

VINICIUS TERRA MARIANO

APRECIAÇÃO E REDUÇÃO DE RISCOS DE UMA MÁQUINA DE
ROTOMOLDAGEM PARA CUMPRIMENTO DOS REQUISITOS DA
NR-12

São Paulo
2019

VINICIUS TERRA MARIANO

APRECIAÇÃO E REDUÇÃO DE RISCOS DE UMA MÁQUINA DE
ROTOMOLDAGEM PARA CUMPRIMENTO DOS REQUISITOS DA
NR-12

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 esse trabalho a minha família e amigos, especialmente a minha esposa Deborah, a minha mãe Elisa e ao meu pai Clóvis, pelo incentivo e ajuda nos estudos.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primordialmente a Deus por tudo.

Aos meus pais, Elisa e Clóvis, pelo constante incentivo e apoio nos estudos e, também, pelo exemplo de bondade, generosidade, companheirismo e amor ao próximo.

A minha esposa Deborah pelo apoio em todo curso, sua admirável compreensão, paciência e carinho, além das inúmeras vezes que recordou a importância da especialização para minha vida acadêmica e profissional, a qual me deu forças para mais esta conquista.

Aos professores, equipe de apoio e novos amigos do curso de Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho da escola Politécnica da USP, que participaram de alguma forma para minha formação acadêmica.

RESUMO

O objetivo deste trabalho é apresentar as etapas necessárias para implementação de sistema de segurança em uma máquina de rotomoldagem, sendo elas: determinação dos limites da máquina, identificação dos perigos, estimativa e avaliação dos riscos e, por último, redução desses riscos através de medidas de proteção coletiva, medidas administrativas e medidas de proteção individual. Esse processo é chamado de apreciação e redução de riscos e será aplicado em uma máquina de rotomoldagem do tipo *open flame* utilizada para fabricação de caixas d'água com o propósito de atender os requisitos da norma regulamentadora nº 12. A coleta de informações para apreciação de riscos foi realizada através de análise dos documentos da máquina, operação assistida e entrevistas com a equipe de operação, manutenção, engenharia e segurança do trabalho. Com estas informações foi possível classificar os riscos aplicando a metodologia quantitativa *Hazard Rating Number* (HRN) e, para os riscos não aceitáveis, foram aplicadas medidas de redução. A metodologia quantitativa HRN comprovou a eficácia do processo de apreciação de riscos, assim como as medidas empregadas para mitigação dos riscos, resultando em máquina segura para operação e manutenção.

Palavras-chave: Segurança em máquinas. NR12. Apreciação de riscos. Máquina de rotomoldagem.

ABSTRACT

The objective of this study is to present the necessary steps to implement a safety system in a rotational molding machine, as follows: determination of the limits of the machinery, hazard identification, risk estimation and risk assessment and, lastly, reduction of these risks through collective protection, administrative measures and individual protection measures. The name of this process is risk assessment and risk reduction and will be applied rotational molding machine of the open flame type used to manufacture water storage tanks in order to meet the requirements of regulatory norm No. 12. The collection of information for risk assessment was performed through the analysis of the machine documents, assisted operation and interviews with the operation, maintenance, engineering and safety team. With this information it was possible to classify the risks by applying the quantitative methodology Hazard Rating Number (HRN) and, for the unacceptable risks, reduction measures were applied. The quantitative methodology (HRN) proved the efficacy of the risk assessment process, as well as the measures employed to mitigate the risks, resulting in a safe machine for operation.

Keywords: Safety of machinery. NR12. Risk assessment. Rotational molding machine.

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Segmentos de consumo de produtos rotomoldados	18
Figura 2 – Máquina de Rotomoldagem modelo “Rock and Roll”	20
Figura 3 – Máquina de Rotomoldagem modelo Shuttle – Tipo Lançadeira	21
Figura 4 – Máquina de Rotomoldagem modelo Turret – Tipo Carrossel	22
Figura 5 – Máquina de Rotomoldagem modelo Open Flame	23
Figura 6 – Divisão e exemplos de normas de segurança	27
Figura 7 – Representação do processo de apreciação e redução de riscos	29
Figura 8 - Arquitetura designada para a categoria 1	35
Figura 9 - Arquitetura designada para a categoria 2	36
Figura 10 - Arquitetura designada para a categoria 3	37
Figura 11 - Arquitetura designada para a categoria 4	38
Figura 12 – Seleção de categoria	39
Figura 13 – Etapas de fabricação da caixa d’água	44
Figura 14 – Acesso à parte frontal	47
Figura 15 – Acesso à parte frontal com escada	48
Figura 16 – Categoria requerida para perigo 1	49
Figura 17 – Solução para redução de risco do perigo 1	49
Figura 18 – Acesso pela parte lateral	51
Figura 19 – Acesso pela parte traseira	51
Figura 20 – Categoria requerida para perigo 2	52
Figura 21 – Solução para redução de risco do perigo 2	53
Figura 22 – Acesso pela parte lateral	54
Figura 23 – Categoria requerida para perigo 3	55
Figura 24 – Manuseio da tampa do molde utilizando ponte rolante.	56
Figura 25 – Queda do molde	58
Figura 26 – Trabalho em altura	60
Figura 27 – Acesso a hélice do ventilador	61
Figura 28 – Solução para redução de risco no ventilador.	62
Figura 29 – Escada móvel com plataforma	63
Figura 30 – Painel elétrico	65

Figura 31 – Sistema de chamas.....	67
Figura 32 – Acionamento dos queimadores	69
Figura 33 – Isqueiro utilizado para ignição dos queimadores	70

LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1 – Segmentos de consumo de produtos rotomoldados.....	18
--	----

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Probabilidade de Ocorrência (PO).....	31
Quadro 2 – Frequência de Exposição (FE)	31
Quadro 3 – Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	32
Quadro 4 – Número de pessoas expostas ao risco (NP)	32
Quadro 5 – Avaliação de Risco utilizando HRN	33
Quadro 6 – Limites da máquina	46
Quadro 7 – Perigo 1 – Estimativa e avaliação de risco	48
Quadro 8 – Perigo 1 – Risco residual.....	50
Quadro 9 – Perigo 2 – Estimativa e avaliação de risco	52
Quadro 10 – Perigo 2 – Risco residual.....	54
Quadro 11 – Perigo 3 – Estimativa e avaliação de risco	55
Quadro 12 – Perigo 3 – Risco residual.....	56
Quadro 13 – Perigo 4 – Estimativa e avaliação de risco	57
Quadro 14 – Perigo 4 – Risco residual.....	57
Quadro 15 – Perigo 5 – Estimativa e avaliação de risco	58
Quadro 16 – Perigo 5 – Risco residual.....	59
Quadro 17 – Perigo 6 – Estimativa e avaliação de risco	60
Quadro 18 – Perigo 6 – Risco residual.....	61
Quadro 19 – Perigo 7 – Estimativa e avaliação de risco	62
Quadro 20 – Perigo 7 – Risco residual.....	63
Quadro 21 – Perigo 8 – Estimativa e avaliação de risco	64
Quadro 22 – Perigo 9 – Estimativa e avaliação de risco	66
Quadro 23 – Perigo 9 – Risco residual.....	66
Quadro 24 – Perigo 10 – Estimativa e avaliação de risco	68
Quadro 25 – Perigo 10 – Risco residual.....	68
Quadro 26 – Perigo 11 – Estimativa e avaliação de risco	70
Quadro 27 – Perigo 11 – Risco residual.....	71
Quadro 28 – Lista de perigo por ordem de prioridade	72

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	Associação Brasileira de Normas Técnicas
AEPS	Anuário Estatístico da Previdência Social
CLT	Consolidação das Leis do Trabalho
EPI	Equipamento de Proteção Individual
FE	Frequência de Exposição
HRN	<i>Hazard Rating Number</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
LOTO	<i>Lock Out Tag Out</i>
MPL	Probabilidade Máxima de Perda
MTE	Ministério do Trabalho e Emprego
NBR	Norma Brasileira
NP	Número de Pessoas Expostas ao Risco
NR	Norma Regulamentadora
PO	Probabilidade de Ocorrência
PVC	Policloreto de Vinila

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	14
1.1 OBJETIVO	15
1.2 JUSTIFICATIVA.....	15
2 REVISÃO DA LITERATURA.....	17
2.1 ROTOMOLDAGEM.....	17
2.1.1 Processo	19
2.1.2 Máquinas para rotomoldagem.....	20
2.2 NORMAS REGULAMENTADORAS	23
2.2.1 Norma Regulamentadora nº 12.....	24
2.3 PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS PARA SEGURANÇA EM MÁQUINAS	26
2.3.1 ABNT NBR ISO 12100 – Avaliação e redução de riscos	27
2.3.1.1 Determinação dos limites da máquina	29
2.3.1.2 Identificação dos perigos	30
2.3.1.3 Estimativa de riscos	31
2.3.1.4 Avaliação de riscos	32
2.3.1.5 Redução de riscos	33
2.3.2 ABNT NBR 14153 - Partes de sistemas de comando relacionados à segurança	34
2.3.2.1 Categoria B	34
2.3.2.2 Categoria 1	35
2.3.2.3 Categoria 2	35
2.3.2.4 Categoria 3	36
2.3.2.5 Categoria 4	37
2.3.2.6 Seleção de categorias.....	38
3 METODOLOGIA.....	40
4 ESTUDO DE CASO	42
5 RESULTADOS E DISCUSSÃO.....	45
5.1 APRECIÇÃO DE RISCOS.....	46
5.1.1 Limites da Máquina	46
5.1.2 Perigos principais.....	47

5.1.2.1	Perigo 1 - Acesso à parte frontal da máquina	47
5.1.2.2	Perigo 2 - Acessos pelas laterais e parte traseira	50
5.1.2.3	Perigo 3 - Partes móveis devido a energia gravitacional	54
5.1.2.4	Perigo 4 - Queda inesperada da tampa do molde	56
5.1.2.5	Perigo 5 - Queda inesperada do molde	58
5.1.2.6	Perigo 6 – Trabalho em altura.....	59
5.1.2.7	Perigo 7 – Acesso a hélice do ventilador	61
5.1.2.8	Perigo 8 - Uso de escada e plataforma móvel	63
5.1.2.9	Perigo 9 - Contato com energia elétrica.....	64
5.1.2.10	Perigo 10 - Vazamento de gás nos queimadores.....	67
5.1.2.11	Perigo 11 – Acionamento dos queimadores.....	69
5.1.3	Outros perigos	71
5.2	ANÁLISE DOS RESULTADOS.....	72
6	CONCLUSÃO	74
	REFERÊNCIAS.....	75

1 INTRODUÇÃO

Em decorrência da revolução industrial em 1760, as máquinas trouxeram grande inovação na produção e transformação no modo de vida, sendo, nos dias de hoje, imprescindíveis para o desenvolvimento de todas as sociedades humanas. As primeiras máquinas modificaram a produção de ferramentas através de tornos e plainas mecânicas e, com a utilização de teares e motores a vapor, a fabricação de bens de consumo, em especial têxteis. O resultado foi uma produção automatizada e mecanizada, transformando o artesão habilidoso em operário não qualificado (CHALINE, 2014).

Com a difusão do uso de máquinas para expandir a produção e, como resultado, beneficiar a sociedade, surgiu a preocupação com a saúde e integridade física dos operadores, uma vez que toda a máquina apresenta certos riscos. O Anuário Estatístico da Previdência Social (AEPS) em sua 26ª publicação (2019) apresenta dados sobre diversos aspectos da Previdência Social referente a 2017, além do número de acidentes do trabalho. O Brasil registrou no ano de 2017 um total de 549,4 mil acidentes do trabalho, sendo 53,3% apenas na região sudeste do país (BRASIL, 2019).

No Brasil, a lei número 6.514, publicada em 22 de dezembro de 1977 que altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), relativo a segurança e medicina do trabalho, apresenta no artigo 184 da seção XI a obrigação do uso de dispositivos de partida e parada em máquinas, além de outros dispositivos que se fizerem necessários para a prevenção de acidentes do trabalho em equipamentos, especialmente quanto ao risco de acionamento acidental. A lei proíbe a fabricação, importação e comercialização de máquinas que não se enquadrem neste artigo. A lei ainda determina no artigo 185 meios para prevenir acidentes nos procedimentos de reparo, limpeza e ajustes e, por fim, no artigo 186, cita a determinação, pelo Ministério do Trabalho e Emprego, de normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, principalmente quanto à: proteção das partes móveis, distância entre estas, vias de

acesso às máquinas e equipamentos de grandes dimensões, emprego de ferramentas, sua adequação e medidas de proteção exigidas quando motorizadas ou elétricas (BRASIL, 1977).

A norma regulamentadora número 12, publicada no ano de 1978, através da portaria 3.214, destinada exclusivamente para segurança em máquinas e equipamentos, estendeu o disposto na lei 6.514. Entretanto, apenas em 2010, pela portaria 197, tornou-se a referência legislativa para segurança em máquinas no território brasileiro. A norma define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a integridade física e saúde dos trabalhadores em todas as fases de projeto e utilização de máquinas (BRASIL, 2018).

Um dos processos largamente utilizados na indústria de transformação de termoplásticos é a rotomoldagem, também conhecida como Moldagem Rotacional ou Fundição Rotacional. O objetivo das máquinas de rotomoldagem é modelar peças plásticas através da transformação de termoplásticos que, por apresentar alta viscosidade, podem ser conformados e moldados na temperatura adequada. O resultado são peças simples ou complexas, mas com um custo baixo quando comparado com outros processos para fabricação destas peças, como a injeção, sopro e vácuo (UEKI; PISANU, 2007).

1.1 OBJETIVO

O objetivo do trabalho é conduzir o processo de apreciação e redução de riscos em uma máquina de rotomoldagem utilizada para fabricação de caixas d'água para atender aos requisitos de segurança estabelecidos na norma regulamentadora nº 12 e normas técnicas.

1.2 JUSTIFICATIVA

A rotomoldagem é um dos processos mais utilizados para fabricação de peças plásticas. Há uma grande quantidade de máquinas de rotomoldagem em operação em território brasileiro e, em sua maioria, não apresentam sistemas de segurança. O

equipamento possui uma série de riscos que devem ser controlados e monitorados para preservar a saúde e a integridade física dos trabalhos.

Este trabalho apresenta os principais perigos de uma máquina de rotomoldagem e, com base na NR-12 e normas técnicas nacionais e internacionais, soluções para redução destes riscos com objetivo de tornar a máquina segura para operação e manutenção.

O autor trabalha em uma empresa de consultoria para segurança em máquinas e participou do estudo apresentado neste trabalho. Na coleta das informações da máquina de rotodomoldagem em questão foram constatadas falhas da equipe de operação e manutenção em seguir os procedimentos de segurança da empresa. Devido a esse fato, buscou-se priorizar, sempre que possível, a redução de riscos através de medidas coletivas de segurança. A participação de todas as áreas envolvidas na operação e manutenção da máquina é importante para que os perigos sejam identificados e as soluções para redução de riscos sejam eficazes, não gerando riscos adicionais e impactando o menos possível na produção.

