



**Éverson Servat**

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE UM BALANCEADOR  
HORIZONTAL Á NORMA NR-12**

**Horizontina**

**2015**

**Éverson Servat**

**PROPOSTA DE ADEQUAÇÃO DE UM BALANCEADOR  
HORIZONTAL À NR-12**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, pelo Curso de Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina.

ORIENTADOR: Leonardo Teixeira Rodrigues, Especialista.

**Horizontina**

**2015**

**FAHOR - FACULDADE HORIZONTALINA  
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA**

**A Comissão Examinadora, abaixo assinada, aprova a monografia:**

**“Proposta de adequação de um balanceador horizontal à NR-12”**

**Elaborada por:**

**Éverson Servat**

Como requisito parcial para a obtenção do grau de Bacharel em  
Engenharia Mecânica

**Aprovado em: 19/11/2015  
Pela Comissão Examinadora**

---

**Prof. Esp. Leonardo Teixeira Rodrigues  
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador**

---

**Prof. Dr. Adriano Roberto da Silva Carotenuto  
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

---

**Prof. Esp. Valmir Vilson Beck  
FAHOR – Faculdade Horizontalina**

**Horizontalina  
2015**

## **AGRADECIMENTOS**

Primeiramente agradeço a Deus, por me dar força para toda esta caminhada.

Ao meu pai Osmar Servat, e minha mãe Marli Servat, a minha irmã Cácia Viviane Servat e a minha namorada Patrícia Dalbem, que estiveram presentes em todos os momentos de minha graduação, por todo apoio prestado, toda ajuda, amor, carinho e companheirismo durante essa jornada.

Aos professores, que dedicaram horas para que o aprendizado fosse possível.

Aos colegas que foram cultivados deram apoio nas horas difíceis.

A FAHOR por disponibilizar toda sua estrutura.

## RESUMO

A necessidade de ambientes de trabalho seguros, garantindo que os funcionários possam chegar ao final do dia ilesos, estimula as empresas a investir em novos equipamentos ou em adequação de seus próprios equipamentos. Com esse pensamento, percebe-se a necessidade de adequar um Balanceador horizontal do modelo H4U, seguindo os requisitos da NR-12. Este trabalho teve como objetivo analisar os riscos existentes em um balanceador horizontal e apresentar uma proposta adequada a NR-12, buscando os itens aplicáveis, através de uma pesquisa quantitativa e exploratória, analisando os riscos existentes do equipamento através do método Hazard Risk Number (HRN). Os resultados obtidos demonstraram que o Balanceador poderá operar conforme especifica a norma NR-12, as principais melhorias sugeridas foram referentes ao enclausuramento das partes moveis com HRN 160 e redução para 0,6, zonas mortas na parte interna com HRN 600 e redução para 2,25, sensor de porta fechada com HRN 240 e redução para 0,9, assim atendendo as leis aplicáveis e aos aspectos legais.

Palavras-chaves: Segurança no trabalho – HRN – NR-12 – Balanceador horizontal.

## **ABSTRACT**

The need for safe working environment ensure that employees can get to the end of the day unharmed, it encourages companies to invest in new equipment or in adaptation of their own equipment. Therefore there is a need to adjust the horizontal Balancer H4U model, following the NR-12 requirements. This paper has the objective to analyze the risk in a horizontal balancer and offer any appropriate proposal to NR-12, seeking the relevant items, through a quantitative and exploratory research, analyzing the equipment's risk in the manner Hazard Risk Number (HRN). The results will demonstrate that the balancer can operate as reflected by the NR-12 standard, the main improvements suggested were related to the enclosure of moving parts with HRN 160 and reduced to 0.6, dead zones inside with HRN 600 and reduced to 2.25, closed door sensor with HRN 240 and reduced to 0.9, in this way meeting the relevant laws and legal aspects.

Keywords: Safety at Work; HRN; NR-12; horizontal balancer.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Balanceador Schenck. ....	19
Figura 2: Proteção fixa. ....	28
Figura 3: Proposta de adequação com cortina de luz. ....	30
Figura 4: Proposta de adequação com tapete de segurança. ....	32
Figura 5: Proposta de adequação com sensor magnético. ....	33
Figura 6: Botão de emergência. Fonte: Catálogo Rockwell automation, 2008. ....	35
Figura 7: Botão de reset manual. Fonte: Catálogo Rockwell automation, 2008.....	36
Figura 8: Sinaleiro. Fonte: Catálogo Eaton, 2009.....	37
Figura 9: Sinalização choque elétrico. Fonte: Catálogo Seton, 2014. ....	37
Figura 10: Sinalização de maior tensão aplicada. Fonte: Catálogo Seton, 2014. ....	38
Figura 11: Sinalização de esmagamento de mãos. Fonte: Catálogo Seton, 2014.....	38
Figura 13: Sinalização de botão de emergência. Fonte: Catálogo Seton, 2014. ....	38

## LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – Riscos físicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.....	15
Quadro 2 – Riscos químicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.....	15
Quadro 3 – Riscos biológicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008. ....	16
Quadro 4 – Riscos ergonômicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.....	16
Quadro 5 – Riscos de acidentes. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.....	16
Quadro 6 – Severidade do dano considerado (GPD). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20. .....	21
Quadro 7 – Frequência de Exposição ao Risco (FE). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20. .....	21
Quadro 8 – Probabilidade de Ocorrência do Dano (PE). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	21
Quadro 9 – Número de Pessoas Expostas ao Risco (NP). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	22
Quadro 10 – Valor do HRN Classificação Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	22
Quadro 11 – Definição da categoria de risco Fonte: adaptado de Steel, 1990, p. 21. ....	22
Quadro 12 – Distância adicional C. Fonte: adaptado NR-12, 2013, p.22. ....	23
Quadro 13 – HRN do sistema de fechamento das portas atual. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20. ....	24
Quadro 14 – HRN da parte interna do balanceador. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20. ....	24
Quadro 15 – HRN sensor de porta fechada. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20. ....	25
Quadro 16 – HRN do sistema de parada de emergência. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	26
Quadro 17 – HRN do sistema de reset manual. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20. ....	26
Quadro 18 – Tempo de parada do sistema.....	29
Quadro 19 – HRN do sistema de fechamento das portas na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	31
Quadro 20 – HRN da parte interna do balanceador na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	32
Quadro 21 – HRN sensor de porta fechada na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	34
Quadro 22 – HRN do sistema de parada de emergência na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	35
Quadro 23 – HRN do sistema de reset manual na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	36
Quadro 24 – HRN do sistema de reset manual na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.....	40

# SUMÁRIO

<b>1. INTRODUÇÃO .....</b>	<b>9</b>
1.1. JUSTIFICATIVA.....	9
1.2. OBJETIVOS.....	10
1.2.1. OBJETIVO GERAL .....	10
1.2.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	10
<b>2. REVISÃO DA LITERATURA .....</b>	<b>11</b>
2.1. SEGURANÇA DO TRABALHO.....	11
2.2. NORMAS REGULAMENTADORAS .....	12
2.3. NORMA REGULAMENTADORA NUMERO 12 .....	13
2.4. RISCOS AMBIENTAIS.....	14
2.5. AVALIAÇÃO DE RISCOS .....	17
2.6. BALANCEADOR E BALANCEAMENTO DINÂMICO .....	18
<b>3. METODOLOGIA.....</b>	<b>19</b>
3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS .....	19
3.2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS.....	20
3.3. AVALIAÇÃO DOS RISCOS .....	23
<b>4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS .....</b>	<b>27</b>
4.1. ENCLAUSURAMENTO DO EQUIPAMENTO.....	27
4.1.1. PROTEÇÕES FIXAS .....	27
4.1.2. DISPOSITIVOS DE SEGURANÇA .....	28
4.2. MONITORAMENTO DA PARTE INTERNA .....	31
4.3. MONITORAMENTO DE PORTAS FECHADAS .....	32
4.4. PARADAS DE EMERGÊNCIA.....	34
4.5. RESET MANUAL DO SISTEMA DE SEGURANÇA.....	35
4.6. SINALIZAÇÕES DE SEGURANÇA .....	36
4.7. CAPACITAÇÃO DE FUNCIONÁRIOS.....	39
4.8. DOCUMENTAÇÃO .....	39
<b>5. CONCLUSÕES. ....</b>	<b>40</b>
<b>6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....</b>	<b>42</b>

## 1. INTRODUÇÃO

Tendo em vista a importância da segurança do trabalho e da produtividade, e sabendo que acidentes de trabalho envolvendo máquinas e equipamentos ocorrem diariamente, as empresas buscam soluções para adequação de seus equipamentos, cumprindo exigências do Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), que fiscaliza as empresas buscando a regulamentação dos equipamentos, conforme as Normas Regulamentadoras.

Dentre as 36 Normas regulamentadoras relativas à segurança e medicina do trabalho, a norma número 12 é voltada à segurança do trabalho em máquinas e equipamentos. Esta norma estabelece requisitos mínimos para que máquinas e equipamentos possam ser operados de forma segura, evitando acidentes e assegurando a manutenção da integridade física dos trabalhadores.

Adequações a NR-12 devem ser feitas de forma que não impacte nos processos produtivos da empresa, visando dar segurança ao operador sem interferir na produção.

O equipamento a ser analisado, é um Balanceador horizontal. Esses equipamentos são utilizados para o balanceamento dinâmico de rotores em 2, 3 ou mais planos de compensação que por algum motivo, precisam de balanceamento para evitar vibrações. Balancear é um processo onde verifica-se a distribuição de massa em um corpo rígido, buscando garantir que não haja vibrações nos eixos e mancais, ficando dentro dos limites especificados.

Nesse contexto, o objetivo deste trabalho foi analisar a balanceadora horizontal, marca Schenck do modelo H4U, fabricado no ano de 2001, visando aspectos físicos e legais, de modo a propor uma adequação à Norma Regulamentadora 12, interferindo o mínimo possível nos processos produtivos do equipamento e assegurando a integridade do operador e demais trabalhadores próximos.

### 1.1. JUSTIFICATIVA

A busca pela segurança e eliminação ou minimização dos riscos aos colaboradores de uma empresa justifica o estudo e o investimento em melhoria e adequação de máquinas e equipamentos antigos, bem como a implementação de

novas tecnologias, dispositivos e equipamentos que proporcionam segurança aos operadores, trazendo tranquilidade ao operador e à empresa, assim aumentando a probabilidade de que ao final da jornada diária não haverão acidentes de trabalho.

