

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

GABRIEL FELIPE DE PAULA POPIOLSKI

**PROJETO PRELIMINAR DE UMA MÁQUINA DESTOPADEIRA CONTÍNUA
PARA USO EM UMA INDÚSTRIA DE SILOS EM CASCAVEL - PR.**

**CASCAVEL – PR
2020**

CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ

GABRIEL FELIPE DE PAULA POPIOLSKI

**PROJETO PRELIMINAR DE UMA MÁQUINA DESTOPADEIRA CONTÍNUA
PARA USO EM UMA INDÚSTRIA DE SILOS EM CASCAVEL - PR.**

Trabalho apresentado na disciplina de Trabalho de Conclusão de Curso II, do Curso de Engenharia Mecânica, do Centro Universitário Assis Gurgacz, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica.

Professor Orientador: Bruno dos Santos;

**CASCAVEL – PR
2020**

**CENTRO UNIVERSITÁRIO ASSIS GURGACZ
GABRIEL FELIPE DE PAULA POPIOLSKI**

**PROJETO PRELIMINAR DE UMA MÁQUINA DESTOPADEIRA CONTÍNUA
PARA USO EM UMA INDÚSTRIA DE SILOS EM CASCAVEL - PR.**

Trabalho apresentado no Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário FAG, como requisito parcial para obtenção do título de Bacharel em Engenharia Mecânica, sob orientação do Professor Msc. Bruno dos Santos.

BANCA EXAMINADORA

Orientador Prof Msc. Bruno dos Santos
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Agrícola

Professor Esp. Rogerio Luiz Ludegero
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Professor Msc. Carlos Alberto Breda
Centro Universitário Assis Gurgacz
Engenheiro Mecânico

Cascavel, 30 de JUNHO de 2020.

DEDICATÓRIA

Dedico este trabalho a todos que me apoiaram,
em especial a minha esposa, filho, e meus pais,
os quais todos me apoiaram e nunca deixaram
de acreditar no meu potencial.

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus, por me dar forças e sabedoria para alcançar este e outros objetivos.

Agradeço à minha esposa Caroline e meu filho Enzo Gabriel pela compreensão pelas horas de ausência em favor da minha formação acadêmica e profissional, e pelo apoio prestado durante este projeto.

Aos meus pais, pelo amor e carinho sempre prestados, pela dedicação e esforço realizado para que eu alcançasse meus objetivos.

Agradeço a todos os professores desta instituição, que ao decorrer da minha jornada transmitiram seus conhecimentos, em especial ao meu orientador Me. Bruno dos Santos, além de professor é um grande amigo, o qual sempre me incentivou e ajudou nas escolhas profissionais e pessoais.

Agradeço a empresa Comil Silos e Secadores LTDA, a qual tive oportunidade de trabalhar e realizar este projeto, agregando em minha formação acadêmica e profissional. Ao meu supervisor José Orlei de Oliveira e ao Engenheiro Mecânico Luís Fernando, por me auxiliarem e sanarem as dúvidas em campo.

“O insucesso é apenas uma oportunidade para
recomeçar com mais inteligência.”

Henry Ford.

RESUMO

Conforme dados do CEREST (Centro de Referência em Saúde do Trabalhador), nos oito primeiros meses do ano de 2017 foram comunicados 627 acidentes graves com serras circulares de bancada, representando um aumento significativo de cerca de 15% em relação ao mesmo período ao ano anterior. O objetivo desse estudo é identificar essas irregularidades, desenvolvendo um projeto mecânico que objetive o aumento da segurança dos colaboradores e a otimização dos recursos. Para isso, com o auxílio da equipe de produção, foram efetuados ensaios e aplicação das ferramentas de gestão, buscando identificar as possíveis causas de acidentes. Após coletados os dados, elabora-se um levantamento de possíveis soluções baseadas nas normas DIN e NR – 12. Em sequência inicia-se o projeto de dimensionamento do equipamento de destopo. Com a conclusão deste trabalho identificou que para produção interna deste equipamento, em conformidade com a NR-12, utilizando maquinário próprio e recursos recicláveis, o mesmo gera uma economia de 65% para empresa em relação a compra de um equipamento novo.

Palavras chaves: Projeto, dimensionamento, destopadeira, NR 12.

ABSTRACT

According to data from CEREST (Reference Center in Worker's Health), in the first eight months of 2017, 627 serious accidents were reported with benchtop circular saws. Representing a significant increase of about 15% over the same period last year. The purpose of this study is to identify these irregularities, developing a mechanical project that aims to increase employee safety and optimize resources. For this, with the assistance of the production team, trials and application of management tools were carried out, including brainstorming, seeking to identify possible causes of accidents. After collecting the data, it runs a survey of possible solutions based on the regulatory standards DIN and NR - 12. In sequence, the design of the sizing equipment begins. With the conclusion this work, he identified that for interna production of this equipment, in accordance with NR-12, using its own machinery and recyclable resources, it generates savings of 65% for the company in relation the purchase of new equipment.

Key words: Project, sizing, cutter, transmission elements, NR 12.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Mapa para elaborar uma análise de riscos.	25
Figura 2: Desenho de patente para serra de mesa.	27
Figura 3: Serra circular portátil.	28
Figura 4: Serra mármore.	28
Figura 5: Serra tico-tico.	29
Figura 6: Serra esquadrejadeira.	30
Figura 7: Serra fita.	31
Figura 8: Serra destopadeira de carregamento contínuo.	31
Figura 9: Esquematização do funcionamento.	32
Figura 10: Vistas de corte.	33
Figura 11: Corrente de rolos.	35
Figura 12: Corrente de elos fundidos.	35
Figura 13: Engrenagem para correntes.	38
Figura 14: Momento fletor no plano vertical.	41
Figura 15: Momento fletor no plano horizontal.	42
Figura 16: Chaveta meia lua.	46
Figura 17: Chaveta inclinada.	46
Figura 18: Chaveta plana.	46
Figura 19: Esforços sofridos pela chaveta.	47
Figura 20: Mancal de deslizamento.	49
Figura 21: Mancal de rolamento.	49
Figura 22: Disposição de corte.	53
Figura 23: Planta da marcenaria.	54
Figura 24: Proteção lateral.	55
Figura 25: Proteção das rodas dentadas.	56
Figura 26: Desenho do chassi.	57
Figura 27: Dimensões do chassi.	58
Figura 28: Detalhamento da base.	58
Figura 29: Furação da base.	59
Figura 30: Corrente ASA 50.	60
Figura 31: Engrenagem para corrente ASA-50.	62
Figura 32: Distribuição de cargas do eixo no plano vertical.	66

Figura 33: Distribuição de cargas do eixo no plano horizontal.....	68
Figura 34: Estrutura do transportador.	74

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Número mínimo de dentes para engrenagem.	36
Tabela 2: Tabela de coeficiente de segurança (n_s)	37
Tabela 3: Fator de operação.	37
Tabela 4: Fator de posição.....	40
Tabela 5: Fator de forma.	44
Tabela 6: Dados coletados.....	51
Tabela 7: Dados do moto redutor.	52
Tabela 8: Informações do equipamento.	53
Tabela 9: Características geométricas corrente ASA-50.....	61
Tabela 10: Itens existentes na fábrica.....	75
Tabela 11: Itens em estoque.	76
Tabela 12: Custo de produção interna.	76
Tabela 13: Equipamentos comprados externamente.	77
Tabela 14: Custo total.....	77
Tabela 15: Valores do equipamento.	78

LISTA DE EQUAÇÕES

Equação 1: Velocidade periférica.....	34
Equação 2: Carga máxima atuante na corrente.....	36
Equação 3: Fator de forma.....	37
Equação 4: Diâmetro primitivo.....	38
Equação 5: Diâmetro da base.....	38
Equação 6: Diâmetro interno.....	38
Equação 7: Diâmetro externo.....	38
Equação 8: Espessura axial do dente.....	38
Equação 9: Torque.....	40
Equação 10: Carga atuante no eixo.....	40
Equação 11: Força tangencial.....	40
Equação 12: Esforço vertical no apoio A.....	41
Equação 13: Esforço vertical no apoio B.....	41
Equação 14: Momento fletor no apoio vertical.....	42
Equação 15: Esforço horizontal no apoio A.....	42
Equação 16: Esforço horizontal no apoio B.....	42
Equação 17: Momento fletor no apoio horizontal.....	43
Equação 18: Momento fletor resultante.....	43
Equação 19: Momento ideal.....	43
Equação 20: Coeficiente de Bach.....	43
Equação 21: Diâmetro da árvore.....	44
Equação 22: Velocidade crítica do eixo.....	45
Equação 23: Deflexão estática.....	45
Equação 24: Força tangencial da chaveta.....	47
Equação 25: Tensão de cisalhamento na chaveta.....	47
Equação 26: Pressão de esmagamento na chaveta.....	48
Equação 27: Velocidade de avanço.....	64

LISTA DE ABREVIATURAS E SÍMBOLOS

% - Porcento, porcentagem.