2 REVISÃO DA LITERATURA

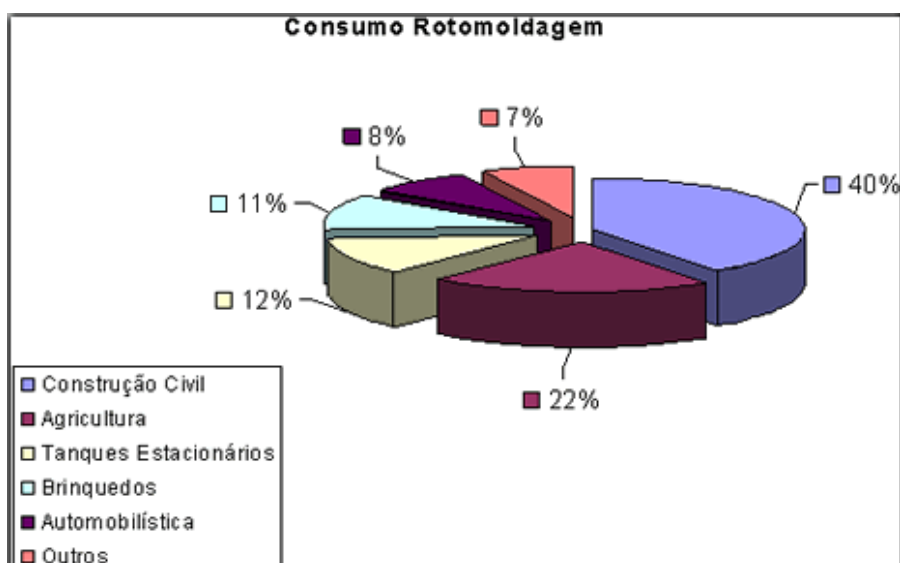
2.1 ROTOMOLDAGEM

Por volta do ano de 1855, o inglês Peters registrou a primeira patente relacionada ao processo de moldagem rotacional. A invenção de Peters consiste em um sistema de eixos dispostos a 90° que permitiu o giro do molde em duas direções perpendiculares entre si, sendo este sistema utilizado até hoje. Para obter o resultado esperado, o inglês utilizou um molde oco, no qual foi adicionado a matéria-prima na forma fluída, distribuída de forma uniforme no interior do molde pelo giro biaxial proporcionado pelos dois eixos (UEKI; PISANU, 2007).

A Rotomoldagem, também conhecida como Moldagem Rotacional ou Fundição Rotacional, é um processo amplamente utilizado pelo setor industrial de transformação plástica e apresenta um grande crescimento no Brasil e no mundo. Através deste processo obtêm-se peças simples ou complexas por um baixo custo quando comparado a outros processos de transformação de termoplásticos, como injeção, sopro e vácuo (INDÚSTRIA HOJE, 2013).

As máquinas de rotomoldagem fabricam diferentes produtos plásticos de alta qualidade e resistência para diversos setores do mercado, tais como industrial, comercial, alimentícios, agricultura, construção civil, decoração, ambiental, entre outros. O gráfico 1 apresenta os principais mercados consumidores de peças obtidas com este processo (RODA, 2012):

Gráfico 1 – Segmentos de consumo de produtos rotomoldados



Fonte: Roda (2012)

Com a rotomoldagem é possível fabricar peças de diferentes tamanhos, peças completamente herméticas e ocas. Os produtos obtidos podem ser de diferentes materiais, como náilon, PVC, polietileno, policarbonato (termoplásticos), além de alguns termofixos (borracha vulcanizada e alguns tipos de resina). Alguns exemplos de peças fabricadas pelo processo de rotomoldagem são apresentadas na figura 1 (PLÁSTICO TRANSFORMA, 2017):

Figura 1 – Segmentos de consumo de produtos rotomoldados



Fonte: adaptado de Plástico Transforma (2017)

2.1.1 Processo

A moldagem rotacional pode ser considerada como um processo simples: sua configuração é através de um molde oco que será abastecido com resina em pó ou líquida. Em seguida é colocado em uma câmara aquecida girando em dois movimentos com rotações distintas. O processo de rotomoldagem é dividido em quatro fases diferentes (UEKI; PISANU, 2007):

Primeira etapa: Dosagem do pó

É adicionada ao molde de rotomoldagem uma quantidade conhecida de material micronizado. Após finalizada a alimentação da matéria-prima, o molde é fechado com auxílio de grampos e parafusos.

Segunda etapa: Aquecimento e rotação

Concluída a primeira etapa, o molde é transportado para o forno e tem início o movimento de rotação biaxial. O efeito sinérgico entre calor recebido do forno e a movimentação biaxial resulta em um aquecimento uniforme do material no interior do molde.

Terceira etapa: Resfriamento e rotação

O molde é retirado da máquina e inicia-se o processo de resfriamento, que pode ocorrer em temperatura ambiente, jato de ar forçado ou pulverização de água; outra forma de resfriamento é utilizar sistemas mais complexos como camisas de refrigeração envoltas no molde. A etapa de resfriamento é de extrema importância e tem grande influência sobre as propriedades mecânicas da peça moldada.

Quarta etapa: Desmoldagem

Na última etapa do processo de rotomoldagem o molde resfriado é conduzido para uma estação de desmoldagem onde é feita a abertura do molde e a extração da peça manualmente.

2.1.2 Máquinas para rotomoldagem

Atualmente no mercado há diferentes tipos de máquinas para rotomoldagem. Para sua correta especificação deve-se observar parâmetros importantes, tais como:

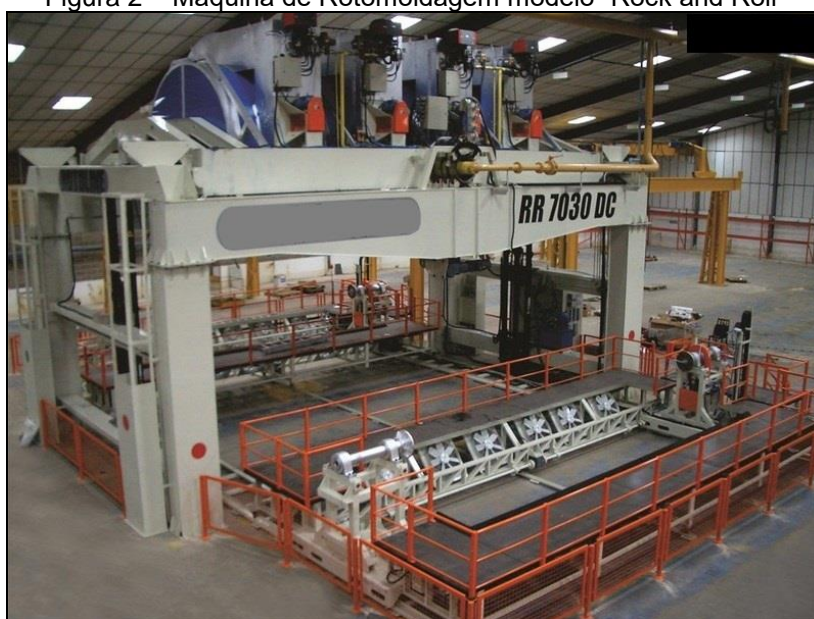
- Capacidade de aquecimento;
- Tamanho do forno;
- Tempo médio por ciclo; e
- Velocidade de rotação do molde.

Combinando as variáveis acima é possível identificar o equipamento correto para fabricação de determinado produto. Os modelos de máquinas para rotomoldagem disponíveis no mercado são (UEKI; PISANU, 2007):

Máquinas *Rock and Roll*

Neste modelo o molde gira 360° no eixo secundário e no eixo principal intercaladamente 45° para um lado e para outro. As máquinas de rotomoldagem modelo *Rock and Roll*, conforme figura 2, possuem um sistema de aquecimento a gás com chama direta e são utilizadas principalmente para fabricação de peças de grande porte, como tanques, barras, caiaques e etc (UEKI; PISANU, 2007).

Figura 2 – Máquina de Rotomoldagem modelo “Rock and Roll”

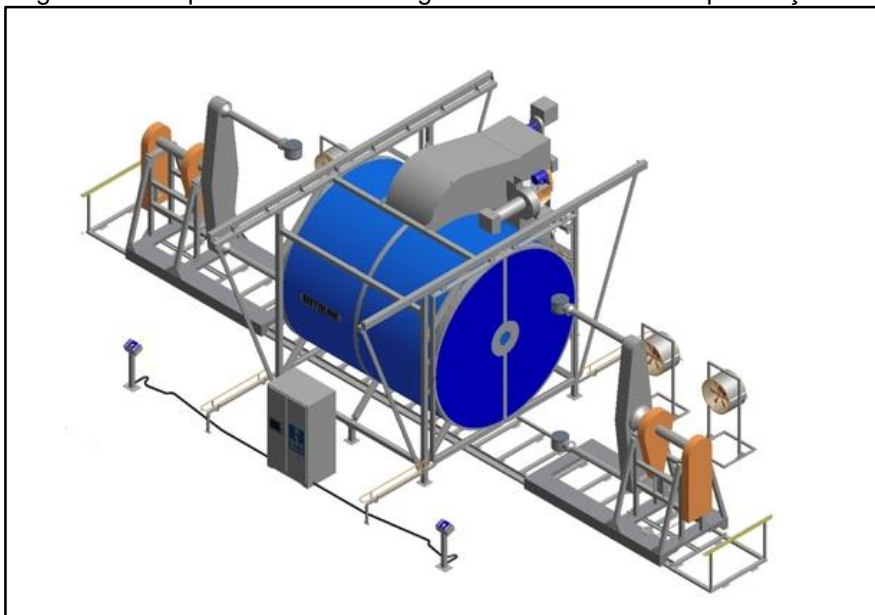


Fonte: Rotoline (2019)

Máquinas Shuttle – Tipo Lançadeira

As máquinas modelo Shuttle trabalham com forno central, duas estações e dois carros com braços retos. Conforme apresentado na figura 3, a máquina é composta por duas estações de resfriamento e possui como vantagem a fácil troca dos moldes e a opção de trabalhar com uma ou duas estações. Este modelo de máquina é indicado para fabricar produtos diversos de plástico, pois permite a utilização de diferentes moldes ao mesmo tempo (UEKI; PISANU, 2007).

Figura 3 – Máquina de Rotomoldagem modelo Shuttle – Tipo Lançadeira



Fonte: Rotoline (2019)

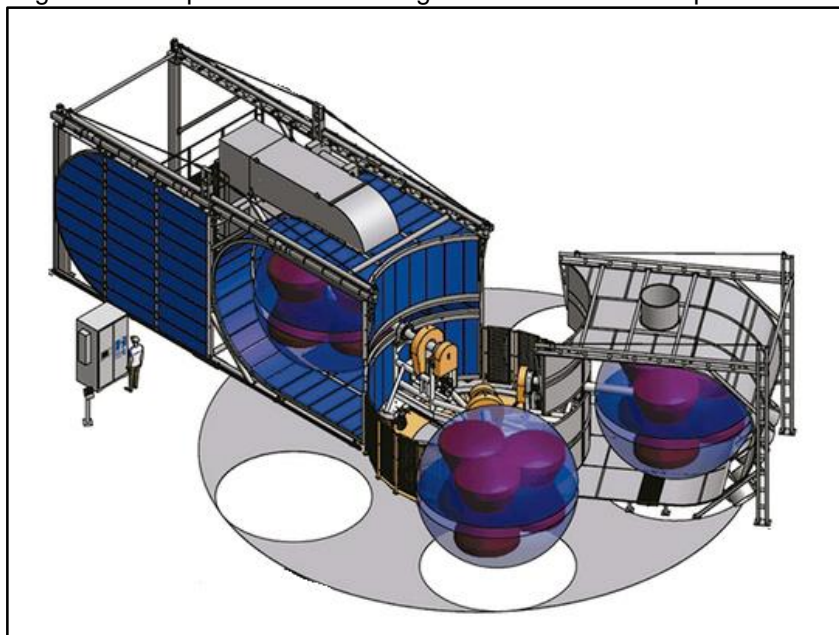
Máquinas Turret – Tipo Carrossel

As máquinas tipo carrossel para rotomoldagem foram introduzidas no mercado na segunda metade do século XX. O nome carrossel se dá por possuir um eixo central através do qual os braços se movimentam e passam pelas várias etapas do processo de produção, podendo trabalhar com três ou quatro carros independentes. Para a seleção deste modelo é necessário que a duração dos ciclos de aquecimento e resfriamento de cada braço seja similar e que não haja limitação de espaço. É indicada para altos níveis de produção (UEKI; PISANU, 2007).

Com cinco estações independentes, as etapas de forno, pré-resfriamento, resfriamento, carga/descarga e *stand by* podem ser realizadas individualmente, diminuindo o tempo de máquina parada, pois cada um dos braços pode estar em uma estação diferente do outro (UEKI; PISANU, 2007).

Um exemplo da máquina do modelo tipo Carrossel é apresentado na figura 4.

Figura 4 – Máquina de Rotomoldagem modelo Turret – Tipo Carrossel



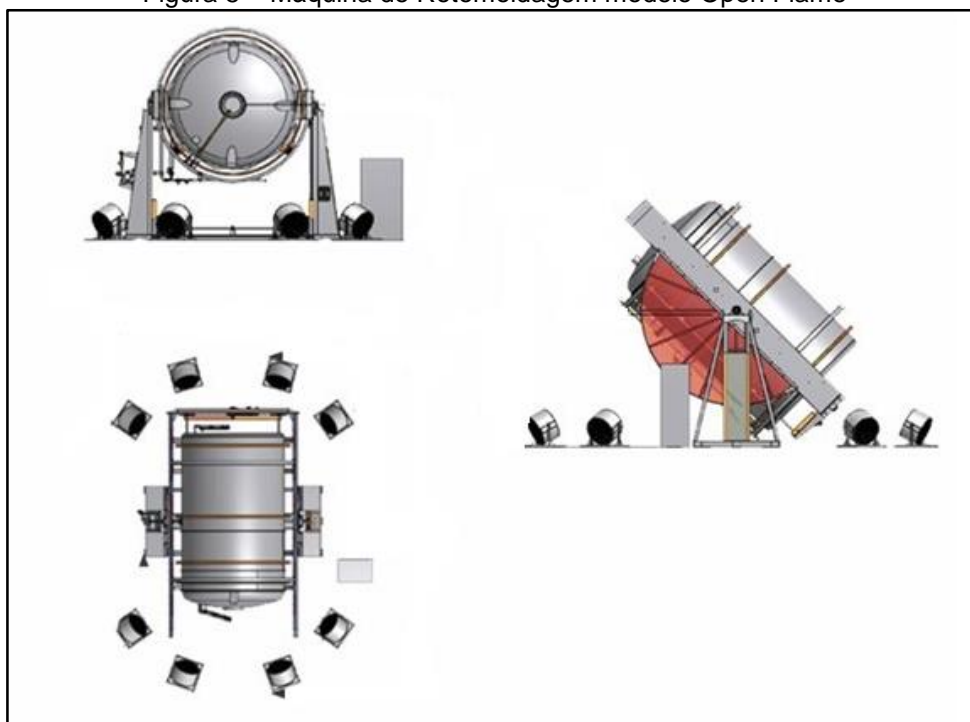
Fonte: Rotoline (2019)

Máquinas *Open Flame*

As máquinas de rotomoldagem modelo *Open Flame* são indicadas para produção de peças cilíndricas, por exemplo, tanques e caixas d'águas. Neste modelo os moldes possuem uma distância mais próxima e constante com os queimadores, tendo como resultado a economia e viabilidade em termos de consumo de gás (ROTOLINE, 2019).

A figura 5 possui uma representação gráfica de uma máquina de rotomoldagem modelo *Open Flame*.

Figura 5 – Máquina de Rotomoldagem modelo Open Flame



Fonte: Rotoline (2019)

2.2 NORMAS REGULAMENTADORAS

Com objetivo de padronizar, fiscalizar e fornecer orientações sobre procedimentos obrigatórios relacionados à segurança e a medicina do trabalho, no dia 8 de julho de 1978, foi aprovada pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), através da Portaria nº 3.214, as primeiras Normas Regulamentadoras (NR). As NRs são de observância obrigatória pelas empresas privadas e públicas e pelos órgãos públicos da administração direta e indireta, bem como pelos órgãos dos Poderes Legislativo e Judiciário, que possuam empregados regidos pela CLT. Atualmente há 37 normas regulamentadoras sobre diferentes assuntos relacionados a segurança no trabalho (BRASIL, 2018).

As normas regulamentadoras são revisadas em função dos novos métodos de trabalho, do avanço da tecnologia e das mudanças nas relações de trabalho. Conforme a CLT, é reponsabilidade do Ministério do Trabalho a elaboração de normas regulamentadoras. A partir de outubro de 2003, a Portaria nº 1.127 determina que as normas regulamentadoras sejam elaboradas seguindo um sistema tripartite paritário,

formado por representantes do governo, dos trabalhadores e dos empregadores, os três com o mesmo peso de decisão (BRASIL, 2003).