O atendimento das normas é um fator importante e justifica o estudo, sabendo que uma empresa que cumpra com a legalidade das normas existentes, demonstra preocupação com a eliminação ou minimização de acidentes de trabalho. Tal iniciativa leva o operador a desenvolver suas atividades com sucesso, sabendo que o equipamento que será utilizado é seguro e confiável.

Esta pesquisa pretendeu proporcionar ao desenvolvedor do trabalho, conhecimento amplo referente à NR-12, além do conhecimento de novas tecnologias referentes a componentes de segurança de equipamentos, auxiliando no aprendizado e no desenvolvimento de novos projetos e visando segurança em equipamentos industriais.

Este trabalho justificou-se também por gerar um referencial para outras pesquisas relacionadas ao assunto tratado e empresas que por motivos legais, adequar balanceadores ou alguns outros equipamentos a NR-12.

## 1.2. OBJETIVOS

### 1.2.1. Objetivo geral

Analisar o balanceador horizontal da marca Schenck, modelo H4U a partir da NR-12, buscando detectar riscos existentes e propor a adequação do equipamento.

### 1.2.2. Objetivos específicos

- a) Analisar os conceitos do equipamento e suas particularidades, buscando adequações que possam causar o menor impacto possível nos processos de produção;
- b) Apresentar análise de riscos anteriormente a proposta e posteriormente a proposta de adequação do equipamento à NR-12;
- c) Definir os requisitos necessários para elaboração da proposta;
- d) Apresentar uma proposta de adequação do equipamento à NR-12.

## 2. REVISÃO DA LITERATURA

No decorrer deste capítulo são abordadas de forma sucinta e objetiva, tópicos considerados de suma importância para o embasamento teórico deste trabalho.

### 2.1. SEGURANÇA DO TRABALHO

Segundo Becker (2013), Segurança do trabalho pode ser definida como várias normas distintas que servem para melhorar um ambiente de trabalho e tem como objetivo evitar acidentes, diminuir condições inseguras de trabalho e preparar o trabalhador para evitar acidentes ocupacionais, além de estabelecer melhoras nas condições psíquicas e físicas no trabalho, melhorando a eficiência na produção.

Para o mesmo autor, para avaliarmos a importância da segurança e medicina do trabalho, pode-se pensar na capacidade de uma indústria produzir grandes quantidades de produtos por dia, e para isso, precisam de pessoas capacitadas. Para formar essas pessoas, são necessários, no mínimo, 20 anos, levando em conta os aspectos sociais, econômicos e humanos.

A abordagem sobre segurança do trabalho, subentende a exposição de trabalhadores a acidentes de trabalho. Esses acidentes já ocorriam há muito tempo e se tem registro dos mesmos em documentos egípcios através do papiro Anastacius, que fala na preservação da saúde dos trabalhadores em que descreve as condições do trabalho de um pedreiro. Em 2.350 a.C. um faraó percebeu a necessidade da melhora nas condições de trabalho de escravos em minas de cobre quando estes se opuseram às ordens de seus patrões. Os primeiros registros de EPI's foram feitos no Império Romano, em que os trabalhadores de galerias de minas utilizavam máscaras de panos e bexigas de cordeiro para protegerem-se contra as poeiras minerais como chumbo e mercúrio.

Em 1700, um médico italiano chamado Bernadino Ramazzini publicou uma obra cujo nome é *Morbis Artificum Diabrita*, e esta fala sobre as doenças com os trabalhadores em 50 ocupações diferentes. Por essa obra, Ramazzini recebeu o título de Pai da Medicina do trabalho. Em 1833, foi elaborada a considerada como a 1ª lei de proteção ao trabalhador, *Factory Act*. Em 1869, foi criado o 1º programa de saúde ocupacional por Lamuel Schatuc nos EUA. Em 1906, ocorre o 1º congresso internacional de doença do trabalho, em Milão, na Itália.

No Brasil, em 1919, foi aprovada a 1ª lei de assistência médica e indenização para acidentes de trabalho, pelo Decreto Legislativo nº3.724. O ano de 1934 foi marcado pelo surgimento da lei trabalhista que regulamentou a prevenção de acidentes no trabalho. Em 1941 fundou-se a Associação Brasileira para Prevenção de Acidentes (ABPA). Em 1972 tornaram-se obrigatórios os serviços médicos, de higiene e segurança do trabalho nas empresas com 100 ou mais funcionários.

Em 1978 foram instituídas pela portaria nº 3.214 as Normas Regulamentadoras – NR referente à Segurança e Medicina do Trabalho. Essas normas abordam os problemas relativos a saúde do trabalhador e o ambiente de trabalho.

## 2.2. NORMAS REGULAMENTADORAS

As normas regulamentadoras que dizem respeito a segurança e medicina do trabalho, são exigências obrigatórias de empresas públicas e privadas, órgãos públicos de administração direta e indireta, bem como os órgãos dos poderes legislativos e judiciários, que venham a possuir empregos regidos pela Consolidação das Leis do Trabalho - CLT. A observância destas Normas Regulamentadoras não elimina o cumprimento de outros regulamentos municipais ou estaduais ou outras oriundas de acordos coletivos de trabalho. O descumprimento dessas Normas Regulamentadoras poderá resultar em autuações, interdições ou embargo de locais específicos ou estabelecimentos internos, tal atribuição é dada pela Delegacia Regional do trabalho – DRT (SEGURANÇA E MEDICINA DO TRABALHO, 2014).

A lei Nº 6.514 de 22 de dezembro de 1977, diz respeito a Segurança e saúde ocupacional, em que se percebe a importância da implantação da NR-12 em equipamentos industriais.

Para tanto é relevante citar a seguinte seção da Lei Nº6.514/77:

### Seção XI Das Máquinas e Equipamentos

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

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

Art. 185 - Os reparos, limpeza e ajustes somente poderão ser executados com as máquinas paradas, salvo se o movimento for indispensável à realização do ajuste.

Art. 186 - O Ministério do Trabalho estabelecerá normas adicionais sobre proteção e medidas de segurança na operação de máquinas e equipamentos, especialmente 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 (Lei N°6.514/77).

Atualmente, existem 36 Normas Regulamentadoras aprovadas e publicadas, porém muitas delas estão desatualizadas ou em processo de atualização por não estarem adaptadas às evoluções técnicas e por não atenderem aos requisitos mínimos de segurança.

### 2.3. NORMA REGULAMENTADORA NUMERO 12

Segundo Michels, L. B. et al (2015), um dos principais conceitos que diz respeito à norma NR-12 é o estado da técnica. Este indica que após uma falha humana ou uma falha técnica o equipamento tem que ficar em estado seguro no momento da falha, através de um dispositivo de segurança, impedindo a desordem do sistema e evitando a possibilidade de acidentes com danos materiais ou pessoais. Este item parte do princípio que tanto seres humanos quanto máquinas falham e o sistema de segurança é instalado para diminuir o risco de lesões e incidentes gerados por essas falhas.

O estado da técnica (material ou equipamento) ocorre quando a máquina não está em condições de trabalho e perde a função devido a alguma falha elétrica, mecânica, pneumática, hidráulica, etc em decorrência de vários fatores como erro de dimensionamento, erro de construção, material incorreto entre outros.

Já a falha humana (indivíduo) é a falha operacional que acontece por fatores como falta de qualificação, desatenção, experiência, fatores psicológicos, distração, esquecimento entre outros.

Por norma, os procedimentos não devem ser as únicas formas de evitar acidentes. Cada equipamento deve ter sua condição de segurança. No caso dos balanceadores dinâmicos, a principal condição segura é a parada imediata do giro da peça em análise.

Para atender à condição de estado da técnica, existem três princípios a serem seguidos no equipamento, são eles, auto teste, diversidade e redundância.

No auto teste, deve-se fazer um teste automaticamente no início e entre tempos de máquina funcionando para verificação de alguns defeitos e falhas, obtendo,

assim uma condição segura. Podem ser instalados sensores para emitir sinais sobre dispositivos e equipamentos.

Na diversidade, os dispositivos de vários tipos são destinados a diminuir a probabilidade de haver uma condição perigosa. Exemplo seria a instalação de um disjuntor para sobre carga.

Por fim na redundância, efetuar a instalação de dois ou mais dispositivos com a mesma função, caso um destes falhar, o outro acionara automaticamente.

Segundo a NR-12 as medidas de proteção terão que ser adotadas nesta ordem:

- a) Medidas de proteção coletiva;
- b) Medidas administrativas ou de organização do trabalho.
- c) Medidas de proteção individual;

As medidas citadas acima possuem divisões referente ao acionamento, mecânico, pneumático e elétrico e cada um deles possui sua forma de segurança:

- a) Arranjo físico e instalações;
- b) Instalações e dispositivos elétricos;
- c) Dispositivos de partida, acionamento e parada;
- d) Sistemas de segurança;
- e) Dispositivos de parada de emergência;
- f) Componentes pressurizados;
- g) Aspectos ergonômicos;
- h) Riscos adicionais;
- i) Manutenção, inspeção, preparação, ajustes e reparos;
- j) Sinalização;
- k) Manuais;
- l) Procedimentos de trabalho e segurança;
- m) Capacitação.

#### 2.4. RISCOS AMBIENTAIS

Para Souza (2013) riscos ambientais são os riscos que possam ocasionar algum dano aos trabalhadores em seu ambiente de trabalho. Esses danos podem ser na saúde ou na integridade física e os riscos são classificados em função da concentração, intensidade e tempo de exposição.

Os riscos são divididos em riscos físicos, químicos, biológicos, ergonômicos, e de acidentes conforme mostram os Quadros a seguir.

