Tempo T_m considerado (ms): 115 (Pior valor) Tempo componentes (ms): 10.5 Tempo de Parada Total [T] (ms): 125.5 Resolução do DSP [d] (mm): 30																																		
$S = K \cdot T + C$		<table border="1"> <thead> <tr> <th></th> <th>T_m</th> <th>E</th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>14</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>105</td> <td>12</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>104</td> <td>11</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>112</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>103</td> <td>17</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>107</td> <td>16</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>110</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>100</td> <td>15</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>104</td> <td>14</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>115</td> <td>14</td> </tr> </tbody> </table> <p>$T_m = \text{tempo medido (ms)}$ $E = \text{escorregamento (mm)}$</p>		T_m	E	1	14	0	2	105	12	3	104	11	4	112	16	5	103	17	6	107	16	7	110	15	8	100	15	9	104	14	10	115	14
	T_m	E																																	
1	14	0																																	
2	105	12																																	
3	104	11																																	
4	112	16																																	
5	103	17																																	
6	107	16																																	
7	110	15																																	
8	100	15																																	
9	104	14																																	
10	115	14																																	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Portanto, definido o método de avaliação dos riscos adotado (HRN), medido o tempo de parada da máquina e após a avaliação de todo o processo operacional da máquina em questão, foi realizada a avaliação de riscos das partes da máquina, individualmente.

Na prensa PM17, nota-se que a zona de prensagem, conforme apresentado na figura 31, está sendo protegida por um sistema de cortinas de luz de segurança associada a espelhos refletores, de tal modo que os feixes da mesma efetuam proteção sobre as laterais e área frontal da zona de prensagem.

Figura 31: Sistema de proteção óptico da Prensa Mecânica PM 17



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Em relação ao sistema de segurança da zona de prensagem, foram detectadas as seguintes não conformidades em relação à norma:

- Nota-se pela imagem acima que a cortina de luz está incorretamente instalada, possibilitando o acesso à zona de prensagem pela parte de trás das cortinas, o que está em desacordo com as exigências do ítem 1.2 do Anexo I.
- A barreira instalada na máquina é uma barreira do tipo 2, incompatível com a exigência do ítem 2.1c, do anexo VIII da NR12.

Como o processo de produção nesta máquina exige o ingresso constante das mãos na zona de prensagem para inserir e remover as peças produzidas, a aplicação da metodologia HRN à zona de prensagem na situação atual definiu o risco como sendo alto, conforme apresentado no quadro 9:

Quadro 9: HRN – Zona de Prensagem

HRN - Zona de prensagem		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Perda de 2 membros / olhos ou doença grave (Irreversível)	8
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Constantemente	5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Provável	8
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN		320
Risco		Alto

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Os perigos detectados nesta zona de prensagem são:

- Esmagamento, corte, perfuração ou mutilação pela inserção de membros na zona de prensagem não detectados pela cortina de luz, devido falha na instalação ou na resolução do sistema escolhido.

3.3.3 – Sistema de segurança para operações de preparação, limpeza e manutenção da máquina

Durante a análise do processo de utilização da máquina, detectou-se um risco de acidentes associado à etapa de preparação da máquina para a tarefa (Montagem de ferramental, ajustes, limpeza, etc.), pois nesta etapa o operador invade a área de risco, expondo-se ao perigo de esmagamento por um tempo razoável.

Conforme exigido no ítem 2.11 do Anexo VII da norma NR12, as prensas devem possuir sistema de retenção mecânico que impeça a movimentação do martelo durante as operações de ajustes, trocas e manutenções das ferramentas.

No sistema de segurança destinado para operações de preparação, limpeza e manutenções da prensa PM17, vide figura 32, foram detectadas as seguintes não conformidades em relação às exigências da NR12:

- Inexistência de dispositivo de intertravamento e interface de segurança associados ao dispositivo de retenção (ao calço de segurança) da prensa, conforme exigências do ítem 2.11.2a do Anexo VIII.

- Avaria mecânica do dispositivo de retenção existente, com trincas aparentes, de forma que há a possibilidade de quebra do mesmo durante a operação, o que não atende às exigências do ítem 2.11.2c do Anexo VIII.

Figura 32: Sistema de segurança para Setup e Manutenção da Prensa Mecânica PM 17



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

A aplicação da metodologia HRN para a zona de risco em questão, de acordo com o quadro 10, definiu o risco como Alto, pois os perigos abaixo ocorrem durante a operação de preparo da máquina:

- Esmagamento ou mutilação pela inserção de membros ou até mesmo metade do corpo na zona de prensagem durante preparo da máquina;
- Corte ou perfuração das mãos devido existência de rebarbas e partes perfurantes no dispositivo de retenção por conta de seu desgaste.

Quadro 10: HRN – Zona de Preparação da Máquina

HRN - Zona de Preparação da Máquina		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Morte	15
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Horário	4
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Possível	2
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	120	
Risco	Alto	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

3.3.4 – Sistema de segurança para monitoramento da posição do Martelo:

Conforme citado no ítem 2.5 do Anexo VIII Prensas e Similares da NR12, as prensas mecânicas excêntricas com freio-embreagem hidráulico devem ser comandadas por sistema de segurança composto por válvulas em redundância, com monitoramento dinâmico e pressão residual que não comprometa a segurança do sistema. Este sistema hidráulico deve ser classificado como categoria 4 conforme ABNT NBR 14153, exigindo monitoramento das válvulas por interface de segurança, também categoria 4, de modo a não permitir o rearme do sistema em caso de falha.