α – Alfa.

\varnothing - Diâmetro.

2D – Duas dimensões.

3D – Três dimensões.

ANSI – American National Standard Institute.

ART – Anotação de Responsabilidade Técnica.

Art. – Artigo.

CA – Corrente Alternada.

CAD – Computer Aided Design.

CC – Corrente Contínua.

CEREST – Centro de referência em saúde do trabalho.

CLT – Consolidação das Leis Trabalhistas.

CIPA – Comissão Interna de Prevenção de Acidentes.

CNC – Computer Numeric Control.

CREA – Conselho Regional de Engenharia e Agronomia.

CV – Cavalo-Vapor.

DIN – Deutsches Institut für Normung.

EPC – Equipamento de Proteção Coletiva.

EPI – Equipamento de Proteção Individual.

FAP – Fator Acidentário de Prevenção.

GPa – GigaPascal.

HB – Dureza Brinell.

HRC – Dureza Rockwell.

Hz – Hertz.

INSS – Instituto Nacional do Seguro Social.

ISO – International Organization for Standardization.

kg – Kilograma.

kgf – Kilograma Força.

kW – KiloWatts.

kg/m – Kilograma por metro.

kN – KiloNewton.

m – Metro.

mm – Milímetro.

MPa – MegaPascal.

MTE – Ministério do Trabalho e Emprego.

m/s – Metros por segundo.

m/s² – Metros por segundo ao quadrado.

N – Newton.

NBR – Norma Brasileira Regulamentadora.

Nm – Newton metro.

Nmm – Newton milímetro.

NR – Norma Regulamentadora.

N/m – Newton por metro.

N/mm² – Newton por milímetro quadrado.

Nº - Número.

OHSAS – Occupational Health and Safety Assessment Series.

PIB – Produto Interno Bruto.

RAD/s – Radianos por segundo.

RPM – Rotações Por Minuto.

R\$ - Moeda Real.

SESMT – Serviço Especializado em Engenharia e Segurança e em Medicina do Trabalho.

W – Watts.

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	17
1.1	OBJETIVOS.....	18
1.1.1	Objetivo geral.....	18
1.1.2	Objetivos específicos.....	18
1.2	JUSTIFICATIVA.....	19
1.3	CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA.....	19
1.4	DELIMITAÇÃO DA PESQUISA	19
2	REFERENCIAL TEÓRICO.....	20
2.1	SEGURANÇA DO TRABALHO.....	20
2.1.1	Acidentes de trabalho	21
2.1.2	NR-12	23
2.2	SERRAS.....	26
2.2.1	Tipos de serras.....	26
2.2.1.1	Serra circular.	27
2.2.1.2	Serra mármore.	28
2.2.1.3	Serra tico-tico.	29
2.2.1.4	Serra de bancada.....	29
2.2.1.5	Serra destopadeira.	31
2.3	ELEMENTOS DE MÁQUINAS	33
2.3.1	Correntes (DIN 8180).....	33
2.3.1.1	Tipos de correntes.	34
2.3.2	Engrenagens para correntes.....	35
2.3.2.1	Dimensionamento pela norma GOST-URSS.....	36
2.3.2.2	Características geométricas.	37
2.3.3	Eixos e eixos-árvores.....	39
2.3.3.1	Torque (M_t).	39
2.3.3.2	Carga atuante no eixo.	40
2.3.3.3	Esforços na transmissão.	40
2.3.3.4	Momento fletor no plano vertical.....	41
2.3.3.5	Momento fletor no plano horizontal.....	42
2.3.3.6	Demais dimensionamentos.....	43
2.3.3.7	Velocidade crítica em eixos e árvores.....	44

2.3.4	Chavetas.	45
2.3.5	Mancal.	48
2.3.5.1	Mancais de deslizamento.....	48
2.3.5.2	Mancal de rolamento.	49
2.4	AUTOCAD	50
3	METODOLOGIA	51
3.1	CONSIDERAÇÕES INICIAIS.....	51
3.1.1	Do projeto.....	52
3.2	NR-12	53
3.3	ESTRUTURAL	57
4	RESULTADOS E DISCUSSÕES	60
4.1	TRANSPORTADOR DE CARGA.....	60
4.1.1	Corrente de rolo.....	60
4.1.2	Engrenagem para corrente ASA 50 conforme norma DIN 8180.	62
4.1.3	Velocidade periférica.	64
4.1.4	Eixo-árvore.....	65
4.1.4.1	Vertical.	67
4.1.4.2	Horizontal.....	68
4.1.4.3	Momento fletor resultante.	70
4.1.4.4	Diâmetro da árvore.....	71
4.1.4.5	Velocidade crítica em eixos e árvores.....	72
4.1.5	Chavetas.	72
4.1.6	Estrutura.	74
4.2	CUSTO DE PRODUÇÃO INTERNA.....	75
4.3	COMPARAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE TERCEIROS.....	77
5	CONSIDERAÇÕES FINAIS.....	79
6	TRABALHOS FUTUROS.....	81
	REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS	82
	ANEXOS	84
	ANEXO A – TABELA DE DUREZA BRINELL	84
	ANEXO B – FATOR DE SERVIÇO.....	84
	ANEXO C – DISTÂNCIA DE SEGURANÇA PARA ZONAS PERIGOSAS.	85
	ANEXO D – TABELA DE CHAVETAS PLANAS (DIN 6885/1)	86
	ANEXO E – VISTA FRONTAL ISOMÉTRICA DO EQUIPAMENTO.	87

ANEXO F – VISTA POSTERIOR ISOMÉTRICA DO EQUIPAMENTO.	87
---	----

1 INTRODUÇÃO

O Brasil detém um enorme poderio industrial, com diversas indústrias dos mais diversos gêneros capazes de atender qualquer demanda de equipamento num leque variado de atividades. No setor madeireiro, o trabalho geralmente requer muito esforço físico e com isso, o ganho com a automatização/mecanização do processo ganha níveis exorbitantes, tanto de agilidade como financeiro.

Vários processos foram se automatizando ao longo dos anos, desde o corte, transporte, destopo, esquadrejamento e com isso o risco de acidentes no manuseio destes equipamentos aumentaram, pois nem sempre os mesmos tem a devida segurança regulamentada por lei. Segundo dados do CEREST (Centro de Referência em Saúde do Trabalhador), nos oito primeiros meses do ano de 2017 foram comunicados 627 acidentes graves com este tipo de equipamento no Brasil, um aumento de cerca de 15% em relação ao mesmo período ao ano anterior, que teve 541 casos notificados. Sendo assim, esse estudo identifica as irregularidades relativas à segurança dos colaboradores e desenvolve uma estratégia para produzir os riscos de acidentes.

Em 1978 foi criada pelo Ministério do Trabalho e Emprego a NR 12 visando diminuir os riscos de acidentes em máquinas e equipamentos dentro das indústrias brasileiras, pois esses acidentes trazem um grande prejuízo tanto para as empresas, quanto para o estado e para o empregado. Porém esta norma é muito extensa, e para sua implementação total na indústria requer um investimento financeiro relativamente alto.

Segundo dados do Observatório Digital de Saúde e Segurança do Trabalho a não adequação a NR-12 impacta diretamente na produtividade e, conseqüentemente nos lucros das empresas. O país perde anualmente cerca de 4% do seu PIB (Produto Interno Bruto) com gastos decorrentes em práticas pobres em segurança no trabalho. Em 2017, essas perdas gerais à economia foram equivalentes a R\$ 264 bilhões de reais.

Além dos riscos à segurança dos funcionários, existe também os riscos jurídicos sobre a não adequação da NR-12. O não cumprimento acarreta em multas, notificações, autuação, interdição de equipamentos e ações regressivas pelo INSS (Instituto Nacional do Seguro Social) conforme Lei nº 8.213/91. A multa pode variar de acordo com o risco apresentado no equipamento, podendo chegar até 50 vezes o valor do equipamento.

O valor da multa é calculado através da NR-28, onde diz especificamente sobre fiscalizações e penalidades. Em caso de acidentes graves com equipamento em não conformidade, a empresa pode ser responsabilizada criminalmente.

Esta pesquisa tem como objetivo principal desenvolver um equipamento que traga uma maior segurança para os trabalhadores, com finalidade de reduzir os riscos de danos que poderão ser causados em caso de um acidente. Essa se dará perante ao embasamento dentro da norma regulamentadora para segurança em máquinas e equipamentos, a NR-12.

Como objetivo secundário, um equipamento que iguale ou aumente a produção diária do setor, e como objetivo final, um equipamento que proporcione um baixo custo de investimento para empresa.

