



Rodrigo Venites

**ADEQUAÇÕES DE SEGURANÇA E MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS EM
MÁQUINA DE ANÁLISE VIBRATÓRIA**

Horizontina-RS

2022

Rodrigo Venites

**ADEQUAÇÕES DE SEGURANÇA E MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS EM
MÁQUINA DE ANÁLISE VIBRATÓRIA**

Trabalho Final de Curso apresentado como requisito parcial para obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Faculdade Horizontina, sob a orientação do Prof., Me. Luis Carlos Wachholz.

Horizontina-RS

2022

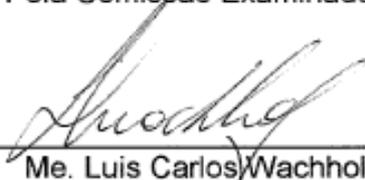
A Comissão Examinadora, abaixo assinada,
aprova o trabalho final de curso

**ADEQUAÇÕES DE SEGURANÇA E MOVIMENTAÇÃO DE CARGAS
EM MÁQUINA DE ANÁLISE VIBRATÓRIA**

Elaborada por:
RODRIGO VENITES

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

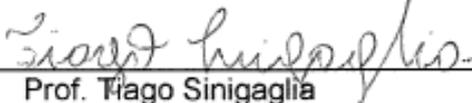
Aprovado em: 06/12/2022
Pela Comissão Examinadora



Me. Luis Carlos Wachholz
Presidente da Comissão Examinadora - Orientador



Prof. Eliane Garlet
FAHOR – Faculdade Horizontina



Prof. Tiago Sinigaglia
FAHOR – Faculdade Horizontina

**Horizontina - RS
2022**

À Deus por ter me dado a oportunidade de realizar este sonho. A meus pais por sempre estarem ao meu lado me dando suporte e apoio. Minha esposa pela paciência, por sempre acreditar em mim, não medindo esforço nenhum a me incentivar a cada dia para essa realização tão importante. A meus filhos por todo amor e compreensão por eu não estar presente em alguns momentos por questões de estudo.

A todos que sempre acreditaram em mim, me apoiaram e estiveram sempre ao meu lado para a conquista desta formação, oferto todo meu empenho e agradeço pela força e esperança que a mim depositaram.

“Alguns homens veem as coisas como são, e dizem ‘Por quê?’

Eu sonho com as coisas que nunca foram e digo ‘Por que não?’” (George Bernard Shaw).

RESUMO

Os processos de produção de uma empresa devem garantir a segurança e a saúde do operador, visando assiduidade do local de trabalho, qualidade e eficiência na execução das atividades. O estudo se realiza no setor de análise de vibrações de uma empresa, e a máquina objeto do estudo é um balanceador de eixos rotores, a qual se busca adequações de segurança e desenvolvimento de um sistema de movimentação e elevação de cargas. Os conhecimentos na área se referenciam em bibliografias de autores e os métodos invertidos são, a análise das atividades desempenhadas pela máquina, identificação de seus limites, ranqueamento, avaliação e validação dos riscos e perigos através do método *Harzard Rating Number* (HRN). As necessidades de melhorias e adequações, identificadas são aplicação de portas de segurança, e criação de um guindaste fixo de coluna giratória. Os projetos conceitual, preliminar e detalhado, juntamente com as simulações computacionais, vislumbram as características e especificações dos produtos finais e o resultado obtido é o desenvolvimento dos produtos, vindo ao encontro dos objetivos pretendidos. A aplicação da validação através do método HRN aos mesmos torna-se enfatizado o sucesso da execução e promoção das melhorias almejadas.

Palavras-chave: Análise de riscos. Adequações de segurança em máquina. Segurança no trabalho.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1 – Demonstrativo de estrutura de um balanceador	19
Figura 2 – Modelo Porta de Segurança	19
Figura 3 – Guindaste fixo de coluna giratória	21
Figura 4 – Carro Trole.....	21
Figura 5 – Talha manual	22
Figura 6 – Fluxograma Análise de Riscos	24
Figura 7 – Categorias de Riscos.....	24
Figura 8 – Modelo de metodologia	28
Figura 9 – Fluxograma análise de riscos e necessidades de melhorias	29
Figura 10 – Croqui portas de segurança.....	33
Figura 11 – Croqui Guindaste.....	34
Figura 12 – Esboço Preliminar (portas)	35
Figura 13 – Esboço Preliminar (guindaste).....	36
Figura 14 – Esboço 3D - Portas.....	37
Figura 15 – Sensores.....	37
Figura 16 – Suporte e guias.....	38
Figura 17 – Corrediças	38
Figura 18 – Fechamento lateral	39
Figura 19 – Formato final portas de segurança	39
Figura 20 – Vista explodida (sistema de portas de segurança).	40
Figura 21 – Base de apoio.....	40
Figura 22 – Haste	41
Figura 23 – Viga “I”	41
Figura 24 – Bucha de sustentação	42
Figura 25 – Conjunto montado guindaste.....	42
Figura 26 – Carro Trole.....	43
Figura 27 – Especificações.....	43
Figura 28 – Talha manual	44
Figura 29 – Demonstração picador de colheitadeira e formato de faca.....	45
Figura 30 – Fixação e força aplicada.....	47
Figura 31 – Resultado de Simulação para tensão (Portas de segurança).....	48
Figura 32 – Deslocamento.....	49

Figura 33 – Deformação Equivalente perceptível	50
Figura 34 – Fixações e forças aplicadas em guindaste	51
Figura 35 – Tensão - Guindaste	52
Figura 36 – Deslocamento Estrutural.....	53
Figura 37 – Deformação	54
Figura 38 – Portas	55
Figura 39 – Sensoriamento e segurança	56
Figura 40 – Circuito elétrico	56
Figura 41 – Estrutura	57
Figura 42 – Conjunto montado	57

LISTA DE QUADROS

Quadro 1 – LO (Probabilidade de Ocorrência)	25
Quadro 2 – FE (Frequência de Exposição)	26
Quadro 3 – DPH (Grau Possível de Lesão)	26
Quadro 4 – NP (Número de Pessoas sob Risco)	26
Quadro 5 – HRN – Resultados	26
Quadro 6 – Especificações da Talha manual	44

LISTA DE ABREVIATURAS E/OU SIGLAS

(MTE) - Ministério do Trabalho e Emprego

(NRs) - Normas Regulamentadoras

CLT - Consolidação das Leis do Trabalho

MTb – Ministério do Trabalho

OIT - Organização Internacional do Trabalho

APR – Análise Preliminar de Riscos

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

mm – Milímetros

SUMÁRIO

1 INTRODUÇÃO	12
1.1 TEMA	12
1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA	13
1.3 PROBLEMA DE PESQUISA	13
1.4 HIPÓTESES	13
1.5 JUSTIFICATIVA	13
1.6 OBJETIVOS	14
1.6.1 objetivo geral	14
1.6.2 objetivos específicos	14
2 REVISÃO DA LITERATURA	16
2.1 SEGURANÇA NO TRABALHO	16
2.2 NORMAS REGULAMENTADORAS VOLTADAS A SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO	16
2.2.1 Norma Regulamentadora Nr-11	17
2.2.2 Norma Regulamentadora Nr-12	17
2.3 EQUIPAMENTO DE ANÁLISE VIBRATÓRIA (BALANCEADOR)	18
2.4 PORTAS DE SEGURANÇA	19
2.5 MOVIMENTAÇÃO E ELEVAÇÃO DE CARGAS	20
2.5.1 Guindaste Fixo De Coluna Giratória	20
2.5.2 Mecânismo De Translação Sobre A Coluna Horizontal	21
2.5.3 Talha Manual	22
2.6 AÇO SAE 1020	22
2.7 SOFTWARE DE APOIO AO ESTUDO	23
2.8 ANÁLISE DE RISCOS	23
2.9 CATEGORIZAÇÃO DOS RISCOS	24
2.10 CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS ATRAVÉS DO MÉTODO (HRN) <i>HARZARD</i> <i>RATING NUMBER</i>	25
3 METODOLOGIA	27
3.1 MÉTODOS E PRÁTICAS ADOTADOS	27
4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS	29
4.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES	29
4.1.1 Fluxograma Das Necessidades	29
4.1.2 Categorização Dos Riscos	30
4.1.3 Aplicação Do Método (Hrn) <i>Harzard Rating Number</i>	31
4.2 PROPOSTAS DE MELHORIAS	32
4.2.1 Projeto Conceitual	33
4.2.2 Projeto Preliminar	35
4.2.3 Projeto Detalhado	36
4.2.4 Análise Estrutural E Simulações	44
4.3 IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS	54
5 VALIDAÇÃO	58
CONCLUSÕES	60
REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	61

1 INTRODUÇÃO

Propiciar um ambiente saudável, sem que haja a exposição de riscos no desencadear das atividades, com a utilização de máquinas e equipamentos, remete a uma maior atenção por parte das empresas. Acidentes com morte são episódios constantes em ambientes de trabalho e fazem parte do cenário trabalhista, muitas vezes ocorridos em instituições onde há presença de equipamentos de alta periculosidade (BAHLS, 2013).

O objeto de estudo é uma máquina de análise vibratória denominada balanceador, aplicada para o balanceamento de rotores de máquinas e equipamentos agrícolas, sendo analisado sua aplicação, especificidades, forma estrutural, garantia de eficiência, se expõem riscos a integridade física e mental do operador, denegrindo a segurança no trabalho, buscando analisar a capacidade de adequações e melhorias. O estudo reporta também o desenvolvimento de um sistema de movimentação e elevação de cargas com finalidades de uso no mesmo equipamento.

Atendo-se a preservação da saúde dos colaboradores o Ministério do Trabalho e Emprego (MTE) passa a reforçar a fiscalização, através de Normas Regulamentadoras (NRs), como forma de instruções, adequações, e melhorias da segurança do trabalho na qual, a norma NR 12 é a que visa a segurança no trabalho em máquinas e equipamentos (CORRÊA, 2011). Para a análise do processo de movimentação e elevação de cargas sobre o equipamento em estudo, se utiliza como base o conteúdo da Norma Regulamentadora NR-11.

O desenvolvimento do estudo visa, a adequação em uma máquina, proporcionando, prevenção de acidentes, rendimento, praticidade e qualidade, assegurando a saúde e bem estar do colaborador.

1.1 TEMA

Adequações em uma máquina de análise vibratória com ênfase em segurança no trabalho.

1.2 DELIMITAÇÃO DO TEMA

Adequações aplicadas no intuito de melhorias na segurança do trabalho, e desenvolvimento de um sistema de elevação e movimentação de cargas, aplicados a uma máquina de análise vibratória, com base na norma regulamentadora NR-12.

1.3 PROBLEMA DE PESQUISA

A máquina é deficitária em termos de segurança no trabalho, expõem riscos à saúde do colaborador, não possui barreiras de proteção, apresenta riscos ergonômicos, as atividades de movimentação e elevação de cargas requerem um grande esforço manual, sendo a problemática: Como desenvolver adaptações de segurança e concepção de um sistema de movimentação e elevação de cargas, para o ajuste e aprimoramento das atividades desenvolvidas, por uma máquina de análise vibratória?

1.4 HIPÓTESES

- a) Adaptar a máquina de análise de vibrações, fornecendo um processo com benefícios de segurança e bem estar ao colaborador, proporcionando, rendimento e qualidade aos resultados da atividade, sem causar danos à saúde do mesmo;
- b) Empregando um sistema de elevação e movimentação de cargas, a máquina em questão proporciona, praticidade, rendimento, agilidade ao processo, e benefícios a saúde do operador.

1.5 JUSTIFICATIVA

Criar um ambiente de trabalho que forneça um bem estar, acesso e manuseio facilitado ao processo, que vise a segurança do colaborador é de suma importância por parte das empresas.

Á máquina pode ser considerada o centro da indústria, onde se deve diminuir os esforços dos trabalhadores, para assim aumentar a qualidade e a produtividade (SOUZA, 2014). Com a análise e estudo dos processos de cada máquina é possível

identificar adequações benéficas aos processos, garantindo melhor execução e resultados.

A atribuição de melhorias e adequações a máquinas contribuem para a diminuição dos casos de acidentes e mortes no ambiente de trabalho, que são parte do cenário trabalhista aplicados principalmente em locais que trabalham com equipamentos de alta periculosidade como o setor de usinagem (COELHO JUNIOR, et al, 2018).

A mortalidade por acidentes de trabalho coloca o Brasil em segundo lugar no *ranking* dos países que integram o G20 (BASILIO, 2021). O G20 é um grupo criado pelos bancos centrais e ministros de finanças de 19 países de maior economia do mundo e a União Europeia. Essa colocação põem os Brasileiros a repensarem seus métodos e processos de trabalho. Vindo ao encontro dessa assertiva, o projeto visa à aplicação de melhorias, no quesito de segurança ao colaborador que opera uma máquina de análise vibratória, desenvolvida sob demanda, e no momento em que foi constituída, não se pensou em adequá-la em relação a normas de segurança, como a NR-12, não proporcionando segurança e saúde do operador.

Com o propósito de minimizar os esforços com o desempenho das atividades, formando um espaço de trabalho seguro ao colaborador, para que não haja acidentes, até mesmo sua morte, se desenvolve o presente estudo, indo ao encontro dos objetivos levantados.

1.6 OBJETIVOS

1.6.1 Objetivo geral

Compreender o desenvolvimento das atividades da máquina, identificar e avaliar possíveis riscos e perigos que apresenta, afim de aplicar melhorias e adequações a segurança do trabalho e desenvolvimento de um sistema de movimentação e elevação de cargas.

1.6.2 Objetivos específicos

- Utilizar as ferramentas de análise de riscos;

- Aplicar métodos para quantificar os riscos e propor melhorias para gerar indicadores que se aproximam do resultado 0 (zero), anulando os mesmos;
- Desenvolver as implementações de adequações de segurança no trabalho averiguadas, qualificando o processo das atividades, obtendo resultados benéficos para a empresa;
- Executar o estudo de imediato se ocupando de um tempo mínimo para o término e posterior validação.

2 REVISÃO DA LITERATURA

2.1 SEGURANÇA NO TRABALHO

Ao valer-se das aptidões da segurança do trabalho, as condições os métodos e processos de desenvolvimento das atividades, passam a ser expostas, em modelos melhorados, elevando a moral e auto estima dos colaboradores, criando um espaço produtivo e satisfatório, resultando em uma melhor produtividade, conseqüentemente, promovendo rendimentos e lucros (CHAVES, 2014).

Compreende-se por Segurança do trabalho um conjunto de medidas adotadas com o objetivo de minimizar ou eliminar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade e a capacidade de trabalho do trabalhador. (BRISTOT, 2019, p 10).

2.2 NORMAS REGULAMENTADORAS VOLTADAS A SEGURANÇA E SAÚDE DO TRABALHO

A legislação de segurança do trabalho no Brasil, está abarcada por Normas Regulamentadoras (NRs), dispostas em leis complementares, formalizadas por portarias, decretos e convenções internacionais do Trabalho (BRISTOT, 2019).

As Normas Regulamentadoras (NR) são disposições complementares ao Capítulo V (Da Segurança e da Medicina do Trabalho) do Título II da Consolidação das Leis do Trabalho (CLT), com redação dada pela Lei nº 6.514, de 22 de dezembro de 1977. Consistem em obrigações, direitos e deveres a serem cumpridos por empregadores e trabalhadores com o objetivo de garantir trabalho seguro e sadio, prevenindo a ocorrência de doenças e acidentes de trabalho (BRASIL, 2020).

Iniciaram-se as publicações das normas regulamentadoras em 8 de junho de 1978 pela portaria MTb – Ministério do Trabalho, número 3.214, o restante delas foram surgindo ao longo do tempo. A elaboração e a revisão das mesmas são preconizadas pela OIT - Organização Internacional do Trabalho através de comissões formadas por representantes do governo, de empregados e de trabalhadores, (BRASIL, 2020).

2.2.1 Norma Regulamentadora NR-11

De acordo com Portal tributário publicações e consultoria ltda, (2022) todos os equipamentos dispostos a desenvolver a movimentação de materiais sejam eles guinchos, esteiras rolantes, empilhadeiras, talhas, guindastes, elevadores de cargas ou demais transportadores de cargas, devem ser desenvolvidos oferecendo garantias de segurança, sendo resistentes e conservados, afim de atenderem as condições de trabalho, dando ênfase a cabos de aço, correntes, roldanas, cordas e ganchos, sendo fiscalizados constantemente, verificando possíveis falhas e defeitos, afim de serem reparados, ou até mesmo trocados. É importante que esses equipamentos possuam indicação da carga máxima de trabalho, para que não seja excedido, danificando o equipamento, resultando e riscos ao trabalhador.