Na Prensa PM17, esta exigência da norma não está sendo atendida, pois o monitoramento das válvulas está conectado ao Controlador Lógico Programável do painel, porém em entradas não seguras.

A aplicação da metodologia HRN para a zona de risco em questão, de acordo com o quadro 11, definiu o risco como Alto, pois os perigos abaixo podem ocorrer em caso de falha no monitoramento do mesmo:

- Esmagamento, corte, perfuração ou mutilação de membros;

Quadro 11: HRN – Zona de Monitoramento do Martelo

HRN - MONITORAMENTO DO MARTELO		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Perda de 2 membros / olhos ou doença grave (Irreversível)	8
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Constantemente	5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Provável	8
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	320	
Risco	ALTO	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

3.3.5 – Sistema de segurança do painel elétrico e dos sistemas elétricos de acionamento da máquina:

O painel elétrico da prensa PM17, apresentado na figura 33, foi um dos pontos mais críticos da avaliação de riscos, pois o mesmo encontrava-se em uma situação que exigia reparo imediato do mesmo.

Figura 33: Painel elétrico de comando da Prensa Mecânica PM 17

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

O mesmo encontra-se em desacordo com diversas exigências da NR12, como por exemplo:

- O painel elétrico estava adequado conforme exigências da NR-10, além de proporcionar risco de choque elétrico iminente, o que está em desacordo com o exposto no ítem 12.14 da NR-12;
- O quadro de energia da máquina estava com sua porta de acesso danificada, de tal forma que os componentes elétricos do painel ficassem constantemente expostos, em desacordo com o ítem 12.18a da NR-12;
- Os componentes de partida, parada e acionamento da máquina estavam em desacordo com as exigências dos itens 12.36 e 12.37 da NR-12, pois operavam em tensão de 230V, sem nenhuma medida auxiliar de proteção contra eventuais choques elétricos.

A aplicação da metodologia HRN para a zona de risco em questão, conforme apresentado no quadro 12, definiu o risco como Alto, pois os perigos abaixo podem ocorrer em caso de falha no monitoramento do mesmo:

- Risco de choque elétrico por contato
- Risco de queimadura por sobrecarga elétrica em caso de arco voltaico ou avaria elétrica;
- Risco de queda por exposição de cabos no local de tráfego de operadores.

Quadro 12: HRN – Painel Elétrico e Sistemas de comando

HRN - PAINEL ELÉTRICO E SISTEMAS DE COMANDO		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Morte	15
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Semanal	1,5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Provável	8
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	180	
Risco	ALTO	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018.

4 RESULTADOS E DISCUSSÃO

4.1- Proposta de solução para sistema de Acionamento Bimotor:

Como solução proposta para as não conformidades do sistema de acionamento bimotor, aplicou-se o seguinte:

- Reforma mecânica do comando Bimotor, conforme figura 34, de forma que o mesmo mantivesse sua posição estável e disponível durante toda a sua operação, de modo que os itens 12.29a e 12.94, da NR-12 fossem atendidos. Além disso, foi instalado botão de emergência auto monitorado e à prova de falhas, conforme exigência do item 12.58.

Figura 34: Sistema de Acionamento Bimotor Reformado da prensa PM17

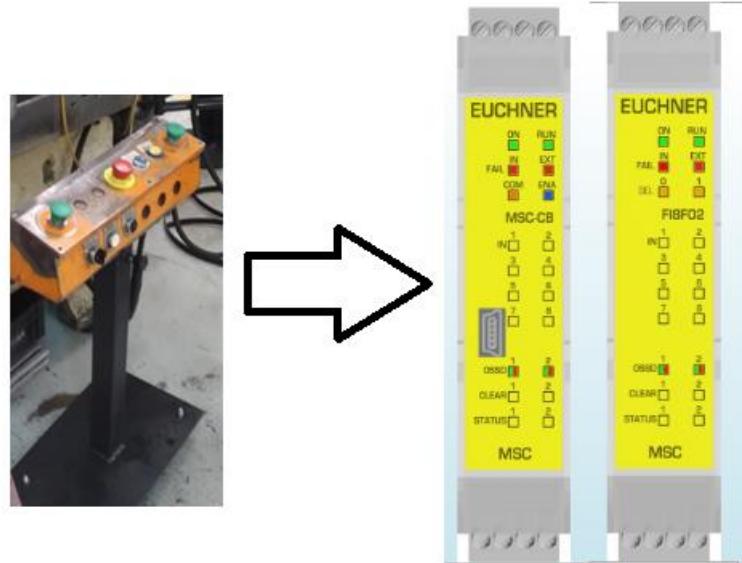


Fonte: Arquivo pessoal, 2018

- Integração do sistema de acionamento bimotor à uma interface de segurança do tipo CCS (Controlador Configurável de Segurança), conforme figura 35, exigindo aplicação das saídas de testes para detecção de possíveis

curtos circuitos entre canais ou ausência da simultaneidade exigida no ítem 12.26 da norma.