2.2.1 Norma Regulamentadora nº 12

A norma regulamentadora nº 12 refere-se a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, sendo a primeira publicação em junho de 1978 pela Portaria nº 3.214. A norma passou por alterações, sendo a mais significativa em 2010, pela portaria nº 197, a qual foi chamada de “Nova NR12”. Essa nova redação da norma, utilizada até hoje com algumas revisões de melhoria, foi elaborada de uma maneira tripartite, com representantes dos trabalhadores, empregadores e governo (BRASIL, 2018).

A NR12 e seus 12 anexos definem referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção para garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, e estabelece requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho nas fases de projeto e de utilização de máquinas e equipamentos de todos os tipos (BRASIL, 2018).

No item 12.4 da norma é definida a ordem de prioridades em que as medidas de proteção devem ser adotadas, sendo:

1. Medidas de proteção coletiva;
2. Medidas administrativas ou de organização do trabalho; e
3. Medidas de proteção individual.

No quinto item da norma (12.5) é definido que para aplicação da NR12 e seus anexos, devem-se considerar as características das máquinas e equipamentos, do processo, a apreciação de riscos e o estado da técnica. Neste item conclui-se a obrigação de iniciar o processo de adequação de máquinas e equipamentos pela apreciação de riscos (BRASIL, 2018).

A NR-12 trata de diversos pontos relacionados sobre segurança em máquinas, os tópicos são:

- Princípios Gerais - item 12.1 ao 12.5
- Arranjo físico e instalações – item 12.6 ao 12.13

- Instalações e dispositivos elétricos – item 12.14 ao 12.23
- Dispositivos de partida, acionamento e parada – item 12.24 ao 12.37
- Sistemas de segurança – item 12.38 ao 12.55;
- Dispositivos de parada de emergência – item 12.56 ao 12.63;
- Meios de acesso permanentes – item 12.64 ao 12.76;
- Componentes pressurizados – item 12.77 ao 12.84;
- Transportadores de materiais – item 12.85 ao 12.93;
- Aspectos ergonômicos – item 12.94 ao 12.105;
- Riscos adicionais – item 12.106 ao 12.110;
- Manutenção, inspeção, preparação, ajuste, reparo e limpeza – item 12.111 ao 12.115;
- Sinalização – item 12.116 ao 12.124;
- Manuais – item 12.125 ao 12.129;
- Procedimentos de trabalho e segurança – item 12.130 ao 12.132;
- Projeto, fabricação, importação, venda, locação, leilão, cessão a qualquer título e exposição – item 12.133 ao 12.134;
- Capacitação – item 12.135 ao 12.147;
- Outros requisitos específicos de segurança – item 12.148 ao 12.152; e
- Disposições finais – item 12.153 ao 12.156 (BRASIL, 1978).

A norma possui dozes anexos que tratam de medidas específicas a serem adotadas para um determinado tipo de máquina, referências técnicas para redução de riscos e glossário.

- ANEXO I – Distâncias de segurança e requisitos para o uso de detectores de presença optoeletrônicos;
- ANEXO II – Conteúdo Programático da Capacitação;
- ANEXO III – Meios de Acesso Permanentes;
- ANEXO IV – Glossário;
- ANEXO V – Motosserra;
- ANEXO VI – Máquinas para Panificação e Confeitaria;
- ANEXO VII – Máquinas para Açougue, mercearia, bares e restaurantes;

- ANEXO VIII – Prensas e similares;
- ANEXO IX – Injetora de materiais plásticos;
- ANEXO X – Máquinas para fabricação de calçados e afins;
- ANEXO XI – Máquinas e implementos para uso agrícola e florestal;
- ANEXO XII – Equipamentos de guindar para elevação de pessoas e realização de trabalho em altura (BRASIL, 1978).

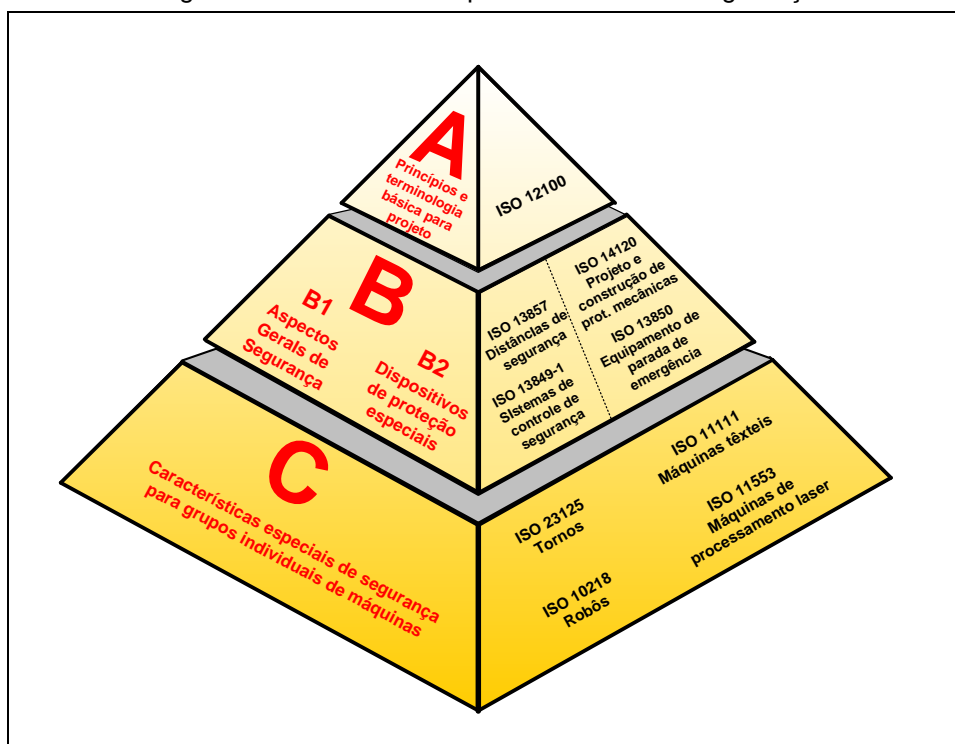
2.3 PRINCIPAIS NORMAS TÉCNICAS PARA SEGURANÇA EM MÁQUINAS

As normas de segurança são divididas em três diferentes categorias de forma hierárquica para evitar a repetição de tarefas e criar uma lógica que permita um trabalho rápido, facilitando a referência cruzada entre estas. A estrutura das normas é:

- a) As normas tipo A (normas fundamentais de segurança) definem com rigor conceitos básicos, princípios de estruturação e aspectos gerais válidos para todos os tipos de máquinas.
- b) As normas do tipo B (normas de segurança relativas a um grupo) tratam de aspectos de segurança ou de um tipo de dispositivo de proteção aplicáveis a uma gama extensa de máquinas, sendo:
 - As normas do tipo B1 sobre aspectos particulares de segurança (por exemplo, distâncias de segurança, temperatura de superfície, ruído); e
 - As normas do tipo B2 sobre dispositivos de proteção (por exemplo, comandos bimanuais, dispositivos de intertravamento, dispositivos sensíveis à pressão, proteções);
- c) As normas do tipo C (normas de segurança por categoria de máquinas) apresentam exigências de segurança detalhadas aplicáveis a uma máquina em particular ou a um grupo de máquinas (PILZ, 2019).

A figura 6 apresenta a divisão das normas de segurança por tipo a, b e c e alguns exemplos.

Figura 6 – Divisão e exemplos de normas de segurança



Fonte: Adaptado de Pilz (2019)

2.3.1 ABNT NBR ISO 12100 – Avaliação e redução de riscos

A ABNT NBR ISO 12100 foi elaborada no Comitê Brasileiro de Máquinas e Equipamentos Mecânicos pela Comissão de Estudo de Segurança de Máquinas de Uso Geral. Trata-se de uma norma tipo A com adoção idêntica, em conteúdo técnico, da norma ISO 12100:2010 elaborado pelo *Technical Committee Safety of machinery* (ISO/TC 199) (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

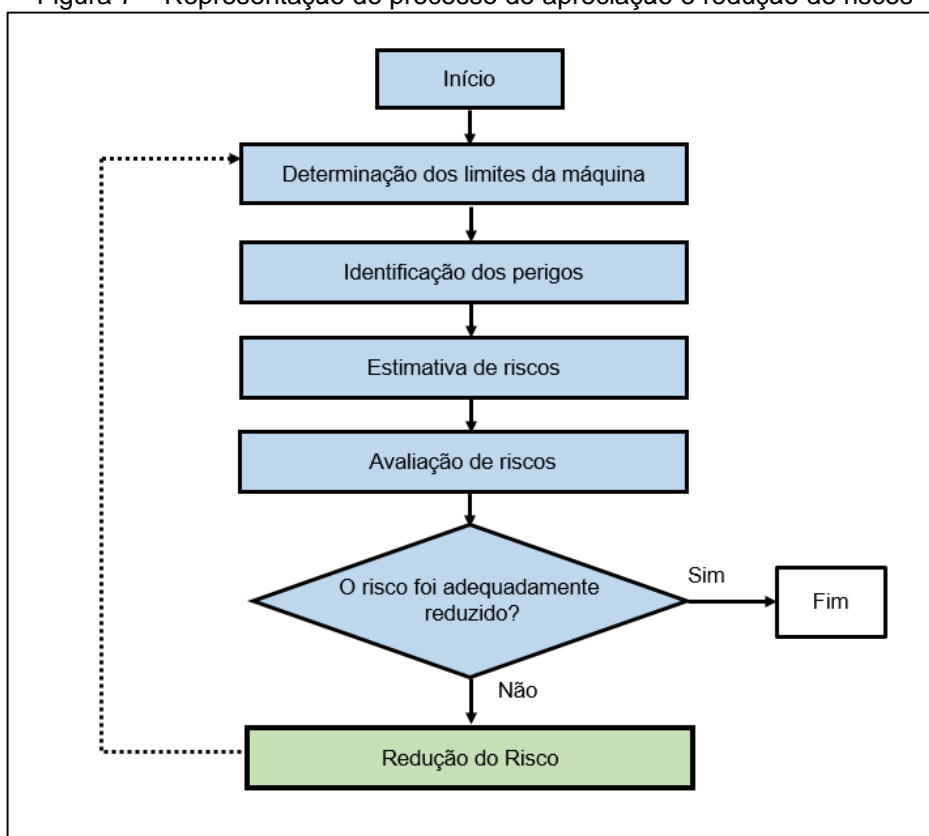
O objetivo da norma é auxiliar os fabricantes, os projetistas e quaisquer pessoas, ou organismos interessados, a interpretar as exigências essenciais de segurança de máquinas. A ABNT NBR ISO 12100:2013 especifica a terminologia básica, princípios e uma metodologia para obtenção da segurança em projetos de máquinas. A norma especifica princípios para avaliação e redução de riscos que auxiliam projetistas a alcançar tal objetivo. Esses princípios são baseados no conhecimento e experiência de projetos, uso, incidentes, acidentes e riscos associados a máquinas (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

A apreciação de riscos é um processo composto por uma série de etapas que permite, de forma sistemática, analisar e avaliar os riscos associados à máquina. Em seguida é feita a redução de riscos, sempre que necessário. A iteração deste processo pode ser necessária para eliminar o máximo de perigos possíveis, assim como, reduzir adequadamente os riscos por meio da implementação de medidas de proteção. As etapas são:

- a) Determinação dos limites da máquina, considerando seu uso devido, bem como quaisquer formas de mau uso razoavelmente previsíveis;
- b) Identificação dos perigos e situações perigosas associadas;
- c) Estimativa do risco para cada perigo ou situação perigosa;
- d) Avaliação do risco e tomada de decisão quanto à necessidade de redução de riscos;
- e) Eliminação do perigo ou redução de risco associado ao perigo por meio de medidas de proteção (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

A figura 7 representa o fluxo das etapas descritas, sendo que as etapas de a) a d) compõem o processo de apreciação de riscos (em azul) e a etapa e), o processo de redução de riscos (em verde).

Figura 7 – Representação do processo de apreciação e redução de riscos



Fonte: Adaptado de ABNT. NBR ISO 12100 (2013)

2.3.1.1 Determinação dos limites da máquina

A primeira etapa do processo de apreciação de riscos é a determinação dos limites da máquina. Nesta etapa são consideradas todas as fases do ciclo de vida do equipamento. As características principais de limite da máquina que devem ser identificadas são:

- Limites de uso: diferentes modos de operação, diferentes procedimentos de intervenção, o uso da máquina (industrial, não industrial e doméstico), níveis necessários de treinamento (pelo operador, equipe de manutenção, entre outros), exposição de outras pessoas aos perigos da máquina;
- Limites de espaço: extensão do movimento, requisitos de espaço para interação com a máquina durante operação/ manutenção, interação humana (interface de operação) e conexão da máquina com fontes de energia;

- Limites de tempo: o limite de vida da máquina e componentes, baseado no uso devido e no mau uso razoavelmente previsível e intervalos de serviços recomendados;
- Outros limites: ambientais, organização, requisitos de limpeza e propriedade dos materiais a serem processados (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

2.3.1.2 Identificação dos perigos

Em seguida à determinação dos limites da máquina, é realizada a identificação sistemática dos perigos razoavelmente previsíveis, situações perigosas e eventos perigosos que possam ocorrer durante todo o ciclo de vida da máquina, ou seja, nas etapas de transporte, montagem, instalação, preparação para uso, operação, desmontagem, desativação e descarte (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

Essa etapa é fundamental para o êxito em segurança em máquinas; quando os perigos são identificados é que os passos para eliminação ou redução destes podem ser dados. O profissional deve identificar os perigos analisando os modos de operação previstos para a máquina e as tarefas que serão executadas pelo operador, equipe de manutenção ou outros que interagirão com o equipamento, levando-se em consideração as diferentes partes, mecanismos e funções da máquina, os materiais a serem processados e o ambiente na qual a máquina será utilizada (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

Os perigos devem ser identificados, considerando-se:

- Interação humana durante todo o ciclo de vida da máquina;
- Possíveis estados da máquina;
- Comportamento não intencional do operador ou formas de mau uso da máquina razoavelmente previsíveis (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

2.3.1.3 Estimativa de riscos

Para realizar julgamentos quanto a necessidade ou não de redução de riscos faz-se necessária a adoção de uma metodologia para estimativa de risco, seja ela qualitativa ou, quando apropriado, quantitativa (ABNT NBR ISO 12100, 2013).

Um dos métodos quantitativos mais utilizados para estimativa e avaliação de riscos em máquinas é o *Hazard Rating Number* (HRN), publicado na revista *Safety and Health Practitioner* em 1990 pelo especialista na área Chris Steel (DEXHEIMER; DELWING, 2014).

O HRN utiliza 4 fatores para quantificação do risco: Probabilidade de Ocorrência (PO), Frequência de Exposição (FE), Probabilidade Máxima de Perda (MPL) e Número de Pessoas Expostas ao Risco (NP). Os quadros de 1 a 4 apresentam os parâmetros para cada um dos quatro fatores do HRN.

Quadro 1 – Probabilidade de Ocorrência (PO)

Probabilidade de Ocorrência (PO)		
0,033	Quase impossível	Não pode acontecer sobre nenhuma circunstância
1	Improvável	Apesar de concebível
2	Possível	Mas não usual
5	Alguma chance	Poderia acontecer
8	Provável	Grande chance de acontecer (sem surpresa)
10	Muito provável	Esperado
15	Certo	Nenhuma dúvida

Fonte: Adaptado de Steel (1990)

Quadro 2 – Frequência de Exposição (FE)

Frequência de Exposição (FE)	
0,1	Raramente
0,2	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de hora
5	Constantemente

Fonte: Adaptado de Steel (1990)

Quadro 3 – Probabilidade Máxima de Perda (MPL)

Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	
0,1	Arranhão/ contusão leve
0,5	Dilaceração/ doenças moderas ou queimadura leve
1	Fratura - Enfermidade leve (temporária)
2	Fratura - Enfermidade grave (permanente)
4	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimadura grave
8	Perda de 2 membro/ olho ou doença grave (temporária)
15	Fatalidade

Fonte: Adaptado de Steel (1990)

Quadro 4 – Número de pessoas expostas ao risco (NP)

Número de pessoas expostas ao risco (NP)	
1	1 - 2 pessoas
2	3 - 7 pessoas
4	8 -15 pessoas
8	16 - 50 pessoas
12	Mais de 50 pessoas

Fonte: Adaptado de Steel (1990)

2.3.1.4 Avaliação de riscos

O projetista ou profissional que está conduzindo o processo de apreciação de riscos, após identificar os quatro fatores para o perigo em questão, deve utilizar a fórmula abaixo para obter a avaliação dos riscos (Steel, 1990).

$$HRN = PO \times FE \times MPL \times NP$$

Com resultado da multiplicação (HRN) é possível avaliar o risco através da Quadro 5.