2.2.2 Norma Regulamentadora NR-12

Como forma de desenvolver um ambiente livre de acidentes no local de trabalho, contempla-se as palavras de Hoepfner (2012), que descreve a NR-12, cria medidas de prevenção de segurança e higiene do trabalho, a serem adotados pelas empresas no que se refere a instalação, operação e manutenção de máquinas e equipamentos, prevenindo a questão de acidentes de trabalho.

ABIMAQ (2019), menciona a lei que rege a segurança e medicina do trabalho, a lei 6514, de 22 de dezembro de 1977, e o embasamento legal que norteia a norma NR-12, se encontra nos artigos 184, 185 e 186 da CLT, conforme citado abaixo:

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.

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 (ABIMAQ, 2019 p 10-11).

A norma regulamentadora NR-12 tem sua ênfase voltada a garantia que máquinas possuam proteções contra acidentes desde o seu projeto, montagem, instalação e manutenção não possuindo distinção entre máquinas novas ou usadas todas devem assegurar a saúde de seus operadores (COELHO JUNIOR; SOUZA; SANTOS, 2018).

2.3 EQUIPAMENTO DE ANÁLISE VIBRATÓRIA (BALANCEADOR)

Com a análise das vibrações é possível verificar possíveis falhas, em componentes mecânicos das máquinas tais como rolamentos danificados folgas e rotores desbalanceados (FAGUNDES et al, 2019).

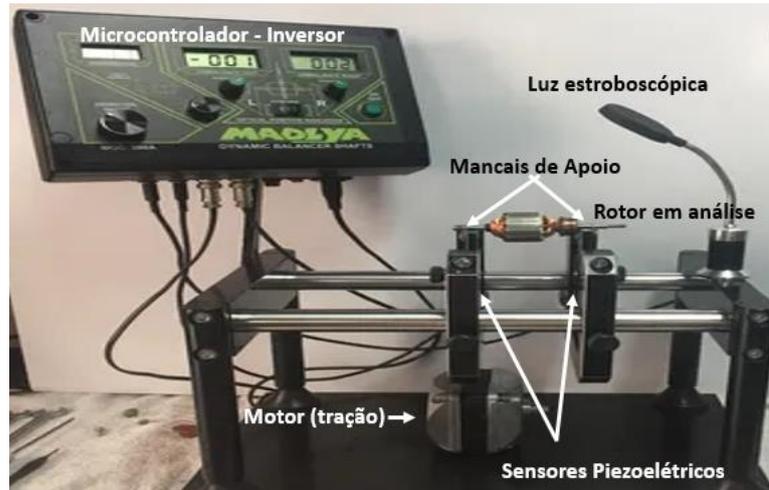
Qualquer movimento que se repita após um intervalo de tempo é denominado vibração ou oscilação. O balançar de um pêndulo e o movimento de uma corda dedilhada são exemplos típicos de vibração. A teoria da vibração trata do estudo de movimento oscilatórios de corpos e as forças associadas a eles (RAO 2018, p 06).

Balanceador é um sistema elétrico utilizado para detectar automaticamente o desbalanceamento em eixos mecânicos de máquinas (RASIA et al, 2014).

O desbalanceamento é a distribuição assimétrica de massa em torno do eixo de rotação do sistema causado por diferentes fontes, como por exemplo: configuração assimétrica, inclusões ou vazios em peças forjadas ou fundidas, distorções permanentes térmicas ou devido a esforços mecânicos, incrustações de materiais indesejáveis, empenamento do eixo, desalinhamento entre seus componentes, folga nos mancais, desgaste ou corrosão ao longo do tempo (RASIA et al, 2014, p.1227).

A máquina de análise vibratória (Figura 1), possui uma estrutura de ferro possuindo um motor trifásico e um inversor, o motor desenvolve o giro do eixo, o mesmo é montado sobre mancais, na parte inferior aos mancais são acoplados sensores piezoelétricos, a caixa com o inversor é responsável pela leitura e interpretação dos sinais provindos dos sensores, identificando o local de desbalanceamento, demonstrando esse com auxílio de uma luz estroboscópica (RASIA; et al, 2014).

Figura 1 – Demonstrativo de estrutura de um balanceador



Fonte: Mebuscar, 2022

2.4 PORTAS DE SEGURANÇA

Como forma de promoção da saúde do operador de máquinas, as proteções devem impedir prevenindo que qualquer parte do corpo ou vestuário do trabalhador tome contato com as partes móveis e perigosas anulando os riscos de acidentes (VILELA, 2000)

Portas são dispositivos de controle de segurança que possuem uma barreira móvel que protege o operador no ponto de operação antes que dê início ao ciclo da máquina. Portas são projetadas frequentemente para serem operadas com cada ciclo da máquina. (VILELA, 2000, p.19-20).

Figura 2 – Modelo Porta de Segurança



Fonte: ABIMAQ, 2019

A Figura 2 nos traz a representação de um modelo de porta utilizado como barreira de proteção.

2.5 MOVIMENTAÇÃO E ELEVAÇÃO DE CARGAS

Segundo Rudenko (1976), as máquinas de movimentação e elevação são desenvolvidas e utilizadas para mover cargas em vários estabelecimentos, áreas fabris de indústrias, locais de construções e áreas de carga e descarga de produtos em geral.

Todas as máquinas de elevação possuem vantagens onde em um sistema organizado de transporte e movimentação retribui em qualidade ao produto e melhora as condições de trabalho (RUDENKO, 1976).

Estudos são aplicados ao desenvolvimento de máquinas de movimentação e elevação de cargas, para o auxílio na diminuição de esforços físicos, garantindo qualidade de vida e saúde aos funcionários, o não uso desses sistemas, ocasionam problemas ergonômicos, como lesões relacionadas ao trabalho, principalmente em regiões da coluna.

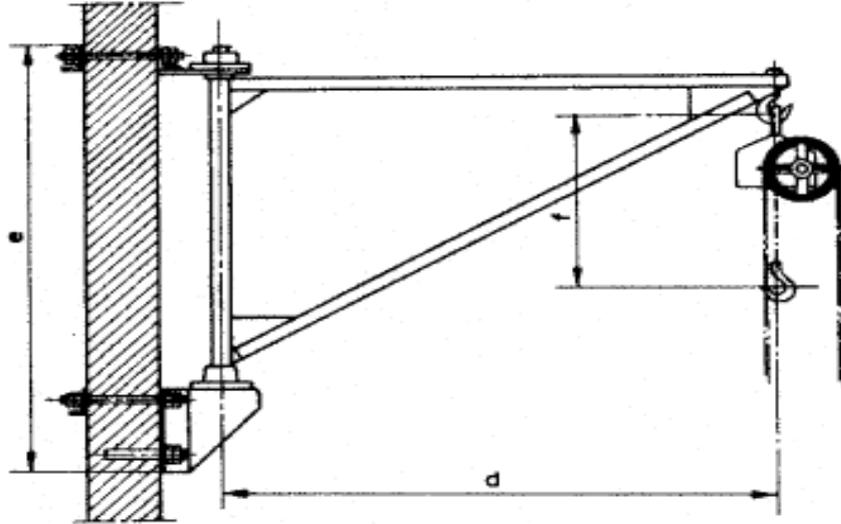
Um exemplo de movimentação e elevação de cargas é os guindastes sendo o mesmo todo e qualquer sistema ou máquina que desenvolve uma elevação e movimentação de carga, e seja dotado de lança possuindo como peça fundamental o guincho (BRASIL, 1985).

2.5.1 Guindaste fixo de coluna giratória

Máquinas de movimentação e elevação de cargas, são desenvolvidas no intuito de promoção de melhoria da saúde do trabalhador, eficiência e rendimento no sistema produtivo, vindo ao encontro dessa afirmação, e como forma de adequações, melhorias para a máquina de análise vibratória, o estudo se aplica no desenvolvimento de um guindaste de coluna giratória.

O guindaste fixo de coluna giratória (Figura 3), é constituído por uma coluna vertical que tem apoio em um mancal inferior que absorve os esforços verticais e horizontais, na parte superior da coluna possui outro mancal, denominado mancal de escora, responsável por receber esforços horizontais, proporcionando um movimento de varredura horizontal, desenvolve o levantamento e as vezes a translação horizontal da carga (BRASIL, 1985).

Figura 3 – Guindaste fixo de coluna giratória



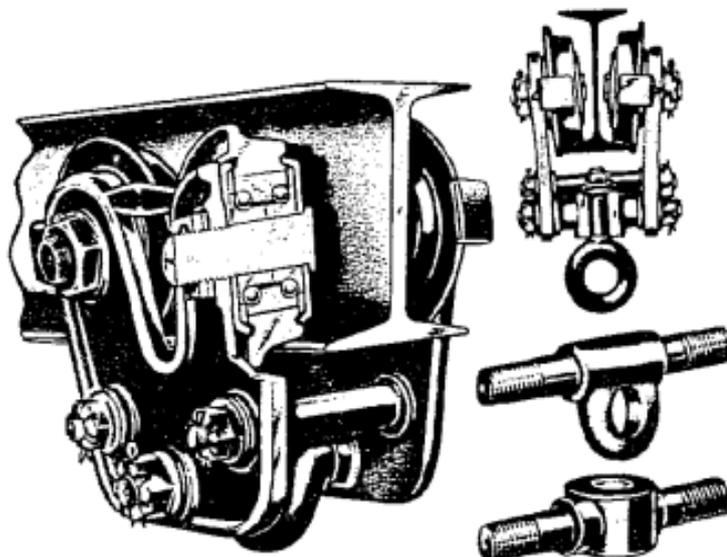
Fonte: Provenza, 1990.

2.5.2 Mecanismo de translação sobre a coluna horizontal

Carro trole (Figura 4) é um equipamento desenvolvido para a movimentação de cargas sobre a coluna horizontal, esse equipamento possui facilidades de instalação e montagem, alta resistência e durabilidade (Menegotti, 2022).

O manual (Menegotti, 2022) nos descreve que o trole é muito utilizado em indústrias, operações portuárias, depósitos, oficina, armazéns entre outros, seu objetivos é facilitar o manuseio de materiais pesados.

Figura 4 – Carro Trole

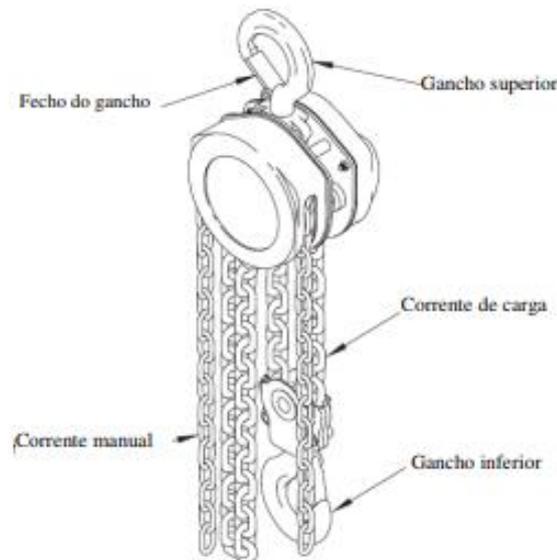


Fonte: Rudenko, 1976.

2.5.3 Talha manual

A talha manual (Figura 5) é um equipamento utilizado para facilitar a movimentação e elevação de cargas no sentido vertical, composta por engrenagens responsáveis em diminuir o esforço manual, aplicado a correntes para o trabalho, possui um gancho dimensionado para o içamento das cargas (VONDER, 2022).

Figura 5 – Talha manual



Fonte: Formulário, 2008.

2.6 AÇO SAE 1020

A escolha dos materiais é muito importante, pois é o mesmo que dará forma a estrutura do projeto, fazendo com que o mesmo satisfaça as características e propriedades propostas.

O principal objetivo do estudo da mecânica dos materiais é proporcionar ao Engenheiro os meios que o habilitem para a análise e projeto de várias estruturas de máquinas, sujeitas a diferentes carregamentos. (BEER; JOHNSTON JR., 1995, p.01)

O aço SAE 1020 possui uma densidade de $7,87 \text{ g/cm}^3$, limite de escoamento de 350 MPa (Mega pascal), resistência a tração é de 420 MPa e seu módulo de elasticidade é de 205 GPa (Giga pascal), (LUZ, 2022).

2.7 SOFTWARE DE APOIO AO ESTUDO

Os *softwares* são desenvolvidos como forma de suporte e apoio ao desenvolvimento de projetos, onde através do mesmo se pode dimensionar, visualizar, e testar, antes do desenvolvimento real do mesmo verificando o funcionamento e possíveis ajustes de melhorias.

O *Software Solidworks*, evidenciado pelo Educa mundo, (2022), descreve, ser uma tecnologia chamada CAD (Computer Aided Design), ou seja, desenho assistido por computador, o mesmo tem como base objetos sólidos sendo os mesmos modelados para a criação de uma variedade de arquivos, afim de criar máquinas, verificando seu funcionamento, simular movimentações podendo verificar possíveis falhas, criar animações dos projetos, visualizar os mesmos de maneira realista, através da renderização.

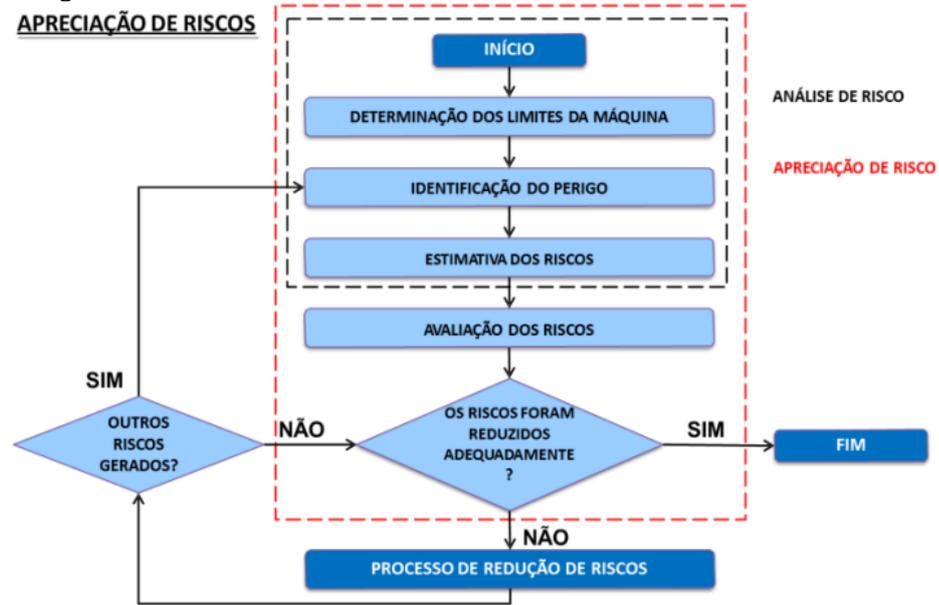
2.8 ANÁLISE DE RISCOS

Como forma de visualizar os riscos que uma máquina pode apresentar, se aplica a APR – Análise Preliminar de Riscos, que segundo Nicolotti (2018) se desenvolve levantando os riscos que o operador pode estar exposto no desenvolver a atividade, verificando os sistemas, tais como, elétricos, hidráulicos, automação e controle, pneumáticos, motrizes e manuais.

A análise de riscos é uma análise sistemática, e tem o objetivo de informar quais são os riscos que a máquina e equipamento oferecem, qual é a categoria do risco, quais as medidas de prevenção ou proteção que existem, ou deveriam existir para controlar os riscos, quais as possibilidades dos perigos serem eliminados, e quais são as partes da máquina e equipamento que estão sujeitos a causar lesões e danos. (ABIMAQ, 2019, p.65).

Analisando os riscos Cardella (1999), reporta que a gestão de riscos é em um todo, instrumentos utilizados para planejar, e controlar as atividades. Para suporte a análise de riscos tem-se como base o fluxograma (Figura 6), de ABIMAQ (2019), o qual se inicia determinando os limites da máquina, identificando-se os perigos, estimando-se os riscos, após, se aplica a avaliação da análise apurada, para a tomada de decisão sobre os pontos levantados e assim a posterior busca por melhorias criando um ambiente de trabalho satisfatório e seguro.