Figura 35: Sistema de Ação Bimotor conectado à controlador de segurança



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Após a adequação do sistema de acionamento bimotor, foi realizada novamente a avaliação dos riscos através da metodologia HRN, destacada no quadro 13, onde verificou-se a eficácia do sistema implementado, pois o risco foi reduzido de alto para insignificante de modo a não ser necessária nenhuma nova ação neste sistema, de modo a se concluir que as ações realizadas atingiram o resultado esperado.

Quadro 13: HRN – Ação Bimotor após adequação

HRN - AÇÃO BIMOTOR		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Perda de 1 membro / olho ou doença grave (Temporária)	4
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Constantemente	5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Impossível	0,03
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	0,6	
Risco	INSIGNIFICANTE	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

4.2 – Proposta de solução para sistema de Acionamento de Emergência:

Como solução proposta para as não conformidades do sistema de acionamento emergência, aplicou-se o seguinte:

- Instalação de botão de emergência no painel da máquina e substituição do botão de emergência do bimaterial, conforme figura 36, ambos do tipo auto monitorado, de modo a atender, respectivamente, as exigências dos itens 2.7.2 do anexo VIII, Prensas e Similares e do item 12.58 da NR-12.

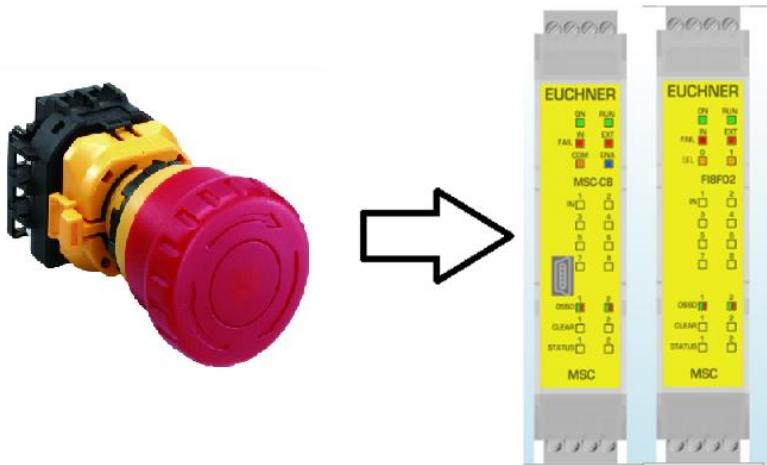
Figura 36: Instalação do Botão de emergência no painel da máquina



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

- Integração do sistema de acionamento de emergência à uma interface de segurança do tipo CCS (Controlador Configurável de Segurança), conforme figura 37, exigindo aplicação das saídas de testes para detecção de possíveis curtos circuitos entre canais e outras falhas elétricas do mesmo, atendendo assim ao ítem 12.58 da NR-12.

Figura 37: Sistema de Acionamento de emergência conectado ao CCS Euchner



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Após a adequação do sistema de acionamento de emergência, foi realizada novamente a avaliação dos riscos através da metodologia HRN, destacada no quadro 14, onde verificou-se a eficácia do sistema implementado, pois o risco foi reduzido de baixo, porém significativo para insignificante de modo a não ser necessária nenhuma nova ação neste sistema, de modo a se concluir que as ações realizadas atingiram o resultado esperado.

Quadro 14: HRN – Acionamento de Emergência após adequação

HRN - ACIONAMENTO EMERGÊNCIA		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Morte	15
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Raramente	0,1
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Impossível	0,03
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	0,045	
Risco	INSIGNIFICANTE	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Como ações de melhoria para o sistema de acionamento de emergência, ficam propostas a correção da sinalização de emergência (Atualmente está em língua inglesa, em desacordo com o exigido no item 12.119 da NR-12) e melhoria do

material utilizado nas etiquetas de parada de emergência, pois os mesmos destacam-se facilmente da estrutura do painel.

4.3 – Proposta de solução para sistema de segurança da zona de prensagem

Como solução proposta para as não conformidades do sistema de segurança da zona de prensagem, aplicaram-se as seguintes ações:

- Enclausuramento total das laterais da prensa e da zona superior de acesso ao martelo, conforme ABNT NBR 13852 – Segurança de Máquinas distância de segurança para impedir o acesso a zonas de perigo pelos membros superiores, apresentado na figura 38, de forma que a inserção dos membros dos operadores se dê somente pela zona frontal da máquina. Além do aspecto da segurança, o aspecto custo fez com que fosse escolhida a alternativa de enclausuramento mecânico por proteções fixas.

Figura 38: Enclausuramento do martelo e das zonas laterais da prensa



Fonte: Arquivo pessoal

- Substituição da cortina de luz atualmente instalada por um modelo tipo 4, conforme ítem 2.1c do Anexo VIII da NR-12, com resolução adequada para o

processo (Para detecção de dedos do operador, devido tamanho das peças produzidas exigirem muita proximidade com a zona de prensagem), altura ideal para a zona de risco e instalação da mesma na distância correta, calculada conforme EN ISO 13855 e Anexo I da NR-12:

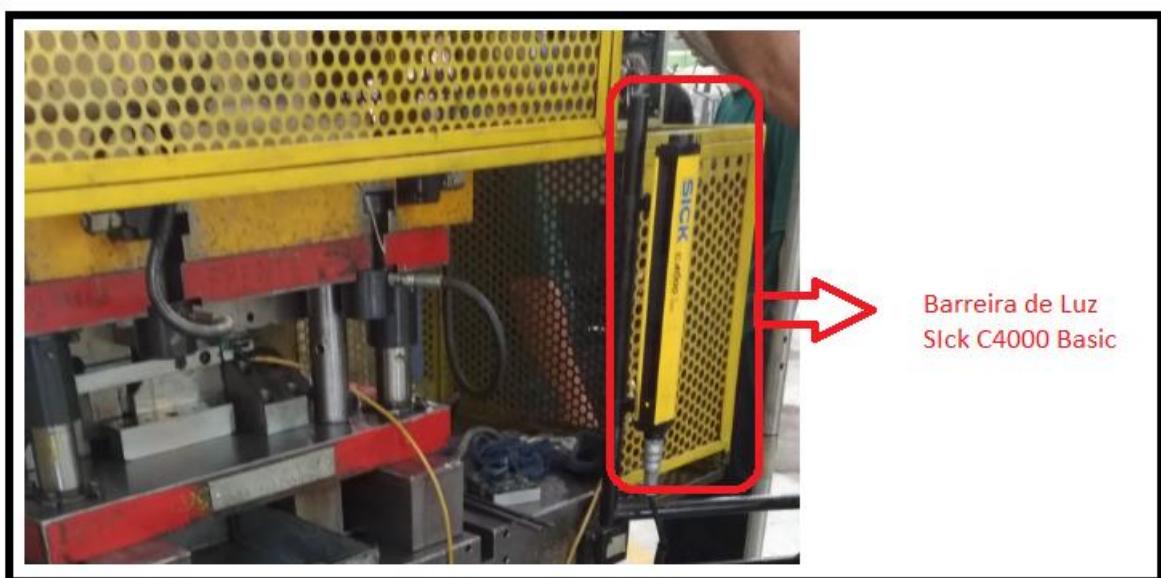
- $S = 2000 \times T + 8 \times (d - 14)$

Como $d = 14$ mm (resolução de dedos), tempo de parada total do sistema, $t_1 + t_2 = 125$ ms, a distância da barreira foi calculada conforme abaixo

- $S = 2000 \times 0,125 + 8 \times (14-14)$
- $S = 250$ mm

Desta forma, foi instalada uma cortina de luz, apresentada na figura 39, com altura de 600 mm, resolução de 14mm afastada de, no mínimo, 250 mm da zona de prensagem, de modo a detectar a inserção de dedos do operador, evitando assim seu esmagamento.

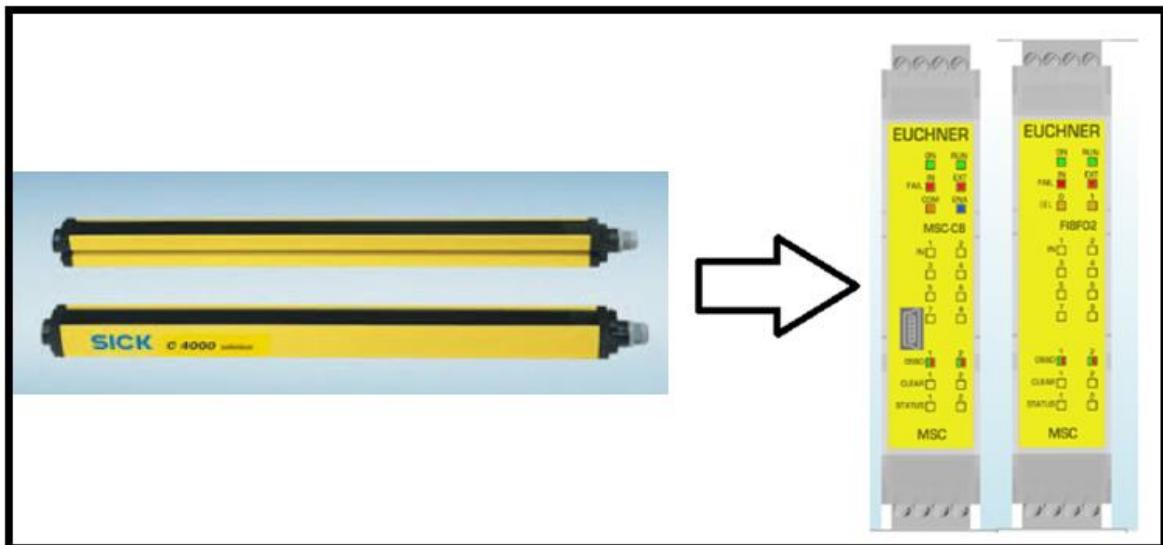
Figura 39: Barreira de luz Sick instalada na zona frontal da prensa PM17



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

- Integração das barreiras de luz ao controlador configurável de segurança, conforme figura 40, para detecção de falhas e/ou invasão da zona de proteção, conforme exigência do ítem 2.1c, do Anexo VIII da NR-12;

Figura 40: Barreira de luz Sick conectada ao CCS Euchner



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Após a adequação do sistema de segurança da zona de prensagem, foi realizada novamente a avaliação dos riscos através da metodologia HRN, conforme apresentado no quadro 15, onde verificou-se a eficácia do sistema implementado, pois o risco foi reduzido de alto para insignificante de modo a não ser necessária nenhuma nova ação neste sistema.