A metodologia escolhida foi pesquisa experimental com estudo bibliográfico, pois esse processo nos possibilita relacionar o conteúdo em teoria com o conteúdo na prática, proporcionando clareza na pesquisa em questão.

O projeto do referido trabalho será desenvolvido no município de Cascavel-Paraná, Brasil. Inicialmente será realizado uma pesquisa para verificar quais materiais poderão ser utilizados e as características do projeto, e após a realização da pesquisa será necessário realizar os cálculos para dimensionamento dos mecanismos e componentes que irão compor o equipamento.

Com os cálculos realizado, o passo seguinte será selecionar estes mecanismos e componentes, através de catálogos de fabricantes, website e afins dos mesmos. Posteriormente, será realizado o desenho em 2D e 3D dos mecanismos utilizando o software, pelo qual é possível realizar a montagem dos mecanismos formando no total do conjunto o equipamento final. Então inicia-se a elaboração de planilhas para verificar o controlar os custos da produção do equipamento em questão.

1.1 OBJETIVOS

1.1.1 Objetivo geral

Elaborar o dimensionamento de um projeto de uma destopadeira de carregamento contínuo que atenda as normas de segurança e a produtividade da empresa.

1.1.2 Objetivos específicos

Para concluir o objetivo geral, os seguintes objetivos específicos serão desenvolvidos:

- Pesquisa e levantamento da classificação dos mecanismos;
- Métodos de cálculos para estrutura e mecanismos;

- Seleção dos componentes e matérias primas;
- Desenho e layout do equipamento;
- Desenvolvimento de planilhas para cálculo de custos;

1.2 JUSTIFICATIVA

No Brasil, segundo dados do CEREST, em 2017 ocorreu um aumento de 15% nos números de acidentes graves com o uso de serras de bancadas em relação ao ano anterior. Buscando minimizar estes dados a OHSAS 18001, indica as seguintes medidas de controle de riscos: Eliminação, substituição, controle de engenharia, sinalização e distribuição de EPI. Neste trabalho será abordado o terceiro item, controle de engenharia.

Assim com o dimensionamento da máquina concluído em todos os níveis de complexidade propostos, a nova destopadeira poderá fornecer condições de segurança potencializada, favorecendo um melhor ambiente de trabalho e conseqüentemente o aumento da produtividade.

1.3 CARACTERIZAÇÃO DO PROBLEMA

Como desenvolver uma destopadeira de carregamento contínuo que minimize os riscos de acidentes físicos ao operador, respeitando as normas vigentes e que atenda às necessidades para a empresa?

1.4 DELIMITAÇÃO DA PESQUISA

Este documento apresenta um projeto de dimensionamento de um equipamento de destopo de madeira com carregamento da carga ocorrendo de forma contínua.

O projeto inicia-se com o dimensionamento de todos os elementos de máquinas e estruturais do equipamento, e posteriormente realizar o desenho dos mesmos em 2D e 3D utilizando o software Autodesk AutoCAD 2019. Seguidamente, será levantado o custo para produção do equipamento e realizado a comparação com o custo da aquisição de um equipamento novo vendido externamente.

O projeto do equipamento permitirá aumentar significativamente o rendimento da produção de pallets para uso interno e transporte do produto até o cliente, e conseqüentemente aumentar a segurança para o operador.

2 REFERENCIAL TEÓRICO

2.1 SEGURANÇA DO TRABALHO

Segurança do trabalho pode ser entendida como os conjuntos de medidas que são adotadas visando minimizar os acidentes de trabalho, doenças ocupacionais, bem como proteger a integridade e a capacidade de trabalho do trabalhador. (DANIELA ALBUQUERQUE, 2017).

Pode ser entendido como uma ciência que estuda meios de proteger os trabalhadores em seu ambiente profissional, além de promover a saúde de forma geral, oferecendo melhor qualidade de vida aos funcionários da empresa. (RAFAEL LOBO, 2018).

No Brasil, a segurança do trabalho é definida por normas e leis, descrita pelo SESMT (Serviço Especializado em Engenharia e Segurança e em Medicina do Trabalho), regulamentada pelo MTE (Ministério do Trabalho e Emprego) e a NR 4 além de convenções internacionais ratificadas. Segundo a NR 4 todas as empresas, públicas ou privadas, que contenham funcionários empregados no regime de CLT (Consolidação das Leis Trabalhistas) devem contar obrigatoriamente com profissionais do setor de segurança do trabalho.

Os profissionais da área de segurança são divididos nas seguintes funções:

- Técnico de Segurança no Trabalho: Profissional que faz a inspeção de locais, instalações e equipamentos da empresa. Observa as condições de trabalho, inspeciona os postos de combate a incêndio, comunica resultados das inspeções, investiga acidentes ocorridos, entre outras atividades.
- Engenheiro de Segurança no Trabalho: Realiza assessoria em empresas industriais, promove a aplicação de dispositivos especiais para segurança como EPI's e EPC's, executa campanhas educativas sobre prevenção de acidentes, e diversas outras atividades.
- Médico do Trabalho: Executa exames periódicos aos empregados, realiza tratamentos de urgência em casos de acidentes, elabora programas de proteção à saúde do trabalhador, planeja e executa programas de treinamento de equipes, entre outras.
- Enfermeiro do Trabalho: Presta os primeiros socorros em caso de um acidente, realiza atendimento laboratorial, planeja e executa programas de educação sanitária e afins.

Segundo a NR 4, a quantidade obrigatória destes profissionais irá depender da quantidade de funcionário que cada empresa detém, e o grau de risco da principal atividade da

empresa. Em alguns casos somente um técnico em segurança é suficiente, em outros poderá ter um profissional de cada especialidade.

Além disso, alguns funcionários da empresa devem constituir a CIPA (Comissão Interna de Prevenção de Acidentes) regulamentada pela NR 5, que tem como objetivo promover ações para prevenir acidentes e doenças decorrentes do trabalho, mantendo o trabalho de promoção de saúde permanente e cotidiano.

A segurança do trabalho tem vários objetivos dentro da empresa, onde os principais são evitar acidentes e doenças relacionadas ao trabalho, eliminar condições inseguras no trabalho, preparar e conscientizar o trabalhador sobre a prevenção de acidentes, cumprir os requisitos legais entre outros.

A segurança do trabalho dentro da indústria é de extrema importância, uma vez que a saúde e bem-estar do funcionário deve ser prioritária. Porém, por outro lado, caso ocorra algum tipo de acidente ou doença relacionado com o trabalho a empresa pode gastar um valor considerável com indenização, multas, adequação, entre outros.

Além disso, colaboradores saudáveis, em um ambiente seguro produzirão de forma mais rápida e com mais qualidade. Investir na segurança demonstra que a empresa está consciente de sua responsabilidade social e que valoriza seus trabalhadores.

É de encargo do poder público criar leis sobre o tema, como a 3.214/1978 e as normas regulamentadoras, como a NR 4 e NR 5, e fiscalizar e penalizar as empresas caso haja descumprimento das leis e normas.

É dever da empresa cumprir e fazer cumprir as leis e normas, informar aos trabalhadores sobre os riscos, como prevenir, e realizar exames médicos periódicos para acompanhar a saúde do funcionário. A empresa também deve fornecer os EPI's e EPC's aos funcionários para garantir a segurança do mesmo e também garantir que os mesmos sejam utilizados.

É de responsabilidade do funcionário, utilizar de forma correta os EPI's e EPC's fornecidos pela empresa, realizar os exames médico previstos em normas, colaborar com a empresa na aplicação das leis e normas referentes a segurança do trabalho.

Quando o poder público, a empresa e o funcionário cumprem firmemente com suas devidas responsabilidades, minimiza-se consideravelmente os riscos de acidentes de trabalho.

2.1.1 Acidentes de trabalho

Conforme o art. 19 da Lei nº 8.213 de 1991, acidente de trabalho é o que ocorre pelo exercício de trabalho a serviço da empresa ou pelo exercício do trabalho em área rural,

provocando lesão corporal ou perturbação funcional que cause a morte, perda ou redução, temporária ou permanente da capacidade de trabalho.

O art. 20 da Lei nº 8.213 de 1991 conceitua as doenças profissionais e ocupacionais.

Doença profissional: produzida ou desencadeada pelo exercício do trabalho peculiar a determinada atividade e constante da perspectiva relação elaborada pelo Ministério do Trabalho e da Previdência Social;

Doença do trabalho: adquirida ou desencadeada em função de condições especiais em que o trabalho é realizado e com ele se relacione diretamente.