Quadro 5 – Avaliação de Risco utilizando HRN

	HRN	Risco	Ação
	0 - 1	Desprezível	Não apresenta risco à saúde e segurança. Não são requeridas medidas de controle
	1 - 5	Muito baixo	Apresenta risco muito baixo à saúde e segurança. Não são necessárias medidas significativas, podendo requerer o uso de equipamento de proteção individual (EPI) e/ou treinamento.
	5 - 10	Baixo	Apresenta risco à saúde e segurança, porém é baixo. Devem ser consideradas medidas de controle.
	10 - 50	Significativo	O risco associado ao perigo é suficiente para requer medidas de redução. Estas medidas devem ser implantadas na próxima oportunidade
	50 - 100	Alto	Perigos potencialmente perigosos, os quais requerem medidas de controle para serem implementados com urgência
	100 - 500	Muito alto	Medidas de controle devem ser implementadas imediatamente, os gestores corporativos devem ser notificados
	500 - 1000	Extremo	Medidas de controle devem ser implementadas imediatamente, o equipamento não deve ser operado ou a específica tarefa perigosa não deve ser realizada até que as medidas de controle tenham sido adotadas. A gestão corporativa deve ser notificada
	Acima de 1000	Inaceitável	

Fonte: Adaptado de Steel (1990)

2.3.1.5 Redução de riscos

O resultado da apreciação de riscos é uma relação de todos os perigos da máquina e a avaliação de seus respectivos riscos; o resultado do HRN conduzirá para necessidade de implantação de medidas para redução do risco. A norma ABNT NBR ISO 12100 (2013) define um método de três etapas para aplicação de medidas de proteção destinadas a alcançar a redução dos riscos, são elas:

- Passo 1: Medidas de segurança inerentes ao projeto;
- Passo 2: Proteções de segurança ou medidas de proteção complementares; e
- Passo 3: Informação para uso.

A norma regulamentadora nº 12, conforme apresentado no item 2.2.1, define a ordem de prioridades em que as medidas de proteção devem ser adotadas, sendo a primeira

as medidas coletivas e, como última opção, devem ser adotadas os equipamentos de proteção individual (EPI) (BRASIL, 2018).

2.3.2 ABNT NBR 14153 - Partes de sistemas de comando relacionados à segurança

Para redução de riscos e paradas de emergência podem ser utilizados dispositivos de segurança, sendo estes definido pela norma como partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, podendo ser elétricos, hidráulicos, pneumáticos e mecânicos. Estes dispositivos devem ser ligados em categorias cuja definição é: classificação das partes de um sistema de comando relacionadas à segurança, com respeito à sua resistência a defeitos e seu subsequente comportamento na condição de defeito, que é alcançada pelos arranjos estruturais das partes e/ou por sua confiabilidade (ABNT NBR 14153, 2013).

A norma ABNT NBR 14153 (2013) especifica os requisitos de segurança e estabelece um guia sobre os princípios para o projeto de partes de sistemas de comando relacionadas à segurança. Para essas partes, especifica categorias e descreve as características de suas funções de segurança. As categorias são divididas em cinco: B, 1, 2, 3 e 4.

2.3.2.1 Categoria B

Na categoria B as partes de sistemas de comando, relacionadas à segurança e/ou equipamentos de proteção, bem como seus componentes, devem ser projetados, construído, selecionado, montado e combinado de acordo com as normas relevantes, de tal forma que resistam às influências esperadas (ABNT NBR 14153, 2013).

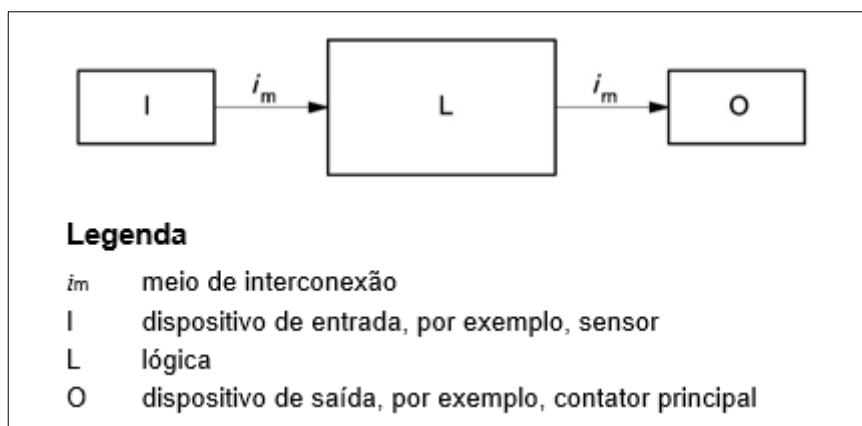
Comportamento do sistema: A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança.

2.3.2.2 Categoria 1

Para a categoria 1 são aplicados os requisitos da categoria B descritos anteriormente e devem ser utilizados componentes de segurança bem testados e com princípios comprovados (ABNT NBR 14153, 2013)

Comportamento do sistema: A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança, porém a probabilidade de ocorrência é menor que para a categoria B (ABNT NBR 14153, 2013). A figura 8 exibe a arquitetura designada para a categoria 1.

Figura 8 - Arquitetura designada para a categoria 1



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 13849 (2019)

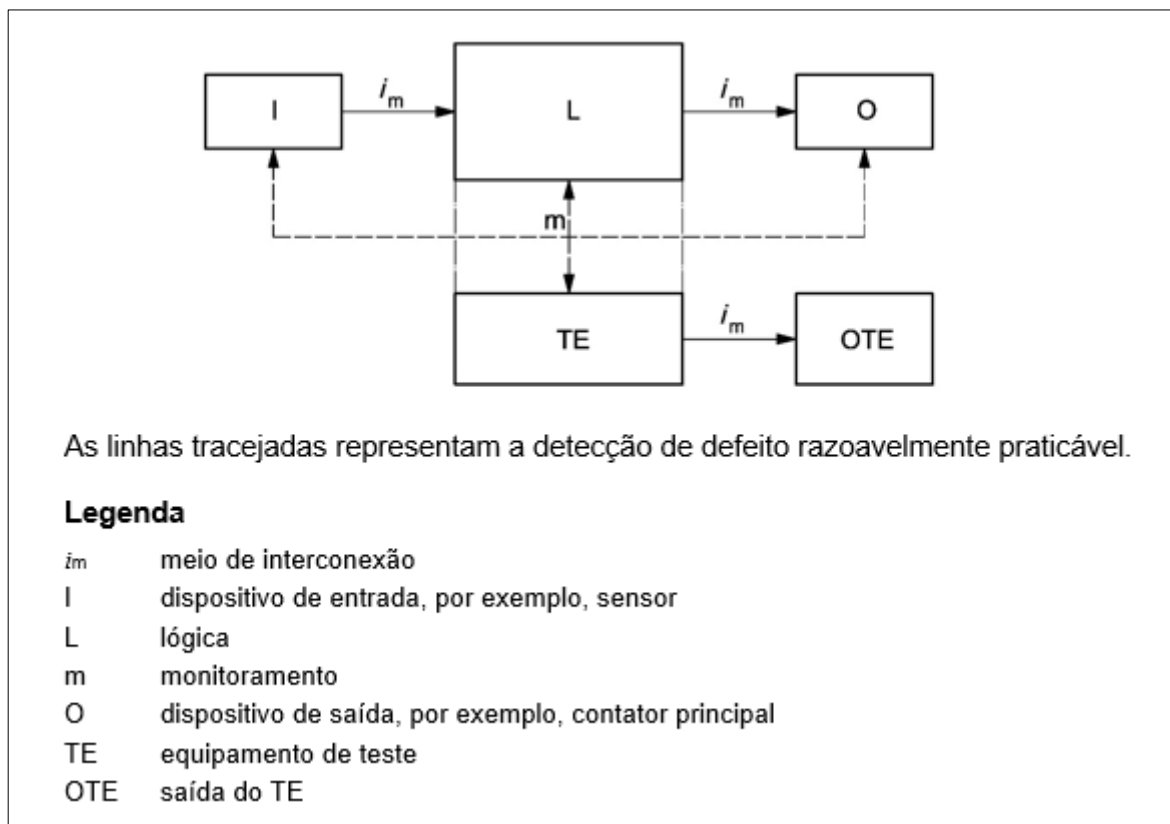
2.3.2.3 Categoria 2

Nesta categoria são aplicados os requisitos de B e a utilização de princípios de segurança comprovados. As partes de sistemas de comando relacionadas à segurança, de categoria 2, devem ser projetadas de tal forma que sejam verificadas em intervalos adequados pelo sistema de comando da máquina (ABNT NBR 14153, 2013).

Comportamento do sistema: A ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança entre as verificações. A perda da função de segurança é detectada pela verificação (ABNT NBR 14153, 2013).

A figura 9 demonstra a forma de ligação dos componentes de segurança na categoria 2.

Figura 9 - Arquitetura designada para a categoria 2



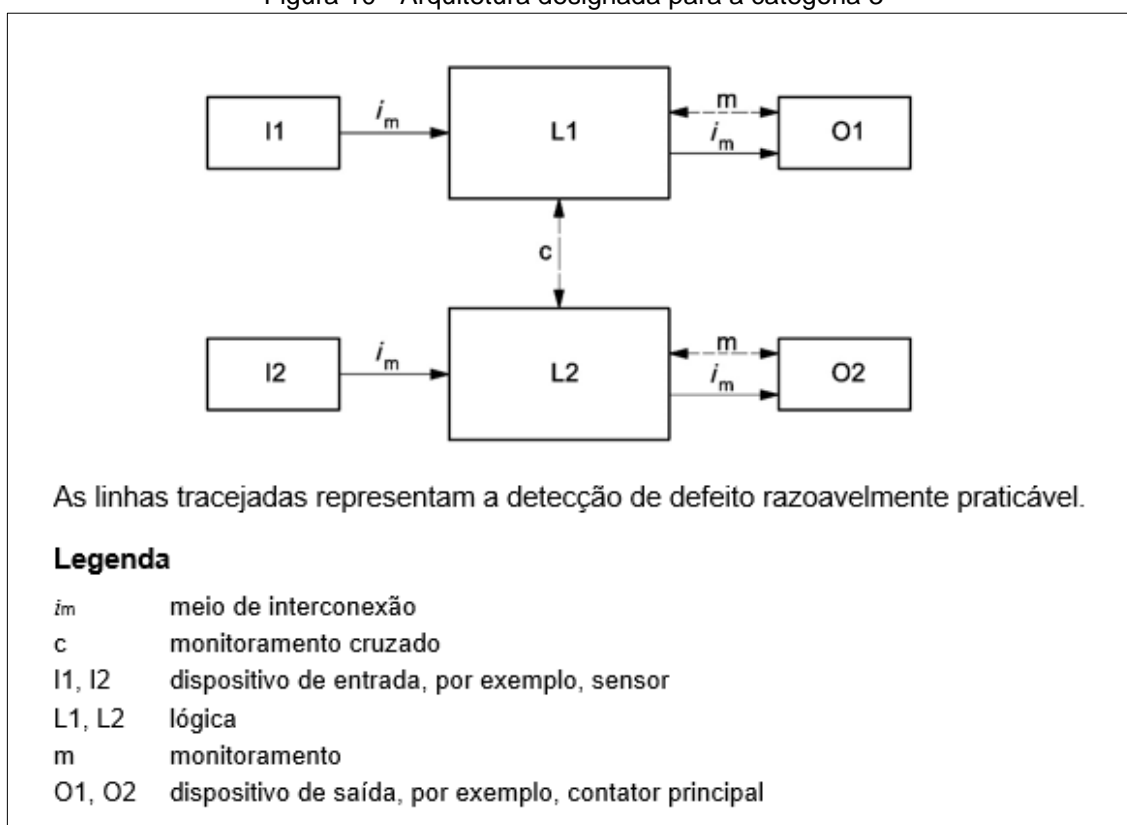
Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 13849 (2019)

2.3.2.4 Categoria 3

Na categoria 3 também são aplicados os requisitos da categoria B e a utilização de princípios de segurança comprovados. Acrescenta-se nesta categoria que as partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de tal forma que um defeito isolado, em qualquer dessas partes, não leve à perda das funções de segurança. Sempre que razoavelmente praticável, o defeito isolado deve ser detectado durante ou antes da próxima solicitação da função de segurança (ABNT NBR 14153, 2013).

Comportamento do sistema: A categoria 3 demonstrado na figura 10 é projetado para quando um defeito isolado ocorre, a função de segurança é sempre cumprida. Alguns defeitos serão detectados e o acúmulo de defeitos não detectados pode levar à perda da função de segurança (ABNT NBR 14153, 2013).

Figura 10 - Arquitetura designada para a categoria 3



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 13849-1 (2019)

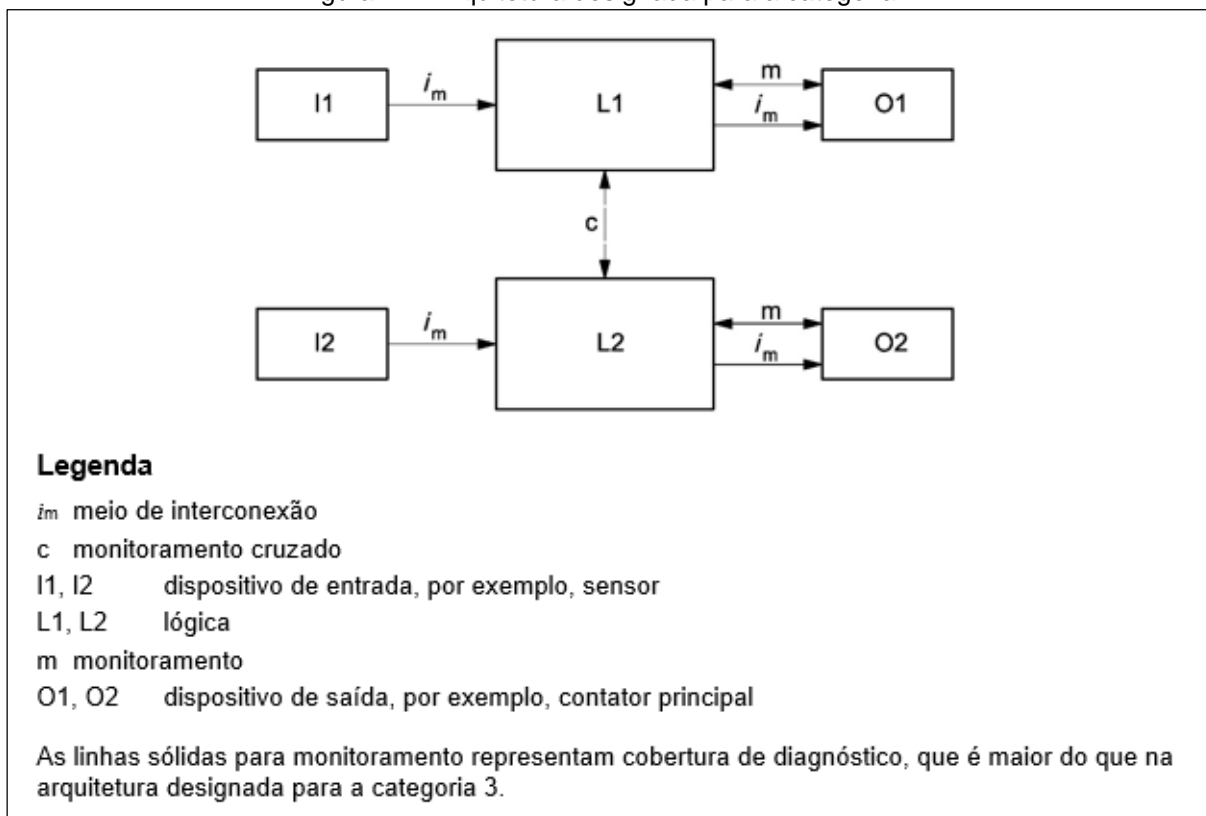
2.3.2.5 Categoria 4

Assim como as demais categorias, aplica-se na categoria 4 os requisitos da categoria B e a utilização de princípios de segurança comprovados. Nesta última categoria, as partes relacionadas à segurança devem ser projetadas de forma que um defeito isolado não leve à perda da função de segurança e que o defeito isolado seja detectado durante ou antes da próxima demanda da função de segurança. Se isso não for possível, o acúmulo de defeitos não pode levar à perda das funções de segurança (ABNT NBR 14153, 2013).