RISCOS FÍSICOS	COSEQUÊNCIAS
Ruídos	Cansaço, irritação, dores de cabeça, diminuição da audição, aumento da pressão arterial, problemas do aparelho digestivo, taquicardia e perigo de infarto.
Vibrações	Cansaço, irritação, dores dos membros, dores na coluna, doença do movimento, artrite, problemas digestivos, lesões ósseas, lesões dos tecidos moles, lesões circulatórias, etc.
Calor	Taquicardia, aumento da pulsação, cansaço, irritação, choques térmicos, fadiga térmica, perturbações das funções digestivas, hipertensão.
Radiações ionizantes	Alterações celulares, câncer, fadiga, problemas visuais, acidentes de trabalho.
Radiações não ionizantes	Queimaduras, lesões nos olhos, na pele e nos outros órgãos.
Umidade	Doenças do aparelho respiratório, quedas, doenças de pele, doenças circulatórias.
Frio	Fenômenos vasculares periféricos, doenças do aparelho respiratório, queimaduras pelo frio.
Pressões anormais	Hiperbarismos – Intoxicação por gases Hipobarismo – Mal das montanhas

Quadro 1 – Riscos físicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.

RISCOS QUÍMICOS	CONSEQUÊNCIAS
Poeiras minerais Ex.: sílica, asbesto, carvão, minerais	Silicose (quartzo), asbestose (amianto) e pneumoconiose dos minerais do carvão.
Poeiras vegetais Ex.: algodão, bagaço de cana-de-açúcar	Bissinose (algodão), bagaçose (cana-de-açúcar), etc.
Poeiras alcalinas	Doença pulmonar obstrutiva crônica e enfisema pulmonar.
Poeiras incômodas	Podem interagir com outros agentes nocivos no ambiente de trabalho potencializando sua nocividade.
Fumos metálicos	Doença pulmonar obstrutiva crônica, febre de fumos metálicos e intoxicação específica de acordo com o metal.
Névoas, gases e vapores (substâncias compostas ou produtos químicos em geral)	Irritantes: irritação das vias aéreas superiores Ex.: ácido clorídrico, ácido sulfúrico, amônia, cloro etc. Asfixiantes: dores de cabeça, náuseas, sonolência, convulsões, coma, morte etc. Ex.: hidrogênio, nitrogênio, metano, acetileno, dióxido e monóxido de carbono etc. Anestésicas: a maioria dos solventes orgânicos tendo ação depressiva sobre o sistema nervoso, podendo causar danosos diversos órgãos e ao sistema formador do sangue. Ex.: butano, propano, benzeno, aldeídos, cetonas, tolueno, xileno, álcoois etc.

Quadro 2 – Riscos químicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.

RISCOS BIOLÓGICOS	CONSEQUÊNCIAS
Vírus, bactérias e protozoários	Doenças infectocontagiosas. Ex.: hepatite, cólera, amebíase, AIDS, tétano, etc.
Fungos e bacilos	Infeções variadas externas (na pele, ex.: dermatites) e internas (ex.: doenças pulmonares)
Parasitas	Infeções cutâneas ou sistêmicas podendo causar contágio.

Quadro 3 – Riscos biológicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.

RISCOS ERGONÔMICOS	CONSEQUÊNCIAS
Esforço físico Levantamento e transporte manual de pesos Exigências de posturas	Cansaço, dores musculares, fraquezas, hipertensão arterial, diabetes, úlcera, doenças nervosas, acidentes e problemas da coluna vertebral.
Ritmos excessivos Trabalho de turno e noturno Monotonia e repetitividade Jornada prolongada Controle rígido da produtividade outras situações (conflitos, ansiedade, responsabilidade)	Cansaço, dores musculares, fraquezas, alterações do sono, da libido e da vida social, com reflexos na saúde e no comportamento, hipertensão arterial, taquicardia, cardiopatia, asma, doenças nervosas, doenças do aparelho digestivo (gastrite, úlcera, etc.), tensão, ansiedade, medo e comportamentos estereotipados.

Quadro 4 – Riscos ergonômicos. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.

RISCOS DE ACIDENTES	CONSEQUÊNCIAS
Arranjo físico inadequado.	Acidentes e desgaste físico excessivo.
Máquinas sem proteção.	Acidentes graves.
Iluminação deficiente.	Fadiga, problemas visuais e acidentes de trabalho.
Ligações elétricas deficientes.	Curto-circuito, choques elétricos, incêndios, queimaduras, acidentes fatais.
Armazenamento inadequado.	Acidentes por estocagem de materiais sem observação das normas de segurança.
Ferramentas defeituosas.	Acidentes, principalmente com repercussão nos membros superiores.
Equipamento de proteção individual inadequado.	Acidentes e doenças profissionais.
Animais peçonhentos (escorpiões, aranhas, cobras).	Acidentes por animais peçonhentos.
Possibilidade de incêndio ou explosão.	
Outras situações de risco que podem contribuir para a ocorrência de acidentes.	

Quadro 5 – Riscos de acidentes. Fonte: Adaptado de PUCMINAS, 2008.

## 2.5. AVALIAÇÃO DE RISCOS

Os riscos de acidentes estão divididos em cinco categorias, são elas B, 1, 2, 3 e 4 e estas são definidas de acordo com a NBR14153: 2013, Esta Norma especifica os requisitos de segurança, e se aplica a todas as partes de sistemas de comando relacionados à segurança, independentemente do tipo de energia aplicado, por exemplo, elétrica, hidráulica, pneumática ou mecânica. A norma não especifica que funções de segurança e que categorias devem ser aplicadas em um caso particular.

Na categoria B, os componentes de um sistema de segurança devem ser projetados, construídos e montados seguindo as normas relevantes, e a ocorrência de um defeito pode levar à perda da função de segurança.

Na categoria 1, aplicam-se os mesmos requisitos da categoria B, princípios comprovados e componentes de segurança bem testados, pois com a ocorrência de um defeito pode levar a perda da função de segurança, porém com probabilidade menor que na categoria anterior.

Na categoria 2, aplicam-se os requisitos das categorias B e 1, e as funções de segurança devem ser verificadas em tempos adequados pelo sistema de comando da máquina. Nesta categoria, um defeito pode levar à perda da função no período entre as verificações, e esta perda é detectada pela verificação.

Na categoria 3, aplicam-se os requisitos das categorias B e 1. O comportamento do sistema permite que, quando ocorrer um defeito isolado, não ocorra a perda da função de segurança, e que alguns defeitos sejam detectados. Porém, o acúmulo de defeitos não detectados pode levar à perda da função de segurança.

Por fim na categoria 4, aplicam-se os requisitos das categorias B e 1, juntando as partes dos sistemas de comando relacionadas à segurança, devem ser projetadas de tal forma que uma falha isolada em qualquer das partes relacionadas à segurança não leve à perda das funções de segurança, e a falha isolada seja detectada antes ou durante a próxima atuação sobre a função de segurança. Se essa detecção não for possível, o acúmulo de defeitos não pode acontecer à perda das funções de segurança.

Tratando-se de adequação de um balanceador, a NR-12, e por tratar de segurança em máquinas diretamente, define que as categorias a serem utilizadas para componentes aplicados aos sistemas serão 3 e 4.

## 2.6. BALANCEADOR E BALANCEAMENTO DINÂMICO

Segundo Schenck (2001), balancear é um processo em que se verifica se a distribuição de massa em um corpo rígido, buscando garantir que não haja vibrações nos eixos e mancais, ficando dentro dos limites especificados.

Para o mesmo autor, qualidade de balanceamento diz respeito à suavidade em que o rotor gira em seu regime de trabalho. A falta dessa suavidade pode ser causada por vários fatores, dentre eles estão: montagem incorreta de peças, peças desalinhadas, folgas e batidas nos flanges de acoplamento, forças de travamento, entre outros, e para conseguir um balanceamento com qualidade estes problemas terão que ser corrigidos, dando suavidade ao balanceamento.

Para Hofmann (2015) uma das grandes consequências do desbalanceamento é a redução da vida útil e conseqüentemente da produtividade da máquina, pelo esforço intenso e desnecessário nos mancais, suspensões, carcaças entre outros componentes. Tarefas que exigem precisão dos equipamentos também podem ser comprometidas pelo desbalanceamento de peças.

Outra questão relevante e de grande importância é a segurança operacional do equipamento. Com as vibrações, as peças podem se soltar, colocando em risco a vida dos operadores das máquinas.

As balanceadoras horizontais são utilizadas para o balanceamento dinâmico de rotores em 2, 3 ou mais planos de compensação. Temos por exemplo os rotores de forma cilíndrica como: virabrequins, eixos cardan, comandos de válvulas, cilindros de máquinas, ventiladores, induzidos de motores elétricos, turbinas, alternadores, peças de máquinas agrícolas entre outras peças nas mais variadas utilidades que por algum motivo precisam de um balanceamento para evitar vibrações.

### 3. METODOLOGIA

Este capítulo aborda a metodologia que será utilizada na elaboração da proposta, com isso, conduzindo ao cumprimento dos objetivos previstos neste estudo e obtenção dos resultados.

#### 3.1. MÉTODOS E TÉCNICAS UTILIZADOS

A proposta de trabalho é fazer um estudo de adaptação da NR-12 em um balanceador do modelo H4U fabricado pela empresa Schenck conforme Figuras 1.