O art. 20 da Lei nº 8.213 de 1991 equipara os diversos tipos de acidentes relacionados ao trabalho:

I. Acidente ligado ao trabalho que tenha causado morte, redução ou perda da capacidade para o trabalho, ou necessitando de cuidados médicos;

II. Acidente sofrido no local e horário de trabalho, como imprudência, negligência, imperícia;

III. Doença proveniente de contaminação acidental;

IV. Acidente sofrido fora do local e do horário de serviço, como na execução de uma obra, prestação espontânea de qualquer serviço para a empresa, viagem pela empresa ou acidente ocorrido no deslocamento da empresa para residência ou da residência para empresa.

Nos acidentes com um grau de gravidade menor, onde o empregado fica afastado pelo período inferior há 15 dias, a empresa ou empregador deixa de contar com a mão de obra temporariamente e tem que arcar com os custos econômicos da relação de empregado. O acidente repercutirá no cálculo da Fator Acidentário de Prevenção (FAP) da empresa, conforme art. 10 da Lei 10.666 de 2003.

Os acidentes com um grau de gravidade maior geram custos também para o estado. E cabe ao INSS (Instituto Nacional do Seguro Social) arcar com esses custos através de auxílios benéficos. Segundo O Globo (2019), o INSS gastou em 2018 cerca de R\$ 11,8 bilhões com o pagamento de benefícios vinculados a acidentes de trabalhos. Somente no mês de janeiro de 2019, o INSS pagou um valor de R\$ 930 milhões para mais de 800 mil segurados.

Com a finalidade de reduzir estes custos e aumentar a segurança para o trabalho, o Governo Federal propôs a modernização das 36 NR's vigentes. No dia 30 de junho de 2019 foram apresentadas algumas alterações nas NR12 (Segurança no trabalho de máquinas e equipamentos) e NR 1 (Disposições gerais), e uma revogação na NR 2 (Inspeção prévia).

Segundo um estudo realizado pelas Secretaria de Política Econômica do Ministério da Economia, aponta que com esta revisão na NR12 poderá reduzir em até R\$ 43,4 bilhões em

custos para o agregado da indústria, refletindo em um aumento entre 0,5% e 1% da produção industrial.

As principais causas de acidentes de trabalho na indústria se dão, em sua grande maioria, pela falta de atenção do trabalhador ao realizar o serviço, ou por máquinas e equipamentos em condições precárias, falta de comunicação entre os trabalhadores ao realizar serviço. Os tipos de maquinários mais propensos a causar acidentes são os que trabalham com movimentos de partes e/ou peças, como por exemplo uma guilhotina, que trabalha em movimento retilíneo, ou um conjunto de engrenagens que trabalha em movimentos giratórios, entre outros.

Buscando aumentar a segurança durante a operação de maquinários, criou-se a NR-12.

2.1.2 NR-12

Criada no dia 08 de junho de 1978 pelo Ministério do Trabalho e Emprego (MTE), a NR 12 tem como objetivo garantir que máquinas e equipamentos sejam seguros para que se possam ser utilizadas pelos trabalhadores. Por isto esta norma exige informações sobre todo o ciclo de vida de máquinas e equipamentos, incluindo desde o transporte, até a instalação, utilização, manutenção e até mesmo a sua eliminação ao final da sua vida útil.

A NR 12 é uma das mais importantes e extensas das 36 normas da Consolidação de Leis Trabalhistas. Ela já passou por várias atualizações durante sua existência com a última ocorrida através da portaria nº 916 de 30 de junho de 2019.

Segundo a NR 12, é responsabilidade do empregador adotar medidas de proteção para o uso seguro de máquinas e equipamentos. A norma também exige a adoção de medidas apropriadas para utilização destes equipamentos para trabalhadores que possuem algum tipo de deficiência e estarão envolvidos direta ou indiretamente com o trabalho.

Resume-se a NR-12 em:

Exige que sejam considerados medidas:

- **De proteção coletiva:** Envolve a implantação de proteções fixa nas áreas de risco;
- **De proteção individual:** Aplicadas durante a jornada de trabalho com a utilização de EPI;
- **Administrativas ou de organização do trabalho:** Treinamento periódico devidamente documentado envolvendo os procedimentos internos e riscos das atividades;

Objetivos:

- Segurança do trabalhador;
- Melhoria das condições de trabalho em prensas e similares;
- Melhoria das condições de trabalho em máquinas e equipamentos de uso geral;
- Máquinas e equipamentos intrinsecamente seguros;

A estrutura da NR 12 consiste em:

- Norma Regulamentadora nº 12 – Segurança do Trabalho em Máquinas e Equipamentos. (Parte principal da norma com 18 títulos);
- Anexo I – Distancias de segurança e requisitos para o uso de detectores de presença optoeletrônicos;
- Anexo II – Conteúdo programático da capacitação;
- Anexo III – Meios de acesso a máquinas e equipamentos;
- Anexo IV – Glossário;
- Anexo V – Motosserras;
- Anexo VI – Máquinas para panificação e confeitaria;
- Anexo VII – Máquinas para açougue, mercearia, bares e restaurantes;
- Anexo VIII – Prensas e similares;
- Anexo IX – Injetora e materiais plásticos;
- Anexo X – Máquinas para fabricação de calçados e afins;
- Anexo XI – Máquinas e implementos para uso agrícola e florestal;
- Anexo XII – Equipamentos de guindar para elevação de pessoas e realização de trabalho em altura;

Afim de se adequar as exigências feitas pela NR 12 e evitar de serem atuadas com pelo MTE com multas pesadas, podendo chegar a 50 vezes o valor do equipamento, as empresas devem obter e manter sempre atualizados os seguintes documentos:

1) Inventário de máquinas.

Tem como finalidade dar um panorama geral de todas as máquinas existentes na fábrica para categorizar e priorizar os riscos. Neste documento deve conter uma lista com todas as máquinas existentes na fábrica com as seguintes informações:

- Identificação da máquina e equipamento;
- Descrição geral da máquina;

- Capacidade, produtividade, tempo de jornada, operadores;
- Diagnóstico da NR 12;
- Previsão para adequação;
- Custo para adequação;
- Localização em planta baixa;

2) Planta baixa.

Mapa que indica a posição exata das máquinas na fábrica.

3) Análise de risco.

Mapeia os riscos inerentes de cada máquina e equipamento, como mostrado na figura 1. Só após ser mapeados os riscos que é possível analisar como reduzi-los.

A elaboração deve ser feita com base na NBR ISO 12.100:2013 e na ISO 14121-2:2012 que dizem respeito a segurança de máquinas, princípios gerais do projeto, redução de riscos e afins. A NR 12 exige que este documento conte com uma ART (Assinatura de Responsabilidade Técnica) assinada por um engenheiro devidamente registrado ao CREA (Conselho Regional de Engenharia e Agronomia).

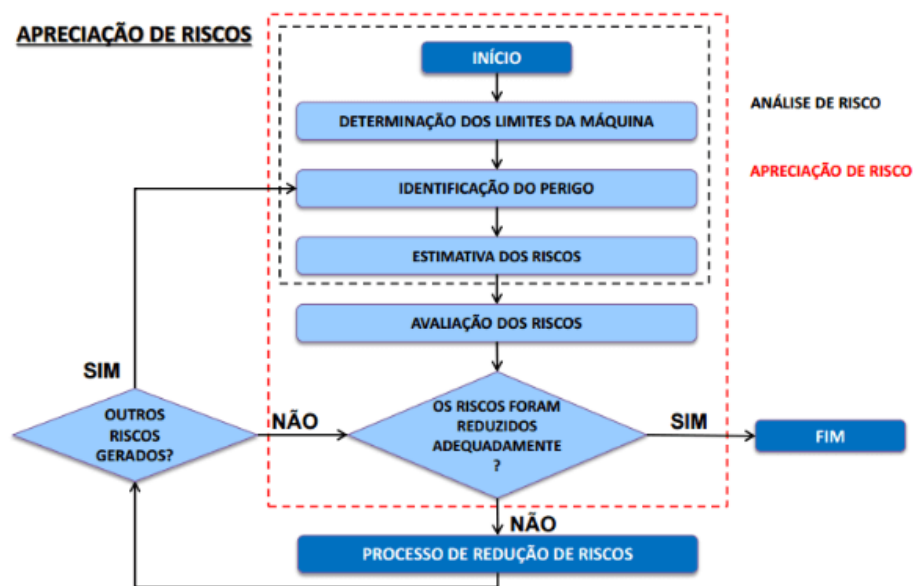


Figura 1: Mapa para elaborar uma análise de riscos.

(Fonte: Abimaq, 2019)

4) Diagnóstico.

Documento complementar à análise de risco. Ele deve atuar como um checklist básico, contendo o item da norma que atua sobre o equipamento, a evidência do cumprimento da NR 12 e a conclusão. Ou seja, este documento indica se os critérios estão sendo atendidos.

5) Manual de operação.

Todas as máquinas devem conter este documento. Ele orienta quanto ao uso e a manutenção segura do equipamento.