Quadro 15: HRN – Zona de Prensagem após adequação

HRN - ZONA DE PRENSAGEM		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Perda de 2 membros / olhos ou doença grave (Irreversível)	8
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Constantemente	5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Impossível	0,03
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	1,2	
Risco	INSIGNIFICANTE	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Se somadas as funções de segurança executadas pelas barreiras de luz, pelo enclausuramento e pela obrigatoriedade do uso do sistema bimanual para acionamento do martelo, nota-se que a probabilidade de ocorrência de um acidente é praticamente nula e, portanto, o objetivo de redução do risco para esta zona de prensagem foi alcançado com sucesso.

4.4 – Proposta de solução para sistema de segurança para operações de preparação, limpeza e manutenção da máquina:

Como solução proposta para as não conformidades do sistema de segurança da zona de prensagem, aplicaram-se as seguintes ações:

- Reforma do dispositivo de retenção mecânico, apresentado na figura 41, recomendado durante as atividades de preparação, limpeza e manutenção da máquina, de modo que o mesmo possa suportar as exigências da tarefa, conforme citado no ítem 2.11.2c do Anexo VIII – Prensas e Similares da NR-12
- Instalação de dispositivo de intertravamento com ruptura positiva, conectado a controlador configurável de segurança, de modo a manter a máquina inoperante durante toda utilização do dispositivo de retenção, conforme citado no ítem 2.11.2a do Anexo VIII – Prensas e Similares da NR-12.

Figura 41: Dispositivo de retenção acoplado à chave de segurança Sick



Fonte: Arquivo pessoal, 2018

Após a adequação do sistema de segurança relacionado ao dispositivo de retenção mecânica, também chamado de calço de segurança, foi realizada novamente a avaliação dos riscos através da metodologia HRN, destacada no quadro 16, onde verificou-se que as medidas adotadas ainda não são suficientes por si só, pois a solução adotada não atende totalmente às exigências da norma.

Como o dispositivo de segurança aplicado é do tipo eletromecânico, isso torna possível uma falha mecânica no sensor que pode fazer com que a remoção do calço não seja detectada (Por exemplo: O atuador da chave de segurança ficar preso na cabeça da mesma quando o calço tiver sido removido). Isso leva o circuito de segurança à categoria 2, de forma que ainda há uma possibilidade de ocorrência do acidente, embora em menor probabilidade, vide HRN abaixo:

Quadro 16: HRN – Zona de Preparação da Máquina – Fase inicial

HRN - ZONA DE PREPARAÇÃO DA MÁQUINA		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Morte	15
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Horário	4
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Não Esperado	1
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	60	
Risco	BAIXO, PORÉM SIGNIFICATIVO	

Fonte: Arquivo pessoal

Além desse aspecto, deve-se efetuar um ensaio mecânico no calço de segurança, de modo que o mesmo tenha sua eficácia comprovada para a carga à qual será exposto (peso do martelo, das ferramentas, etc.) sendo este ensaio de responsabilidade de um profissional habilitado. Por fim, o mesmo deve estar pintado na cor amarela. Com base nas informações acima citadas, nota-se que o sistema de segurança implementado para o dispositivo de retenção mecânica não ofereceu a eficácia esperada, sendo necessária sua correção.

Como proposta de melhoria para o futuro, foram listadas as ações abaixo:

- Substituição do calço de segurança atual pelo calço de segurança modelo CS 800, do fabricante ACE Schmersal, apresentado na figura 42, o qual suporta até 3 Toneladas de peso do martelo, estando em conformidade com a NBR 13930.

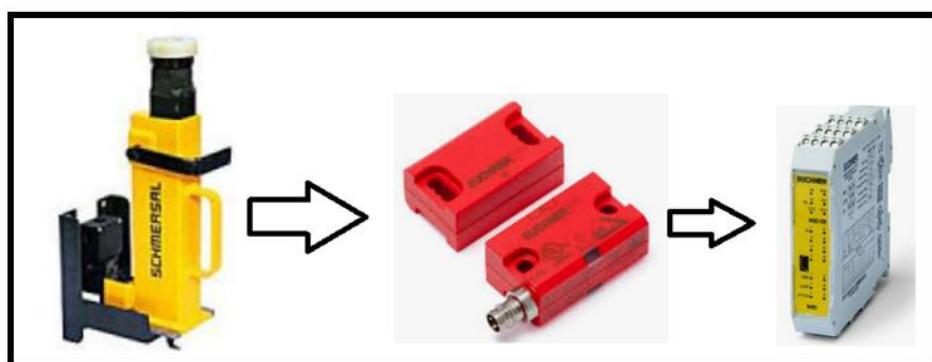
Figura 42: Dispositivo de retenção CS 800 – ACE Schmersal



Fonte: ACE Schmersal (2018)

- Monitoramento do martelo através de chave eletrônica codificada de segurança, categoria 4 e à prova de manipulação conforme EN ISO 14119, modelo CES-C04, do fabricante Euchner, conectada à interface de segurança, conforme figura 43.

Figura 43: Proposta de melhoria do sistema de segurança do calço de segurança da PM17



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018

Deste modo, quando as ações de melhoria forem implementadas, torna-se possível a redução do risco de baixo, porém significativo, para insignificante, conforme quadro 17, pois a probabilidade de ocorrência será praticamente impossível. Esta necessidade de correção permitiu a comprovação de que nem sempre a simples implementação de um sistema de segurança é suficiente para se reduzir o risco, sendo necessária a seleção correta dos componentes que farão parte deste circuito de segurança.