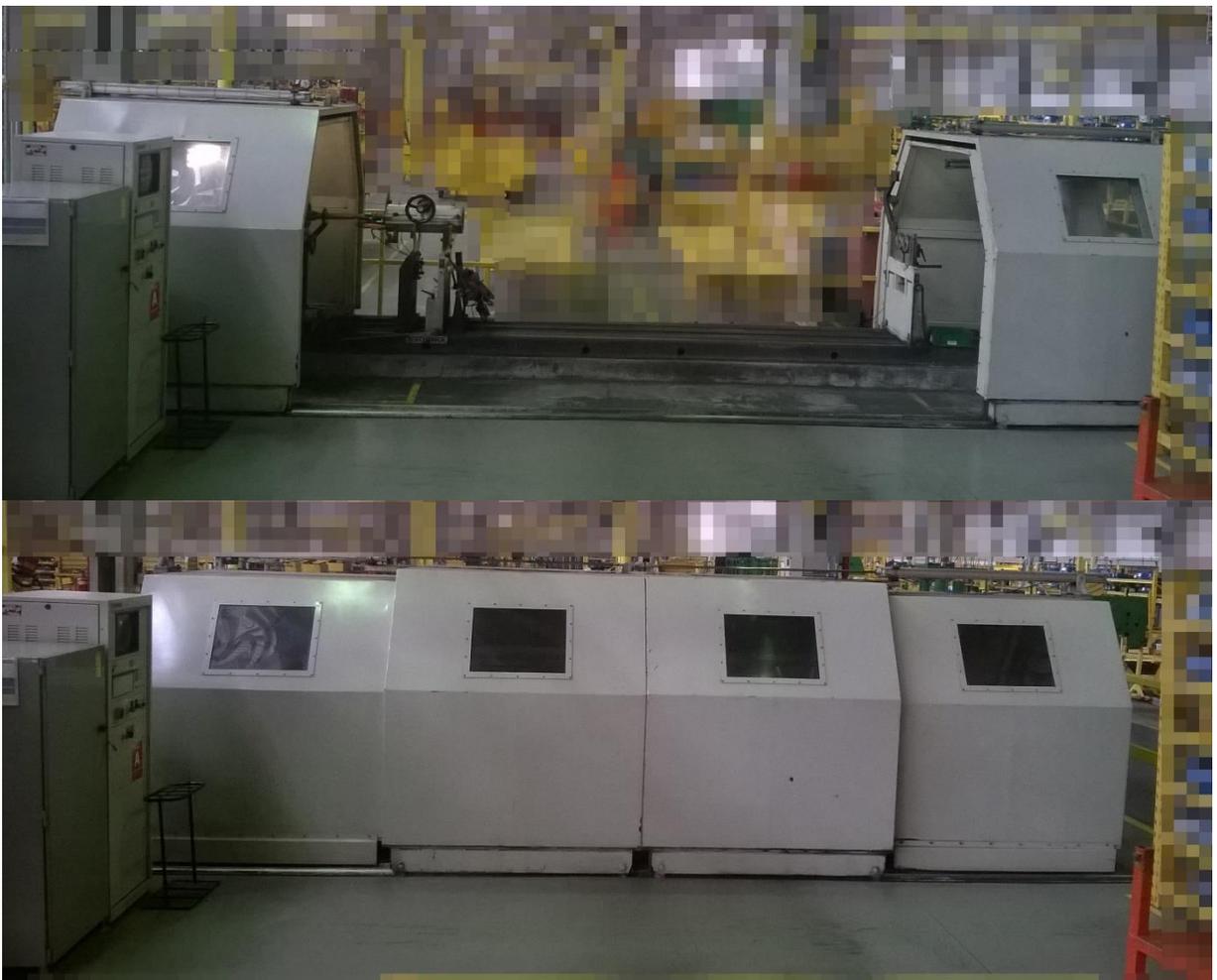


Figura 1: Balanceador Schenck.

Para realizar a proposta de adequação a NR-12 no balanceador, foram seguidos alguns passos fundamentais.

Primeiramente foi estudada a norma que regulamenta máquinas e equipamentos para operar de maneira segura, a partir de diversas pesquisas bibliográficas obteve-se conhecimento para utilizar na análise dos riscos que o equipamento possa oferecer ao operador. Interpretar a norma é muito importante pois é dela que surge a base de toda a pesquisa.

Após interpretação da norma buscou-se uma metodologia para análise dos riscos existentes, a fim de identificar a criticidade de cada item levantado.

Em seguida foi analisado o equipamento, isso foi feito através de um estudo de campo, em que foram feitas inspeções visuais e foram analisados manuais, esquemas elétricos, esquemas pneumáticos e mecânicos, sempre visando definir os riscos que o equipamento oferece e tentando minimizar ou eliminar esses riscos.

Após análise do equipamento, utilizando o método escolhido, foi realizada uma pesquisa de mercado, para conhecer os dispositivos de segurança que possam ser utilizados na proposta de adequação.

Após essa pesquisa de mercado, foi elaborou-se uma proposta de adequação do equipamento à NR-12.

Por último, foi realizada outra análise do equipamento, utilizando o mesmo método de avaliação, porem com as sugestões e propostas de adequação já definidas, assim comprovando a redução do risco existente.

### 3.2. MÉTODO DE AVALIAÇÃO DE RISCOS

Conforme citado em artigo publicado pelo Ministério do Trabalho e emprego, a metodologia de estimativa de risco HRN – Hazard Rating Number atende aos requisitos descritos nas normas NBR ISO 12100:2013 e ISO 14121-1:2007, trata-se de um método quantitativo no qual valores numéricos são atribuídos para os seguintes itens: GPD (Severidade do Dano Considerado), FE (Frequência de Exposição ao Risco), PE (Probabilidade de Ocorrência do Dano) e NP (Número de Pessoas Expostas ao Risco).

Após minuciosa análise de campo, pode-se determinar a categoria de risco de cada ponto, utilizando o método de desenvolvimento de Chris Steel, através da multiplicação de valores numéricos atribuídos conforme a equação a seguir: “ $HRN = GPD \times FE \times PE \times NP$ ”, em que os valores de cada um dos fatores abaixo devem ser avaliados:

- Probabilidade máxima de perda (GPD – Grau de Possíveis Danos), pontuada conforme Quadro 6;
- Frequência de exposição (FE), pontuada conforme Quadro 7;
- Probabilidade de exposição à situação perigosa (PE), pontuado conforme dados do Quadro 8;
- Número de pessoas expostas (NP), pontuada conforme Quadro 9.

O resultado da multiplicação dos valores irá definir o grau de risco que o ponto avaliado oferece. Os valores resultarão na classificação conforme quadro 10.

Dano	GPD
Fatalidade	15
Perda de dois membros / olhos	10
Perda de um membro / olho	6
Fratura / Enfermidade grave	4
Fratura / Enfermidade leve	2
Dilaceração / Doenças moderadas	0,5
Arranhão / Contusão leve	0,1

Quadro 6 – Severidade do dano considerado (GPD). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

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

Quadro 7 – Frequência de Exposição ao Risco (FE). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

Probabilidade de Ocorrência do Dano	PE
Certamente	15
Muito provável	10
Provável	8
Alguma Chance	5
Possível	2
Improvável	1,5
Atualmente improvável	1
Quase impossível	0,03

Quadro 8 – Probabilidade de Ocorrência do Dano (PE). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

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

Quadro 9 – Número de Pessoas Expostas ao Risco (NP). Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

Valor do HRN	Classificação
0-1	Aceitável
1-5	Muito Baixo
5-10	Baixo
10-50	Significante
50-100	Alto
100-500	Muito Alto
500-1000	Extremo
> 1000	Inaceitável

Quadro 10 – Valor do HRN Classificação Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

Quando necessário um sistema de controle através de interface + sensores + atuadores, deverá ser observada a categoria de risco necessária para controle. Para tanto, deve-se utilizar os mesmos parâmetros adotados de frequência, exposição e possibilidade para evitar o perigo. Para isto, pode-se adotar a estratégia descrita no Quadro 11.

Distância da categoria de risco	
Até Risco Baixo	Mínimo Categoria 1
Risco Significante	Mínimo Categoria 2
Risco Alto em diante	Mínimo Categoria 3 ou 4

Quadro 11 – Definição da categoria de risco Fonte: adaptado de Steel, 1990, p. 21.

A proposta de adequação prevê a proteção das partes móveis do equipamento, com isso percebe-se a necessidade de calcular o tempo de parada dessas partes. No caso no Balanceador Horizontal, essas partes se dão pelo fechamento da proteção de segurança que se torna uma guilhotina vertical. Para determinar este, segue-se a equação descrita no item B, do Anexo I da NR-12 - Cálculo das distâncias mínimas de segurança para instalação de detectores de presença optoeletrônicos - ESPS usando cortina de luz - AOPD:

1. A distância mínima na qual ESPS usando cortina de luz - AOPD deve ser posicionada em relação à zona de perigo, observará o cálculo de acordo com a norma ISO 13855. Para uma aproximação perpendicular a distância pode ser calculada de acordo com a fórmula geral apresentada na seção 5 da ISO 13855, a saber:

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

Onde:

S: é a mínima distância em milímetros, da zona de perigo até o ponto, linha ou plano de detecção;

K: é um parâmetro em milímetros por segundo, derivado dos dados de velocidade de aproximação do corpo ou partes do corpo;

T: é a performance de parada de todo o sistema - tempo de resposta total em segundos;

C: é a distância adicional em milímetros, baseada na intrusão contra a zona de perigo antes da atuação do dispositivo de proteção.

1.1. A fim de determinar K, uma velocidade de aproximação de 1600 mm/s (mil e seiscentos milímetros por segundo) deve ser usada para cortinas de luz dispostas horizontalmente. Para cortinas dispostas verticalmente, deve ser usada uma velocidade de aproximação de 2000 mm/s (dois mil milímetros por segundo) se a distância mínima for igual ou menor que 500 mm (quinhentos milímetros). Uma velocidade de aproximação de 1600 mm/s (mil e seiscentos milímetros por segundo) pode ser usada se a distância mínima for maior que 500 mm (quinhentos milímetros).

1.2. As cortinas devem ser instaladas de forma que sua área de detecção cubra o acesso à zona de risco, com o cuidado de não se oferecer espaços de zona morta, ou seja, espaço entre a cortina e o corpo da máquina onde pode permanecer um trabalhador sem ser detectado.

1.3. Em respeito à capacidade de detecção da cortina de luz, deve ser usada pelo menos a distância adicional C no quadro IV quando se calcula a mínima distância S. (NR-12, 2013, p. 22).

O Quadro 12 demonstra a distância adicional C, que deve ser usada no cálculo de distância mínima de segurança.

Distância Adicional C	
Capacidade de Detecção (mm)	Distância Adicional C (mm)
≤ 14	0
> 14 ≤ 20	80
> 20 ≤ 30	130
> 30 ≤ 40	240
> 40	850

Quadro 12 – Distância adicional C. Fonte: adaptado NR-12, 2013, p.22.

### 3.3. AVALIAÇÃO DOS RISCOS

Nesta etapa são avaliados os riscos identificados na análise do equipamento, e utilizando o método HRN, pontuou-se cada situação para ter uma classificação e definição da categoria de segurança necessária para a adequação.

Atualmente não existe monitoramento no sistema de fechamento das portas de proteção para enclausuramento do equipamento, o que possibilita o operador estar fechando estas portas de proteção e outra pessoa adentrar no equipamento, com isso gerando um esmagamento em partes do corpo. Essas proteções são fechadas através de cilindros pneumáticos. Os itens 12.38 e 12.41 da Norma, especificam a isolamento de zonas de perigo das máquinas, utilizando proteções fixas, móveis e dispositivos de segurança interligados de modo a evitar o acesso a essas zonas de perigo, garantindo a proteção à saúde e à integridade física do trabalhador.