Figura 6 – Fluxograma Análise de Riscos

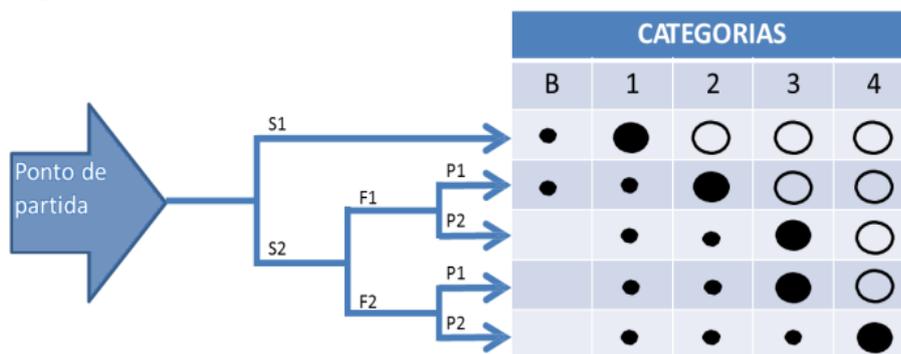


Fonte: Abimaq, 2019.

2.9 CATEGORIZAÇÃO DOS RISCOS

Na continuidade e aprimoramento do estudo o aporte da Figura 7, provindo de ABIMAQ, se utiliza como forma de categorizar os riscos de acordo com a severidade do ferimento, frequência e /ou tempo de exposição ao perigo e possibilidades de evitar o perigo.

Figura 7 – Categorias de Riscos



Severidade do Ferimento	Frequência e/ou tempo de exposição ao perigo	Possibilidade de evitar o perigo P	
S1 – Ferimento leve (normalmente reversíveis)	F1 – Raro a relativamente frequente e/ou baixo tempo de exposição	P1 – Possível sob condições específicas	●
S2 – Ferimento sério (normalmente irreversíveis, incluindo a morte)	F2 – Frequente a contínuo e/ou tempo de exposição longo	P2 – Quase nunca possível	●

CATEGORIAS				
B	1	2	3	4
●	●	○	○	○
●	●	●	○	○
	●	●	●	○
	●	●	●	○
	●	●	●	●

●	●	○	○	○	●	Categorias possíveis que requerem medidas adicionais
●	●	●	○	○	●	Categorias preferenciais para pontos de referência
○	○	○	○	○	○	Medidas que podem ser superdimensionadas para risco relevante

Fonte: Abimaq, 2019

2.10 CLASSIFICAÇÃO DOS RISCOS ATRAVÉS DO MÉTODO (HRN) *HARZARD RATING NUMBER*

Este método classifica um risco de modo a se ter a noção se este é aceitável ou não. O método HRN tem grande eficácia, pois, a partir de um risco identificado, relacionado ao perigo considerado, tem-se uma função da gravidade do dano com a probabilidade de ocorrência deste mesmo dano para um dado número de trabalhadores expostos. (GUTTMAN, 2021).

O método HRN, é utilizado afim de ranquear, mensurar, classificar os riscos, analisando se os mesmos são aceitável, muito baixo, baixo, significativo, alto, muito alto, extremo ou inaceitável, baseando-se na Equação 1:

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP \quad (1)$$

Onde:

LO = Probabilidade de Ocorrência
FE = Frequência de Exposição
DPH = Grau Possível de Lesão
NP = Número de Pessoas Sob Risco

Para cada unidade apresentada na Equação 1, se analisa os parâmetros e variáveis apresentadas nos quadros a seguir conforme a legenda:

- Quadro 1- Probabilidade de Ocorrência (LO)
- Quadro 2- Frequência de Exposição (FE)
- Quadro 3- Grau Possível de Lesão (DPH)
- Quadro 4- Número de Pessoas sob Risco (NP)
- Quadro 5- – Resultados (HRN)

Quadro 1 – LO (Probabilidade de Ocorrência)

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

Fonte: Guttman, 2021

Quadro 2 – FE (Frequência de Exposição)

Frequência da exposição (FE)	
0,5	Anualmente
1	Mensalmente
1,5	Semanalmente
2,5	Diariamente
4	Em termos de hora
5	Constante

Fonte: Guttman, 2021.

Quadro 3 – DPH (Grau Possível de Lesão)

Grau da possível lesão (DPH)	
0,1	Arranhão / Escoriação
0,5	Dilaceração / corte / enfermidade leve
1	Fratura leve de ossos – dedos das mãos / dedos dos pés
2	Fratura grave de osso – mão / braço / perna
4	Perda de 1 ou 2 dedos das mãos / dedos dos pés
8	Amputação de perna / mão, perda parcial da audição ou visão
10	Amputação de 2 pernas ou mãos, perda parcial da audição ou visão em ambos ouvidos ou olhos
12	Enfermidade permanente ou crítica
15	Fatalidade

Fonte: Guttman, 2021.

Quadro 4 – NP (Número de Pessoas sob Risco)

Número de pessoas sob o risco (NP)	
1	1 – 2 pessoas
2	3 – 7 pessoas
4	8 – 15 pessoas
8	16 – 50 pessoas
12	Mais de 50 pessoas

Fonte: Guttman, 2021.

Quadro 5 – HRN – Resultados

HRN		
Resultado	Risco	Avaliação
0 – 1	Aceitável	Considerar possíveis ações. Manter as medidas de proteção
1 – 5	Muito baixo	
5 – 10	Baixo	Garantir que as medidas atuais de proteção são eficazes. Aprimorar com ações complementares.
10 – 50	Significante	
50 – 100	Alto	Devem ser realizadas ações para reduzir ou eliminar o risco. Garantir a implementação de proteções ou dispositivos de segurança.
100 – 500	Muito alto	
500 - 1000	Extremo	Ação imediata para reduzir ou eliminar o risco.
Maior que 1000	Inaceitável	Interromper atividade até eliminação ou redução do risco.

Fonte: Guttman, 2021.

3 METODOLOGIA

Na sequência do estudo, se destaca a metodologia, parte responsável pela descrição dos métodos utilizados, com a finalidade de obtenção dos resultados, vindo ao encontro dos objetivos abordados.

3.1 MÉTODOS E PRÁTICAS ADOTADOS

O estudo possui uma abordagem mista, ou seja, quali-quantitativa, onde para concretizar os objetivos, se obteve as informações, através de pesquisas de forma, descritiva e exploratória.

Com a crescente do desenvolvimento do trabalho, se referenciam na teoria a base do conhecimento, através de bibliografias existentes sobre o assunto, como segurança do trabalho, leitura e interpretação de normas regulamentadoras.

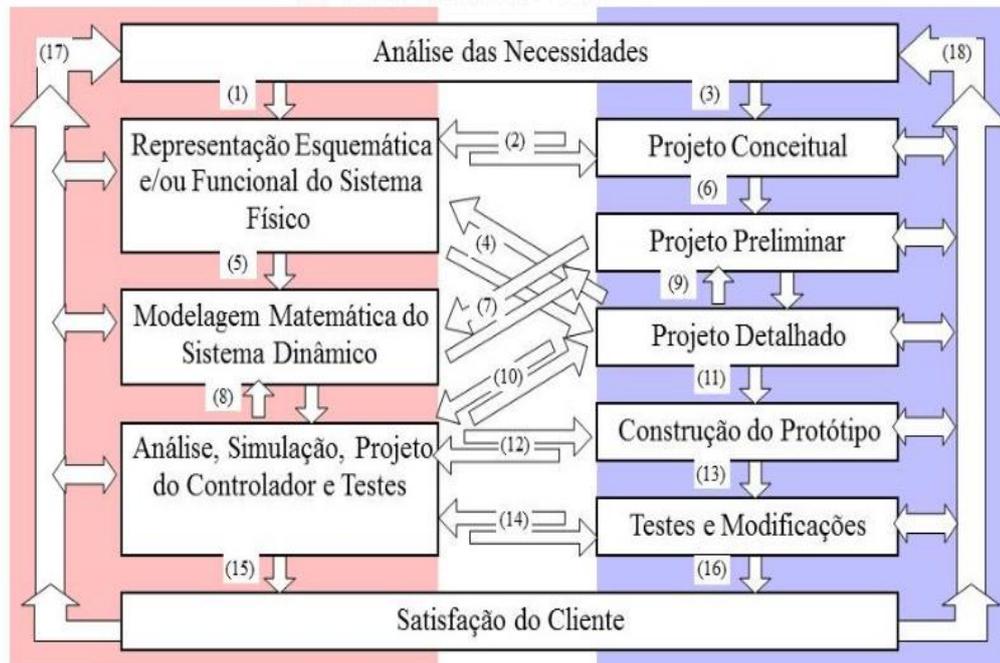
Desenvolvendo o estudo se utiliza fragmentos direcionados da NR 11 aplicada ao transporte, movimentação, armazenagem e manuseio de Materiais, e a NR 12 com ênfase na segurança no trabalho em máquinas e equipamentos, onde as mesmas, propõem a possibilidade de modificações e melhorias, possuindo, atribuições a serem analisadas e aplicadas, como forma de adequações na máquina em estudo.

Contudo, enfatizando a revisão bibliográfica, e para o conhecimento da análise das necessidades ao projeto, se utiliza a análise dos riscos através de uma APR, aplicando o fluxograma de análise de riscos, para assim tomar decisões aos pontos a serem estudados e melhorados.

Identificado os pontos de melhorias, se aplica a categorização dos riscos, como forma de identificação do grau, ou o dano que o mesmo pode acarretar no desempenho da atividade, com os referidos identificados se possibilita a sua mensuração e ranqueamento através do método HRN.

Após identificados os passos mencionados anteriormente se analisa as necessidades e o que é preciso desenvolver para ir ao encontro das adequações buscando melhorias, para isso é utilizado como base a metodologia de Projeto de Máquinas Inteligentes dos autores Antônio Carlos Valdiero e Luiz Antonio Rasia, (Figura 8), equiparando, ao que já se sabe na prática, sobre o funcionamento de uma máquina de análise vibratória denominado balanceador.

Figura 8 – Modelo de metodologia



Fonte: Valdiero; Rasia, 2016.

Utilizando as informações apuradas se estrutura a representação esquemática e/ou funcional do sistema físico, passando ao projeto conceitual, visualizando os conceitos iniciais, como, dimensões do local e da máquina, se inicia a idealização (esboço - croqui) da construção das melhorias (produtos), passando ao projeto preliminar, buscando compreender, como se dará a estrutura do produto, seu dimensionamento, aplica-se a modelagem matemática para a obtenção de dados, visualizando as formas, desenvolvendo desenhos em duas dimensões, os passos são executados, utilizando o suporte computacional, com *software* Solidworks versão estudantil, embasado nos conceitos e características apurados, se inicia o projeto detalhado, apresentando todos os detalhes do produto, os desenhos em terceira dimensão, análises, simulações para posterior construção do produto resultante do estudo e a sua validação, com o desenvolvimento novamente dos método HRN.

4 APRESENTAÇÃO E ANÁLISE DOS RESULTADOS

Referenciando-se a revisão bibliográfica, e metodologia apresentada, o estudo se desenvolveu com a análise aplicada com base na prática das atividades desenvolvidas pela a máquina de análise vibratória (Balanceador).

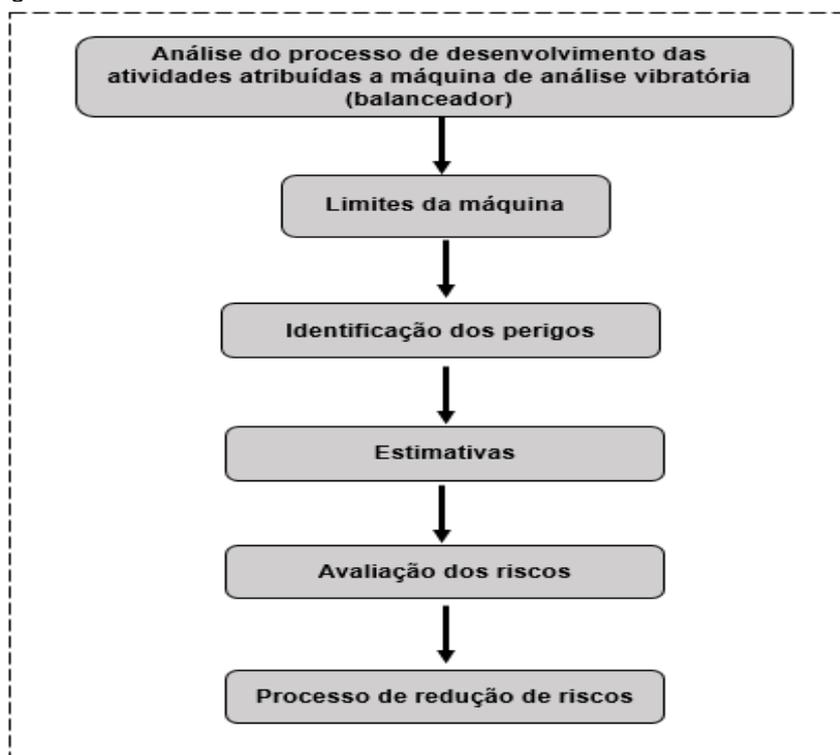
4.1 ANÁLISE DAS NECESSIDADES

A análise das necessidades resultou no levantamento e verificação dos riscos que podem trazer danos à saúde do operador, visualizando medidas de melhorias que se pode assumir para ir ao encontro das necessidades apuradas.

4.1.1 Fluxograma das necessidades

Aplicando ao estudo o fluxograma baseado na figura 9 - Análise de Riscos, apresentado no Capítulo 2, se gerou o Fluxograma Análise de Riscos e Necessidades de Melhorias, onde se apurou os riscos que a máquina oferece, e as necessidades que devem ser tomadas, com ênfase, na melhoria do processo.

Figura 9 – Fluxograma análise de riscos e necessidades de melhorias



Fonte: Adaptado de ABIMAQ, 2019

Analisando o processo de desenvolvimento das atividades atribuídas a máquina de análise vibratória (balanceador), constata-se que o rotor a ser analisado trata-se de um “picador de palhada”, um componente de colheitadeira de grãos com a função de triturar (picar) a palhada a ser descartada do processo, após a extração do grão. O mesmo é composto por inúmeras facas, sendo as mesmas inspecionadas antes de iniciar o processo de balanceamento, para verificação de possíveis avarias que necessitam de reparos.

Verifica-se posteriormente os limites da máquina, destacando a operação da mesma em regime de rotação por minuto elevada, podendo o rotor atingir 2035 rotações por minuto, sendo isso um agravante a saúde do operador pois o mesmo se apresenta exposto ao risco, uma vez que há a inexistência de proteções. Destaca-se também como um limite da máquina a inexistência de um sistema de movimentação e elevação de cargas, onde se executa o levantamento das cargas (rotor a ser analisado), manualmente.

Com a identificação dos limites da máquina, se aponta os perigos que a mesma propicia ao operador, ao desempenhar as atividades, sendo os mesmos, a exposição a acidentes por arremessos de objetos, arraste do operador, também se estima ocasionar doenças ocupacionais ao operador, podendo haver dilaceração de membros, ou até mesmo a morte, por não apresentar portas de segurança.

Outra questão implícita são os riscos ergonômicos, como postura inadequada, devido ao içamento de cargas manualmente, podendo ocasionar problemas de coluna, por não haver um sistema de movimentação e elevação de cargas que satisfaça a produção. Desenvolvendo a avaliação dos riscos e para o processo de redução dos mesmos, denota-se a necessidade de implementação de barreiras de proteção ao operador e a implementação de um sistema de movimentação e elevação de cargas.

4.1.2 Categorização dos riscos

Para categorizar os riscos averiguados no Fluxograma análise de riscos e necessidades de melhorias, procedeu como resultado o apontamento para a categoria de riscos possíveis que requerem medidas adicionais e categorias preferenciais para pontos de referência, (fundamentado conforme a Figura 7 - Categorias de Riscos apresentado no Capítulo 2), levando em consideração os riscos que podem ocasionar

ferimentos sérios (normalmente irreversível incluindo a morte), ou seja, grau S2. A frequência de exposição ao perigo se identificou como F2, podendo ser, frequente a contínuo, e/ou tempo de exposição longo, a possibilidade de evitar o perigo se apresenta como P2 ou quase nunca possível.

4.1.3 Aplicação do método (HRN) *Harzard Rating Number*

Após a categorização dos riscos, se desenvolveu a classificação HRN para os mesmos, seguindo as proposições do item 2.10 do capítulo 2, contemplando a Equação 1, buscando os valores para cada unidade nela expressa, obtendo o resultado para a posterior análise.

A Equação 1, foi aplicada afim de ranquear um valor para análise da situação atual da máquina, para após a aplicação das adequações utilizar novamente a mesma para a validação, se aplicou o método para riscos de exposição a acidentes e para riscos ergonômicos.