Quadro 17: HRN – Zona de Preparação da Máquina – Após melhorias propostas

HRN - ZONA DE PREPARAÇÃO DA MÁQUINA		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Morte	15
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Horário	4
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Impossível	0,03
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	1,8	
Risco	IN SIGNIFICANTE	

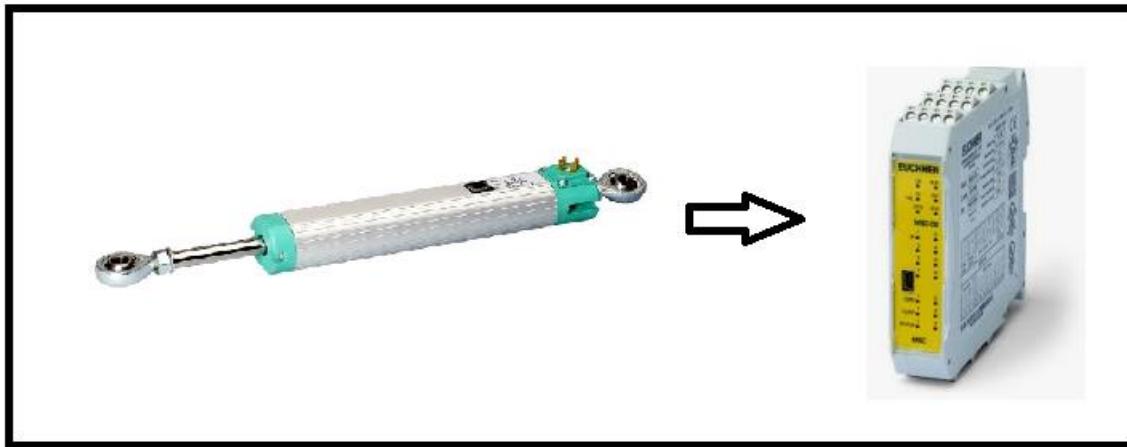
Fonte: Arquivo pessoal, 2018

4.5 – Proposta de solução para sistema de segurança para monitoramento da posição do Martelo:

A posição do martelo deve ser monitorada conforme exigido no item 2.8.1 do Anexo VIII – Prensas e Similares da NR-12, de tal forma o ponto morto superior – PMI, o ponto morto superior - PMS e o escorregamento máximo admissível de até 15º (especificado pela norma ABNT NBR 13930) sejam monitoradas por sistema de segurança em categoria 4, conforme NBR 14153.

Para tanto, foi sugerida a aquisição de um sistema de monitoramento composto por régua potenciométrica e controlador configurável de segurança, conforme figura 44, onde se pode programar os três aspectos anteriormente citados, de modo que, caso algum dos controles venha a falhar, o controlador de segurança gere um sinal de saída que interrompa os movimentos da máquina, mantendo-a em estado seguro até a correção do problema.

Figura 44: Proposta para monitoramento da posição do martelo da prensa PM17



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018

Porém, somente a implementação do sistema descrito, é necessário que se efetue o monitoramento das válvulas de segurança da prensa através de interface de segurança. Para tanto será utilizado o mesmo controlador configurável de segurança aplicado nas demais soluções propostas.

Uma vez implantadas as soluções acima descritas, a probabilidade de ocorrência de um acidente torna-se praticamente impossível, de modo que, aplicada a ferramenta HRN conforme quadro 18, nota-se a redução do risco de Alto para Insignificante, sendo as soluções sugeridas plenamente satisfatórias no que diz respeito ao atendimento das exigências da NR-12 para a máquina em questão.

Quadro 18: HRN –Monitoramento do Martelo

HRN - MONITORAMENTO DO MARTELO		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Perda de 2 membros / olhos ou doença grave (Irreversível)	8
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Constantemente	5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Impossível	0,03
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	1,2	
Risco	IN SIGNIFICANTE	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

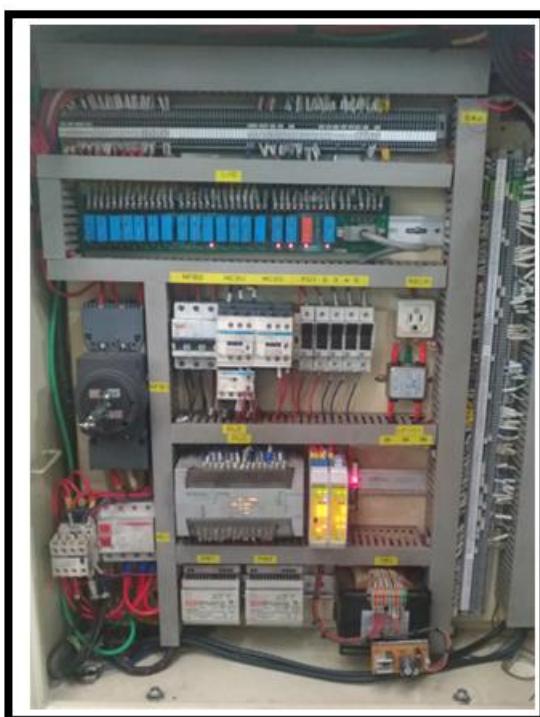
4.6 – Proposta de solução para Sistema de segurança do painel elétrico e dos sistemas elétricos de acionamento da máquina:

A última etapa em termos de projeto elétrico e mecânico da fase de adequação da prensa PM17 se deu através da adequação do painel elétrico e dos demais sistemas de acionamento da máquina.