QUADRO HRN		
Probabilidade de exposição (PE)	Provável	8
Frequência de exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	Fratura / Enfermidade grave	4
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 Pessoas	1
Valor do HRN Classificado		<b>160</b>
<b>Risco, Muito Alto</b>		

Quadro 13 – HRN do sistema de fechamento das portas atual. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

A avaliação apresentada no Quadro 13, classificou-a como um risco muito alto devido a frequência de exposição e a probabilidade de exposição ao perigo serem alta.

Atualmente, não há um monitoramento na parte interna do balanceador, propiciando a uma pessoa estar dentro da parte enclausurada da máquina e a mesma ser liberada para fazer o movimento de giro. Isso atende ao item 1.2 do tópico B do Anexo I, que determina que a cortina deve estar posicionada de forma que não permita zonas mortas, ou seja, permitir que uma pessoa se posicione em um local não monitorado por dispositivos de segurança que possa colocar a pessoa em risco.

QUADRO HRN		
Probabilidade de exposição (PE)	Alguma Chance	8
Frequência de exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	Fatalidade	15
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 Pessoas	1
Valor do HRN Classificado		<b>600</b>
<b>Risco, Extremo</b>		

Quadro 14 – HRN da parte interna do balanceador. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

Essa análise referente ao Quadro 14, resultou em um risco extremo, pois as perdas, caso o operador se exponha a esse perigo, pode chegar até a fatalidade, quando a máquina for acionada.

Para a proteção das partes móveis do Balanceador, estão disponíveis duas portas de proteção para enclausuramento, em que só pode ser liberado e ligado o sistema de giro após essas portas estarem devidamente fechadas. Os itens 12.41 e 12.45 da NR-12 especificam que se deve operar somente quando as proteções estiverem fechadas, paralisar funções perigosas quando estas proteções forem abertas e garantir que o fechamento das proteções por si só não libere o início das funções perigosas. Atualmente, o Balanceador possui essas portas de proteção, porém elas não precisam estar devidamente fechadas para liberação do movimento de giro.

QUADRO HRN		
Probabilidade de exposição (PE)	Provável	8
Frequência de exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	Perda de um membro / olho	6
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 Pessoas	1
Valor do HRN Classificado		<b>240</b>
<b>Risco, Muito Alto</b>		

Quadro 15 – HRN sensor de porta fechada. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

A avaliação referente ao monitoramento de porta fechada deu-se muito alto pela probabilidade de exposição e a perda que pode ocorrer devido ao operador estar exposto a esse perigo.

Os itens 12.56 a 12.63.1 da Norma dizem respeito a dispositivos de parada de emergência. Após análise no equipamento, verificou-se que possui um botão de emergência e este fica situado no painel principal, onde são dados os comandos para acionamento da mesma. Este botão de emergência está instalado de acordo com a Norma, porém temos um item que trata do posicionamento destes dispositivos de parada de emergência, o item 12.57, que especifica que os dispositivos de parada de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, e mantidos permanentemente desobstruídos.

QUADRO HRN		
Probabilidade de exposição (PE)	Alguma Chance	5
Frequência de exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	Perda de um membro / olho	6
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 Pessoas	1
Valor do HRN Classificado		<b>150</b>
<b>Risco, Muito alto</b>		

Quadro 16 – HRN do sistema de parada de emergência. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

A avaliação do sistema de parada de emergência, resultou em um risco muito alto (Quadro 16) pela probabilidade de perda, caso o operador se exponha ao perigo encontrado.

Os itens 12.40 e 12.63 requerem um reset manual do sistema de segurança após alguma intervenção e este só pode ser rearmado após a correção do evento que ocasionou a parada de emergência. A localização deste rearme deve ser em local que possa visualizar toda a área protegido pelo sistema que originou a parada.

QUADRO HRN		
Probabilidade de exposição (PE)	Alguma Chance	5
Frequência de exposição (FE)	Constantemente	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	Perda de um membro / olho	6
Número de pessoas expostas (NP)	1-2 Pessoas	1
Valor do HRN Classificado		<b>150</b>
<b>Risco, Muito alto</b>		

Quadro 17 – HRN do sistema de reset manual. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20.

Este item, avaliado através do HRN, apresentou risco muito alto (Quadro 17), caso o operador se exponha ao perigo estudado.

Os itens 12.116 ao 12.124.1 da NR-12 tratam das sinalizações de segurança, que indiquem claramente os riscos expostos. Estas sinalizações são importantes para alertar os trabalhadores quanto aos perigos nos equipamentos. Os itens 12.135 a 12.147.2 da NR-12 tratam sobre capacitação dos funcionários para operação de máquinas e equipamentos. Por não se tratar de ações físicas, estes itens não terão avaliação de HRN, porém esses serão analisados e apresentadas propostas de melhoria para os dois casos.

## **4. APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS**

No presente capítulo, são abordadas as análises e os resultados obtidos a partir da aplicação do método HRN, citado no capítulo anterior.

### **4.1. ENCLAUSURAMENTO DO EQUIPAMENTO**

Os itens 12.38 e 12.41 da NR-12 especificam a isolação de zonas de perigo das máquinas, utilizando proteções fixas, móveis e dispositivos de segurança interligados de modo a evitar o acesso à essas zonas de perigo, garantindo a proteção à saúde e à integridade física do trabalhador.

#### **4.1.1 Proteções fixas**

As proteções fixas propostas, preveem grades de proteção com malha quadriculada de 20 mm, posicionada a uma distância de 120 mm do ponto de risco, conforme Quadro 1 do Anexo I da NR-12, a altura da grade deve ter 1.600 mm conforme Quadro II do Anexo I da NR-12. Esta grade protegerá as laterais do balanceador, serrão fixas no piso em conformidade com a norma e de acordo com a Figura 2.

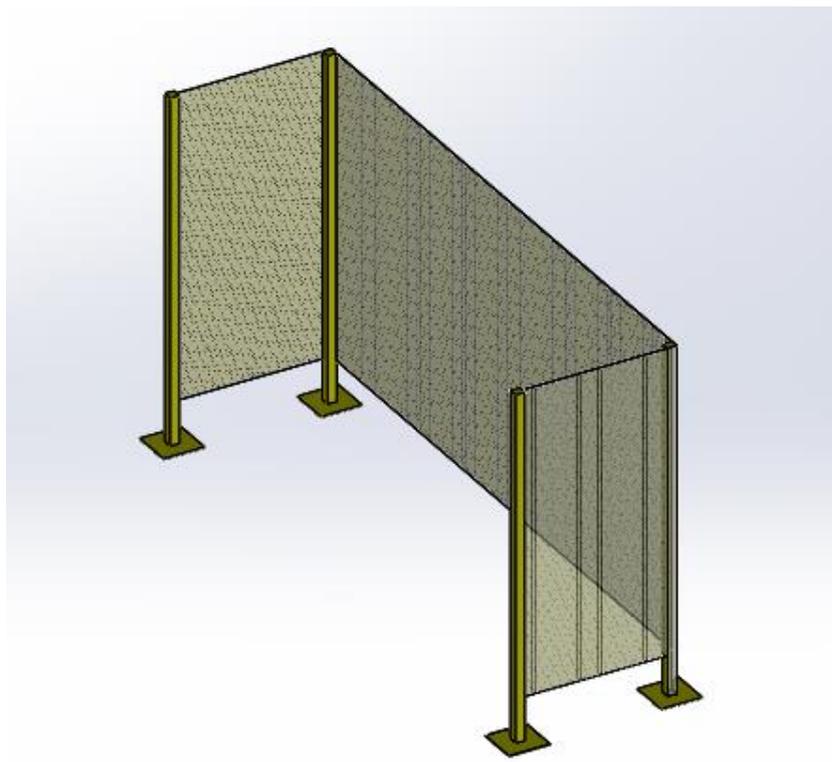


Figura 2: Proteção fixa.

#### 4.1.2 Dispositivos de segurança

Para desenvolver o trabalho, o operador deve entrar pela parte frontal do balanceador e sair pela parte traseira com as peças devidamente balanceadas. Esses acessos devem ser de forma rápida e sem restrições, propõe-se a instalação de sensores opto-eletrônicos nessas partes do equipamento, a fim de garantir o enclausuramento do equipamento sem restrição no processo produtivo.

Segundo Rockwell Automation (2013), as cortinas de luz de proteção são dispositivos opto-eletrônicos de segurança, que possibilitam a detecção de presença de objetos não desejados e são usados em aplicações de proteção de máquinas e equipamentos para detectar a presença do dedo, mão, braço ou corpo de uma pessoa. As cortinas de luz são ideais para aplicações nas quais as pessoas necessitam de acesso fácil e frequente a um ponto de perigo de operação.

Para utilização de cortinas de luz, deve-se seguir os requisitos especificados no Anexo I da NR-12, que especifica a distância de instalação destes dispositivos da zona de risco. O cálculo deve seguir a seguinte fórmula:

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

Onde:

S: distância em milímetros, da zona de perigo até o ponto de detecção.

K: é um parâmetro em milímetros por segundo, derivado dos dados de velocidade de aproximação do corpo ou partes do corpo. A constante K é definida como 1600 mm/s quando se calcula a distância utilizando uma cortina na posição horizontal. Para uma cortina em posição vertical, deve-se utilizar o valor de 2.000 mm/s. Se o resultado for uma distância maior que 500 mm, se pode refazer o cálculo utilizando o valor para K de 1600 mm/s.

T: é o tempo de parada de todo o sistema;

Para determinar o tempo de parada do sistema, foram cronometradas 15 paradas de equipamento. Para o cálculo de distância a ser instalada a cortina de luz, será utilizado na variável T, o maior tempo cronometrado, assim determinando a maior distância que a cortina podera ser instalada do ponto de risco, e por segurança garantindo que a distância mínima também será atendida. Conforme quando 18.

	Tempo (s)
T1	0,12
T2	0,15
T3	0,11
T4	0,13
T5	0,12
T6	0,15
T7	0,12
T8	0,11
T9	0,14
T10	0,11
T11	0,13
T12	0,14
T13	0,15
T14	0,11
T15	0,12
Maior tempo	0,15

Quadro 18 – Tempo de parada do sistema.