4.1.3.1 HRN - Para o risco de exposição a acidentes

Analisando o risco de exposição a acidentes, a probabilidade de ocorrência (LO) é muito provável e esperado que possa ocorrer, sua quantificação se apresenta como o número 10, (LO = 10). A frequência de exposição (FE) é constante, sua graduação se dá com o número 5, (FE = 5). Para DPH Grau possível de lesão, se apresenta em um patamar elevado pois pode ocasionar enfermidades permanente ou crítica, podendo até mesmo levar uma fatalidade, recebendo como valor 15, (DPH = 15). O número de pessoas sob o risco (NP), é de uma ou duas pessoas, que estão desenvolvendo a atividade, validando o valor para 1, (NP = 1). Apuração dos valores se deu através da Equação 1, como forma de análise do resultado se utilizou o Quadro 5, obtendo-se:

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$$

$$HRN = 10 \times 5 \times 15 \times 1$$

$$HRN = 750$$

O valor resultante da Equação 1 se apresentou como $HRN = 750$ esse valor representa conforme o quadro 5, ser um risco extremo e deve ser avaliado em uma ação imediata para reduzir ou eliminar o risco.

4.1.3.2 HRN - Para riscos ergonômicos

A probabilidade de ocorrência (LO) dos riscos ergonômicos é provável podendo ocorrer sem surpresas, sua quantificação se apresenta como 8, ($LO = 8$). A frequência de exposição (FE), é em termos de hora, sendo sua graduação apresentada como 4, ($FE = 4$). O DPH – Grau possível de lesão se apresentou em um patamar elevado, pois pode ocasionar enfermidades permanente ou crítica, recebendo como valor ao mesmo se aplica 12, ($DPH = 12$). O número de pessoas sob o risco (NP), é de uma ou duas pessoas que estão desenvolvendo a atividade validando o valor como 1, ($NP = 1$). Para o risco em estudo após os valores apurados se utilizou a equação 1, $HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$, e para a obter o resultado se analisou o Quadro 5 obtendo-se:

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$$

$$HRN = 8 \times 4 \times 12 \times 1$$

$$HRN = 384$$

O valor resultante da equação (número) se apresentou como $HRN = 384$ esse valor representa conforme o Quadro 5, ser um risco que deve ser realizado ações para reduzir ou eliminar o mesmo, garantindo a implementação de proteção ou dispositivos de segurança.

4.2 PROPOSTAS DE MELHORIAS

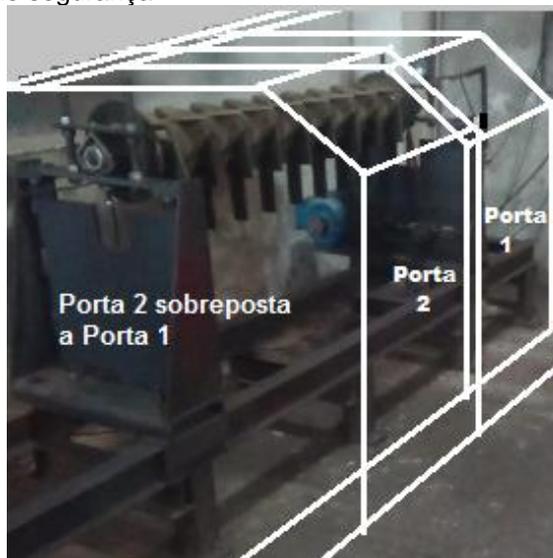
Enfatizando os resultados apurados com base nos estudos, aponta-se algumas propostas para a melhoria ao processo de desenvolvimento das atividades da máquina de análise vibratória, o desenvolvimento de barreiras de segurança, ou seja, portas de segurança e a criação de um sistema de elevação e movimentação de cargas, um guindaste fixo de coluna giratória.

4.2.1 Projeto conceitual

Para o desenvolvimento das portas de segurança, houve a análise das necessidades para a utilização das mesmas, onde conforme apresentado anteriormente elas devem oferecer segurança ao operador, contribuindo para formar uma barreira contra arremesso de corpos que possam se deslocar, também contra quedas do operador no momento da atividade, possibilitando o contato do mesmo com os materiais que estão em análise na operação.

Inicialmente se buscou visualizar o local onde se insere a máquina e suas dimensões, compreendendo que o melhor formato para a elaboração das portas de segurança, se dá pela sua afixação em corrediças, trabalhando sobrepostas uma a outra de forma escalonada. Conforme croqui apresentado na Figura 10, onde os traços demonstrados representam a forma que tomará as portas, favorecendo a execução das atividades por parte do operador, se mostrando de forma eficiente trazendo benefícios, praticidade e principalmente a segurança ao operador.

Figura 10 – Croqui portas de segurança



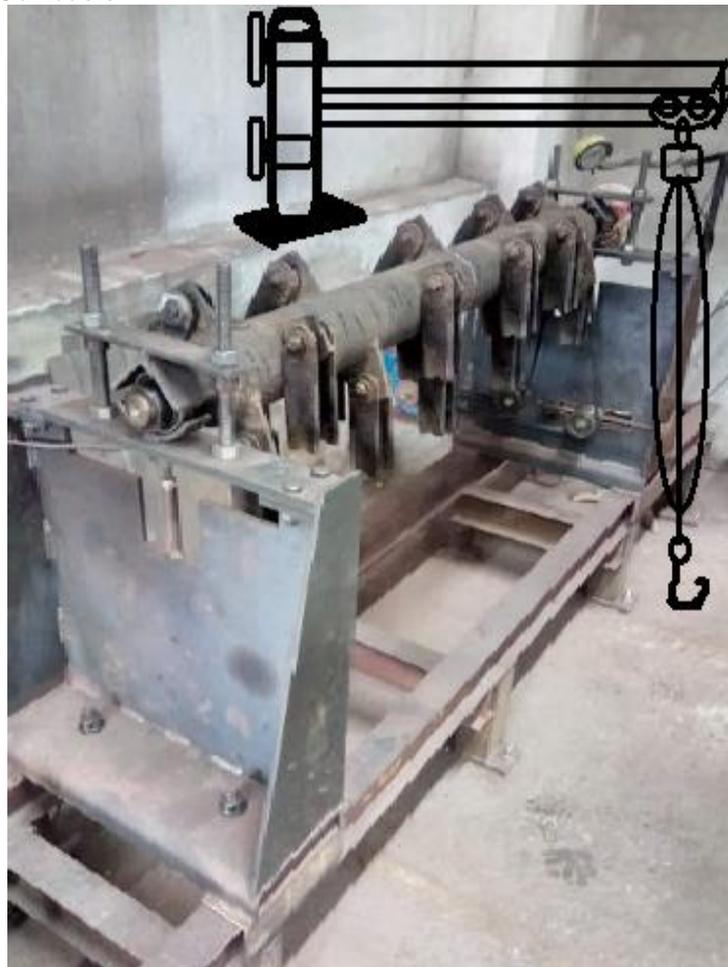
Fonte: Autor, 2022.

O desenvolvimento do sistema de movimentação e elevação de cargas em forma de guindaste fixo de coluna giratória, veio ao encontro de suprir as necessidades apuradas no decorrer do estudo, pois o mesmo surge com o intuito de colaborar com a saúde do operador, satisfazendo e melhorando o processo de desenvolvimento das atividades, com o içamento, levantamento e alocação das

cargas não havendo esforço demasiado do operador, podendo acarretar danos a sua saúde.

O guindaste (croqui) representado pela Figura 11, demonstra através dos traços a sua forma, onde será apoiado sobre uma viga de concreto armado por uma base contendo um eixo fixo, sobre o eixo uma haste tubular é encaixada com liberdade de giro, para suporte e sustentação da mesma, possui duas buchas fixas a uma parede de concreto armado, ambas dando liberdade de giro a haste. Uma viga em formato “I” possuindo um reforço com intuito de suporte e sustentação é presa a haste de forma horizontal, onde sobre a mesma um carro denominado trole desenvolve o deslocamento de uma talha manual utilizada para o içamento e levantamento da carga sobre a viga.

Figura 11 – Croqui Guindaste



Fonte: Autor, 2022.

Analisando a Figura 11, temos o entendimento da forma que tomara o guindaste fixo de coluna giratória.

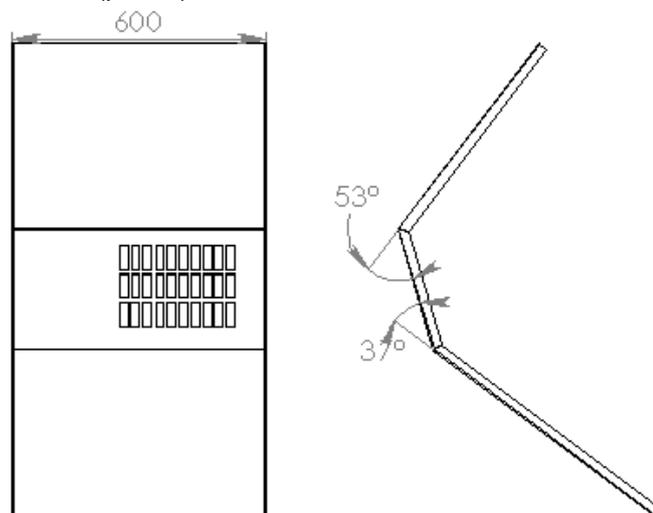
4.2.2 Projeto preliminar

Após identificado o projeto conceitual, se analisou o comprimento total da máquina que receberá as portas como forma de proteção e o sistema de movimentação e elevação de cargas, possuindo 3150 mm (três mil cento e cinquenta milímetros). No entanto, para as portas a melhor forma de aplicação se dá de maneira escalonada, divididas em quatro partes, afixadas em corrediças de rolamento sobre vigas de perfil terço formato “C”.

Ambas as portas terão altura final de 1500 mm (um mil e quinhentos milímetros), e dobras de 15 mm com 90° (noventa graus) nas laterais, aplicadas desempenhando resistência contra dobras ou flambagem.

Para melhor desencadear as atividades e melhor acesso por parte do operador, a porta de segurança primeira, terá o comprimento de 600 mm (seiscentos milímetros), possuindo orifícios (que não geram riscos ao operador), garantindo a visualização da atividade durante a operação, conforme representação demonstradas na Figura 12, as demais portas terão o mesmo formato (Figura 12), porém, a largura ao invés de ser 600 mm serão de 850 mm (oitocentos e cinquenta milímetros).

Figura 12 – Esboço Preliminar (portas)

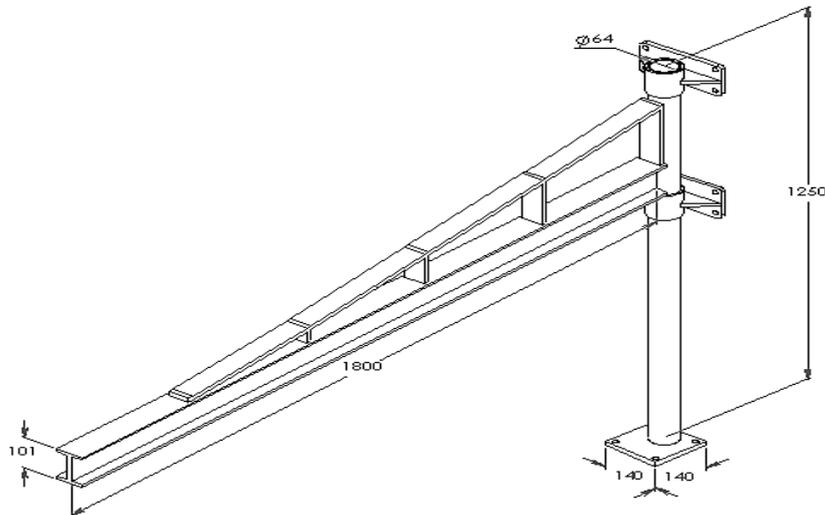


Fonte: Autor, 2022

Contribuindo com a segurança, as portas possuirão um sistema de sensoriamento magnético, os quais dão a garantia que a máquina somente irá entrar em operação no momento em que ambos realizarem a leitura e compreenderem que as mesmas estão fechadas, liberando o sistema para iniciar a operação.

Apurado a análise da geometria do local para o incremento do sistema de movimentação e elevação de cargas, se identificou suas possíveis dimensões, sendo elas, para a altura total da haste de sustentação 1250 mm (um mil duzentos e cinquenta milímetros), o comprimento total da viga de suporte e movimentação da carga, 1800 mm (um mil e oitocentos milímetros), o ângulo aplicado de liberdade e giro é 180° (Cento e oitenta graus), para a sustentação do mesmo a existência de duas buchas com liberdade de giro, afixadas em parede de concreto armado. Para melhor visualização e entendimento do projeto preliminar se demonstra o esboço na Figura13.

Figura 13 – Esboço Preliminar (guindaste)



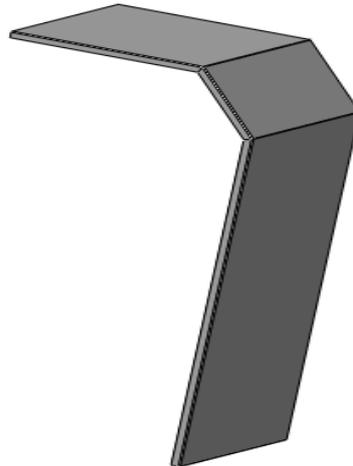
Fonte: Autor, 2022.

Visualizando as Figuras 12 e 13, há uma melhor compreensão de como será a forma dos produtos aplicados para as adequações, voltadas para a melhoria dos processos, de execução das atividades, desempenhadas pela máquina de análise vibratória.

4.2.3 Projeto detalhado

No desenvolver as melhorias o material utilizado é o aço 1020 aplicado na construção das portas de segurança e no guindaste, para as portas, se utilizam chapas metálicas de espessura 3 mm (três milímetros) conforme o modelo apresentado na Figura 14.

Figura 14 – Esboço 3D - Portas



Fonte: Autor, 2022.

O sistema de sensoriamento utilizado nas portas tem funcionamento em pares magnético, onde o circuito é formado com a utilização de cabos energizados, para o início da operação, ambos os pares devem estar posicionados frontalmente fechando o circuito, para assim ligar a máquina, no entanto isso somente irá acontecer no momento em que as portas estarão fechadas. Serão aplicados quatro pares de sensores da marca Hortron modelo SMHT-M1, sensor desenvolvido para automação seguindo requisitos da NR-12, como mostra a Figura 15.

Figura 15 – Sensores

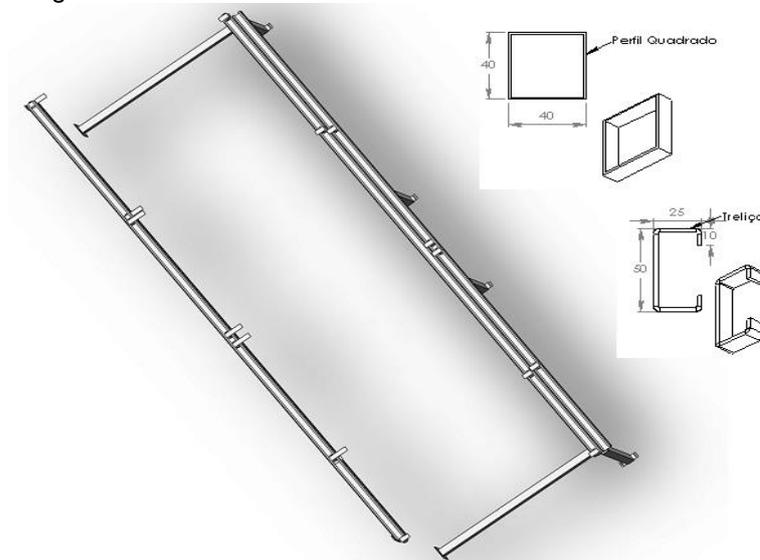


Fonte: Hortron, 2022.

São utilizados tubos de perfil quadrado medindo 40 mm por 40 mm, espessura 2,5 mm, sendo utilizados para formar a estrutura de suporte das portas, juntamente com terças em perfil “C” com dimensões de largura 50 mm, abas 25mm e 10mm, sendo as mesmas utilizadas como forma de guias para a movimentação das portas.

A Figura 16 identifica o formato da estrutura e a geometria dos tubos e terças utilizados.

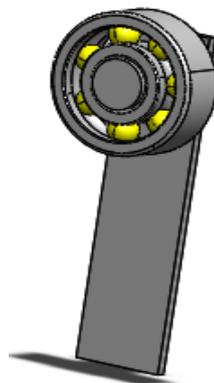
Figura 16 – Suporte e guias



Fonte: Autor, 2022.

Para a movimentação das portas são utilizadas corrediças formadas por rolamentos de esfera (Figura 17), sendo as dimensões, diâmetro externo 42 mm, diâmetro interno 15 mm e largura 13 mm, os mesmos são fixos em um eixo preso a uma chapa metálica que por sua vez presa a porta.