Como ações corretivas e preventivas, tem-se:

- A reforma completa do painel elétrico da prensa PM17, com substituição de componentes elétricos proibidos pela NR-10 e pela NR-12, correção do aterramento elétrico, identificação dos cabos e componentes e instalação de porta frontal com acesso controlado por chaves, de modo a se atender plenamente as exigências dos itens 12.14 a 12.23 da NR-12. O novo painel está apresentado na figura 45.

Figura 45: Painel elétrico da prensa PM17 após reforma



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018

- Adequação dos sistemas de partida e parada da máquina, de modo a se prevenir o acionamento inesperado da máquina através da aplicação de componentes redundantes monitorados por interface de segurança, operando em tensão elétrica de 24V, de modo a atender as exigências do ítem 12.36 e 12.37 da NR-12. Tal alteração está apresentada na figura 46.

Figura 46: Comando elétrico redundante de acionamento da prensa PM17



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018

Após a implementação da reforma do painel elétrico foi possível avaliar a melhoria no nível de risco existente, uma vez que o mesmo foi reduzido de alto para insignificante, conforme mostra o quadro 19, pois somente pessoas autorizadas possuirão acesso ao painel, a tensão de operação de botões e sistemas de acionamento está operando em baixa tensão de 24V e o aterramento está funcionando de maneira correta, tornando-se praticamente impossível a ocorrência de acidentes e, consequentemente, garantindo o sucesso na escolha das soluções sugeridas.

Quadro 19: HRN – Painel elétrico e sistemas de comando após reforma

HRN - PAINEL ELÉTRICO E SISTEMAS DE COMANDO		
Severidade do Dano Considerado (Se)	Morte	15
Frequência de exposição ao Risco (Fe)	Semanal	1,5
Probabilidade de Ocorrência do Dano (Pr)	Impossível	0,03
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 pessoas	1
Valor do HRN	0,675	
Risco	IN SIGNIFICANTE	

Fonte: Arquivo pessoal, 2018

4.7 – Proposta de melhoria dos sistemas de sinalização da Prensa PM17:

Conforme exigências do ítem 12.116 da NR-12, as máquinas devem possuir sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos. Na prensa PM17, a inexistência de sinalização de segurança foi uma das falhas encontradas.

Como correção foram aplicadas as devidas sinalizações de segurança, através de placas e adesivos de segurança instalados na máquina, como o exemplo apresentado na figura 47, dentre as quais pode-se citar: Risco de choque elétrico para o painel elétrico, risco de esmagamento para as partes móveis da máquina e sinalização de emergência acoplada ao botão de emergência do painel e do pedestal bimotor, todas em língua portuguesa, estando a prensa PM17 adequada em termos de sinalização de segurança conforme exigências dos itens 12.116 à 12.124

Figura 47: Sinalização de Segurança do Painel elétrico



Fonte: Arquivo Pessoal, 2018

4.8 – Proposta de atualização do manual e da documentação da prensa PM17:

Conforme exigências do ítem 12.129 da NR-12 para manuais reconstituídos, foram inseridos os diagramas de segurança, o software de programação do controlador de segurança aplicado e atualizado o diagrama elétrico da máquina, assim como também foi realizada uma atualização dos desenhos mecânicos da mesma, contemplando assim todas as alterações realizadas após a adequação da prensa PM17.

Para cada etapa do projeto foi recolhida uma ART de projeto e execução sob responsabilidade de profissional legalmente habilitado.

Também foi criado um arquivo técnico de controle nos quais constam os manuais de operação de todos os componentes de segurança instalados, assim como seu certificado de confiabilidade atualizado e fornecido por certificadora internacional competente, além declaração de conformidade com as normas técnicas aplicáveis fornecida pelo fabricante da máquina.

4.9 – Capacitação dos trabalhadores:

A norma NR-12 estabelece nos itens 12.135 a 12.147 que todo trabalhador que for operar uma máquina ou equipamento deve ser treinado por um profissional

qualificado, sendo este treinamento teórico e prático, com carga horária adequada e necessária para correta aprendizagem das funções e processo de trabalho da máquina e dos perigos nela existentes. O treinamento também se aplica aos manutentores e tem por objetivo a redução dos riscos por ações humanas e falta de instrução.

Para que o treinamento seja considerado válido, os profissionais devem ser avaliados de forma prática e teórica, com o registro de todo conteúdo programático e duração, com registro de nome do instrutor. Este treinamento deve ser renovado a cada alteração que ocorra na máquina ou no processo, ou em caso de acidentes ou incidentes.

No caso da prensa PM17, o treinamento está previsto para a equipe para o início de 2020, pois além da adequação da segurança o equipamento em questão passa por atualização técnica para melhoria de seu processo, com conclusão prevista para final de 2019.

5 CONCLUSÕES

A elevada taxa de acidentes de trabalho envolvendo prensas e similares, aliada à grande necessidade de adequação do parque fabril brasileiro às exigências da norma regulamentadora NR-12 foram elementos motivadores para o desenvolvimento deste trabalho, pois o mesmo poderá servir como base e referência para profissionais que não possuem ou possuem pouco contato com as exigências desta normativa, cada vez mais divulgada em território nacional.