C: é a distância adicional em milímetros, baseada na capacidade de detecção da cortina (Quadro 12).

A resolução da cortina de segurança tem impacto direto com a distância que a cortina deverá estar em relação ao perigo. Para este caso se recomenda a utilização

de uma cortina de segurança com resolução de 14 mm e que seja categoria IV conforme exigido na Norma e da avaliação HRN realizada.

A partir desses dados, pode-se calcular a distância que a cortina deverá ser instalada.

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

$$S = (2000 \text{ mm/s} \times 0,15 \text{ s}) + 0$$

$$S = 300 \text{ mm}$$

Com a distância de 300 mm, a cortina atende ao requisito 1.2 do tópico B do Anexo I da NR-12. Este diz que a cortina deve estar posicionada de forma que não permita zonas mortas, onde possam ficar pessoas sem serem detectadas pela cortina. Essa distância terá que ser respeitada tanto na parte frontal quanto na parte traseira da máquina.

Na Figura 3, ilustra a imagem da proposta.

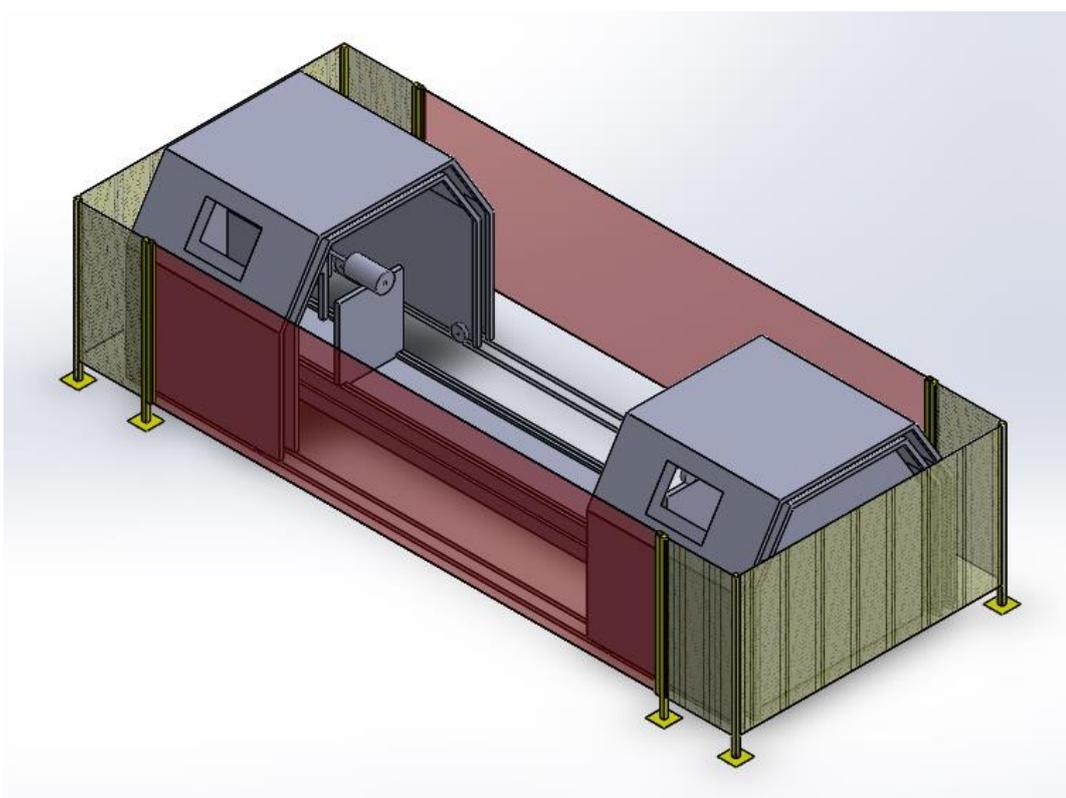


Figura 3: Proposta de adequação com cortina de luz.

No Quadro 19, está apresentada a avaliação HRN para a situação proposta.

<b>Esmagamento com a porta</b>		
<b>Quadro HRN</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Probabilidade de exposição (PE)	8	0,03
Frequência de exposição (FE)	5	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	4	4
Número de pessoas expostas (NP)	1	1
Valor do HRN Classificado	<b>160</b>	<b>0,6</b>
Classificação	<b>Risco, Muito Alto</b>	<b>Risco, Aceitável</b>

Quadro 19 – HRN do sistema de fechamento das portas na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20

#### 4.2. MONITORAMENTO DA PARTE INTERNA

O item 1.2 do tópico B do Anexo I da NR-12, especifica que a cortina deve estar posicionada de forma que não permita zonas mortas, ou seja, permitir que uma pessoa se posicione em um local não monitorado por dispositivos de segurança.

Segundo Rockwell Automation (2013), O tapete de segurança é um produto de proteção sensível à pressão que é projetado para detectar a presença de pessoas na sua superfície. Este tapete é constituído de dois pratos condutores de aço endurecido que são mantidos separados por elementos não condutores. Quando o tapete é tocado, as placas condutivas se tocam e os tapetes enviam um sinal de encerramento para a máquina.

Para a solução deste item, recomenda-se tapetes de segurança na parte interna da máquina, evitando assim a permanência de pessoas dentro da máquina impedindo o acionamento das portas ou ligar o sistema de giro.

Esses tapetes deverão ser instalados nas partes frontal e traseira do equipamento entre as portas de fechamento e a parte móvel do balanceador. Recomenda-se utilizar tapetes de 500 mm largura e 3000 mm de comprimento.

A Figura 4 a seguir demonstra a proposta de adequação para o item citado acima.

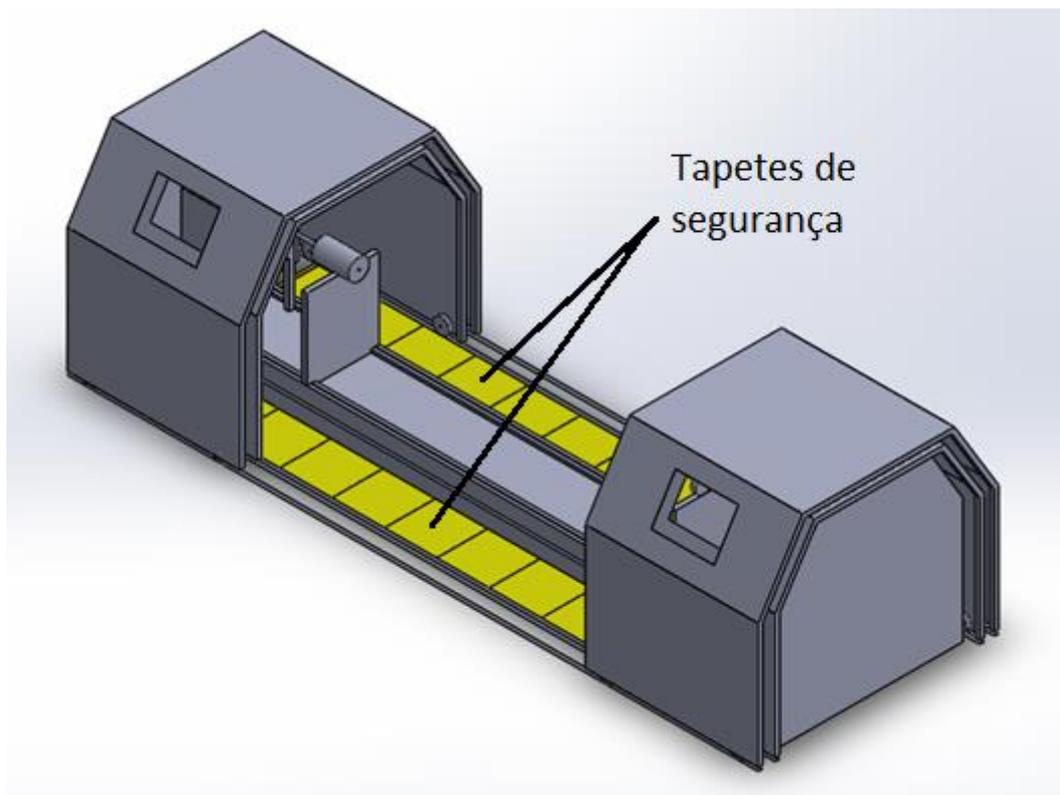


Figura 4: Proposta de adequação com tapete de segurança.

No Quadro 20 está apresentada a avaliação HRN para a situação proposta.

<b>Área interna do balanceador</b>		
<b>Quadro HRN</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Probabilidade de exposição (PE)	8	0,03
Frequência de exposição (FE)	5	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	15	15
Número de pessoas expostas (NP)	1	1
Valor do HRN Classificado	<b>600</b>	<b>2,25</b>
Classificação	<b>Risco, Extremo</b>	<b>Risco, Muito baixo</b>

Quadro 20 – HRN da parte interna do balanceador na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20

#### 4.3. MONITORAMENTO DE PORTAS FECHADAS

Os itens 12.41 e 12.45 da NR-12, especificam que a máquina ou equipamento deve operar somente quando as proteções estiverem fechadas, paralisar funções perigosas quando estas proteções forem abertas e garantir que o fechamento das proteções por si só não libere o início das funções perigosas.

Segundo Rockwell Automation (2014), as chaves de segurança ajudam a proteger pessoas e o equipamentos possibilitando o intertravamento físico das portas de proteção e dos equipamentos, permitindo acesso a áreas potencialmente perigosas, somente quando a área estiver segura.

No caso do balanceador, recomenda-se instalar um sensor magnético entre as portas, que enviará um sinal indicando que a porta está fechada e o equipamento pode entrar em funcionamento após o comando do operador. Assim, estando em conformidade com o item 12.45 da norma. No caso de as portas se abrirem involuntariamente, a chave corta o sinal, enviando um sinal de parada de emergência da máquina.

A Figura 5 demonstra a proposta de adequação com o sensor magnético.