As máquinas e equipamentos devem estar sinalizados com os possíveis riscos, em destaque e de fácil compreensão, e só pode ser operada por trabalhadores capacitados e com treinamentos para operar o equipamento.

Neste trabalho, será aplicado a NR-12 em uma destopadeira contínua, que consiste em um equipamento com transportador de carga que possui uma serra para realizar o destopo da madeira.

2.2 SERRAS

A serra é uma ferramenta elétrica que utiliza de uma lâmina de metal redonda com dentes afiados, com o objetivo de cortar uma variedade de materiais, como principal a madeira. (YORKSAW, 2019).

Esta lâmina, é acoplada ao eixo do motor elétrico onde o mesmo fornece potência e velocidade necessária à lâmina para realizar o corte. É um equipamento simples para corte de madeira com muitas aplicações úteis, onde a sua finalidade é cortar pedaços de madeiras em diferentes formas e tamanhos. A utilização da serra é rápida e eficaz.

2.2.1 Tipos de serras

A serra foi inventada em 1700, a figura 2 representa um dos primeiros exemplos de serras, entretanto existem atualmente diversos tipos de serras.

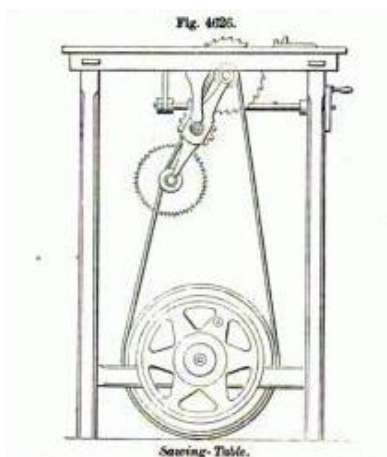


Figura 2: Desenho de patente para serra de mesa.

(Fonte: YORKSAW, 2019)

Existem duas categorias para serras de mesas, as serras portáteis e serras de bancada. As serras portáteis são pequenas e baratas, e são utilizadas para trabalho de corte de pequeno porte. As serras de bancadas de grande porte possuem maior potência no motor e cortam peças com superfícies maiores, tornando-a mais precisa, porém mais cara.

2.2.1.1 Serra circular.

Em 1922, Raymond Dewalt criou a primeira serra circular acoplada a um braço radial, permitindo assim um maior controle da profundidade e direção do corte. No entanto, foi no ano de 1929 que o inventor ArtEmmons criou a primeira serra circular portátil. A serra de acionamento helicoidal da Emmons apresentava um motor eletrônico acoplado que era leve o suficiente para facilitar a portabilidade, mostrado na figura 3.

Desde então as serras continuam a evoluir juntamente aos avanços tecnológicos. As serras de hoje utilizam um motor universal leve e que pode funcionar tanto com motores CC (Corrente Contínua) ou CA (Corrente Alternada).



Figura 3: Serra circular portátil.
(Fonte: DeWalt, 2019)

2.2.1.2 Serra mármore.

A serra mármore é demonstrada na figura 4. A principal diferença entre este tipo de equipamento e a serra circular, está no tipo de operação do equipamento.



Figura 4: Serra mármore.
(Fonte: Wesco, 2019)

A serra circular possui um disco maior e com dentes pequenos em formato de serras, que é utilizada para realizar corte em madeiras. Já a serra mármore possui um disco menor e com dentes diamantados, com o objetivo de cortar pisos, azulejos, paredes e tijolos.

A serra mármore possui alta rotação e por isto é utilizada em materiais mais resistentes, o que não acontece com a serra circular, que possui baixa rotação. Mesmo com estas diferenças, pode se utilizar um único equipamento para realizar os dois tipos de corte, basta apenas colocar o disco correto para a finalidade desejada.

2.2.1.3 Serra tico-tico.

A serra tico-tico exposta na figura 5. Um equipamento elétrico que possui pequenas serras e trabalha em movimentos de vai e vem na direção vertical, isso proporciona condições de realizar cortes mais detalhados e até mesmo cortes em curva.

Esse tipo de serra pode realizar cortes em 45°, em linha reta, em curva, inclinadas ou perpendiculares. Serve para cortar materiais diversos e a profundidade do corte varia de acordo com a função e comprimento das lâminas.



Figura 5: Serra tico-tico.

(Fonte: Makita., 2019)

2.2.1.4 Serra de bancada

Serras de bancadas industriais são largamente mais utilizadas para peças de madeira com dimensões maiores. Quanto maior for a bancada de trabalho da serra, mais profundamente a lâmina pode cortar o material. Logo, se a serra estiver posicionada mais abaixo realizará cortes mais rasos.

Uma das principais preocupações quando se trata de serras da bancada é a segurança. Muitos acidentes acontecem todos os anos com a serra, e há diretrizes rígidas que precisam ser seguidas para reduzir o risco de lesões. É também muito importante utilizar a lâmina apropriada para o material a ser cortado, verificando o ajuste correto da máquina.

No mercado atual, existem uma variedade de serras de bancada, cada uma com um tipo e finalidade para corte. Entre elas estão:

- **Serra Esquadrejadeira:** Representada na figura 6, é uma serra robusta, que tem como vantagem de poder ser utilizada com um alcance variável de 5 x 2,5 metros dependendo do tipo de ferramenta utilizado. Possui recursos que permitem realizar cortes com maior precisão para deixar a peça no esquadro, diferentemente de outras serras encontradas no mercado. É utilizada com o intuito de cortar peças de tamanho médio a pequeno, no sentido transversal, normalmente após ser realizado o corte em uma serra circular.



Figura 6: Serra esquadrejadeira.

(Fonte: SmartMaq, 2019)

- **Serra Fita:** Indicada na figura 7, é uma máquina que possui uma fita de serra em formato de lâmina, que é movimentada continuamente pela rotação de volantes e polias. Esta ferramenta é altamente durável e muito utilizada no setor moveleiro, e pode ser utilizada para corte de materiais espessos, difíceis para ser cortados na serra circular.



Figura 7: Serra fita.

(Fonte: Lynus, 2019)

2.2.1.5 Serra destopadeira.

Com o intuito de diminuir o risco de acidentes, foi desenvolvido uma melhoria nas serras de bancada, que consiste em um transportador que carrega a madeira até a serra, chamando este equipamento de serra destopadeira de carregamento contínuo, expressada na figura 8.

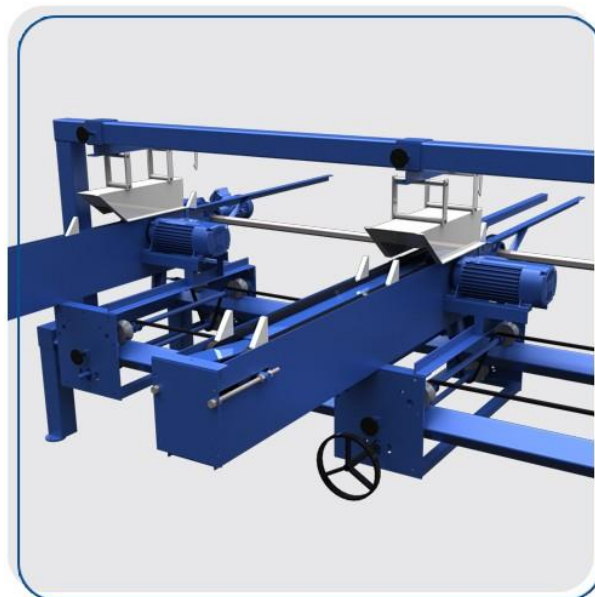


Figura 8: Serra destopadeira de carregamento contínuo.

(Fonte: Dallabona máquinas, 2019)

Este equipamento funciona de forma mostrado na figura 9. Um motor elétrico fornece potência ao sistema, passando por um redutor para reduzir a velocidade angular. O eixo-árvore de saída da caixa de redução está acoplada em rodas dentadas que fazem o movimento das correntes que utilizam abas como acessório para transportar as madeiras até ao disco de serra que está fixo no chassi da máquina.

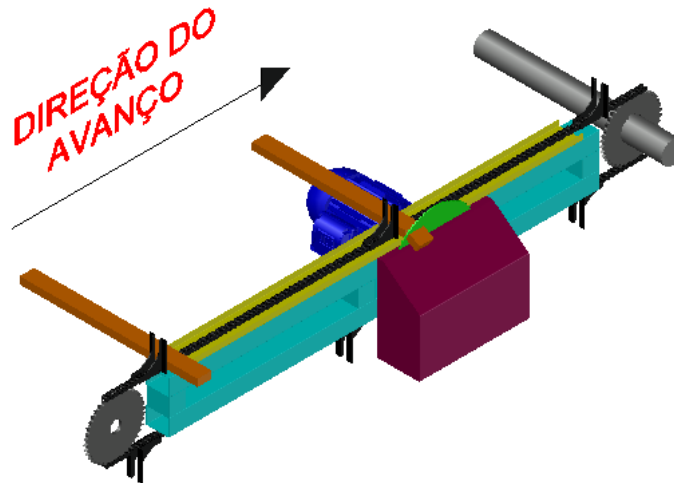


Figura 9: Esquematização do funcionamento.