Para que os objetivos fossem atendidos, foi necessário estudo aprofundado não somente da norma NR-12, mas também de outras normas técnicas de referência, como por exemplo ABNT NBR 12100, ABNT NBR 14153, EN ISO 14119, ABNT NBR 13930 e demais normas de referência, o que possibilitou a identificação dos perigos, análise dos riscos, seleção e escolha das melhores soluções em termos de componente e também as melhores formas de aplicação dos mesmos.

Além dos conceitos aprendidos em aulas, a vivência prática no segmento de segurança de máquinas atuando diariamente na adequação de máquinas nos mais diversos setores industriais brasileiros, possibilitou que a aplicação dos requisitos exigidos pelas normas de segurança fosse explicitada de modo simples para cada perigo encontrado na máquina em questão, de forma simples, objetiva e direta, focando no entendimento didático dos profissionais que desejarem utilizar este trabalho como referência.

Os objetivos foram atingidos com sucesso, pois foram expostos todos os pontos necessários para adequação de uma prensa mecânica freio/embreagem, como a definição de categorias conforme ABNT NBR 14153, o passo a passo para análise de riscos conforme ABNT NBR 12100 e aplicação das medidas de redução de riscos conforme necessidades apontadas pela aplicação da metodologia HRN. Além disso, foi possível mostrar que nem sempre as utilizações de sistemas de segurança por si só garantem a correta redução dos riscos, sendo necessário o estudo detalhado de qual é a melhor solução para a redução efetiva para cada risco em questão, individualmente.

Como a NR12 é uma norma em constante atualização, fica como sugestão para um trabalho futuro a implementação de novas análises de riscos, baseadas nas normas internacionais EN ISO 13849-1 e seu conceito de Performance Level (PL) e também na IEC 62061 e seu conceito de Safety Integrity Level (SIL) de modo a se comparar como estão as exigências da normativa brasileira NR-12 em relação às exigências europeias.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023 (NB 66):

Informação e Documentação: referências de elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

_____. NBR 14153:2013: **Segurança de Máquinas –Partes de sistemas de comando relacionados à segurança – Princípios gerais para projeto.** Rio de Janeiro, 2013.

_____. NBR 13930:2008: **Prensas Mecânicas – Requisitos de Segurança.** Rio de Janeiro, 2008.

_____. NBR ISO 12100:2010: **Segurança de Máquinas – princípios gerais de projeto – Apreciação e redução de riscos,** Rio de Janeiro, 2010.

_____. ISO 14121: 2007 – 1: **Safety of machinery – Risk assessment,** Genebra, 2007.

_____. EN ISO 13849-1: 2015: **Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 1: General Principles for design,** Genebra, 2015.

_____. EN ISO 13849-2:2012: **Safety of machinery – Safety related parts of control systems – Part 2: Validation,** Genebra, 2012.

_____. ISO 14119: 2013: **Safety of machinery – Interlocking devices associated with guards – Principles for design and selection,** Genebra, 2013.

_____. EN 62061: 2005: Safety of machinery – Functional safety of safety-related electrical, electronic and programmable electronic control systems, Bruxelas, 2005.

ABIMAQ: **Manual de Instruções da Norma Regulamentadora - NR12,** São Paulo, 2018.

ABIMAQ: **Manual de Segurança em dobradeiras prensas e similares, 1 ed.**, Porto Alegre – RS, 2012.

CATÁLOGO BOSCH REXROTH: Disponível em:

<https://www.automaxautomacao.com.br/wpcontent/uploads/2018/03/blocoshidraulicos_abr12.pdf>. Acesso em 22 de dezembro de 2018.

CATÁLOGO ROSS CONTROLS: Disponível em:

< <http://rosscontrols.com.br/br/produtos/valvulas-de-seguranca/> >. Acesso em 22 de dezembro de 2018.

CATÁLOGO SCHMERSAL: Boituva – SP. Disponível em:

< <http://www.schmersal.com.br/seguranca/produto/calcos-de-seguranca/>>. Acesso em 11 de dezembro de 2018.

DRAGONE, J.F.: **Proteções de máquinas, equipamentos, mecanismos e cadeado de segurança**, São Paulo, 2011.

EUCHNER: **Safety Book – An Introduction to safety Engineering - 4 th edition**, Leinfelden, 2018.

EUCHNER: **Um caminho pela norma – Perguntas e respostas referentes à EN ISO 14119:2013**, Leinfelden, 2016.

EUCHNER: **O comprovado permanece seguro – Categorias e Performance Level de acordo com EN ISO 13849-1**, Leinfelden, 2015.

FESTO: **Diretrizes de engenharia de segurança – Soluções pneumáticas e elétricas**, São Paulo, 2016.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO: **Métodos de avaliação de risco e Ferramentas de estimativa de risco utilizados na Europa Considerando Normativas Europeias e o Caso Brasileiro**, Brasília, 2015.

MINISTÉRIO DO TRABALHO E EMPREGO. Norma regulamentadora nº 12. 2010. Disponível em: < <http://abimaq.org.br/Arquivos/HTML/Documentos/NR12/NR12%20-2011.02.2019.pdf>>. Acesso em 24 de fevereiro de 2019.

SICK AG: **Guide for Safe Machinery – Six Steps to a safe Machine**, Waldkirch, 2016.

STELL, C. **Risk Estimation. The Safety & Health Practitioner**, Londres, 1990