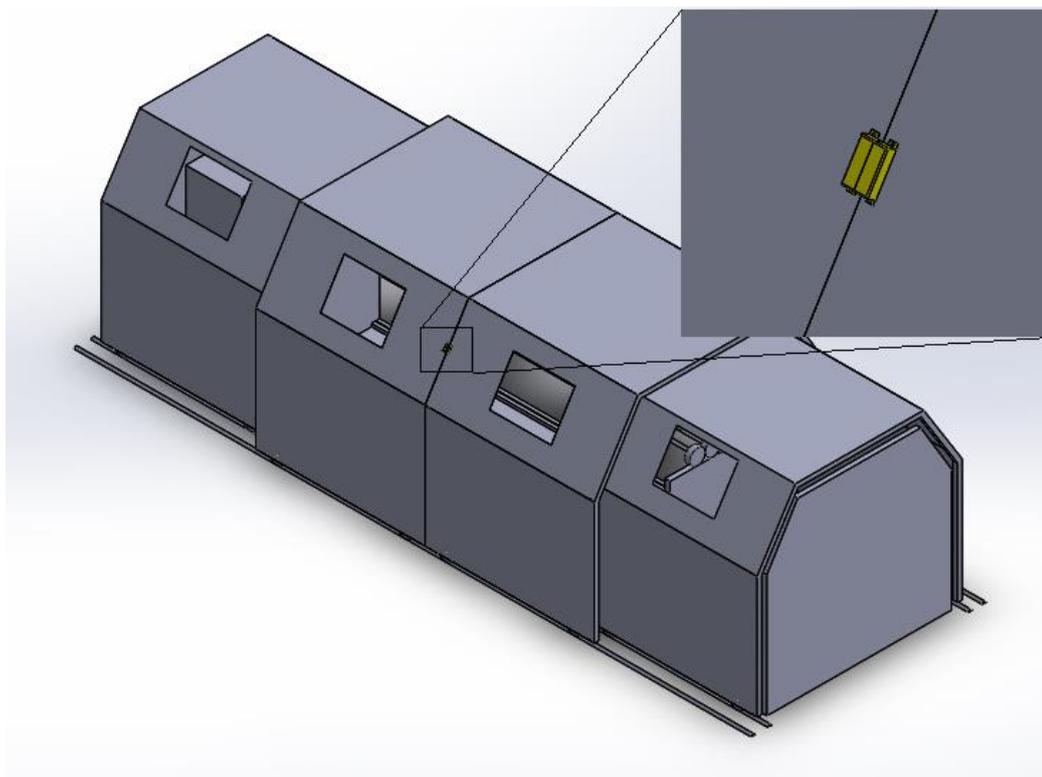


Figura 5: Proposta de adequação com sensor magnético.

No Quadro 21, está apresentada a avaliação HRN para a situação proposta.

<b>Sensor porta fechada</b>		
<b>Quadro HRN</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Probabilidade de exposição (PE)	8	0,03
Frequência de exposição (FE)	5	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	6	6
Número de pessoas expostas (NP)	1	1
Valor do HRN Classificado	<b>240</b>	<b>0,9</b>
Classificação	<b>Risco, Muito alto</b>	<b>Risco, Aceitável</b>

Quadro 21 – HRN sensor de porta fechada na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20

#### 4.4. PARADAS DE EMERGÊNCIA

Os itens 12.56 a 12.63.1 da Norma dizem respeito a dispositivos de parada de emergência. Este botão de emergência está instalado de acordo com a Norma, porém temos um item que trata do posicionamento destes dispositivos de parada de emergência, o item 12.57 especifica que os dispositivos de parada de emergência devem ser posicionados em locais de fácil acesso e visualização pelos operadores em seus postos de trabalho e por outras pessoas, além de serem mantidos permanentemente desobstruídos.

Segundo Rockwell Automation (2006), dispositivos de parada de emergência são considerados equipamentos de proteção complementar, estes não são considerados dispositivos de proteção primária porque não impedem o acesso a um perigo e não detectam o acesso a um perigo.

O balanceador dispõe de um botão de emergência fixado no painel do equipamento, porém para atender a NR-12, recomenda-se instalação de outros 4 botões de emergência (figura 6), dispostos na lateral direita dianteira, lateral direita traseira, lateral esquerda dianteira e lateral esquerda traseira, cobrindo assim todo o entorno do equipamento.

A Figura 6 demonstra o botão de emergência proposto.

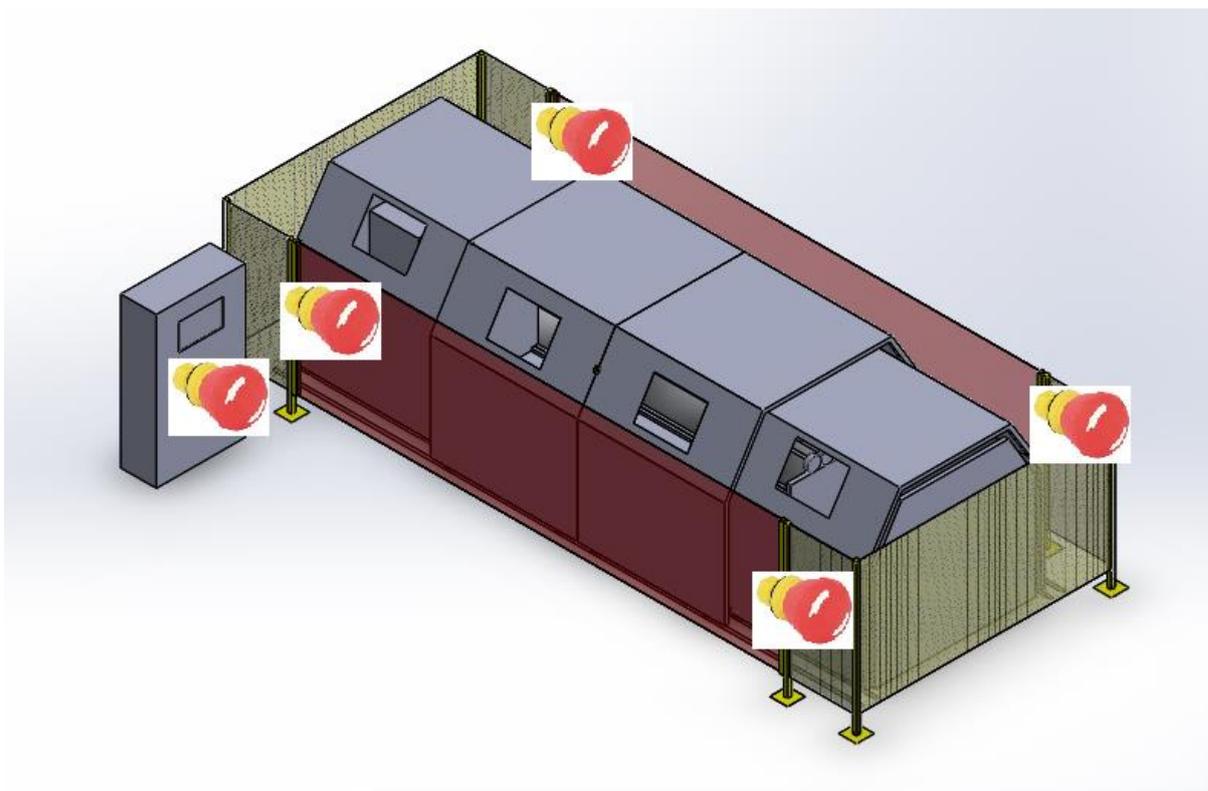


Figura 6: Botão de emergência. Fonte: Catálogo Rockwell automation, 2008.

No Quadro 22 está apresentada a avaliação HRN para a situação proposta.

<b>Botão de emergência</b>		
Quadro HRN	Antes	Depois
Probabilidade de exposição (PE)	5	0,03
Frequência de exposição (FE)	5	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	6	6
Número de pessoas expostas (NP)	1	1
Valor do HRN Classificado	<b>150</b>	<b>0,9</b>
Classificação	<b>Risco, Muito alto</b>	<b>Risco, Aceitável</b>

Quadro 22 – HRN do sistema de parada de emergência na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20

#### 4.5. RESET MANUAL DO SISTEMA DE SEGURANÇA

Os itens 12.40 e 12.63 da NR-12 requerem um reset manual do sistema de segurança após alguma intervenção e este só pode ser rearmado após a correção do evento que ocasionou a parada de emergência. A localização desse rearme deve ser em local que possa visualizar toda a área protegida pelo sistema que originou a parada.

Para atendimento desse item propõe-se a instalação de um botão de reset junto ao painel do equipamento, possibilitando que o operador visualize todo o equipamento. Após correção da falha recoloca-se o equipamento em funcionamento, conforme especifica a NR-12.

A seguir a Figura 7 demonstra o modelo de reset manual a ser usado.



Figura 7: Botão de reset manual. Fonte: Catálogo Rockwell automation, 2008.

O Quadro 23 apresenta a avaliação HRN para a situação proposta.

<b>Botão de reset</b>		
<b>Quadro HRN</b>	<b>Antes</b>	<b>Depois</b>
Probabilidade de exposição (PE)	5	0,03
Frequência de exposição (FE)	5	5
Probabilidade máxima de perda (GPD)	6	6
Número de pessoas expostas (NP)	1	1
Valor do HRN Classificado	<b>150</b>	<b>0,9</b>
Classificação	<b>Risco, Muito alto</b>	<b>Risco, Aceitável</b>

Quadro 23 – HRN do sistema de reset manual na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20

#### 4.6. SINALIZAÇÕES DE SEGURANÇA

Os itens 12.116 ao 12.124.1 da NR-12 tratam das sinalizações de segurança, que devem indicar claramente os riscos expostos. Estas sinalizações são importantes para alertar os trabalhadores quanto aos perigos no equipamento.

Para o cumprimento do item 12.121, recomenda-se a instalação de um sinaleiro luminoso e uma sirene, para identificar que o equipamento está em

funcionamento. Esses sinaleiros devem ligar quando o equipamento começar a fazer o balanceamento.

A Figura 8 ilustra o sinaleiro audiovisual.



Figura 8: Sinaleiro. Fonte: Catálogo Eaton, 2009.

Também para atendimento da norma, deverá ser sinalizado o painel elétrico com o aviso de choque elétrico e maior tensão aplicada, conforme Figura 9 e 10.



Figura 9: Sinalização choque elétrico. Fonte: Catálogo Seton, 2014.