(Fonte: O autor, 2020)

Além de realizar o destopo da ponta da madeira, este equipamento também pode realizar múltiplos cortes, dependendo da quantidade de serras acopladas ao equipamento, tornando assim o processo mais ágil.

Conforme mostrado na figura 10, cada corte requer uma serra para realizar o processo, ou seja, se for realizado cinco cortes na madeira, a máquina deve conter cinco serras para realizar o serviço.

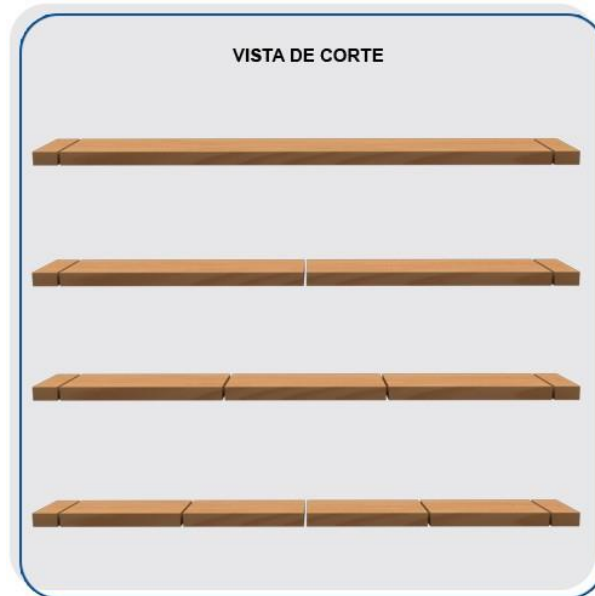


Figura 10: Vistas de corte.

(Fonte: Dallabona máquinas, 2019)

Para o correto dimensionamento de uma máquina destopadeira é necessário conhecer os principais elementos de máquinas constituintes no equipamento.

2.3 ELEMENTOS DE MÁQUINAS

Elementos de máquinas trata de diversos componentes mecânicos empregados em máquinas e equipamentos, sendo que de acordo com as funções ou aplicações, podem ser denominados de elementos de fixação, apoio, transmissão. (FRANCESCHI e ANTONELLO, 2014).

2.3.1 Correntes (DIN 8180)

As correntes são elementos de máquinas flexíveis utilizadas para a transmissão de potência ou transporte de carga. São utilizadas onde a transmissão por engrenagens ou correias não seja possível. (ANDRADE, S.D).

MELCONIAN (2004) define que as correntes podem ser aplicadas em equipamentos onde a transmissão não pode ser realizada por correias ou engrenagens e também quando há uma necessidade de vários eixos-árvores serem acionados por um único motor.

Características básicas de transmissões por corrente incluem: razão constante, uma vez que nenhum escorregamento nem fluência estão envolvidos, vida longa, capacidade de acionar vários eixos a partir de uma única fonte de potência (BUDYNAS, 2011).

A velocidade periférica, dada na equação 1, para correntes de rolos não pode exceder o valor de 12 m/s. A lubrificação deste tipo de corrente deve ser periódica ou contínua, dependendo da velocidade de trabalho. A lubrificação ocorre com uma engraxadeira ou pincel para velocidades de trabalho menores que 4 m/s, e nos casos em que a velocidade de trabalho for superior, recomenda-se que a mesma seja submergida ao lubrificante em determinados intervalos. (MELCONIAN, 2004).

$$V_p = \frac{\pi * d_p * n}{60 * 1000} \quad (1)$$

Onde:

n: Rotação (RPM).

D_p: Diâmetro primitivo da engrenagem (mm).

Para utilizar uma corrente na transmissão, os itens que devem ser atentados para o dimensionamento da roda dentada são a carga de ruptura da corrente, o tipo da corrente, passo, entre outros. Segundo Melconian (2004) o rendimento das transmissões por corrente varia de 0,98 a 0,99.

2.3.1.1 Tipos de correntes.

As correntes industriais são frequentemente utilizadas em indústrias dos mais diferentes ramos de segmento, gerando assim uma infinidade de utilização para as mesmas e também diversificando o tipo da corrente a ser utilizada. Existem atualmente diversos tipos de correntes, cada modelo tem uma aplicação específica. Os tipos mais comuns utilizados na indústria são:

- **Corrente de rolos:** Fabricada segundo a norma ANSI B29.1 e incluída na ISO, esse tipo de corrente proporciona uma maior resistência a fadiga, mostrado na figura 11.



Figura 11: Corrente de rolos.

(Fonte: Usicorp, 2019)

- **Corrente de elos soldadas:** A solda é utilizada em vários processos de fabricação e é responsável direta por produtos altamente resistentes. A corrente de elos soldados possui capacidade de suportar peso e por este motivo é largamente utilizada nos processos industriais. Possui maior utilização para içamentos e transporte de cargas pesadas, indicado na figura 12.



Figura 12: Corrente de elos soldadas.

(Fonte: Soluções industriais, 2019)

2.3.2 Engrenagens para correntes.

As engrenagens para correntes são diferentes das demais engrenagens, onde mudam o seu formato e conseqüentemente também a maneira de realizar os cálculos de dimensionamento.

As transmissões por correntes devem ser utilizadas somente em eixos paralelos e a realização de transmissão máxima a ser utilizada é de $i \leq 10$, sendo a faixa ideal de $i \leq 6$. (MELCONIAN, 2004).

2.3.2.1 Dimensionamento pela norma GOST-URSS.

O desgaste é o principal fator que deve ser levado em consideração ao se realizar os cálculos para transmissão por corrente. Os valores que são encontrados nesse critério asseguram o perfeito funcionamento da transmissão em geral. (MELCONIAN, 2004).

Segundo Melconian (2004), considera-se uma transmissão desgastada quando ocorrer um alongamento provocado pelos estiramentos das talas e o desgaste das articulações, no momento em que o alongamento atingir aproximadamente 3% do comprimento original da corrente.

A utilização de um número menor de dentes na engrenagem de menor diâmetro provoca um aumento significativo no ruído produzido pelo equipamento e também reduz a vida útil da corrente. Para que isto não ocorra utiliza-se a tabela 1, para determinar o número de dentes mínimo da engrenagem de menor diâmetro utilizando a relação de transmissão.

Tabela 1: Número mínimo de dentes para engrenagem.

Tipo de corrente	Relação de transmissão					
	1	2	3	4	5	6
Nº de dentes (corrente de rolos)	31	27	25	23	21	17

(Fonte: Melconian, 2004.)

Caso haja necessidade de utilizar uma engrenagem com número de dentes diferentes do que citado na tabela 1, usa-se como parâmetro um número mínimo de dentes igual a 9 e um número máximo de dentes igual a 120.

A carga máxima atuante na corrente é dada pela equação 2.

$$F_{\text{máx}} = \frac{F_{\text{rup}}}{n_s * k} \quad (2)$$

Onde:

$F_{\text{máx}}$: carga máxima atuante na corrente (N).

F_{rup} : carga de ruptura da corrente (N).

n_s : coeficiente de segurança encontrado na tabela 2 (admissional).

K : fator de operação calculado na equação 3 (admissional).

Tabela 2: Tabela de coeficiente de segurança (n_s)

Passo	RPM da engrenagem de menor diâmetro								
	50	200	400	600	800	1000	1200	1600	2000
1/2" – 5/8"	7,0	7,8	8,6	9,4	10,2	11,0	11,7	13,2	14,8
3/4" – 1/4"	7,0	8,2	9,4	10,3	11,7	12,9	14,0	16,3	--
1 1/4" – 1 1/2"	7,0	8,6	10,2	13,2	14,8	16,3	19,5	--	--

(Fonte: Melconian, 2004)

$$k = k_s * k_{(l)} * k_{p0} \quad (3)$$

Onde:

k_s : fator de serviço (admissional).

$k_{(l)}$: fator de lubrificação (admissional).

k_{p0} : fator de posição (admissional).

Os dados acima são encontrados na tabela 3.

Tabela 3: Fator de operação.

Fator de forma	Especificação		
k_s	=1 para carga constante	=1,3 para impactos intermitentes	=1,5 para impactos fortes
$K_{(l)}$	=1 para lubrificação contínua	=1,3 para lubrificação periódica	
K_{p0}	=1 centro de transmissão até 45°	=1,3 centro de trans. superior 45°	

(Fonte: Melconia, 2004)

2.3.2.2 Características geométricas.

Está disposto na figura 13 as variáveis geométricas para engrenagens de correntes.