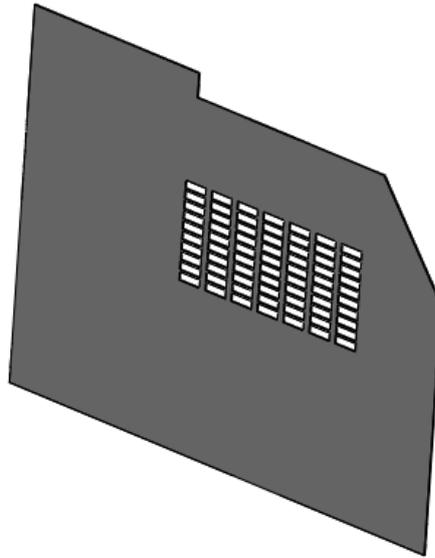
Figura 17 – Corrediças



Fonte: Autor, 2022.

Os fechamentos laterais da estrutura serão desenvolvidos em chapas metálica de espessura 3 mm, contendo orifícios com o propósito de arejar o sistema, como mostra a Figura 18.

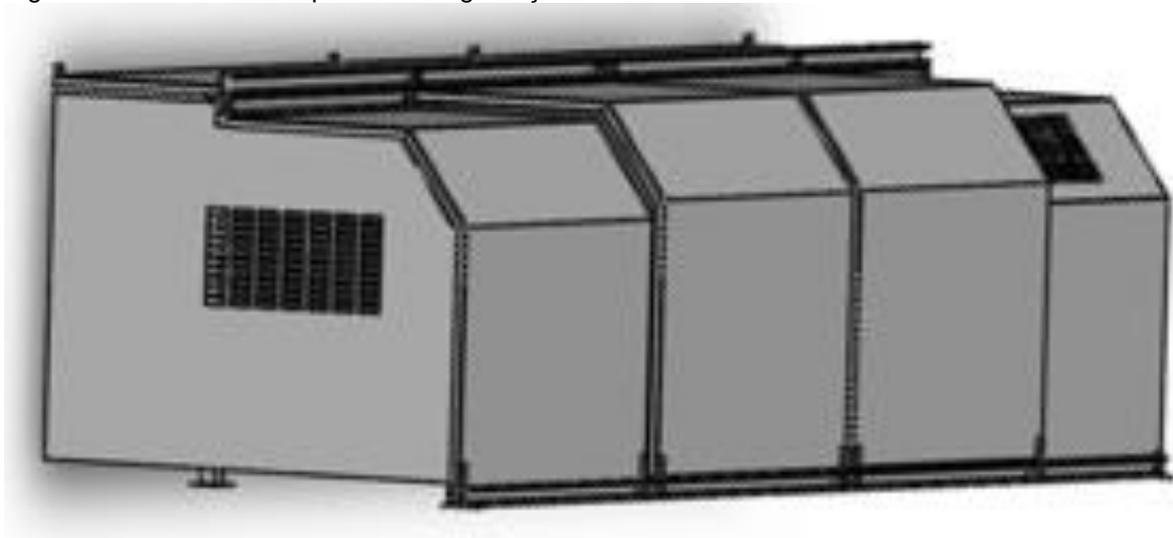
Figura 18 – Fechamento lateral



Fonte: Autor, 2022.

O Projeto final das portas de segurança tem o formato conforme apresentado na Figura19.

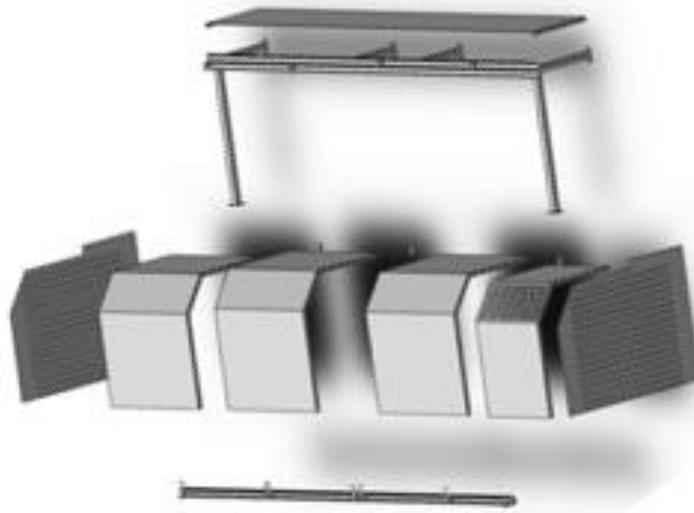
Figura 19 – Formato final portas de segurança



Fonte: Autor, 2022.

Para um melhor entendimento e visualização dos componentes de todo o sistema de proteção através das portas de segurança se demonstra a Figura 20 uma vista explodida.

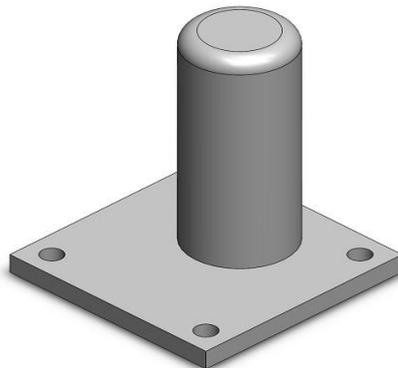
Figura 20 – Vista explodida (sistema de portas de segurança).



Fonte: Autor, 2022.

Detalhando o guindaste fixo de haste giratória, o mesmo é projetado para cargas de 500 Kg, possuindo uma base de apoio em chapa metálica de espessura 12,80 mm utilizada como ponto fixo, aplicado a uma viga de concreto através de parafusos. Essa base possui um eixo fixo de diâmetro de 63 mm e comprimento 150 mm (Figura 21), sobre o mesmo é colocado a haste vertical, esse será o ponto de giro do guindaste.

Figura 21 – Base de apoio



Fonte: Autor, 2022.

Sobre a base de apoio se insere a haste (Figura 22), sendo um tubo mecânico de diâmetro externo 64 mm, diâmetro interno 57 mm e comprimento 1250 mm, a mesma é responsável pelo giro do guindaste.

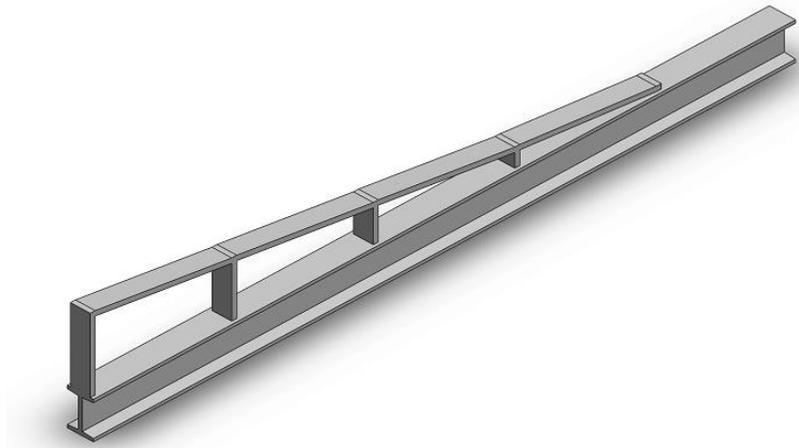
Figura 22 – Haste



Fonte: Autor, 2022.

Afixado a Haste tem-se a viga em formato perfil “I” (Figura 23), com as seguintes dimensões, comprimento da alma 101 mm e espessura 10 mm, comprimento da mesa 67 mm e espessura 8 mm, sobre a parte superior da mesma possui um tirante utilizado como suporte e reforço, em ferro chato de espessura 12,80 mm e largura de 50,80mm.

Figura 23 – Viga “I”



Fonte: Autor, 2022.

Para sustentar e fixar a haste que suporta a viga, se utiliza duas buchas metálica com diâmetro externo de 76 mm, diâmetro interno 64,70 mm, está presa há uma chapa metálica de 10mm de espessura, comprimento 200 mm, , largura 100 mm, afixada a uma parede de concreto armado, a Figura 24 retrata a forma da bucha de sustentação.

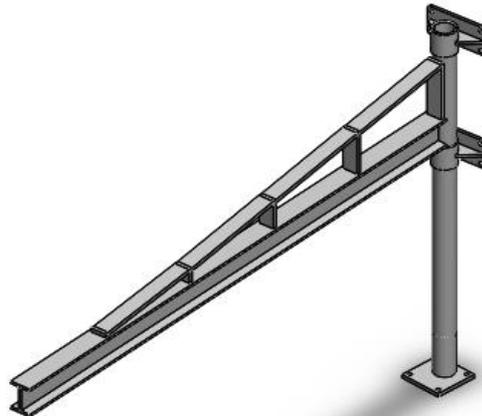
Figura 24 – Bucha de sustentação



Fonte: Autor, 2022.

A Figura 25 retrata todos os detalhes apresentados anteriormente, com todo o conjunto montado, para visualização e melhor compreensão da estrutura do guindaste.

Figura 25 – Conjunto montado guindaste



Fonte: Autor, 2022.

O translado e movimentação da carga sobre a viga “1” (Figura 26), se dará através do carro trole (Figura 28), composto por rodas, sobre o mesmo é preso uma talha, o objeto utilizado no estudo é da marca Menegotti modelo MTR 1000.

Figura 26 – Carro Trole

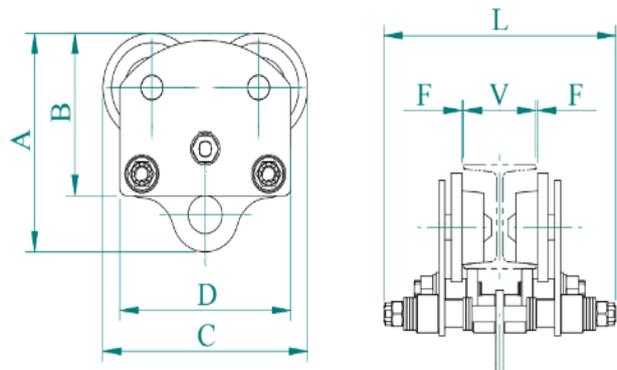


Fonte: Menegotti, 2022.

Este item se encontra no mercado, possui resistência a carga máxima de 1,0 (uma) tonelada, possuindo as seguintes especificações demonstrado conforme a Figura 27.

Figura 27 – Especificações

DADOS TÉCNICOS	MTR 500	MTR 1000
Código do produto	40200505	40200509
Capacidade de suspensão (kgf)	500	1000
Dimensões da viga "I" - Medida V (mm)	75-102	75-102
Raio mínimo para curva (m)	1	1,5
Peso (kg)	5,0	11,50
A (mm)	161	206
B (mm)	120	161
C (mm)	168	257
D (mm)	140	182
F (mm)	1,5 a 3,0	1,5 a 3,0
L (mm)	190	200



Fonte: Menegotti, 2022.

Para o içamento e elevação da carga é afixado ao carro trole uma talha manual, o modelo utilizado é projetado para 1,0 (uma) tonelada, com elevação de 5 metros, é um item desenvolvido e encontrado no mercado sua marca é Vonder modelo 6143010050 (Figura 28).

Figura 28 – Talha manual



Fonte: Cordeiro, 2022

As especificações deste modelo de talha estão contidas no Quadro 6.

Quadro 6 – Especificações da Talha manual

Código	61.43.050.300	61.43.050.500	61.43.100.300	61.43.100.500	61.43.200.300	61.43.200.500	61.43.300.300	61.43.300.500
Capacidade de carga	0,5 ton	0,5 ton	1 ton	1 ton	2 ton	2 ton	3 ton	3 ton
Elevação máxima	3 m	5 m	3 m	5 m	3 m	5 m	3 m	5 m
Espessura do gancho inferior	13 mm	13 mm	16,5 mm	16,5 mm	20 mm	20 mm	27 mm	27 mm
Medida de abertura do gancho superior	27 mm	27 mm	28 mm	28 mm	32 mm	32 mm	27 mm	27 mm
Largura do corpo da talha	136 mm	136 mm	145 mm	145 mm	187 mm	187 mm	164 mm	164 mm
Profundidade da talha	126 mm	126 mm	147 mm	147 mm	167 mm	167 mm	145 mm	145 mm
Grupo de classificação	IV							
Esforço de acionamento	350 N	350 N	350 N	350 N	365 N	365 N	360 N	360 N

Fonte: Vonder, 2022.

4.2.4 Análise estrutural e simulações

Com o auxílio do *software Solidworks*, se possibilitou através do método dos elementos finitos e uso de equações diferenciais parciais que ao *software* é atribuído, a análise dos corpos sólidos desenvolvidos (portas e guindaste), utilizando suas geometrias, dimensões e materiais, aplicando esforços (forças, cargas), que no

produto real sofrerão, para assim verificar o comportamento dos mesmos, em relação a sua estrutura e resistência, em resposta ao que é exigido.

Um dos fatores principais da aplicação de portas de segurança é a possibilidade de desprendimento de objetos do rotor em análise, atingindo o operador causando danos a sua saúde ou até mesmo a morte. Analisando um rotor de “picador de palhada” de uma colheitadeira de grãos, constata-se em sua composição a presença de várias facas como mostra Figura 29.

Figura 29 – Demonstração picador de colheitadeira e formato de faca



Fonte: Autor, 2022.

O peso médio de uma faca entre os modelos encontrados no mercado é de 0,315 Kg (trezentos e quinze gramas), o diâmetro total do rotor analisado é de 0,6 m (sessenta centímetros), o mesmo desenvolve uma trajetória circular de 2035 rpm (dois mil e trinta e cinco rotações por minutos), com esses dados há a possibilidade de encontrar a força de arraste que a faca pode assumir na tangencial no momento em que haja um suposto desprendimento, para isso se utiliza a Equação 2 – Força Centrípeta (F_c) com unidade em Kg/f (quilogramas força):

$$F_c = m * a_c \quad (2)$$

Onde:

F_c = Força Centrípeta (Newton);

m = massa (quilogramas);

a_c = Aceleração centrípeta (m/s^2);

Sabendo que a_c assume a forma conforme a Equação 3:

$$ac = \frac{v^2}{r} \quad (3)$$

Onde:

v = Velocidade (metros por segundos)
 r = Raio (metros)

Logo a Equação da Força Centrípeta assume o formato apresentado em Equação 4.

$$Fc = m * \frac{v^2}{r} \quad (4)$$

Porém, a velocidade que a equação pede deve estar com a unidade em metros por segundo, mas tem-se ela em rotações por minutos, para fazer essa alteração se utiliza a Equação 5.

$$v = 2 * \pi * r * \frac{n}{60} \quad (5)$$

Onde:

π = Constante;
 n = Rotações por minuto (rpm)

Utilizando a Equação 5 tem-se:

Dados:

$r = 0,6/2 = 0,3$ m
 $n = 2035$ rpm

$$v = 2 * \pi * 0,3 * \frac{2035}{60}$$

$$v = 63,93 \text{ m/s}$$

Retornando a Equação 4 é possível encontrar o valor para a força de arrasto da faca então:

Dados:

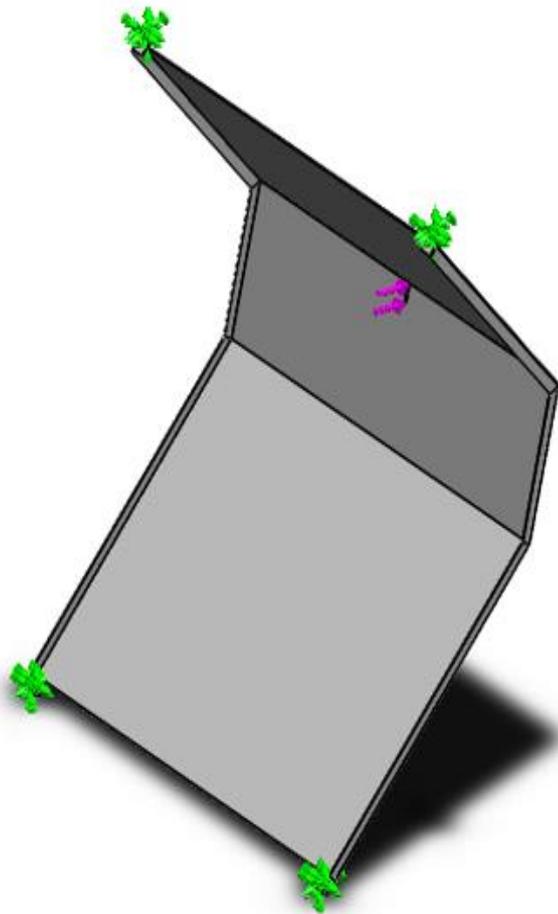
$m = 0,315$ Kg
 $v = 63,93$ m/s
 $r = 0,3$ m

$$Fc = 0,315 * \frac{63,93^2}{0,3}$$

$$Fc = 4293,410N \text{ ou } 437,805 \text{ Kgf}$$

Encontrado a força de arrasto da faca, em seu desprendimento e arremesso, sendo de 4293,41 *Newtons*, é aplicada uma força maior no estudo de simulações no *software Solidworks*, com o intuito de aplicar um coeficiente de segurança para satisfazer, e se ter a certeza que o produto portas de segurança, vai resistir, caso haja o sinistro de se soltar o objeto do rotor em análise, sendo o valor utilizado de 10000 N (dez mil *Newtons*), direcionado em um determinado local na referida porta, fixações são anexadas nos locais onde a mesma vai estar em estática, no momento da atividade como mostra a Figura 30.