Comportamento do sistema: Quando os defeitos ocorrem, a função de segurança é sempre cumprida. Os defeitos serão detectados a tempo de impedir a perda das funções de segurança (ABNT NBR 14153, 2013).

A figura 11 representa como os componentes de segurança devem ser conectados na categoria 4.

Figura 11 - Arquitetura designada para a categoria 4



Fonte: Adaptado de ABNT NBR ISO 13849 (2019)

2.3.2.6 Seleção de categorias

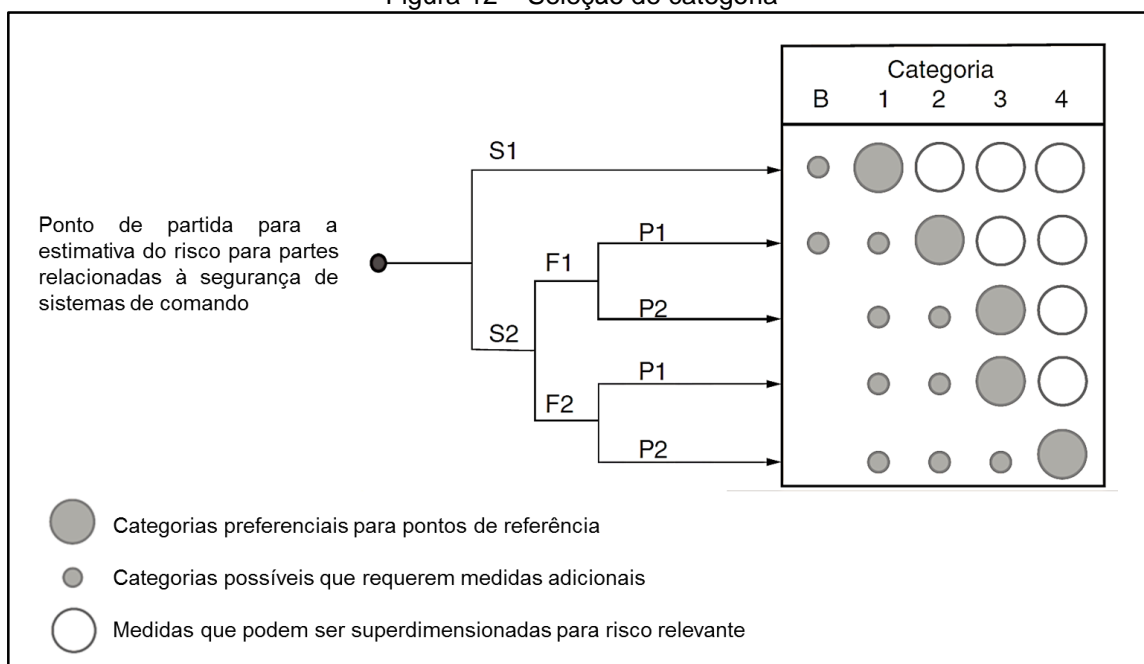
Para selecionar a categoria apropriada deve-se considerar parte da apreciação de riscos conforme ABNT NBR ISO 12100. O método para definir a categoria utiliza três fatores: severidade do ferimento (representada por S), frequência e tempo de exposição ao perigo (representado por F) e possibilidade de evitar o perigo (representado por P). Cada fator possui duas opções:

- S - Severidade do ferimento
 - S1 - Ferimento leve (normalmente reversível)
 - S2 - Ferimento sério (normalmente irreversível) incluindo morte

- F - Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo
 - F1 - Raro a relativamente frequente e/ou baixo tempo de exposição
 - F2 - Frequente a contínuo e/ou tempo de exposição longo
- P - Possibilidade de evitar o perigo
 - P1 - Possível sob condições específicas
 - P2 - Quase nunca possível

A figura 12 possui um guia para seleção adequada da categoria. O projetista deve iniciar a análise pela severidade do ferimento, em seguida define-se a frequência e tempo de exposição ao perigo e, por último, a possibilidade de evitar o perigo. Aplicando esses 3 fatores no guia de seleção, o resultado apresentará a categoria preferencial a ser adotada, mas também o projetista poderá optar por categorias possíveis que requerem medidas adicionais.

Figura 12 – Seleção de categoria



Fonte: Adaptado de ABNT NBR 14153 (2013)

3 METODOLOGIA

A elaboração da apreciação de riscos é a etapa inicial no processo de adequação de uma máquina para cumprimento dos requisitos da NR-12 e observância de normas técnicas. O documento deve ser elaborado e estar sob a responsabilidade técnica de um profissional legalmente habilitado e capacitado. A apreciação de riscos deve ser elaborada, obrigatoriamente, conforme norma ABNT NBR ISO 12100.

O levantamento das informações necessárias para apreciação de riscos foi realizado através de entrevistas com operador, equipe de manutenção, engenharia e segurança do trabalho, além da análise de documentos e operação assistida da máquina e do processo. Essa etapa é fundamental para entender o funcionamento da máquina, verificar quais são as intervenções feitas pelo time de manutenção e estudar possíveis melhorias no processo. Faz-se necessária a entrevista e o entendimento total do processo para identificar todos os perigos e propor as medidas de redução de riscos mais eficientes para não impactar, tanto quanto possível, na operação e produção da máquina. O objetivo desta atividade é identificar os limites da máquina e todos os perigos presentes, além de levantar informações para estimativa de riscos e sua respectiva avaliação.

Para estimativa de riscos foi utilizada a metodologia quantitativa *Hazard Rating Number* (HRN) que permite a comparação entre os riscos da máquina. Dessa forma, no final da apreciação de riscos, é gerado uma relação por ordem de prioridade dos riscos que necessitam da implantação de medidas de redução e controle.

Em cada perigo em que seu risco seja classificado como “não aceitável” são propostas medidas para sua redução, seguindo a ordem de prioridade estabelecida pela NR-12, sendo as medidas coletivas a primeira opção. As medidas para mitigação dos riscos são baseadas na legislação brasileira (NR-12) e em normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, nas normas internacionais aplicáveis.

As medidas de redução de riscos propostas devem ser apresentadas e discutidas com a equipe entrevistada na fase de apreciação de riscos. A finalidade é verificar se as

medidas propostas serão de fato eficazes e se não houve a criação de novos perigos, além de analisar se haverá impacto no processo de operação da máquina e na produção.

Quando exigida a adoção de dispositivos de segurança para formação das medidas de redução de riscos, o profissional deve seguir a norma ABNT NBR 14153 para definir a categoria necessária na instalação das partes de sistemas de comando relacionados à segurança.

Foram identificadas algumas falhas na cultura de segurança da empresa. No momento de coleta das informações para elaboração do relatório, verificou-se que a equipe de manutenção e operação não seguiu algumas etapas definidas no procedimento, mesmo tendo sido treinados e sob observação. Essa verificação é importante para determinar quais são as medidas de redução mais eficazes para se ter uma operação segura da máquina. O resultado foi priorizar, tanto quanto possível, as medidas coletivas para mitigação dos riscos, pois em sua maioria não dependem de fatores humanos para sua eficácia.

4 ESTUDO DE CASO

O trabalho apresenta o estudo para implantação de sistema de segurança em uma máquina de rotomoldagem utilizada para fabricação de caixas d'água. A máquina encontra-se em operação na fábrica localizado na cidade do Rio de Janeiro que opera desde 1949 na produção de telhas, caixas d'água e produtos complementares utilizados na construção civil.

Na fábrica há outras máquinas de rotomoldagem com o mesmo fim produtivo. Por estarem no Brasil, faz-se necessária a observância obrigatória da norma regulamentadora nº 12 – legislação brasileira para segurança em máquinas e equipamentos, assim como a aplicação de normas técnicas oficiais e, na ausência ou omissão destas, as normas internacionais aplicáveis.

A máquina de rotomoldagem, objeto de estudo deste trabalho, é do tipo *open flame* com dimensões de 10,5 x 8,0 x 4,0 m (C x L x A). Neste modelo de máquina, as chamas dos queimadores agem diretamente na parede do molde e são indicadas especialmente para produção de peças cilíndricas, como as caixas d'água produzidas pela máquina em questão.

A máquina possui um posto de comando, sendo necessário apenas um profissional para sua operação. A alimentação elétrica é de 380 Volts em corrente alternada e possui fonte de energia pneumática que opera em 6 bar. A manutenção ocorre por equipe especialista uma vez por mês e a limpeza da máquina é feita pelo próprio operador.

O processo de operação da máquina para fabricação da caixa d'água é dividido em seis etapas, são elas:

Etapa 1: o operador, utilizando uma escada móvel, alimenta manualmente o molde com a matéria-prima através de baldes, cuja quantidade varia de acordo com o modelo de caixa d'água que será fabricado.

Etapa 2: o operador remove a escada e acende o sistema de aquecimento por chama com um isqueiro.

Etapa 3: Por meio da mesa de operação, inicia-se o processo de operação da máquina. O movimento de operação da máquina consiste no giro do molde através de um eixo motorizado e movimentos angulares de até aproximadamente 45°.

Etapa 4: Decorrido certo tempo de operação da máquina, faz-se necessária a adição de matéria-prima no molde. Para essa operação, o funcionário desliga o sistema de chama e adiciona o produto com o molde em movimento rotacional.

Etapa 5: Após encerrado o ciclo de operação da máquina, o operador retira a tampa do molde com ponte rolante.

Etapa 6: A retirada da caixa d'água do molde é feita manualmente pelo operador com auxílio da ponte rolante. Em seguida, o produto é levado para resfriamento e acabamento.

As seis etapas descritas consistem na operação normal da máquina. Há outras intervenções necessárias como a troca do molde e manutenções preventivas e corretivas, sendo estas realizadas por uma equipe treinada e capacitada. Para cada atividade faz-se necessário a adoção de um procedimento específico.

A figura 13 apresenta o processo descrito para fabricação da caixa d'água com a máquina de rotomoldagem.

Figura 13 – Etapas de fabricação da caixa d'água



Etapa 1: Alimentação de matéria-prima



Etapa 2: Remoção escada e acionamento do sistema de chama



Etapa 3: Início do ciclo de operação da máquina



Etapa 4: Alimentação de matéria-prima – meio do processo



Etapa 5: Retirada da tampa do molde



Etapa 6: Retirada da caixa d'água

Fonte: arquivo pessoal

5 RESULTADOS E DISCUSSÃO

Este capítulo apresenta os resultados obtidos na apreciação e redução de riscos da máquina de rotomoldagem. Os perigos estão apresentados conforme ordem do levantamento das informações da máquina, ou seja, não há um padrão ou sequência lógica para a identificação dos perigos.

A metodologia de apreciação de riscos foi aplicada conforme determina a norma ABNT NBR ISO 12100:2013: definição dos limites da máquina, identificação de perigos, estimativa e avaliação de riscos e, quando necessário, a redução de riscos. Para cada perigo é apresentado no final a estimativa e avaliação do risco residual, sendo este definido como risco remanescente após terem sido adotadas medidas de proteção.

5.1 APRECIACÃO DE RISCOS

5.1.1 Limites da Máquina

O quadro 6 apresenta os limites da máquina de rotomoldagem em questão. As informações para essa primeira etapa do processo de apreciação de riscos foram obtidas através de entrevista com operação e manutenção, análise de documentos da máquina, operação assistida e obtenção de dados através de instrumentos de medição como trena, multímetro e manômetro.

Quadro 6 – Limites da máquina

Limites da Máquina	
Ambiente pretendido:	Industrial
Nível de treinamento requerido	Treinamento preliminar
Operador por:	Operadores da fábrica
Uso pretendido:	Fabricação de caixa d'água
Vida última da máquina:	Não disponível
Dimensões da máquina:	10,5 x 8,0 x 4,0 m (C x L x A)
Ambiente da máquina	Ambiente seco, com alta temperatura (próximo a máquina)
Informação Operacional	
Matéria-prima:	Polietileno
Tempo de Parada de Emergência:	Instantânea
Tempo de Ciclo da Máquina:	Varia de acordo com o produto
Número de Operadores (Uso Normal):	1
Número de Posições de Comando:	1
Informação de Manutenção	
Manutenção por:	Equipe capacitada
Frequência de Manutenção:	Mensalmente
Limpeza por:	Operadores
Reparo por:	Equipe de manutenção
Informação de Manutenção	
Comando, Alimentação Elétrica:	24 V CC
Fonte principal, Alimentação Elétrica:	380 V CA - 60 Hz
Alimentação Pneumática:	6 bar
Alimentação Hidráulica:	Não aplicado

Fonte: arquivo pessoal

5.1.2 Perigos principais

A seguir estão listados os principais perigos identificados na máquina, assim como sua estimativa e avaliação de risco. Para os perigos classificados como não aceitáveis serão propostas medidas para sua redução. Ao final, será aplicada novamente a metodologia HRN para verificar qual a eficácia da redução de risco implementada, sendo este chamado de risco residual.

5.1.2.1 Perigo 1 - Acesso à parte frontal da máquina

Título do perigo: Acesso à parte frontal da máquina pelo operador.

Tipo de perigo: Perigo mecânico com consequência de esmagamento e impacto.

Descrição: O operador tem livre acesso às partes móveis do molde (molde e seus sistemas de transmissão) e acesso ao fogo em frente à máquina (sistema de chama). O operador extingue o fogo para alimentar a máquina com matéria prima, mas os movimentos de rotação continuam. Existe uma barreira física na parte frontal, mas a função é evitar a queda de pessoas no piso inferior da máquina. Embora esta barreira esteja em vigor, o acesso é possível. O acesso a essas partes móveis pode causar ferimentos ao operador. As figuras 14 e 15 ilustram a situação descrita.

Figura 14 – Acesso à parte frontal



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 15 – Acesso à parte frontal com escada



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: O quadro 7 apresenta a estima e avaliação deste risco pela metodologia HRN. Por ser classificado como risco alto, medidas para redução do risco devem ser adotadas com urgência.

Quadro 7 – Perigo 1 – Estimativa e avaliação de risco

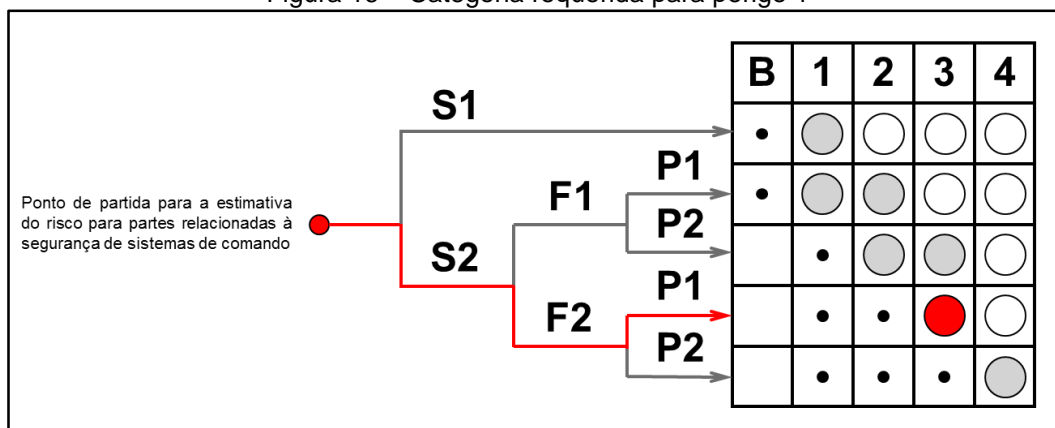
Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance	5
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Alto	100
Perigos potencialmente perigosos, os quais requerem medidas de controle para serem implementados com urgência		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Instalação de uma plataforma de acesso fixo para alimentação da matéria-prima. Além disso, deve-se instalar uma cortina de luz na plataforma, horizontalmente, para interromper os movimentos da máquina e apagar o fogo durante a tarefa de alimentação da matéria-prima. A barreira fotoelétrica deve estar adequadamente associada ao sistema de controle de segurança, a fim de evitar que a máquina opere quando a zona de perigo for invadida. O sistema de segurança

deve ser instalado em categoria 3, conforme análise apresentada na figura 16. O sistema de segurança deve ter um modo de operação manual para algumas tarefas, por exemplo, limpeza e troca do molde. Para garantir o funcionamento adequado do sistema de segurança, deve-se assegurar que os queimadores funcionem automaticamente, sem a necessidade de ignição manual.