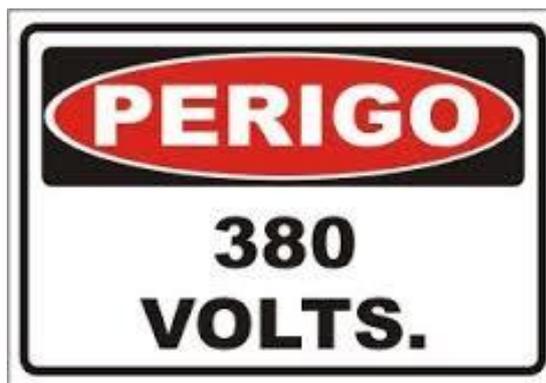


Figura 10: Sinalização de maior tensão aplicada. Fonte: Catálogo Seton, 2014.

Nas partes moveis que podem ocorrer esmagamento deverá ser identificado esse risco, conforme Figura 11.



Figura 11: Sinalização de esmagamento de mãos. Fonte: Catálogo Seton, 2014.

É necessária a identificação dos botões de emergência com o texto “EMERGÊNCIA”, a Figura 13 demonstra a indicação recomendada.



Figura 12: Sinalização de botão de emergência. Fonte: Catálogo Seton, 2014.

#### 4.7. CAPACITAÇÃO DE FUNCIONÁRIOS

Os itens 12.135 a 12.147.2 da NR-12 tratam sobre capacitação dos funcionários para operação de máquinas e equipamentos. Os funcionários tanto para operação quanto para manutenção, devem ser treinados por profissionais capacitados e esse treinamento deve ser teórico e prático, com uma carga horária suficiente para sanar as dúvidas referentes à operação e aos perigos existentes na máquina. Para validação do treinamento deve-se fazer uma avaliação, ter registros do conteúdo passado, data, hora, duração, e nome do instrutor.

#### 4.8. DOCUMENTAÇÃO

Para completar a adequação, propõe-se gerar toda a documentação do equipamento, contendo esquemas elétricos e hidráulicos, manuais dos componentes utilizados, laudos de conformidade fornecidos por um especialista, manuais de operação, ARTs de projeto e execução das alterações realizadas, plano de inspeção diário, planos de manutenções preventivas. Toda a documentação deve atender aos requisitos da empresa usuária do equipamento (Govaski, 2015).

## 5. CONCLUSÕES.

Devido ao grande número de acidentes no trabalho e ao atendimento de legislações trabalhistas, as empresas buscam equipamentos mais seguros e adequados a NR-12. Dessa forma, pode-se destacar a importância da adequação de equipamentos essa necessidade motivou o estudo e o desenvolvimento do trabalho apresentado.

Para o desenvolvimento do trabalho e para chegar aos objetivos propostos, foi necessário estudo aprofundado sobre as normas aplicáveis, analisando cada necessidade de melhoria e adequação do Balanceador, visando, minimizando os riscos que o equipamento oferece ao operador e às pessoas que trabalham nas proximidades.

Os objetivos do trabalho foram atingidos, havendo pontos de não conformidade analisados e evidenciados, por meio de uma técnica de análise de riscos (HRN). Após essa análise foi feito um estudo para a minimização desses riscos e aplicado o mesmo método para evidenciar a diminuição do risco a níveis aceitáveis com as adequações implantadas (Quadro 24).

<b>Comparação HRN após a proposta</b>		
	Antes	Depois
<b>Esmagamento com a porta</b>		
Valor do HRN classificado	160	0,6
Classificação	Risco Muito alto	Risco Aceitável
<b>Área interna do balanceador</b>		
Valor do HRN classificado	600	2,25
Classificação	Risco Extremo	Risco Muito baixo
<b>Sensor de porta fechada</b>		
Valor do HRN classificado	240	0,9
Classificação	Risco Muito alto	Risco Aceitável
<b>Botão de emergência</b>		
Valor do HRN classificado	150	0,9
Classificação	Risco Muito alto	Risco Aceitável
<b>Botão de reset</b>		
Valor do HRN classificado	150	0,9
Classificação	Risco Muito alto	Risco Aceitável

Quadro 24 – HRN do sistema de reset manual na situação proposta. Fonte: Adaptado de Steel, 1990, p.20

O trabalho permitirá que a empresa busque o laudo de adequação, orçamentos de peças e execução da proposta de adequação do equipamento, com especialistas na área, deixando assim o equipamento em conformidade com a legislação brasileira.

Como sugestão de trabalho futuro, fica o desenvolvimento de um orçamento dos itens aplicáveis na adequação e no desenvolvimento prático da proposta, para o atendimento dos requisitos de segurança necessários.

## 6. REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ASSOCIAÇÃO BRASILEIRA DE NORMAS TÉCNICAS. NBR 6023 (NB 66): **Informação e documentação**: referências de elaboração. Rio de Janeiro, 2002.

ATLAS, EQUIPE. **Segurança e Medicina do Trabalho**. 74. Edição. 74. ed. São Paulo: Atlas, 2014. 1042 p. ISBN 978-85-224-9209-1.

BECKER, C. A.; PIRES, G. P. E. **Método de avaliação de risco e ferramentas de estimativa de risco utilizados na Europa considerando normativas europeias e o caso brasileiro**: Disponível em: <[http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/risco\\_mte.pdf](http://sectordialogues.org/sites/default/files/acoes/documentos/risco_mte.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2015.

BECKER, E.D. **Curso técnico em segurança do trabalho**: Segurança do trabalho I, Centro de educação profissional Martin Luther. Disponível em: <<http://www.cotemar.com.br/biblioteca/seguranca-do-trabalho/apostila-seguranca-do-trabalho-I.pdf>>. Acesso em: 25 set. 2015.

BRASIL. Lei Nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Altera o capítulo V do título II da consolidação das leis do trabalho (CLP – DEL 5.452, de 1943) relativo a segurança e medicina do trabalho, e dá outras providencias.

\_\_\_\_\_. ABNT NBR 14153:2013. **Segurança de máquinas — Partes de sistemas de comando relacionados à segurança — Princípios gerais para projeto**.

\_\_\_\_\_. Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora Nº 12**. 2013. Disponível em: <[http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4295EFDF0142FC261E820E2C/NR-12%20\(atualizada%202013\)%20III%20-%20\(sem%2030%20meses\).pdf](http://portal.mte.gov.br/data/files/8A7C816A4295EFDF0142FC261E820E2C/NR-12%20(atualizada%202013)%20III%20-%20(sem%2030%20meses).pdf)>. Acesso em: 22 ago. 2015.

CATÁLOGO EATON CORPORATION. **Sirenes e alarmes**. Disponível em: <[http://www.orkan.com.br/arquivos\\_pdf/linha\\_eaton/comando\\_sinalizacao/botoes\\_de\\_comando/Orkan\\_LinhaEaton\\_Sirenes\\_e\\_Alarmes.pdf](http://www.orkan.com.br/arquivos_pdf/linha_eaton/comando_sinalizacao/botoes_de_comando/Orkan_LinhaEaton_Sirenes_e_Alarmes.pdf)>. Acesso em: 25 set. 2015.

CATÁLOGO ROCKWELL AUTOMATION. **Chaves de segurança**: segurança e produtividade aprimoradas. Disponível em: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br002\\_-pt-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br002_-pt-p.pdf)>. Acesso em: 18 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **Dispositivos de segurança de detecção de presença**: segurança e produtividade otimizadas. Disponível em: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br001\\_-pt-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br001_-pt-p.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **Dispositivos de segurança de detecção de presença**: segurança e produtividade otimizadas. Disponível em: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br001\\_-pt-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/glsafe-br001_-pt-p.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **A linha de produtos que economiza tempo**: operadores especiais. Disponível em: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/800f-br001\\_-pt-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/800f-br001_-pt-p.pdf)>. Acesso em: 26 ago. 2015.

\_\_\_\_\_. **Evite deslizamentos comuns de segurança:** paradas de emergência e blocos de contato. Disponível em: <[http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/safety-br001\\_pt-p.pdf](http://literature.rockwellautomation.com/idc/groups/literature/documents/br/safety-br001_pt-p.pdf)>. Acesso em: 23 ago. 2015.

CATÁLOGO SETON: Barrueri-SP. Disponível em: <<http://www.seton.com.br/placas-e-etiquetas.html>>. Acesso em: 18 set. 2015.

GOVASKI. **Proposta de adequação de uma prensa hidráulica à NR-12: 2014.** Graduação – Faculdade Horizontina, FAHOR, Horizontina, 2014.

HOFMANN. **Balanceadoras computadorizadas horizontais.** Disponível em: <<http://www.hofmann.com.br/produtos/linha-industrial/balanceadoras-computadorizadas-horizontais.aspx>>. Acesso em: 20 set. 2015.

Mapa de risco. Belo Horizonte: O Estado de Minas Gerais. Disponível em: <[http://www1.pucminas.br/imagdb/documento/DOC\\_DSC\\_NOME\\_ARQUI20081104143622.pdf](http://www1.pucminas.br/imagdb/documento/DOC_DSC_NOME_ARQUI20081104143622.pdf)>. Acesso em: 19 set. 2015.

MICHELS, L. B.; SCHASEFFER, L.; GRUBER, V.; AMÉRICO, R. **Modificações técnicas em prensas hidráulicas de conformação para adequação à norma brasileira NR-12: 2014.** Universidade Federal do Rio Grande do Sul, 2014. Disponível em: <<http://www.ufrgs.br/ldtm/publicacoes/Michelsmodificacao.pdf>>. Acesso em: 21 ago. 2015.

SCHENCK DO BRASIL IND. E COM. LTDA. **Manual Técnico H4U,** São Paulo. 2001.

SOUSA. Critérios para a avaliação ambiental de agrotóxicos no Brasil. In: Fórum adequação fitossanitária, Jaguariúna, 2013. Disponível em: <[http://www.cnpma.embrapa.br/down\\_site/forum/2013/agrotoxicos/palestras/Forum2013\\_DA\\_NILOSUSA.pdf](http://www.cnpma.embrapa.br/down_site/forum/2013/agrotoxicos/palestras/Forum2013_DA_NILOSUSA.pdf)>. Acesso em: 14 set. 2015.

STEEL, Chris. Risk Estimation Techniques. **The Safety & Health Practitioner.** 1990.