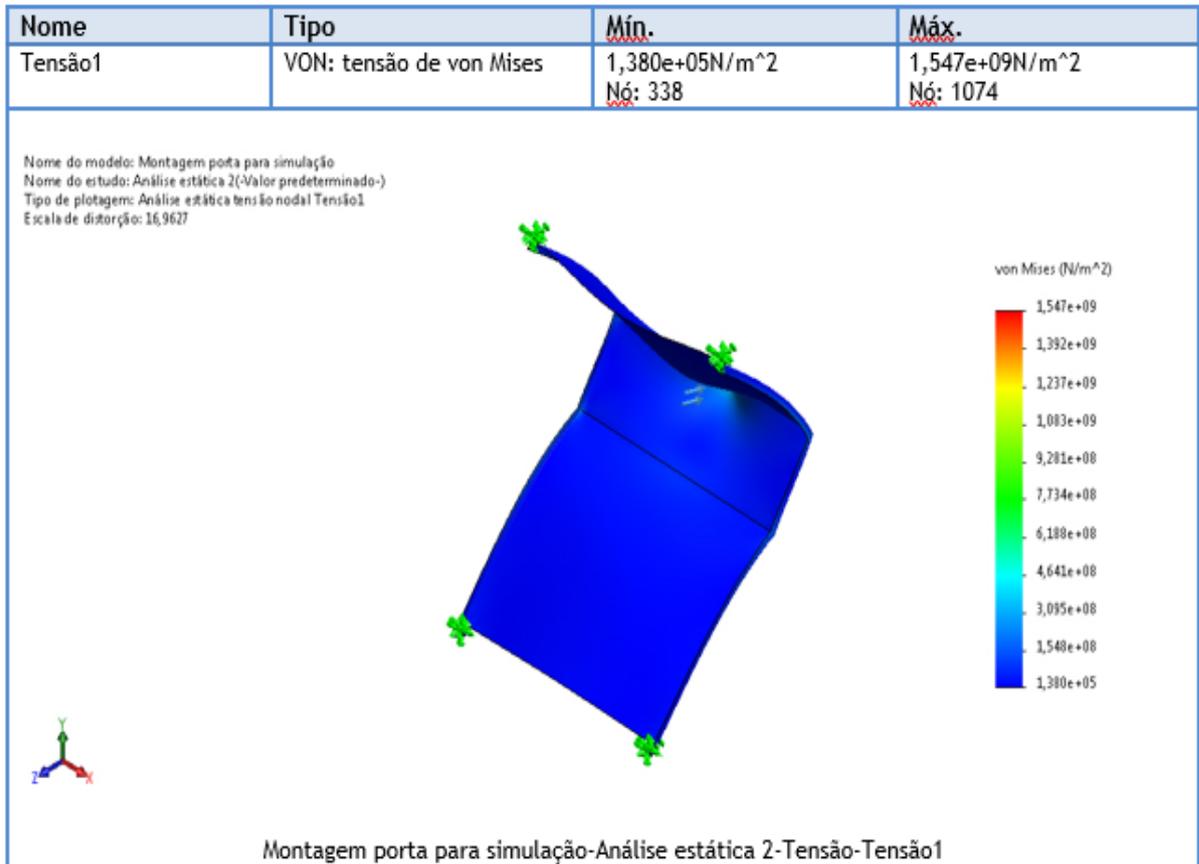
Figura 30 – Fixação e força aplicada



Fonte: Autor, 2022

Foi adotado o sistema de análise estática, com a criação de uma malha mista, resultando em uma tensão máxima de $1,547e+9$ N/m², no local onde se aplicou a força, não houve cisalhamento da chapa metálica, uma vez que seu cisalhamento se dá em $7,7e+10$ N/m², conforme o resultado apresentado na Figura 31.

Figura 31 – Resultado de Simulação para tensão (Portas de segurança)

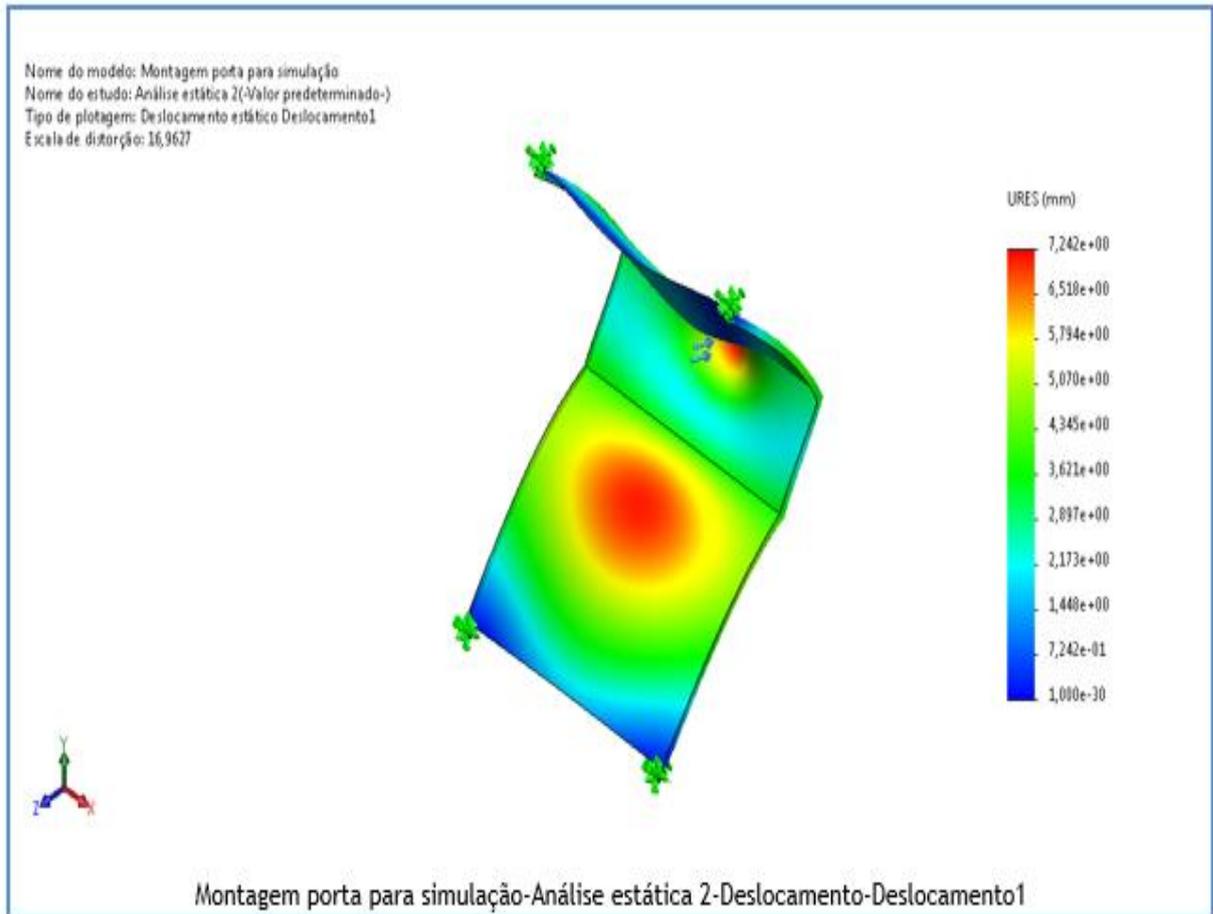


Nome	Tipo	Mín.	Máx.
Deslocamento1	URES: Deslocamento resultante	0,000e+00mm Nó: 1	7,242e+00mm Nó: 1072

Fonte: Autor, 2022

Houve um deslocamento resultante de material em 7,42 mm (Figura 32), devido a força exercida, não chegando a romper ou haver soltura nas fixações aplicadas.

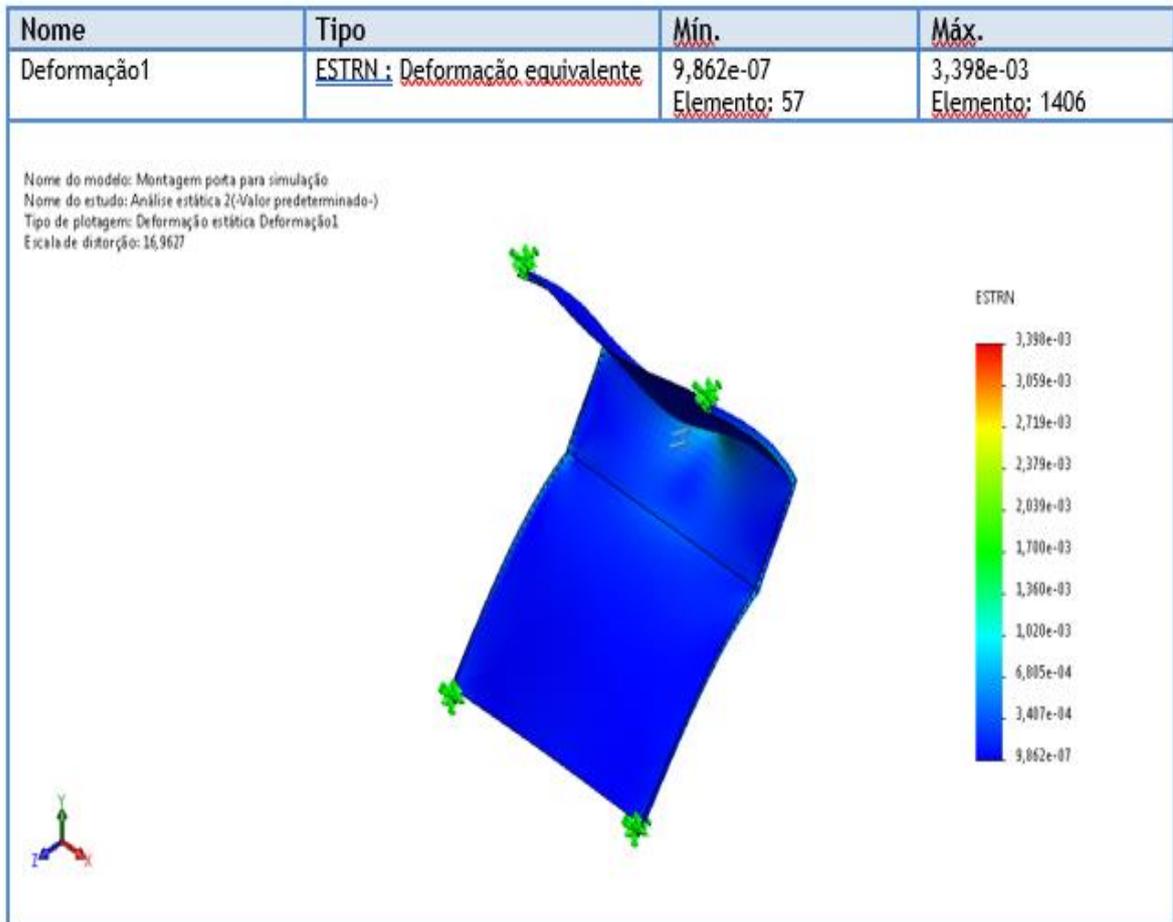
Figura 32 – Deslocamento



Fonte: Autor, 2022

Como se pode visualizar no estudo, a porta em análise sofreu uma deformação equivalente (Figura 33), com uma energia de deformação de $3,398e-03$, perceptível, notável.

Figura 33 – Deformação Equivalente perceptível

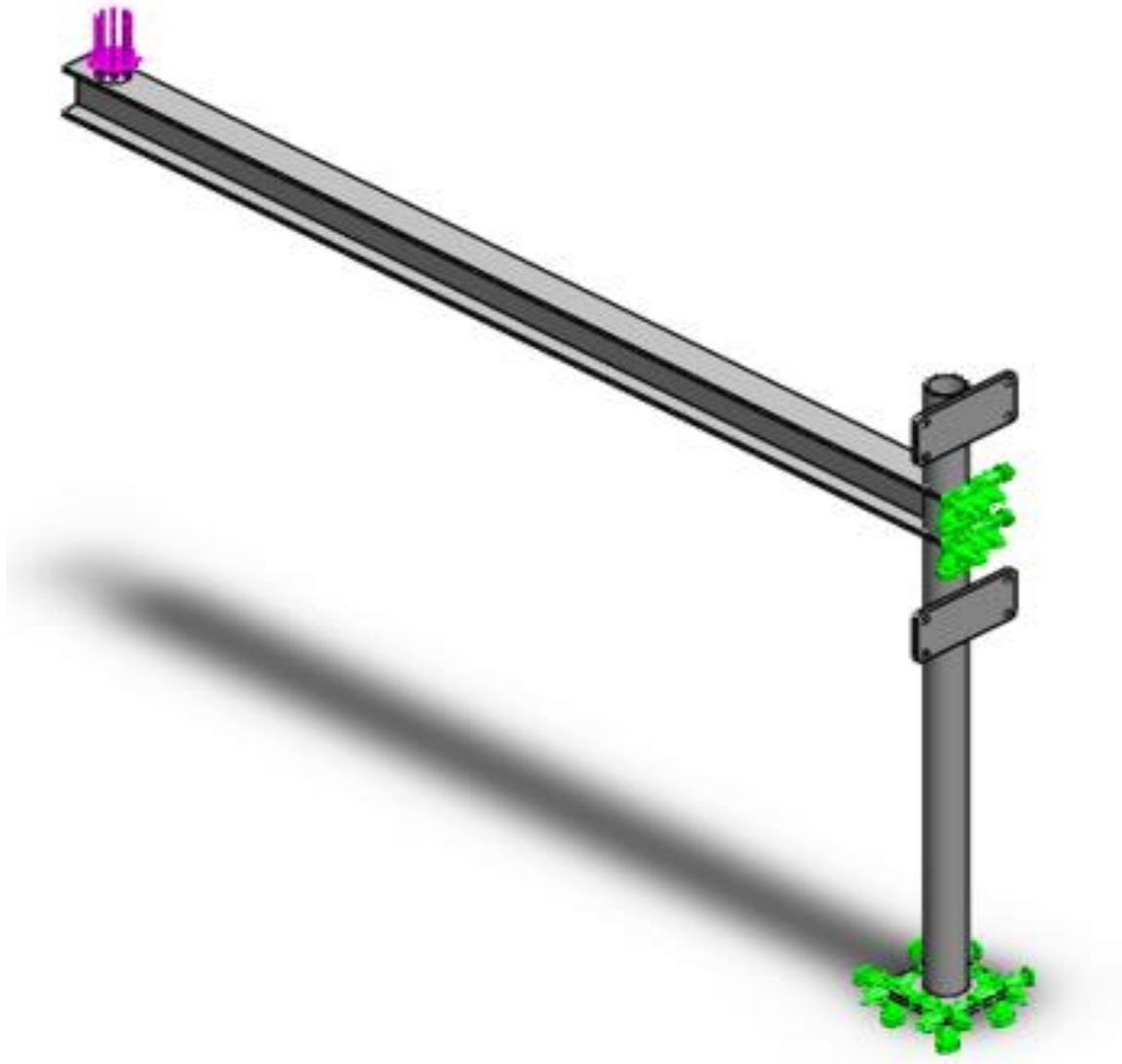


Fonte: Autor, 2022

Para a análise computacional do guindaste fixo de coluna giratória, é aplicado itens de fixação, nas áreas que suportarão as cargas do mesmo somando ao objeto içado, demais fixações são colocadas no apoio de sustentação, direcionadas aos parafusos de travamento do mesmo, sobre a viga de base, em concreto armado.

Sobre a extremidade da lança (Viga “I”) o local de maior stress, se aplica a força de 10000 *Newton*, criando uma segurança, uma vez que projeção ao projeto é uma força de 5000 *Newtons*, verificado na Figura 34.