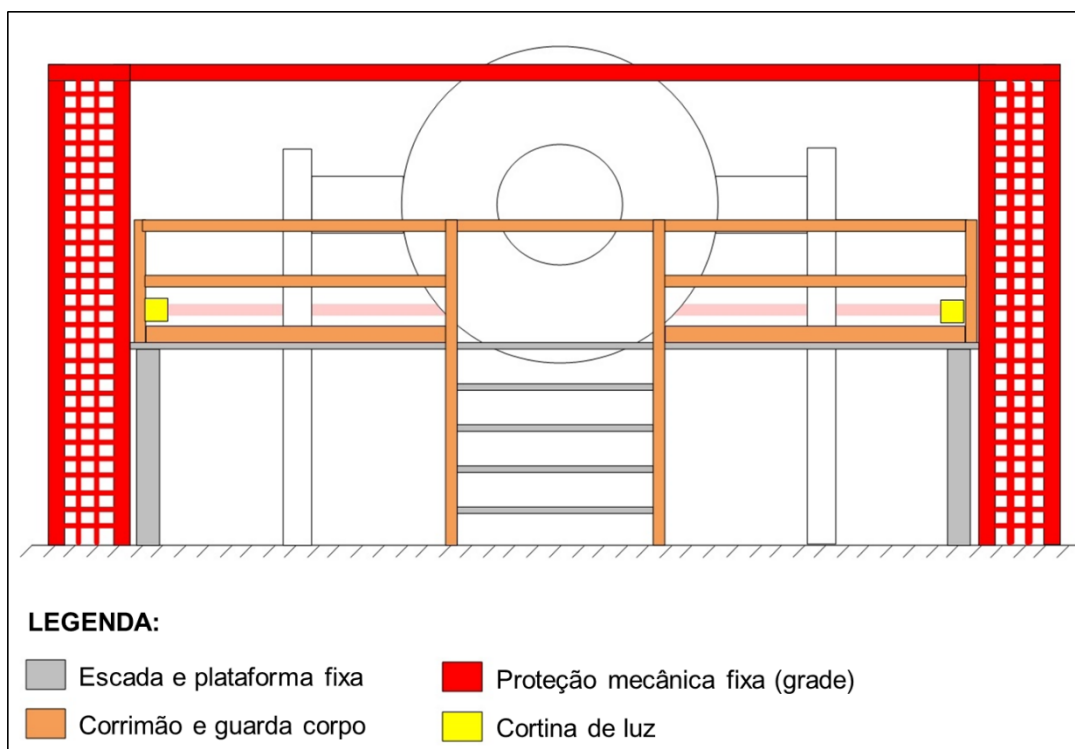
Figura 16 – Categoria requerida para perigo 1



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 17 apresenta a solução de engenharia final adotada para redução do risco presente no perigo 1.

Figura 17 – Solução para redução de risco do perigo 1



Fonte: Elaborado pelo autor

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Com a implantação das medidas de redução citadas acima, a probabilidade de ocorrência do evento perigo foi reduzida a 0,033 – Quase impossível, conforme quadro 8. Isso se dá pela instalação da proteção mecânica fixa que evita o acesso de pessoas a área de risco e a instalação de cortina de luz que interrompe os movimentos perigosos da máquina e apaga as chamas quando o funcionário acessar a plataforma.

Quadro 8 – Perigo 1 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Quase impossível	0,033
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Desprezível	0,66

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.2 Perigo 2 - Acessos pelas laterais e parte traseira

Título do perigo: Acesso a máquina pelas laterais e traseira para atividade de limpeza, ajuste e manutenção.

Tipo de perigo: Perigo mecânico com consequência de esmagamento e impacto.

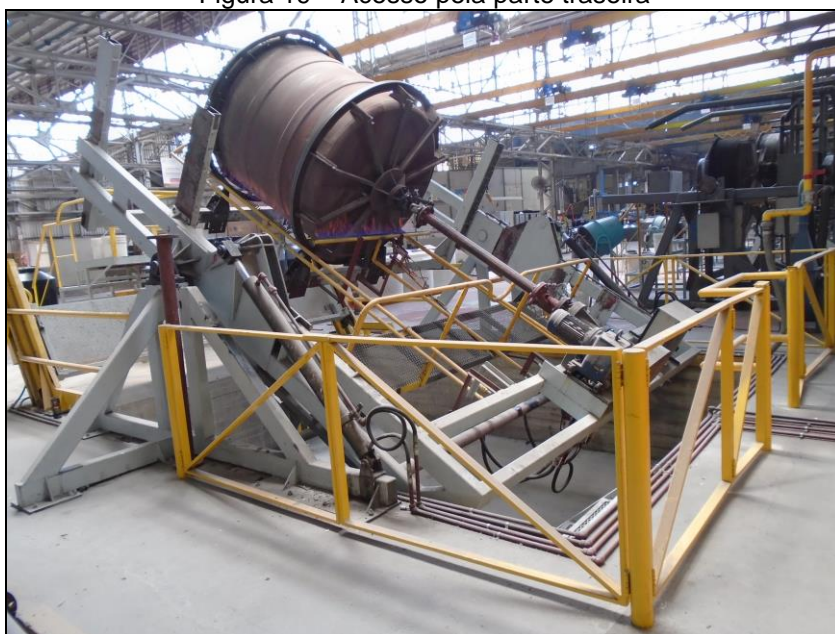
Descrição: De acordo com as figuras 18 e 19, o operador e a equipe de manutenção tem livre acesso às partes móveis dos moldes (molde e seus sistemas de transmissão) e acesso ao fogo pelas laterais e pela traseira da máquina. Existe proteção mecânica fixa nestes pontos, mas devido a sua baixa altura e espaçamento entre barras, possibilitam o acesso de pessoas às partes perigosas, além de não estarem projetadas conforme a norma regulamentadora nº 12 e normas técnicas. O acesso às partes móveis podem causar ferimentos ao operador e equipe de manutenção, uma vez que os movimentos perigosos não são interrompidos.

Figura 18 – Acesso pela parte lateral



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 19 – Acesso pela parte traseira



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: Conforme apresentado no quadro 9, este risco pode ocasionar uma doença e/ou queimaduras graves devido à falta de proteção mecânica e fácil acesso ao sistema de chamas.

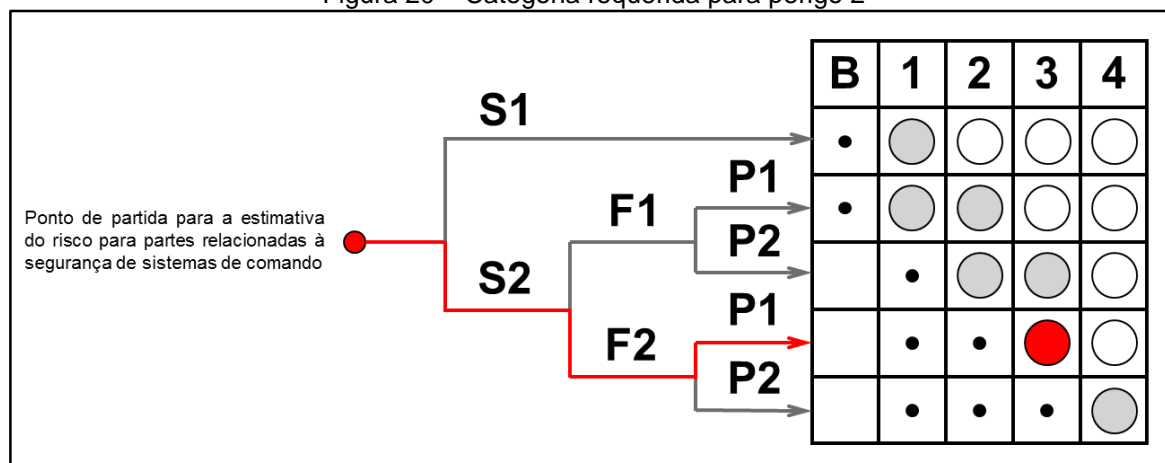
Quadro 9 – Perigo 2 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance	5
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de hora	4
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Alto	80
Perigos potencialmente perigosos, os quais requerem medidas de controle para serem implementados com urgência		

Fonte: Elaborado pelo autor

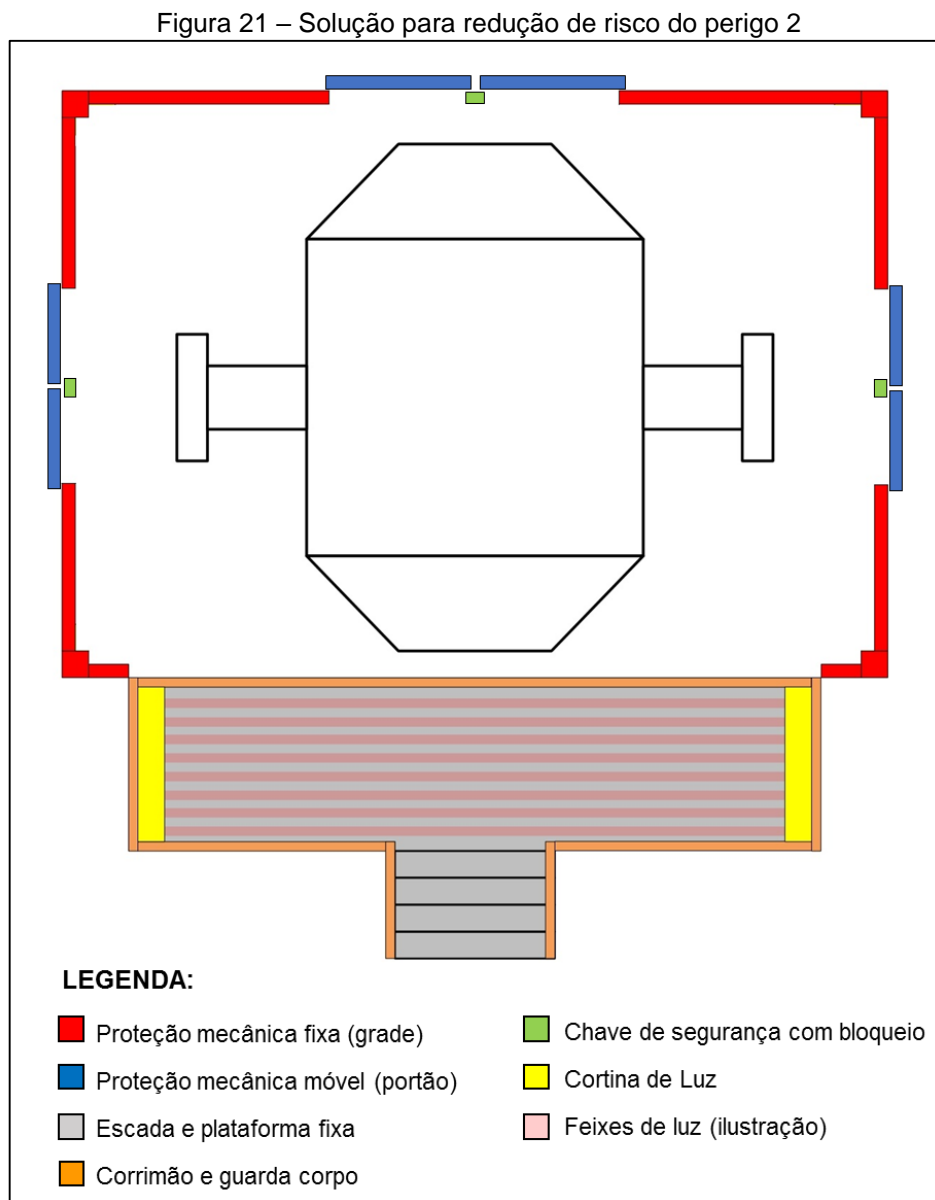
Medidas para redução do risco: Substituir as proteções mecânicas fixas com dimensões apropriadas para evitar o acesso às zonas perigosas. A proteção deve possuir portas (proteção mecânica móvel) para acesso em caso de manutenção, limpeza e algumas operações específicas. As portas devem possuir sistema de intertravamento por chave de segurança com bloqueio, sendo sua abertura possível apenas quando os movimentos perigosos forem interrompidos e o acesso só poderá ser feito por profissionais autorizadas. As chaves de segurança com bloqueio devem ser associadas ao sistema de controle de segurança para evitar que a máquina opere quando houver acesso a zona de perigo. O sistema de segurança deve atingir categoria 3, conforme figura 20. O sistema de segurança deve possuir um modo manual de operação para algumas tarefas, por exemplo, limpeza e troca do molde. Para a instalação das proteções, o controle de fluxo de gás deve ser transferido para fora das grades que serão instaladas.

Figura 20 – Categoria requerida para perigo 2



Fonte: Elaborado pelo autor

A figura 21 representa a solução para redução de risco do perigo 2. Na imagem é possível observar, por outro ângulo (vista superior), a medida de engenharia adotada para redução do perigo 1, ou seja, através da medida coletiva (engenharia) é possível reduzir mais de um risco presente na máquina.



Fonte: Elaborado pelo autor

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Com a implementação das medidas mitigadoras, o risco foi reduzido para 0,33, considerado desprezível, conforme apresentado na Quadro 10. Com a instalação da proteção

mecânica, houve a redução na probabilidade de ocorrência e na frequência de exposição.

Quadro 10 – Perigo 2 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Quase impossível	0,033
Frequência de Exposição (FE)	Diariamente	2,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Desprezível	0,33

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.3 Perigo 3 - Partes móveis devido a energia gravitacional

Título do perigo: Partes móveis devido a energia gravitacional.

Tipo de perigo: Perigo mecânico com consequência de esmagamento e impacto.

Descrição: Os movimentos de inclinação por gravidade nas atividades de manutenção geram o risco de esmagamento e impacto. O movimento de inclinação é realizado por pistão hidráulico e válvulas de atuação convencionais, conforme evidenciado na figura 22 pelo círculo vermelho. É possível que haja pessoas sob a máquina para limpeza e manutenção. Uma falha no sistema hidráulico com pessoas sob a máquina pode causar ferimentos graves. Um procedimento formalizado para manutenção e limpeza não foi comprovado.

Figura 22 – Acesso pela parte lateral



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: O quadro 11 apresenta o HRN atual para este perigo. A avaliação definiu o risco como muito alto, sendo necessário notificar os gestores corporativos sobre a possibilidade de um acidente grave. A máquina não deve retornar à operação até que medidas de redução sejam implementadas.