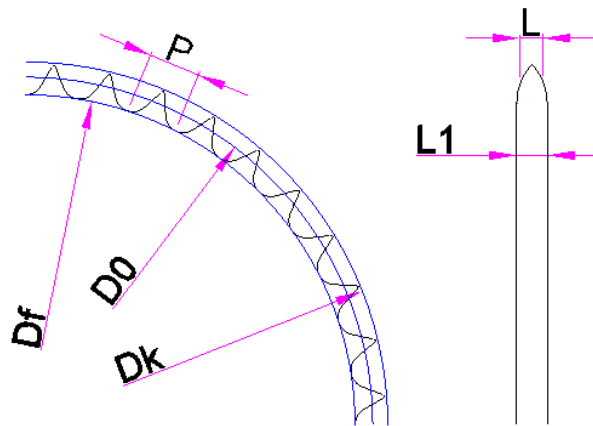


Figura 13: Engrenagem para correntes.

(Fonte: O autor, 2020)

Onde:

d_0 : diâmetro primitivo, calculado através da equação 4 (mm).

d_g : diâmetro da base, calculado através da equação 5 (mm).

d_f : diâmetro interno, calculado através da equação 6 (mm).

d_k : diâmetro externo, calculado através da equação 7 (mm).

l : espessura axial do dente, calculado através da equação 8 (mm).

l_1 : espessura da engrenagem (mm).

P : passo (mm).

$$d_0 = \frac{p}{\sin \frac{180}{Z}} \quad (4)$$

$$d_g = d_0 * \cos \frac{180}{Z} \quad (5)$$

$$d_f = d_0 - (1,01 * d_r) \quad (6)$$

$$d_k = d_0 + (0,7 * d_r) \text{ para } (Z < 12) \quad (7)$$

$$d_k = d_0 + (0,83 * d_r) \text{ para } (12 < Z < 25) \quad (7)$$

$$d_k = d_0 + (0,87 * d_r) \text{ para } (25 < Z < 38) \quad (7)$$

$$d_k = d_0 + (0,9 * d_r) \text{ para } (Z < 38) \quad (7)$$

$$l = (0,95 * b) - (0,25 * d_r) \quad (8)$$

Onde:

Z : número de dentes da engrenagem (admissional).

d_f : diâmetro do rolo da corrente (mm).

b : largura interna da corrente (mm).

Com a escolha do tipo de corrente e o dimensionamento de sua roda dentada, o próximo passo é dimensionar os eixos-árvores a serem utilizados.

2.3.3 Eixos e eixos-árvores.

Eixos são elementos mecânicos que são destinados a suportar outros elementos mecânicos como polias, engrenagens, rolamentos, entre outros, com a finalidade de transmitir movimento. (MELCONIAN, 2004).

Budynas (2011) define eixo como um membro rotativo usado para transmitir potência ou movimento. Ele prevê o eixo de rotação, ou oscilação, de elementos e controla a geometria de seus movimentos.

Os eixos são divididos em dois tipos: Eixos fixos e eixos-árvores.

O eixo fixo é um membro que não transmite torque e é usado para suportar rodas girantes, polias e similares e pode prontamente ser desenhado e analisado como viga estática. (BUDYNAS, 2011).

Eixo-árvore é um elemento rotativo que tem montado em si elementos para a transmissão de potência. Para o dimensionamento de eixos-árvores, devemos levar em consideração que o mecanismo irá sofrer um esforço ao transmitir a potência. Para eixos que suportam engrenagens, devemos seguir a sequência abaixo.

2.3.3.1 Torque (M_t).

Momento de torção ou torque, é o efeito desenvolvido quando as cargas externas tentem a torcer um segmento do corpo com relação ao outro. (HIBBRLER, 2010).

Em outras palavras, torque é a tendência que uma força tem de rotacionar um corpo ao qual ela é aplicada.

Budynas (2011), fala que a maioria dos eixos serve para transmitir torque de uma engrenagem de entrada ou polia, através do eixo, para uma engrenagem de saída ou polia, por isso, o eixo deve ser dimensionado para suportar a tensão torcional e a deflexão torcional.

Para realizar o cálculo de torque utiliza-se a equação 9.

$$M_t = \frac{30000}{\pi} * \frac{P}{n} \quad (9)$$

Onde:

M_t : torque (N/mm).

P: potência (W).

n: rotação (RPM).

2.3.3.2 Carga atuante no eixo.

A carga atuante no eixo-árvore é calculada pela equação 10.

$$F_{arv} = F_t + 2 * k_0 * q * C \quad (10)$$

Onde:

F_{arv} : carga atuante no eixo (N).

F_t : carga tangencial calculado através da equação 11 (N).

q: peso da corrente (N/m).

C: distância entre centros (m).

k_0 = Fator de posição, mostrado na tabela 4 (admissional).

Tabela 4: Fator de posição.

Posição	Fator
Posição vertical	$k_0 = 1$
Posição de 45°	$k_0 = 2$
Posição horizontal	$k_0 = 4$

(Fonte: Melconian, 2004)

2.3.3.3 Esforços na transmissão.

A força tangencial atuante na transmissão é a responsável pelo movimento do mecanismo, e pode ser calculada através da equação 11.

$$F_t = \frac{2 * M_t}{d_p} \quad (11)$$

Onde:

F_t : força tangencial (N).

M_t : torque (Nmm).

D_p : diâmetro primitivo da engrenagem (mm).

2.3.3.4 Momento fletor no plano vertical.

É exemplificado na figura 14 uma planificação das cargas, onde A e B são os mancais de apoio do eixo.

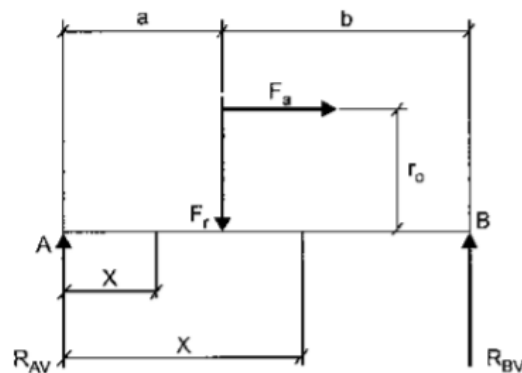


Figura 14: Momento fletor no plano vertical.

(Fonte: Melconian, 2004)

O cálculo dos esforços nos mancais é dado pela equação 12 para esforços no apoio A e pela equação 13 para esforços no apoio B. Salientando que a somatória dos esforços atuantes no plano tem de ser igualada a zero.

$$R_{VA} = \frac{(F_r * a) + (F_r * (a + b))}{(a + b)} \quad (12)$$

$$R_{VB} = \sum F_r - R_{VA} \quad (13)$$

Onde:

R_{VA} : esforço no apoio A (N).

R_{VB} : esforço no apoio B (N).

F_r : força resultante (N).

a: distância entre o apoio A e a roda dentada (mm).

b: distância entre a roda dentada e o apoio B (mm).

O momento fletor no plano vertical é calculada através da equação 14.

$$M = (R_{AV} * a) + (F_a * r_0) \quad (14)$$

Onde:

M: momento fletor no plano vertical (Nmm).

r_0 : raio da engrenagem (mm).

2.3.3.5 Momento fletor no plano horizontal.

É esquematizado na figura 15 uma planificação das cargas no eixo horizontal, onde A e B são os mancais de apoio do eixo.

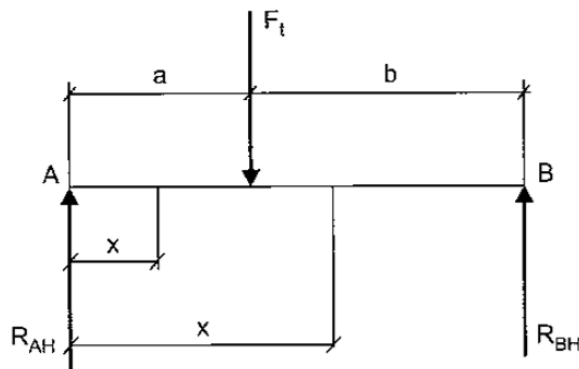


Figura 15: Momento fletor no plano horizontal.

(Fonte: Melconian, 2004)

O cálculo dos esforços nos apoios é dado na equação 15 para esforços no mancal A e na equação 16 para esforços no mancal B.

$$R_{AH} = \frac{F_t * a}{(a + b)} \quad (15)$$

$$R_{BH} = \sum F_t - R_{AH} \quad (16)$$

Onde:

R_{AH} : esforço no apoio A (N).

R_{BH} : esforço no apoio B (N).

F_t : Força tangencial (N).

a: distância do apoio A para a roda dentada (mm).

b: distância do apoio B para a roda dentada (mm).