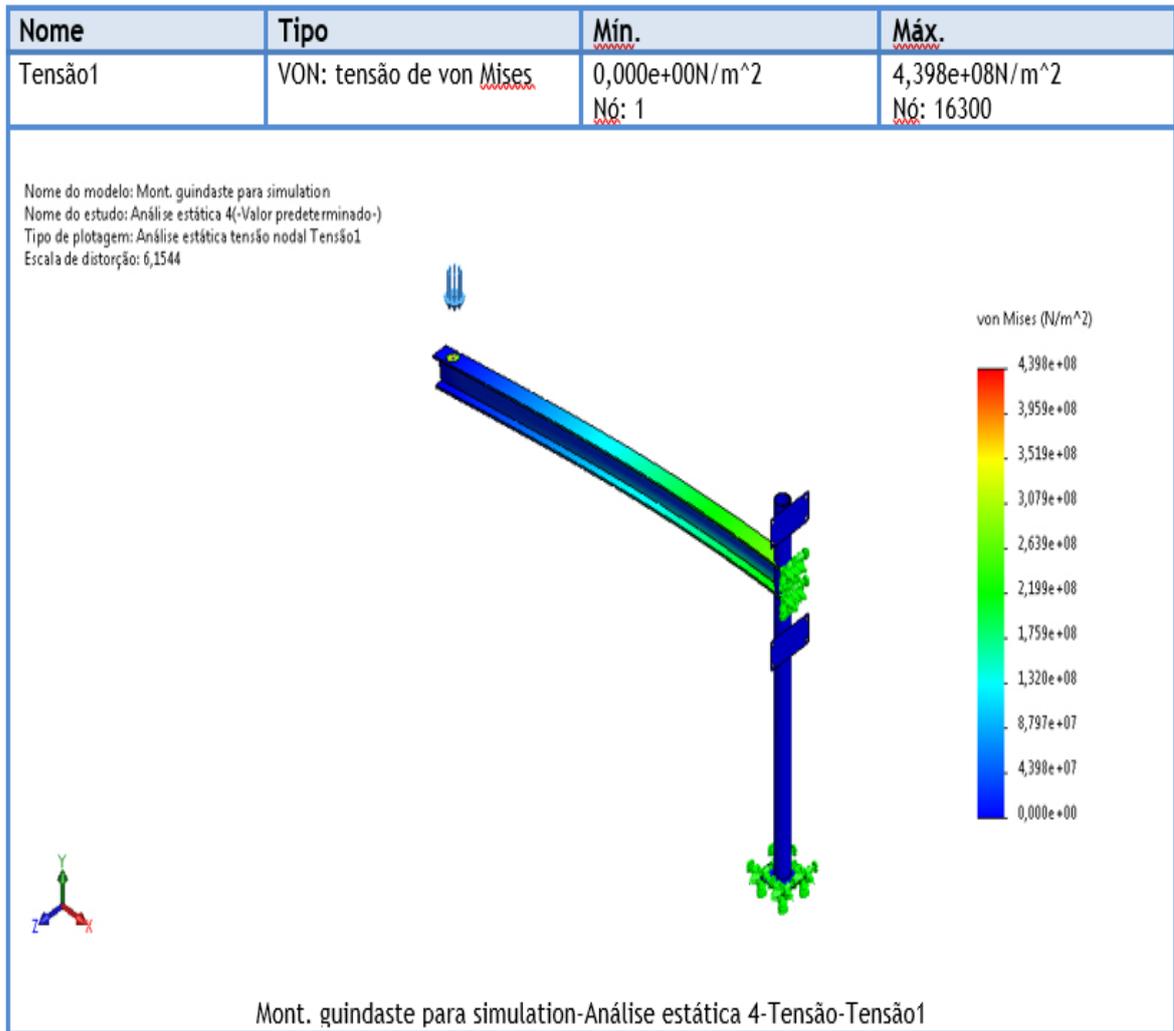
Figura 34 – Fixações e forças aplicadas em guindaste



Fonte: Autor, 2022

Foi aplicado uma análise estática, com malha mista, ao efetuar a simulação, constata-se que o mesmo é resistente a utilização, e de maneira satisfatória, compactuando com as exigências ao uso, a tensão apresentada se mostra baixa $4,398e+08$ N/m² representado na Figura 35.

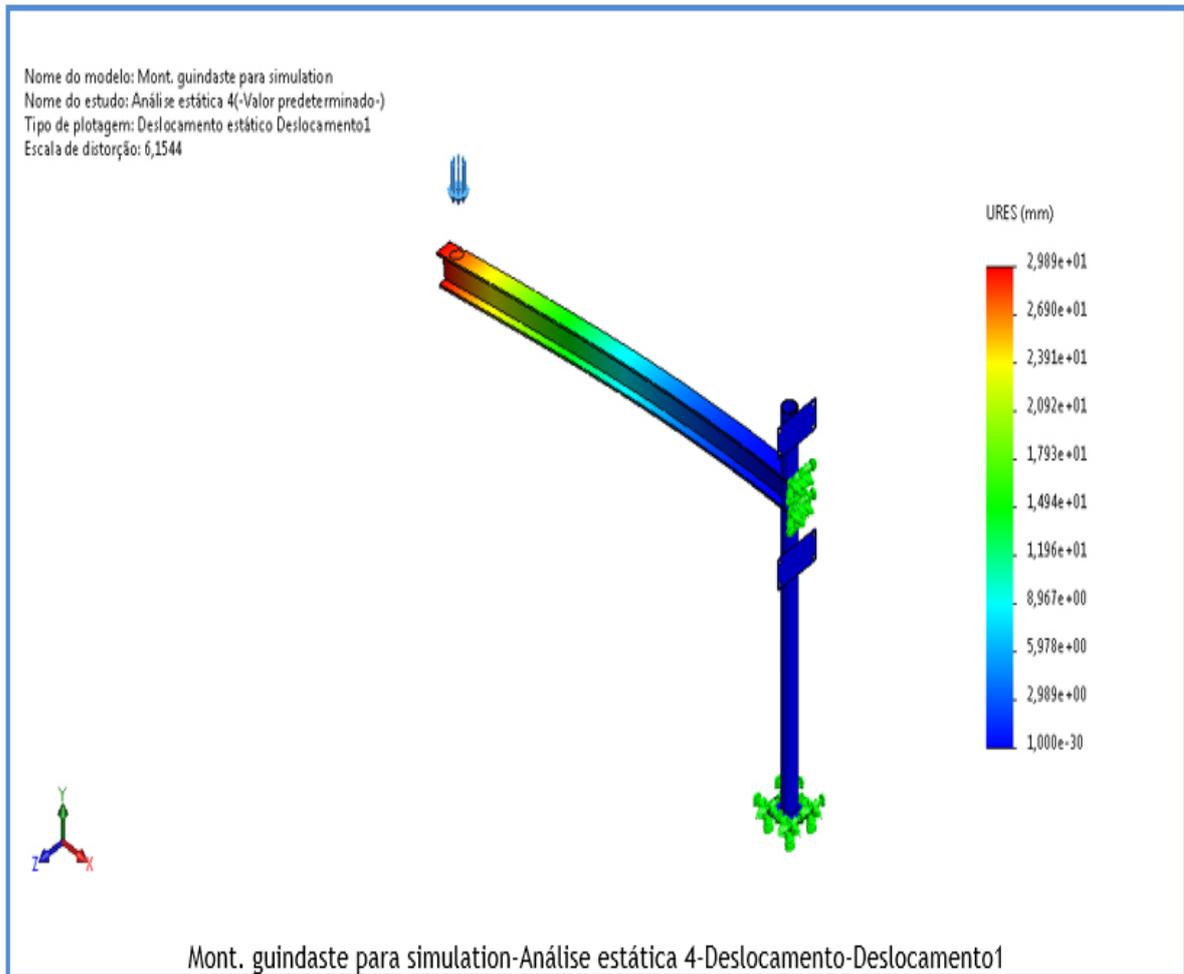
Figura 35 – Tensão - Guindaste



Fonte: Autor, 2022

Com ênfase ao deslocamento estrutural averiguado (Figura 36), se portou com índice abaixo de três milímetros (2,98 mm), para os 10000 *Newtons* aplicados, se aplicado a força peso do projeto (5000 N) esse deslocamento se tornará quase nulo.

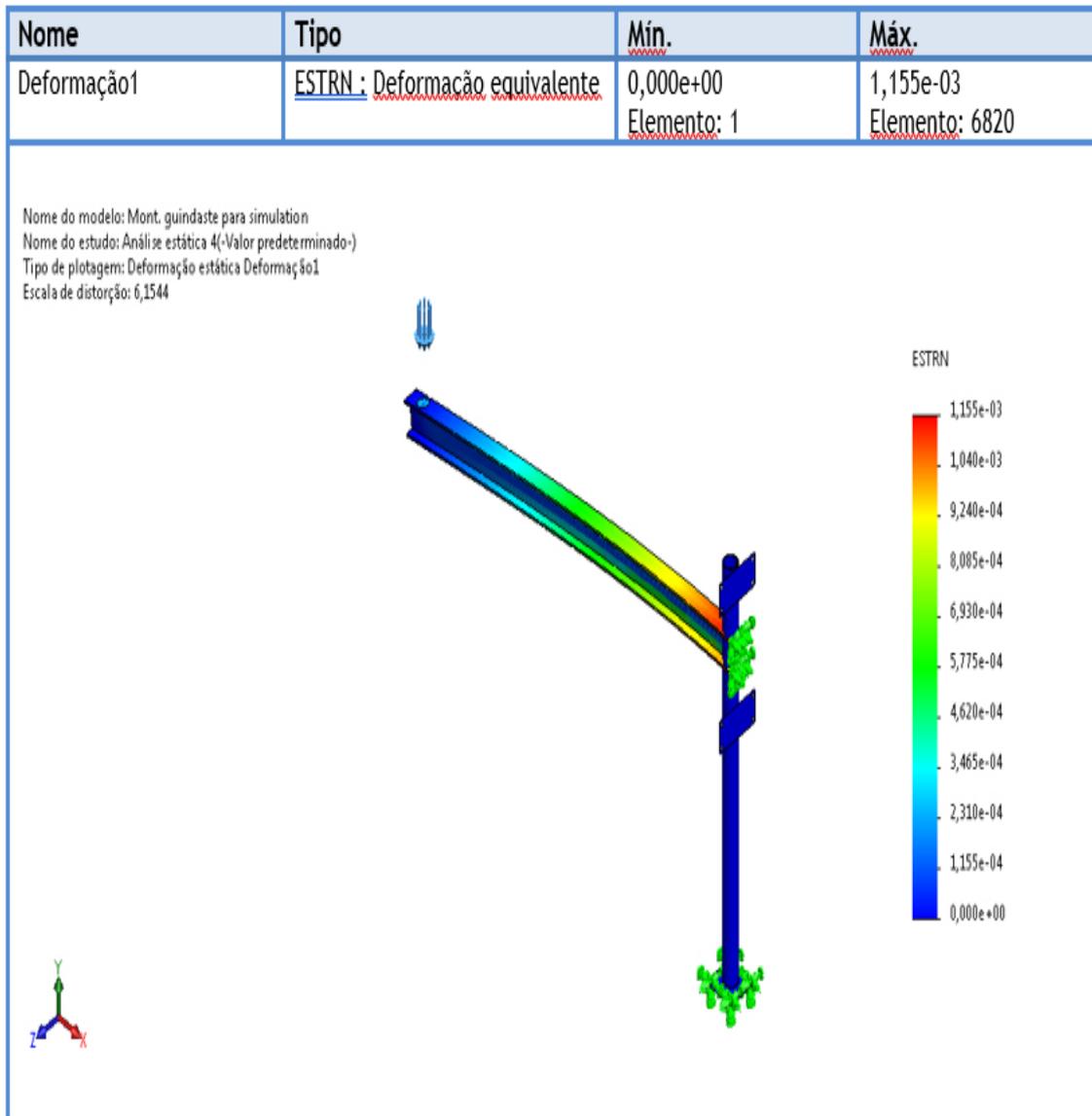
Figura 36 – Deslocamento Estrutural



Fonte: Autor, 2022

Da mesma forma aos resultados anteriormente relatados em relação ao guindaste, a deformação apresenta baixos valores ($1,55e-03$), conforme demonstrado na Figura 37.

Figura 37 – Deformação



Fonte: Autor, 2022

4.3 IMPLEMENTAÇÃO DAS MELHORIAS

Como apresentado no decorrer do estudo, os produtos resultantes a serem implementados foram Portas de segurança e Guindaste fixo de coluna giratória.

Para a criação e desenvolvimento, se utilizou recursos materiais como perfis e vigas metálicas, parafusos, porcas, chapas metálicas, grades metálicas, rolamentos, eixos em aço, parafusos, buchas de fixação, tintas e solvente, lápis, caneta, borracha, também foi necessário o uso de equipamentos, como Computador, impressora, torno mecânico, solda MIG, fresadora, furadeira, esmerilhadeira, equipamento de pintura, fita métrica, paquímetro, equipamento de proteção individual.

A construção foi embasada nos projetos conceitual, preliminar e detalhado, seguindo todos os parâmetros exigidos, a porta de segurança diferenciada com orifícios, e as demais portas munidas com o sensoriamento aplicado, estão apresentadas prontas na Figura 38.

Figura 38 – Portas



Fonte: Autor, 2022

Para o funcionamento do processo de sensoriamento a Figura 39, mostra a representação do sistema, onde foi utilizado uma fonte, para energizar, o início da atividade se dá com o acionamento da chave geral, estando as portas fechadas o relé de segurança da marca *Schmersal Protect*, (desenvolvido seguindo requisitos da NR-12), também utilizado como relé de segurança, faz a leitura e interpretação dos sensores, se tiverem de acordo, a máquina será ligada mas isso somente ocorre no momento que se aciona a botoeira “Reset”, então é liberado o sistema para a inversora atuar, se houver algum sinistro e haver necessidade de parada de emergência, se alocou ao sistema uma botoeira, ao seu acionamento, desliga o sistema e executa a frenagem.

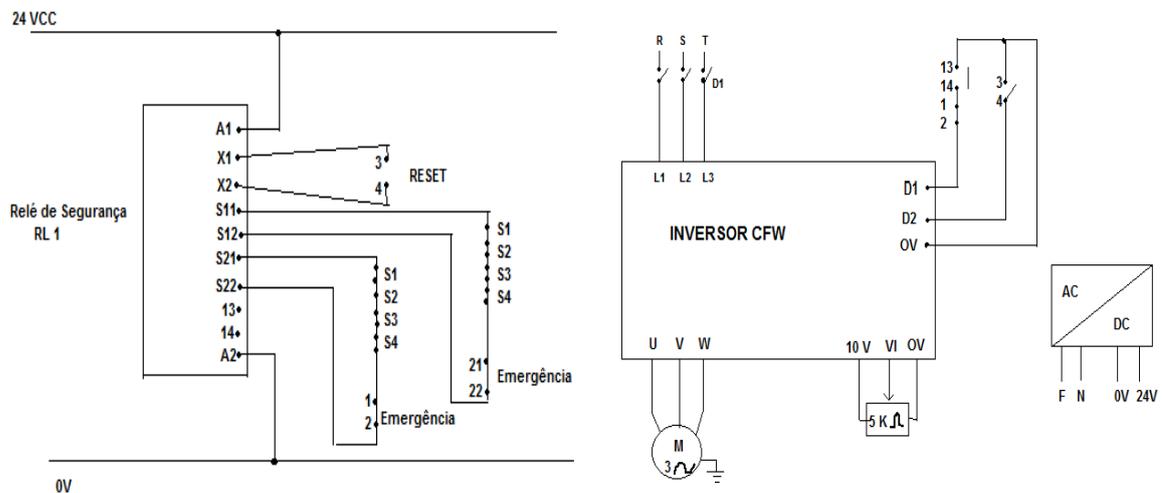
Figura 39 – Sensoriamento e segurança



Fonte: Autor, 2022

A representação do circuito elétrico (Figura 40) reporta a forma de ligação da inversora, também identifica como a mesma se dá para o o relé de segurança, juntamente com as botoeiras de emergência e o reset.

Figura 40 – Circuito elétrico



Fonte: Autor, 2022

A estrutura que dará suporte, fixação das portas, composto com a base de leitura sensorial, juntamente com o fechamento lateral do sistema estrutural, após confeccionado é exibido como mostra a Figura 41.

Figura 41 – Estrutura



Fonte: Autor, 2022

Todo o conjunto montado, aplicado para o uso, garantindo a proteção para o operador, satisfação e eficiência no desenvolver das atividades, juntamente com a concepção do Guindaste fixo de coluna giratória, produzido no intuito de satisfazer as necessidades de içamentos, levantamento e movimentação de cargas, garantindo qualidade, saúde ao operador é demonstrado na Figura 42.