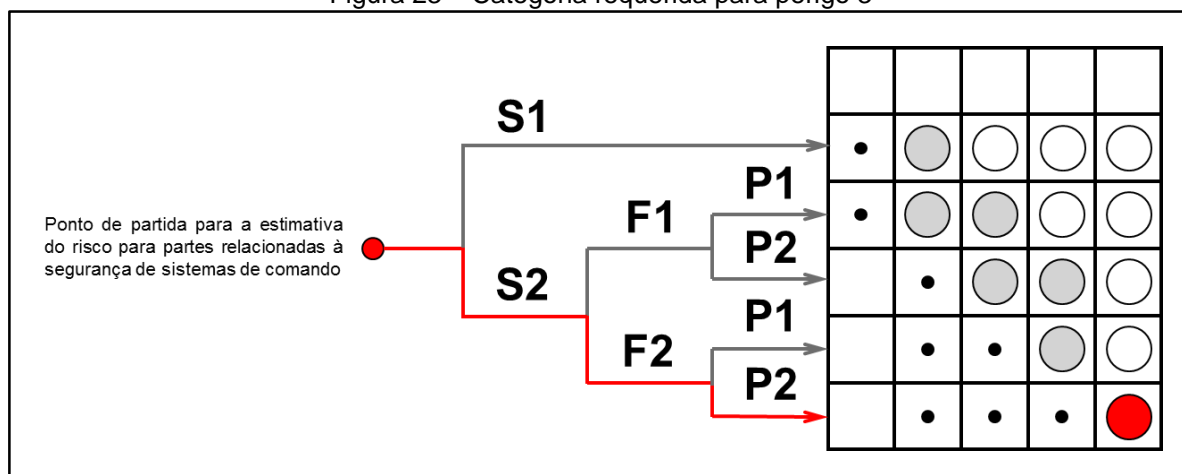
Quadro 11 – Perigo 3 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance	5
Frequência de Exposição (FE)	Semanalmente	1,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Muito alto	112,5
Medidas de controle devem ser implementadas imediatamente, os gestores corporativos devem ser notificados		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Instalação de sistema hidráulico de segurança em categoria 4 (figura 23) para controle do movimento de inclinação. Um dos elementos do sistema hidráulico que deve ser instalado é a válvula de segurança, que tem o objetivo de evitar a descida da máquina por força gravitacional. Deve-se elaborar procedimento para padronizar as tarefas de manutenção e limpeza e treinar os responsáveis por essa atividade.

Figura 23 – Categoria requerida para perigo 3



Fonte: Elaborado pelo autor

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Com a adoção das medidas de redução propostas, a probabilidade de ocorrência foi alterada para 0,033

– quase impossível, resultando em um HRN de 0,74. O risco residual é considerado como desprezível, conforme avaliação do risco residual no quadro 12.

Quadro 12 – Perigo 3 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Quase impossível	0,033
Frequência de Exposição (FE)	Semanalmente	1,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Desprezível	0,7425

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.4 Perigo 4 - Queda inesperada da tampa do molde

Título do perigo: Queda inesperada da tampa do molde.

Tipo de perigo: Perigo mecânico com consequência de esmagamento e impacto.

Descrição: A tampa do molde pode cair durante a abertura ou fechamento. A tampa é removida com a ajuda de um equipamento elétrico (ponte rolante).

Figura 24 – Manuseio da tampa do molde utilizando ponte rolante.



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: Conforme apresentado no quadro 13, essa atividade é feita constantemente, o que torna um risco significativo, sendo necessário a adoção de medidas de mitigação do risco.

Quadro 13 – Perigo 4 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Possível	2
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Significativo	40
O risco associado ao perigo é suficiente para requer medidas de redução. Estas medidas devem ser implantadas na próxima oportunidade		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Garantir o bom estado de conservação do equipamento elétrico (ponte rolante) através de procedimentos de manutenção preventiva. Garantir, por meio de treinamento e procedimentos, o uso correto da ponte rolante na tarefa de retirar ou colocar a tampa. Realizar treinamentos periódicos com objetivo de conscientizar o operador da importância do uso de EPIs. Para essa operação, os funcionários devem utilizar bota de segurança, capacete e luva.

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Como resultado da adoção das medidas mitigadores, o risco final foi classificado como muito baixo, com HRN de 5 (quadro 14), pois houve a redução de dois fatores. Para essa classificação de risco, não são necessárias medidas significativas, podendo requerer o uso de equipamento de proteção individual (EPI) e/ou treinamento, como proposto nas medidas para redução.

Quadro 14 – Perigo 4 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Improvável	1
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Fratura - Enfermidade leve (temporária)	1
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Muito Baixo	5

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.5 Perigo 5 - Queda inesperada do molde

Título do perigo: Queda inesperada do molde.

Tipo de perigo: Perigo mecânico com consequência de esmagamento e impacto.

Descrição: O molde (figura 25) pode cair durante a troca, causando até morte devido ao seu peso elevado. O molde é removido pelo operador com a ajuda de um equipamento elétrico (ponte rolante).

Figura 25 – Queda do molde.



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: Devido ao peso do molde, o quadro 15 aponta fatalidade como probabilidade máxima de perda. Na avaliação o risco é considerado como significativo e requer a adoção de medidas de redução.

Quadro 15 – Perigo 5 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Possível	2
Frequência de Exposição (FE)	Semanalmente	1,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Significativo	45
O risco associado ao perigo é suficiente para requer medidas de redução. Estas medidas devem ser implantadas na próxima oportunidade		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Garantir o bom estado de conservação do equipamento elétrico (ponte rolante) através de procedimentos de manutenção preventiva. Garantir, por meio de treinamento e procedimentos, o uso correto da ponte rolante na tarefa de retirar ou colocar a tampa. Realizar treinamentos periódicos com objetivo de conscientizar o operador da importância do uso de EPIs. Para essa operação, os funcionários devem utilizar bota de segurança, capacete e luva.

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): As medidas adotadas levaram o HRN para o valor 6, considerado como risco baixo. Não foi possível reduzir ainda mais o risco devido ao peso elevado do molde e a tarefa ser feita de forma manual.

Quadro 16 – Perigo 5 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Improvável	1
Frequência de Exposição (FE)	Semanalmente	1,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Baixo	6

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.6 Perigo 6 – Trabalho em altura

Título do perigo: Trabalho em altura para troca do molde.

Tipo de perigo: Perigo mecânico com consequência de queda.

Descrição: Para efetuar a troca do molde, o operador ou equipe de manutenção deve subir na máquina para montar e desmontar as peças. Não há pontos de suporte, exceto a estrutura da máquina. A figura 26 evidencia a altura.

Figura 26 – Trabalho em altura



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: Devido a ausência de estrutura para troca segura do molde, a estimativa de riscos apresentada no quadro 17 considera a probabilidade de ocorrência como provável, o que resulta em um risco significativo.

Quadro 17 – Perigo 6 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Provável	8
Frequência de Exposição (FE)	Semanalmente	1,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Significativo	48
O risco associado ao perigo é suficiente para requer medidas de redução. Estas medidas devem ser implantadas na próxima oportunidade		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Prever pontos de suporte adicionais na parte superior da máquina e utilização de equipamentos de proteção individual de forma a evitar o risco de queda. Como a altura da atividade ocorre acima de 2,00 m (dois metros) do nível inferior e há risco de queda, os funcionários que desempenham essa atividade devem ter curso válido de NR-35 – norma regulamentadora para trabalho em altura. O empregador deve realizar treinamento periódico bienal. Desenvolver

procedimento operacional para essa atividade. Assegurar que o trabalho em altura seja realizado sob supervisão.

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Com a instalação do suporte e utilização de EPI para trabalhar em altura, o risco foi reduzido para 1,5 – muito baixo.

Quadro 18 – Perigo 6 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Improvável	1
Frequência de Exposição (FE)	Semanalmente	1,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Fratura - Enfermidade leve (temporária)	1
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Muito Baixo	1,5

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.7 Perigo 7 – Acesso a hélice do ventilador

Título do perigo: Acesso a hélice do ventilador.

Tipo de perigo: Perigo mecânico com consequência de corte ou amputação.

Descrição: Conforme figura 27, o operador tem acesso livre às hélices do ventilador pela parte frontal e traseira. O acesso a essas partes móveis pode causar ferimentos e até amputação de membro ao operador.

Figura 27 – Acesso a hélice do ventilador



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: O quadro 19 apresenta a avaliação como risco alto em consequência da total falta de proteção do ventilador.

Quadro 19 – Perigo 7 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance	5
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Alto	100
Perigos potencialmente perigosos, os quais requerem medidas de controle para serem implementados com urgência		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Instalação de proteção fixa para impedir o acesso a partes móveis (pás), conforme apresentado na figura 28. Instalação de sinalização de segurança indicando o risco mecânico presente no ventilador.

Figura 28 – Solução para redução de risco no ventilador.



Fonte: Arquivo pessoal

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Após a instalação da proteção fixa no ventilador, a probabilidade de ocorrência e a frequência de exposição foram reduzidas, resultando em um risco residual desprezível com HRN de 0,8.

Quadro 20 – Perigo 7 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Improvável	1
Frequência de Exposição (FE)	Anualmente	0,2
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Desprezível	0,8

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.8 Perigo 8 - Uso de escada e plataforma móvel

Título do perigo: Uso de escada e plataforma móvel.

Tipo de perigo: Perigo ergonômico com consequência de distúrbios musculoesqueléticos.

Descrição: Para vários estágios do trabalho é utilizada uma escada móvel com plataforma. O deslocamento constante da plataforma pode causar esforços físicos de forma inadequada e queda devido sua instabilidade. A escada móvel utilizada nessa máquina é apresentada na figura 29.

Figura 29 – Escada móvel com plataforma



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: Como mostrado no quadro 21, o HRN de 20 considera o risco significativo. Não se trata de um risco alto. Porém, o seu uso constante pode ocasionar problemas de saúde a longo prazo devido aos esforços físicos necessários para deslocamento da escada.

Quadro 21 – Perigo 8 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Possível	2
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Fratura - Enfermidade grave (permanente)	2
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Significativo	20
O risco associado ao perigo é suficiente para requer medidas de redução. Estas medidas devem ser implantadas na próxima oportunidade		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: A implementação da recomendação para redução de risco do Perigo 1 eliminará a necessidade deste tipo de escada.

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Com a instalação da escada e plataformas fixas, não haverá mais necessidade do uso da escada móvel. O risco foi eliminado.

5.1.2.9 Perigo 9 - Contato com energia elétrica

Título do perigo: Contato com energia elétrica pelo painel elétrico por pessoas não autorizadas

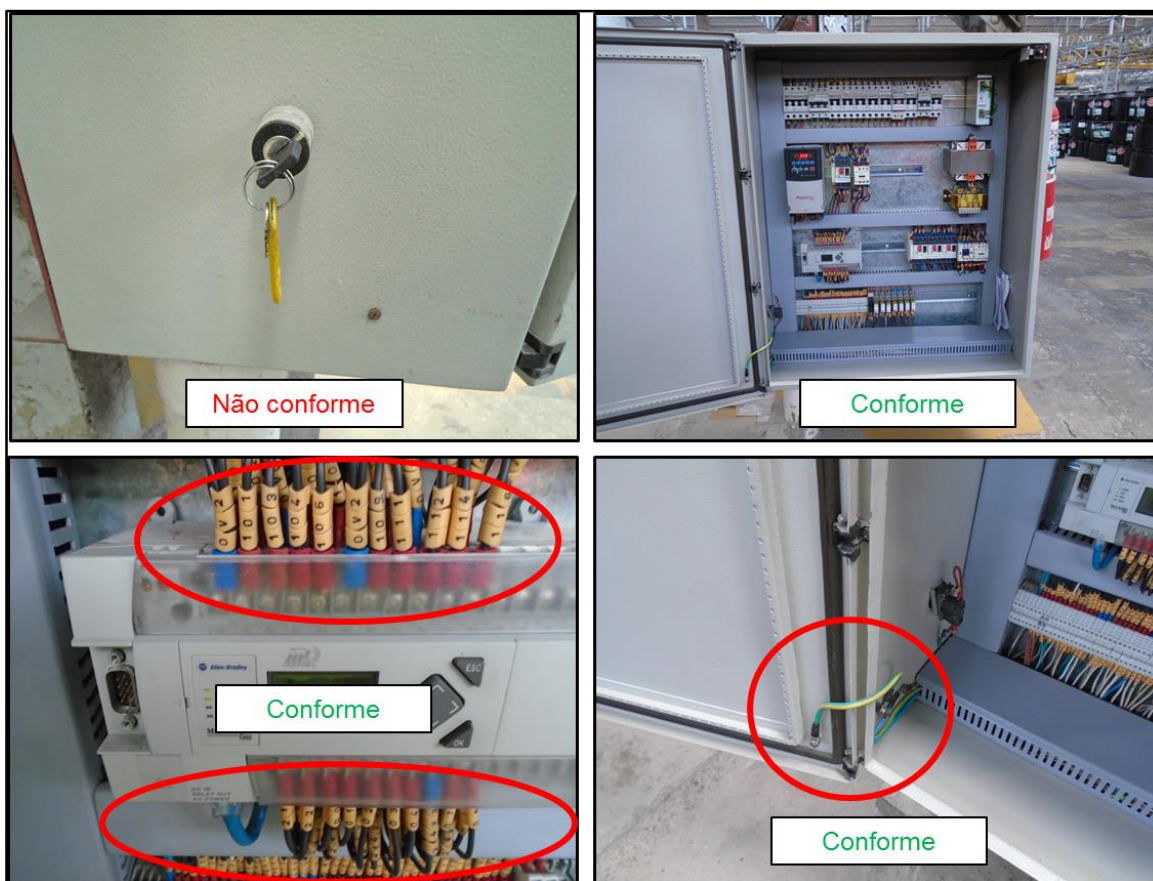
Tipo de perigo: Contato com partes elétricas vivas com consequência de choque elétrico e queimadura.

Descrição: O contato com partes energizadas pode resultar, por exemplo, em choque elétrico, queimadura e comportamento inesperado (movimento) da máquina, o que pode causar ferimentos. A máquina não está equipada com dispositivos para seccionamento da energia elétrica. A porta do painel é fechada por chave convencional e, no momento da análise da máquina, estava inserida na fechadura possibilitando o acesso a seu interior por pessoas não autorizadas. Além disso, não há procedimento para bloquear as fontes de energia elétricas.

O painel elétrico está adequado com relação a:

- Não é utilizado para armazenamento de materiais;
- Possui sinalização quanto ao perigo de choque elétrico e restrição de acesso por pessoas não autorizadas;
- Mantido em bom estado de conservação, limpo e livre de objetos e ferramentas;
- Possui proteção e identificação dos circuitos;
- Atende ao grau de proteção adequado em função do ambiente de uso;
- Possui dispositivo de proteção contra sobretensão e sobrecorrente; e
- Aterramento

Figura 30 – Pannel elétrico



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: O cálculo de risco inicial para o perigo 9 é apresentado no quadro 22. Como muitos pontos do painel elétrico já estão conforme a NR-12 e normas técnicas, a avaliação resultou em um risco muito baixo.

Quadro 22 – Perigo 9 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance	5
Frequência de Exposição (FE)	Diariamente	2,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Dilaceração/ doenças moderas ou queimaduras leves	0,5
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Baixo	6,25
Apresenta risco à saúde e segurança, porém é baixo. Devem ser consideradas medidas de controle		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Instalação de fechadura na porta do painel elétrico que permita a abertura apenas por chave especial. A chave deve ser guardada em local apropriado e só poderá ser retirada por pessoa autorizada. Instalação de chave seccionadora de modo a dissipar a energia elétrica e bloquear a chave na posição desligado. Criação de procedimento para operação de dispositivos de corte de fontes de energia, a fim de impedir a reenergização, e sinalização com cartão ou etiqueta de bloqueio contendo o horário e a data do bloqueio, o motivo da manutenção e o nome do responsável. Realizar treinamento periódico de equipe de manutenção.

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Com a adoção das medidas citadas anteriormente, houve a redução de dois fatores, resultando em um HRN final de 0,75 – risco desprezível, conforme apresentado no quadro 23.

Quadro 23 – Perigo 9 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Improvável	1
Frequência de Exposição (FE)	Semanalmente	1,5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Dilaceração/ doenças moderas ou queimaduras leves	0,5
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Desprezível	0,75

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.2.10 Perigo 10 - Vazamento de gás nos queimadores

Título do perigo: Vazamento de gás nos queimadores com as chamas apagadas.

Tipo de perigo: Perigo térmico com origem por explosão e incêndio com consequência de queimaduras graves.

Descrição: Existe o risco de explosão e incêndio em caso de vazamentos de gás nos queimadores. Existe, também, o risco de explosão e incêndio se, durante a operação, os queimadores mantiverem o fluxo de gás com a chama desligada. Atualmente, devido a ausência de manuais e diagramas, não é possível determinar se existe controlador apropriado que realize o teste de estanqueidade do sistema e se os queimadores possuem sensor de chama. A máquina possui um isolador de gás bloqueável na posição fechada, porém não há procedimento para bloqueio desta energia. A figura 31 evidencia o sistema de chamas da máquina.