Figura 42 – Conjunto montado



Fonte: Autor, 2022

5 VALIDAÇÃO

Se valendo dos conhecimentos aprimorados no capítulo 2, enfatizando a classificação dos riscos visualizados com a execução da Equação 1, se utilizam os mesmo para validar os produtos criados, afim de comparação com os resultados encontrados anteriormente e verificação se houve melhorias, indo ao encontro ao que se almejou com os objetivos levantados.

Os novos valores identificados analisando as portas de segurança, estão representados abaixo na execução da Equação 1.

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP \quad (1)$$

Onde:

$$LO = 0,033$$

$$FE = 5$$

$$DPH = 0,5$$

$$NP = 1$$

Logo:

$$HRN = 0,033 \times 5 \times 0,5 \times 1$$

$$HRN = 0,0825$$

O risco resultante da equação é de 0,0825 um risco considerado aceitável, mas que se deve considerar possíveis ações para manter as medidas de proteção, o produto Portas de proteção se torna com esse resultado um produto valido uma vez que comparando o novo resultado com o anterior que foi de 750 o risco quase se anulou.

Aplicando a Equação 1 para a análise e validação do produto Guindaste fixo de coluna giratória, com os dados:

$$LO = 1$$

$$FE = 5$$

$$DPH = 0,1$$

$$NP = 1$$

Resultam em:

$$HRN = LO \times FE \times DPH \times NP$$

$$HRN = 1 \times 5 \times 0,1 \times 1$$

$$HRN = 0,5$$

O valor apurado para os riscos foi de 0,5 um risco aceitável, da mesma forma como o produto Portas de segurança o Guindaste é um produto válido, indo ao encontro dos objetivos buscados.

CONCLUSÕES

Como objeto de estudo uma máquina de análise vibratória que necessitava de adequações, apresentado inicialmente a proposta de melhorias ao processo de desempenhar as atividades, balanceamento de rotores em especial “picadores de palhada” de colheitadeira, se verificou a real necessidade de implementação de um sistema satisfatório em relação a segurança e saúde do operador, eficiência e rendimento ao processo.

A máquina apresentou riscos elevados em não possuir barreiras de segurança (portas), sua classificação HRN ficou em 750, sendo um risco extremo necessitando de ações imediatas para reduzir, eliminar ou até mesmo anular. Outros riscos encontrados foram os riscos ergonômicos, por não haver um sistema de movimentação e elevação de cargas (guindaste), para o mesmo a classificação HRN encontrada foi de 384, sendo um risco muito alto sendo passivo de adequações e melhorias.

Os produtos apurados no estudo (portas e guindaste), foram desenvolvidos seguindo todos os parâmetros necessário e visualizados nos projetos conceitual, preliminar e detalhado, visando e indo ao encontro aos objetivos almejados de aplicações e adequações de segurança em uma máquina de análise vibratória, somando-se a estruturação e desenvolvimento de um sistema de movimentação e elevação de cargas.

De forma satisfatória os produtos foram ao encontro das expectativas, alcançando os propósitos, o modo em que foram produzidos retrata através das simulações, que garantem e suportam as exigências, em relação aos índices apurados para os riscos obtidos pelo método HRN, reduziram quase a anular-se onde para os riscos após aplicado as portas, ficou em 0,0825 considerado um risco aceitável, para os riscos ergonômicos, após a construção do guindaste fixo de coluna giratória, o índice HRN caiu de 384 para 0,5 sendo o mesmo um risco aceitável.

Realizar este estudo veio ao encontro de poder utilizar os conhecimentos obtidos no curso de Engenharia Mecânica, podendo-se vislumbrar dos resultados obtidos na prática, contribuindo com um caso cotidiano, trazendo benefícios a empresa que possui máquina em estudo, e aprimorando os conhecimentos do autor.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ABIMAQ. **Manual de instruções da norma regulamentadora NR-12**. São Paulo: [s. n.], 2019. 97 p. Disponível em: <https://abimaq.org.br/wp-content/uploads/2021/07/2021070066546001626974368.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- BAHLS, Á. L. **Aplicação da NR-12 - Segurança de Máquinas e Equipamentos**: Em um laboratório de madeira em uma instituição de ensino profissional no Paraná. Orientador: Prof. Dr. Oscar Regis Junior. 2013. 52 p. Monografia (Especialista no curso de Engenharia de Segurança do Trabalho) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná Diretoria de Pós-Graduação Especialização em Engenharia de Segurança do Trabalho, Ponta Grossa, 2013. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/23338/1/PG_CEEEST_1_2012_02.pdf. Acesso em: 3 mar. 2022.
- BASILIO, P. **Brasil é o 2º país do G20 em mortalidade por acidentes no trabalho**. In: G1 ECONOMIA. [S. l.], 1 maio 2021. Disponível em: <https://g1.globo.com/economia/noticia/2021/05/01/brasil-e-2o-pais-do-g20-em-mortalidade-por-acidentes-no-trabalho.ghtml>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- BEER, F. P.; JOHNSTON JR, E. R. **Resistência dos Materiais**. 3. ed. São Paulo: Pearson Makron Books, 1995.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Previdência. **Normas Regulamentadoras - NR**. [S. l.], 22 out. 2020. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos-especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/ctpp-nrs/normas-regulamentadoras-nrs>. Acesso em: 17 mar. 2022.
- BRASIL, H. V. **Máquinas de levantamento**. Rio de Janeiro: Guanabara Dois S.A., 1985. 228 p. ISBN 85.7030.053-0.
- BRASIL, Ministério do Trabalho e Emprego. **Norma Regulamentadora 12: Segurança no trabalho em máquinas e equipamentos**. 65. ed. São Paulo: Atlas, 2011.
- BRISTOT, V. M. **Introdução a engenharia e segurança do trabalho**. Criciúma, SC.: UNESC, 2019. 259 p. ISBN 978-85-8410-103-0. DOI <http://dx.doi.org/10.18616/seg>. Disponível em: <http://repositorio.unesc.net/handle/1/6948>. Acesso em: 14 mar. 2022.
- CARDELLA, B. **Segurança no Trabalho**: Uma abordagem holística: Segurança integrada à missão organizacional com produtividade, qualidade, preservação ambiental e desenvolvimento de pessoas. São Paulo: Atlas S.A., 1999. 254 p. ISBN 85-224-2255-9.
- CHAVES, M. **Importância da segurança do trabalho: Empresa e empregados**. In: NETO, Nestor W. **Segurança do Trabalho**. [S. l.], 2014. Disponível em: <https://segurancadotrabalhonwn.com/importancia-da-seguranca-do-trabalho-empresa-e-empregados/>. Acesso em: 12 mar. 2022.
- COELHO JUNIOR, A. A.; SOUZA, M. M. de; SANTOS, L. D. R. dos. **A Importância da NR-12 Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Artigo Acadêmico, Centro Universitário do Norte – UNINORTE, p. 16, 2018. Disponível em: https://semanaacademica.org.br/system/files/artigos/artigo_alencar_v00.pdf. Acesso em: 1 mar. 2022.
- CORDEIRO. **Especialista em máquinas e ferramentas**. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.cordeiromaquinas.com.br/hidraulicos/guinchos/talha-manual-1-0-ton-elevacao-5-metros-6143010050-vonder>. Acesso em: 16 nov. 2022.
- CORRÊA, M. U. **Sistematização e aplicações da NR-12 na segurança em máquinas e equipamentos**. 2011. 111 p. Monografia (Pós Graduação) - Curso de Pós Graduação

Lato Senu em Engenharia de Segurança do Trabalho, Universidade Regional do Noroeste do Estado do Rio Grande do Sul, 2011. Disponível em <https://bibliodigital.unijui.edu.br:8443/xmlui/bitstream/handle/123456789/836/MONOGRAFIA%20%20Martinho%20Ullmann%20Corr%c3%aa.pdf?sequence=1&isAllowed=y>. Acesso em: 25 fev. 2022.

EDUCA Mundo. *In: Educação sem fronteiras*. [S. l.], 19 abr. 2022. Disponível em: <https://www.educamundo.com.br/blog/programa-solidworks>. Acesso em: 19 abr. 2022.

ENGENHARIA. **Recursos Digitais e Aprendizagem**. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://recursosengenharia.blogspot.com/2017/05/resistencia-mecanica-acos-sae.html>. Acesso em: 18 abr. 2022.

FAGUNDES, B. E. de J. et al. **Intolerância a Vibrações Mecânicas à Manutenção Preditiva em Máquinas**. Revista Brasileira de Ciências da Vida, [s. l.], v. 07, ed. Edição Especial, p. 24 - 28, 2019.

FORMULÁRIO MHD56391. **Manual de partes, operação e manutenção de talhas de corrente manuais modelos SMB005 SMB010 1/2 ton 1 ton SMB030 3 ton SMB015 SMB020 1-1/2 ton 2 ton SMB050 5 ton**. Ingersoll Rand Company 2008. Manual técnico. Disponível em: <file:///C:/Users/Rodrigo/Downloads/MHD56391ed2PT.pdf>. Acesso em: 8 nov. 2022.

GUTTMAN, M. **Método HRN (Hazard Rating Number) a principal ferramenta para a avaliação de riscos em máquinas**. *In: ZIEL Engenharia*. [S. l.], 2021. Disponível em: <https://www.zielengenharia.com/single-post/2017/03/02/m%C3%A9todo-hrn-hazard-rating-number-a-principal-ferramenta-para-a-avalia%C3%A7%C3%A3o-de-riscos-em-m%C3%A1qu>. Acesso em: 1 abr. 2022.

HOEPPNER, M. G. **NR Normas Regulamentadoras Relativas à Segurança e Medicina do Trabalho**: (Capítulo V, Título II, da CLT) NR-1 a NR-34. Ícone editora, [s. l.], ed. 5, p. 1 - 14, 2012. Disponível em: <https://www.iconeeditora.com.br/pdf/994672577NR%20%e2%80%93%20%20%20SUM%c3%81RIO%20e%20FRAGMENTOS.docx.pdf>. Acesso em: 18 mar. 2022.

HORTRON. Projetos e montagens eletrônicas. Produtos. *In: Hortron Projetos e Montagens Eletrônicas*. [S. l.], 2022. Disponível em: <http://www.htrcomponentes.com.br/>. Acesso em: 15 nov. 2022.

LUZ, J. **Materiais: Aço carbono SAE 1020**. *In: Gelson Luz Blog Materiais*. [S. l.], 2022. Disponível em: <https://www.materiais.gelsonluz.com/2017/10/aco-sae-1020-propriedades-mecanicas.html>. Acesso em: 16 nov. 2022.

MAAS, L.; GRILLO, L. P.; SANDRI, J. V. de A. **A saúde e a segurança do trabalho sob competência de normas regulamentadoras frágeis**. Revista Brasileira de Tecnologias Sociais, [s. l.], p. 22 - 32, 2018. DOI 10.14210/rbts.v5n1.p22-32. Disponível em: <https://www.researchgate.net/publication/327490474>. Acesso em: 18 mar. 2022.

MEBUSCAR. **Balanceador-de-turbinas-induzidos-eixos**. *In: Mebuscar.com.br: Balanceador-de-turbinas-induzidos-eixos*. Site, 2022. Disponível em: <https://mebuscar.com/br/item/balanceador-de-turbinas-induzidos-eixos-1418783159>. Acesso em: 22 out. 2022.

MENEGOTTI. **Construção. Manual técnico Menegotti**. *In: MENEGOTTI Construção*. [S. l.], s. n., 2022. Disponível em: <https://drive.google.com/file/d/1zGgUH6RQn6O38X5zWskLxb9FrBSsR2Qv/view>. Acesso em: 16 nov. 2022.

MINISTÉRIO DO TRABALHO. **NR-12 Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 1978. Disponível em: <https://www.gov.br/trabalho-e-previdencia/pt-br/composicao/orgaos->

especificos/secretaria-de-trabalho/inspecao/seguranca-e-saude-no-trabalho/normas-regulamentadoras/nr-12-atualizada-2021.pdf/view. Acesso em: 11 mar. 2022.

- NICOLOTTI, R. L. **Implementação da NR-12 em uma prensa hidráulica de modelo Calende usando o método HRN**. 2018. 72 p. Trabalho de Conclusão de Curso (Graduação em Engenharia Mecânica) - Universidade Tecnológica Federal do Paraná departamento acadêmico de Engenharia Mecânica curso de Engenharia Mecânica, [S. l.], 2018. Disponível em: http://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/15252/1/PB_DAMEC_2018_1_14.pdf. Acesso em: 31 mar. 2022.
- PORTAL TRIBUTÁRIO PUBLICAÇÕES E CONSULTORIA LTDA, Portal Tributário Publicações e Consultoria Ltda. Guia Trabalhista: NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais. *In: NR 11 - Transporte, Movimentação, Armazenagem e Manuseio de Materiais*. Curitiba - PR, [200-] [200-]. Disponível em: <http://www.guiatrabalhista.com.br/legislacao/nr/nr11.htm>. Acesso em: 21 mar. 2022.
- PROVENZA, Francesco. **Projetista de Máquinas**. 71. ed. rev. atual. e aum. [S. l.: s. n.], 1990. 486 p.
- RAO, Singiresu S. **Mechanical Vibrations**. 4. ed. São Paulo SP: Pearson Prentice, Hall, 2008. 317 p. ISBN 9788576052005.
- RASIA, L. A.; OSINSKI, C.; VALDIERO, A. C.. Sistema Microcontrolado de Controle de Vibração de Eixos Mecânicos de Máquinas e Equipamentos Agrícolas. **ABCM Symposium Series Mechatronics**. Rio de Janeiro RJ: ABCM ? Associação Brasileira de Engenharia e Ciências Mecânicas, 2014. v. 06, p. 1227-1234. ISBN 978-85-85769-52-9. Disponível em: <file:///D:/Arquivos%20Salvos/2021/Documents/Prepara%C3%A7%C3%A3o%20para%20o%20TFC/Balanceamento%20de%20eixo%20m%C3%A1quinas%20agr%C3%ADcolas.pdf>. Acesso em: 22 mar. 2022.
- RUDENKO, N. **Máquinas de elevação e transporte**. Rio de Janeiro RJ: Livros técnicos e científicos editora S.A., 1976. 426 p.
- SANTOS JUNIOR, J. R. do; ZANGIROLOME, M. J. **NR-12: Segurança em máquinas e equipamentos: conceitos e aplicações**. 2. ed. São Paulo: Érica, 2020. 232 p. ISBN 9788536531793. Disponível em: https://www.google.com.br/books/edition/NR12_Seguranca_Em_Maquinas_Equipamentos/XgbPDwAAQBAJ?hl=pt-BR&gbpv=1&dq=livro+sobre+normas+de+seguran%C3%A7a+do+trabalho+nr+12&printsec=frontcover. Acesso em: 25 fev. 2022.
- SOUZA, G. F. de. **Impactos da nova redação da NR 12 nas indústrias**. Curitiba: [s. n.], 2014. 65 p. Disponível em: https://repositorio.utfpr.edu.br/jspui/bitstream/1/17655/2/CT_CEEEST_XXVII_2014_15.pdf. Acesso em: 1 mar. 2022.
- VALDIERO, A. C.; RASIA, L. A. **Gestão de projetos de pesquisa e desenvolvimento de produtos mecatrônicos: Desafios em engenharia industrial**. 1. ed. [S. l.]: Ijuí: Unijuí, 2016. v. 1.
- VILELA, R. A. G. **Acidentes do trabalho com máquinas - identificação de riscos e prevenção**. CADERNOS de Saúde do Trabalhador, São Paulo, p. 1-33, 2000. Disponível em: <http://www.cerest.piracicaba.sp.gov.br/site/images/caderno520segurancaem20maquin1.pdf>. Acesso em: 11 abr. 2022.
- VOLPATO, G. L.; BARRETO, R. E. **Elabore Projetos Científicos Competitivos**. Botucatu: Best Writing, 2014. 174 p. ISBN 978-85-64201-05-7.

VONDER, Plus. **Manual de instruções**. *In*: VONDER Plus. [S. l.: s. n.], 2022. Disponível em: <https://www.vonder.com.br/estatico/vonder/documentos/6143300300/Manual%20de%20Instrucoes.pdf>. Acesso em: 16 nov. 2022.

WEBSHOP. Choice. [S. l.], 18 abr. 2022. Disponível em: <https://www.choice-loja.com.br/produto/sensor-de-seguranca-lmf-em-inox-sem-contado-codificado-por-rfid-e-para-aplicacoes-com-higiene/>. Acesso em: 18 abr. 2022.