Figura 31 – Sistema de chamas



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: O risco de vazamento de gás nos queimadores é calculado conforme quadro 24. O resultado é um HRN de 375, considerado pela metodologia utilizada como risco muito alto. Faz-se necessário a implementação imediata de medidas para redução do risco e notificar a direção sobre o caso.

Quadro 24 – Perigo 10 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Alguma chance	5
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Muito alto	375
Medidas de controle devem ser implementadas imediatamente, os gestores corporativos devem ser notificados		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: As válvulas e a tubulação de gás devem ter um sistema de teste de estanqueidade realizado automaticamente por um controlador específico para esse fim. Se ocorrerem vazamentos, o processo de ignição deve ser interrompido. Todos os queimadores devem ter um sensor para monitorar a presença ou ausência de chama. Ao desligar a chama, o sistema de controle do queimador deve interromper o fluxo de gás imediatamente. Elaborar procedimento para tarefa para bloqueio de energia – *Lock out Tag out* (Loto).

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Após implantação das medidas de redução, o risco foi reduzido para 2,5, considerado como muito baixo. Os fatores reduzidos foram a probabilidade de ocorrência e a probabilidade máxima de perda. Faz-se necessário a monitoração periódica das medidas adotadas para garantir que o risco permaneça controlado.

Quadro 25 – Perigo 10 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Improvável	1
Frequência de Exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Dilaceração/ doenças moderas ou queimaduras leves	0,5
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Muito Baixo	2,5

Fonte: Elaborado pelo autor

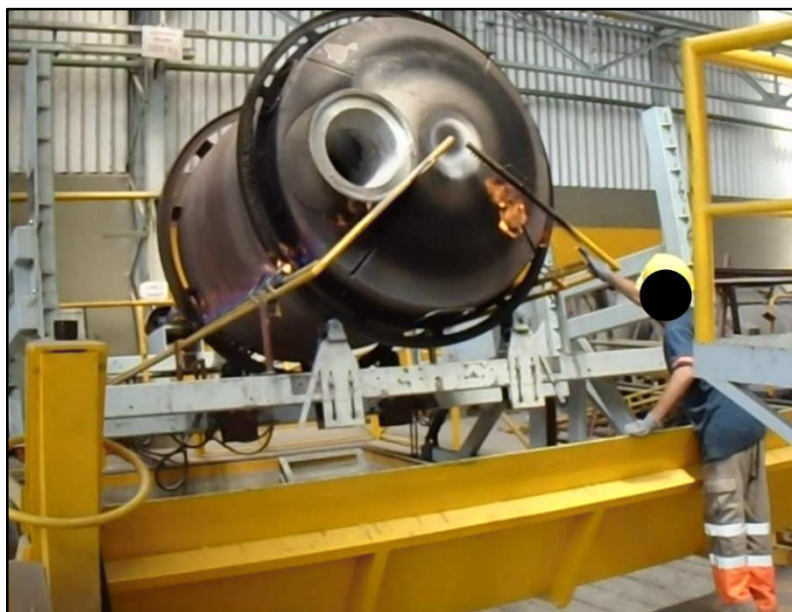
5.1.2.11 Perigo 11 – Acionamento dos queimadores

Título do perigo: Acionamento dos queimadores do sistema de chamas.

Tipo de perigo: Perigo térmico com origem por explosão e incêndio com consequência de queimaduras graves.

Descrição: Como comprovado pela figura 32 e 33, os queimadores são ligados manualmente pelo operador com o uso de isqueiro, ação que pode causar queimaduras. Essa atividade também é realizada quando as chamas se apagam com a máquina em movimento, o que resulta em perigos adicionais como, por exemplo, contato com molde em movimento, podendo causar ferimentos ao operador.

Figura 32 – Acionamento dos queimadores



Fonte: Arquivo pessoal

Figura 33 – Isqueiro utilizado para ignição dos queimadores



Fonte: Arquivo pessoal

Estimativa e avaliação do risco: Esse risco é considerado como muito alto, conforme estimativa e avaliação do quadro 26. Os gestores corporativos devem ser avisados dos riscos dessa atividade e medidas devem ser implementadas antes da próxima operação da máquina.

Quadro 26 – Perigo 11 – Estimativa e avaliação de risco

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Provável	8
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de hora	4
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Muito alto	128
Medidas de controle devem ser implementadas imediatamente, os gestores corporativos devem ser notificados		

Fonte: Elaborado pelo autor

Medidas para redução do risco: Instalação de sistema de ignição automática dos queimadores. Treinar equipe de operação para que não seja feito o acionamento manual em caso de falha do sistema de ignição automática.

Risco após adoção de medidas de redução (risco residual): Com a instalação do sistema de ignição automática e treinamento da equipe, o risco residual é desprezível,

com HRN de 0,53, conforme quadro 27. A probabilidade de ocorrência passou para quase impossível, uma vez que o operador fará a ignição remota e não terá mais contato com o sistema de chamadas.

Quadro 27 – Perigo 11 – Risco residual

Probabilidade de Ocorrência (PO)	Quase impossível	0,033
Frequência de Exposição (FE)	Em termos de hora	4
Probabilidade Máxima de Perda (MPL)	Perda de 1 membro/ olho ou doença grave (temporária) ou queimaduras graves	4
Número de pessoas expostas ao risco (NP)	1 - 2 pessoas	1
Hazard Rating Number (HRN)	Risco Desprezível	0,528

Fonte: Elaborado pelo autor

5.1.3 Outros perigos

Os itens listados a seguir são obrigatórios pela NR12, porém não foram apresentados pela empresa ou não estão de acordo com a norma. A empresa deve providenciar sua elaboração ou revisão com objetivo de atender a legislação e possuir todos os elementos necessários para uma operação e manutenção segura.

- Manual da máquina;
- Manual de instruções em língua portuguesa com informações relativas à segurança em todas as fases de utilização;
- Procedimentos de trabalho e segurança específicos, padronizados, com descrição detalhada de cada tarefa, passo a passo, a partir da análise de risco;
- Procedimentos e periodicidade para inspeções e manutenção;
- Procedimentos a serem adotados em situações de emergência;
- Projetos elétricos, mecânico, pneumático e o do sistema de gás.
- Histórico de treinamento dos operadores e equipe de manutenção;
- Sinalização de segurança para advertir os trabalhadores e terceiros sobre os riscos a que estão expostos;
- Registro de manutenções;
- Avaliação e procedimento de *Lock out Tag out* (Loto);
- Laudo ergonômico;
- Laudo de aterramento; e
- Certificados dos Dispositivos de Segurança.

5.2 ANÁLISE DOS RESULTADOS

O quadro 28 apresenta uma relação dos principais perigos presentes na máquina de rotomoldagem, seguido pela classificação HRN do seu risco inicial (antes das medidas de redução) e, por fim, o valor HRN do risco final (risco residual), sendo esse calculado após adoção das medidas de redução. Os perigos são apresentados por ordem decrescente de prioridade de forma a subsidiar a implementação das medidas de redução, ou seja, os riscos mais altos devem ser tratados primeiro.

Quadro 28 – Lista de perigo por ordem de prioridade

Perigo	Risco inicial		Risco final	
	HRN	Risco	HRN	Risco
Vazamento de gás nos queimadores	375	Muito Alto	2,5	Muito baixo
Acionamento dos queimadores	128	Muito Alto	0,53	Desprezível
Partes móveis devido a energia gravitacional	112,5	Muito Alto	0,74	Desprezível
Acesso a parte frontal da máquina	100	Alto	0,66	Desprezível
Acesso a hélice do ventilador	100	Alto	0,8	Desprezível
Acessos pelas laterais e parte traseira	80	Alto	0,33	Desprezível
Trabalho em altura	48	Significativo	1,5	Muito baixo
Queda inesperada do molde	45	Significativo	6	Baixo
Queda inesperada da tampa do molde	40	Significativo	5	Muito baixo
Uso de escada e plataforma móvel	20	Significativo	0	Eliminado
Contato com energia elétrica	6,25	Baixo	1,5	Muito baixo

Fonte: Elaborado pelo autor

Os três primeiros perigos da tabela apresentavam riscos considerados como muito alto, sendo necessária a implementação imediata de medidas de redução e a notificação aos gestores corporativos sobre os riscos. Nestes casos, a máquina não deve ser operada antes da adoção das medidas mitigadoras. O resultado final foi a redução de dois riscos a níveis depressíveis e um risco como muito baixo. É de extrema importância a monitoração e manutenção das medidas de redução adotadas para que o risco se mantenha sempre controlado, uma vez que sem essas medidas eles tornam-se altos com probabilidade a acidentes graves.

Na sequência, os perigos de acesso à parte frontal da máquina, acesso a hélice do ventiladora e acessos pelas laterais e traseira foram classificados como risco alto. Estes são considerados pela avaliação de riscos como potencialmente perigosos, os quais requerem medidas de controle para serem implementadas com urgência. Esses riscos foram reduzidos com medidas coletivas, como proteção mecânica de modo a evitar o acesso às zonas perigosas. Com as medidas implementadas, os três perigos foram reduzidos para níveis depressíveis.

Os quatro perigos seguintes possuem riscos considerados significativos, onde o risco é suficiente para requerer medidas de redução que podem ser implantadas na próxima oportunidade. Neste conjunto, destaca-se o perigo de uso de escada e plataforma móvel, pois através da medida de engenharia adotada, este perigo foi eliminado. Os demais foram reduzidos a níveis aceitáveis com a adoção de algumas medidas, por exemplo o uso de EPIs e elaboração de procedimento nos perigos queda do molde e de sua tampa.

Por último, em relação a prioridade, está o perigo de contato com a energia elétrica. A sua classificação inicial foi de baixo, pois muitos pontos já estavam conforme NR-12 e normas técnicas. Entretanto, fez-se necessária a implementação de mais algumas medidas de mitigação de riscos o que resultou em um risco final muito baixo à saúde e segurança.

Como resultado final, todos os riscos foram reduzidos a níveis aceitáveis possibilitando a operação e manutenção segura da máquina de rotomoldagem.

6 CONCLUSÃO

O trabalho apresentou o processo de apreciação e redução de riscos em uma máquina de rotomoldagem. O objetivo deste trabalho foi alcançado: todos os perigos da máquina foram identificados e os seus riscos estimados e avaliados, para os riscos classificados como não aceitáveis foram propostas medidas de redução que atendam aos requisitos estabelecidos pela NR12 e normas técnicas aplicáveis. Com a implementação das medidas mitigadoras, os riscos foram reduzidos a níveis aceitáveis tornando a máquina segura para operação e manutenção.

A etapa de coleta de informações através da análise de documentos da máquina, operação assistida e entrevista com equipe operação, manutenção e engenharia, foi de extrema importância para alcançar o resultado esperado no processo de apreciação e redução de riscos. Foi comprovado que a participação dos operadores e time de manutenção é indispensável para identificação de todos perigos e evitar que as medidas de redução sejam ineficientes, burladas ou que impacte na produção, pois foram discutidas e decididas em comum acordo.

A cultura de segurança da empresa é um fator importante para se definir qual a medida de segurança deve ser adotada. Como foram constatadas algumas falhas da equipe de operação e manutenção em seguir os procedimentos, priorizou o uso de medidas de proteção coletiva, sendo que sua eficácia, na maioria das vezes, independe da ação humana. A adoção de medidas administrativas e/ou uso de EPIs deve ser acompanhada de um trabalho conjunto com o setor de segurança de trabalho e, em alguns casos, da alta direção para que se obter o resultado esperado.

Com base na cultura de segurança da empresa, pode-se optar por outras medidas de redução de riscos, não sendo este, talvez, o projeto adequado para redução e controles de riscos de todas máquinas de rotomoldagem tipo *open flame* em operação no Brasil. O processo de apreciação de riscos conduzido com a ajuda dos usuários da máquina definirá quais são as medidas mais eficazes para cada equipamento e empresa.

REFERÊNCIAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. **NBR ISO 12100**: Segurança de máquinas — Princípios gerais de projeto — Avaliação e redução de riscos. Rio de Janeiro, 2013.

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

_____. **NBR ISO 13849-1**: Segurança de máquinas — Partes de sistemas de comando relacionadas à segurança. Parte 1: Princípios gerais de projeto. Rio de Janeiro, 2019.

BRASIL. **Anuário Estatístico da Previdência Social**: AEPS 2017. Brasília: Ministério da Fazenda, Secretaria de Previdência, 2019. Anual. Disponível em: <http://sa.previdencia.gov.br/site/2019/01/AEPS-2017-janeiro.pdf>. Acesso em: 23 jan. 2019.

_____. **Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977**. Altera o Capítulo V do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho, relativo a segurança e medicina do trabalho e dá outras providências. Brasília, 22 dez. 1977.

_____. **Portaria nº 1.127, de 2 de outubro de 2003**. Estabelece procedimentos para a elaboração de normas regulamentares relacionadas à saúde, segurança e condições gerais de trabalho: Ministério do Trabalho, 3 out. 2003.

_____. **Norma Regulamentadora 12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: Ministério do Trabalho, 18 dez. 2018. Disponível em: trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR12/NR-12.pdf. Acesso em: 2 fev. 2019.

_____. **Norma Regulamentadora 35 - Trabalho em Altura nº 35**. Brasília: Portaria da Secretaria de Inspeção do Trabalho, 31 set. 2016. Disponível em: trabalho.gov.br/images/Documentos/SST/NR/NR35.pdf. Acesso em: 10 fev. 2019.

CHARLINE, E. **50 máquinas que mudaram o rumo da história**. Rio de Janeiro: Sextante, 2014. 6-7p.

DEXHEIMER, G. M.; DELWING, E.B. Estudo analisa riscos em prensa mecânica excêntrica antes e depois da adequação à NR 12. **Revista Proteção**, [S. l.], 11 mar. 2014. Disponível em: <http://www.proteca.com.br/site/inc/structure/printNoticia.php?id=AAy4JyJy>. Acesso em: 16 fev. 2019.

INDÚSTRIA HOJE. **O que é Rotomoldagem?** [S. l.], jun. 2013. Disponível em: <https://industriaohje.com.br/o-que-e-rotomoldagem>. Acesso em: 10 fev. 2019.

MUNDO DO PLÁSTICO, Rotomoldagem produz peças de grande porte com pouco investimento em ferramental. [S. l.]: Mundo do Plástico, 19 set. 2017. Disponível em: <https://mundodoplastico.plasticobrasil.com.br/rotomoldagem-produz-pecas-de-grande-porte-com-pouco-investimento-em-ferramental/>. Acesso em: 10 fev. 2019.

PILZ. **Conhecimentos sobre normas:** Qual é a diferença entre normas do tipo A, B e C? [S. l.]: Pilz, 2019. Disponível em: <https://www.pilz.com/pt-BR/knowhow/faq/standards/articles/167667>. Acesso em: 16 fev. 2019.

PLÁSTICO TRANSFORMA, Rotomoldagem: **Versatilidade e Praticidades**. [S. l.]: Braskem, 2017. Disponível em: <http://www.plasticotransforma.com.br/rotomoldagem>. Acesso em: 9 fev. 2019.

ROTOLINE, **Máquinas para Rotomoldagem**. [S. l.], 2019. Disponível em: <https://www.rotoline.com/pt-BR>. Acesso em: 10 fev. 2019.

RODA, D. T. Rotomoldagem. **Tudo sobre Plásticos**. [S. l.], 14 maio 2012. Disponível em: <https://www.tudosobreplasticos.com/processo/rotomoldagem.asp>. Acesso em: 9 fev. 2019

STEEL, C. Risk Estimation. **The Safety & Health Practitioner**, [S. l.], Jun 1990.

UEKI, M. M.; PISANU, L. **Fundamentos do processo de rotomoldagem**. 13. ed. [S. l.]: Revista Ferramental, Jul/Ago 2007. Disponível em: <http://moldesinjecaoplasticos.com.br/fundamentos-do-processo-de-rotomoldagem/>. Acesso em: 5 jan. 2019.