O momento fletor no plano horizontal é calculada através da equação 17.

$$M = (R_{AH} * b) - [F_t * (b - a)] \quad (17)$$

Onde:

M: momento fletor no plano horizontal (Nmm).

2.3.3.6 Demais dimensionamentos.

Momento fletor resultante pode ser calculado através da equação 18.

$$M_r = \sqrt{M_{vmáx}^2 + M_{Hmáx}^2} \quad (18)$$

Onde:

M_r : momento fletor resultante (Nmm).

$M_{vmáx}$: máximo momento fletor no plano vertical (Nmm).

$M_{Hmáx}$: máximo momento fletor no plano horizontal (Nmm).

O momento ideal do sistema pode ser calculado pela equação 19.

$$M_i = \sqrt{M_r^2 + \left(\frac{a}{2} * M_t\right)^2} \quad (19)$$

Onde:

M_i : momento ideal (Nmm).

a: coeficiente de Bach que é calculado pela equação 20.

M_t : torque (Nmm).

$$a = \frac{\sigma_{adm_{flexão}}}{\tau_{adm_{torção}}} \quad (20)$$

Onde:

σ : tensão admissível a flexão (MPa).

τ : tensão admissível a torção (MPa).

O diâmetro da árvore pode ser calculado através da equação 21.

$$d \geq 2,17 * \sqrt[3]{\frac{b * M_i}{\sigma_{adm_{flexão}}}} \quad (21)$$

Onde:

d: diâmetro da árvore (mm).

b: fator de forma, exposto na tabela 5 (admissional).

M_i : Momento ideal (Nmm)

Tabela 5: Fator de forma.

Fator
b = 1 para eixos maciços
$b = \frac{1}{1 - (\frac{d}{D})^4} \rightarrow$ para eixos vazados
b = 1,065 quando $\frac{d}{D} = 0,5$

(Fonte: Melconian, 2004)

Onde:

D: diâmetro externo da árvore vazada (mm).

d: diâmetro interno da árvore vazada (mm).

2.3.3.7 Velocidade crítica em eixos e árvores.

Todos os eixos ou árvores, mesmo na ausência de carga externa, defletem durante a rotação. (HALL, 1977). A deflexão depende do módulo de elasticidade da peça, dos seus suportes, das massas, dos elementos anexados ao eixo, amortecimento do sistema, entre outros.

A deflexão, considerada como função de velocidade, passa por valores máximos nas velocidades críticas. Para qualquer árvore há uma infinidade de velocidades críticas, mas

somente as duas primeiras são de interesse de análise. As demais, em geral, serão tão altas que estarão fora da gama de velocidades normais de operação (HALL, 1977).

Para calcular a velocidade crítica em um eixo com várias massas utiliza-se a equação 22.

$$\omega_c = \sqrt{\frac{g * [(\delta_n * P1) + (\delta_n * P2) + \dots + (\delta_n * Pn)]}{(\delta_n^2 * P1) + (\delta_n^2 * P2) + \dots + (\delta_n^2 * Pn)}} \quad (22)$$

Onde:

ω_c : velocidade crítica (Rad/s).

g: aceleração da gravidade (m/s^2).

δ_n : deflexão estática calculada pela equação 23 (m).

P: peso da massa (Kg).

$$\delta_n = \frac{\pi^3}{48 * E * A_1} \quad (23)$$

Onde:

E: módulo de elasticidade do material (GPa).

A_1 : comprimento do eixo (m).

Com os devidos cálculos realizados, a seguir deve-se definir qual o tipo de chaveta a ser utilizado.

2.3.4 Chavetas.

As chavetas são usadas para evitar o movimento rotativo entre árvores e os elementos a elas conectados, através dos quais se transmite potência. (HALL, 1977).

Existem diversos tipos de chavetas, sendo os mais comuns:

- **Chaveta meia lua (DIN 6888):** Conforme exposto na figura 16, a chaveta meia lua ajusta-se automaticamente ao eixo, tornando-se assim mais econômica. É utilizada em máquinas operatrizes, automóveis e em transmissões em geral, com torque médio. (MELCONIAN, 2004).



Figura 16: Chaveta meia lua.

(Fonte: KTT, 2020)

- **Chaveta inclinada (DIN 6886):** Mostrado na figura 17, o cubo é montado a força na chaveta inclinada, e o torque transmissível é maior que nas chavetas planas.

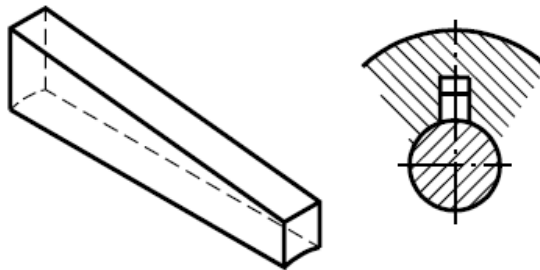


Figura 17: Chaveta inclinada.

(Fonte: Global redutores, 2020).

- **Chaveta plana (DIN 6885):** Também chamadas de chavetas quadradas, ou retangulares, a chaveta plana é o tipo mais comum de chaveta, exibido na figura 18, onde Melconian (2004) indica o seu uso para torque de sentido único.



Figura 18: Chaveta plana.

(Fonte: Tracbel, 2020)

Para Hall (1977), o projeto de chavetas retangulares pode ser baseado no cisalhamento e na compressão, induzidos em virtude do momento de torção a ser transmitido, como mostrado na figura 19.

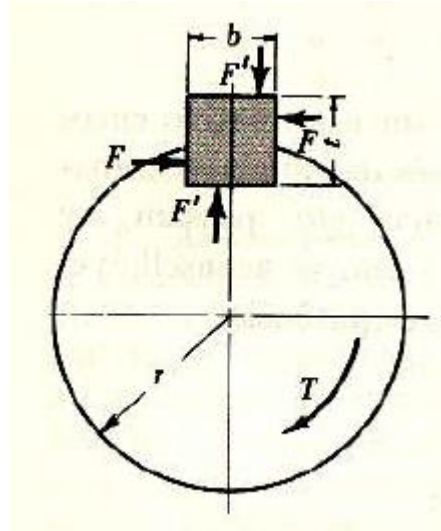


Figura 19: Esforços sofridos pela chaveta.
(Fonte: Hall, 1977)

Melconian (2004) define que a força tangencial atuante tende a provocar cisalhamento nas superfícies da chaveta. A força tangencial pode ser calculada pela equação 24.

$$F_t = \frac{M_t}{r} \quad (24)$$

Onde:

F_t : força tangencial (N).

M_t : torque no eixo (Nmm).

r : raio do eixo (mm).

A tensão de cisalhamento na chaveta é dada na equação 25.

$$\tau = \frac{F_t}{b * l} \quad (25)$$

Onde:

τ : tensão de cisalhamento (MPa).

b: largura da chaveta (mm).

l: comprimento da chaveta (mm).

A pressão de contato entre o cubo e a chaveta pode acarretar esmagamento da chaveta e do próprio rasgo de chaveta, para isso, pode ser calculada na equação 26.

$$\sigma = \frac{F_t}{l * (h - t_1)} \quad (26)$$

Onde:

σ : tensão média de contato (MPa).

h: altura da chaveta (mm).

t_1 : profundidade do rasgo de chaveta (mm).

A norma DIN 6885, especifica que os materiais indicados para chavetas é o st60 (SAE 1050) ou st80 (SAE 1060).

Com a escolha do tipo de chaveta a ser utilizado e realizado o dimensionamento da mesma, a seguir deve-se definir qual o tipo de mancal a ser utilizado.

2.3.5 Mancal.

Os mancais tem a função de servir como suporte aos eixos, com finalidade de reduzir o atrito e amortecer choques e/ou vibrações. Os mancais podem ser divididos em mancais de deslizamento ou mancais de rolamento.

2.3.5.1 Mancais de deslizamento.

MELCONIAN (2004) denomina mancal de deslizamento como o conjunto eixo-casquilho. O eixo desenvolve movimento giratório, apoiado no casquilho, ou bucha, de formato circular, separados por uma fina camada de óleo lubrificante, mostrado na figura 20.

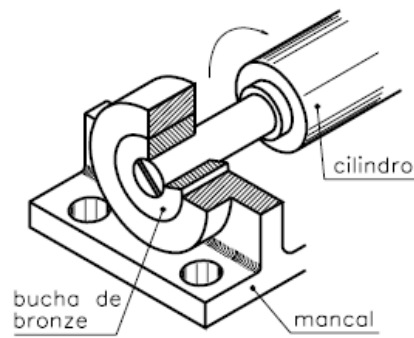


Figura 20: Mancal de deslizamento.

(Fonte: SENAI, 2020)

2.3.5.2 Mancal de rolamento.

Classe de mancal na qual a carga principal é transferida por elementos em contato rolante em lugar do contato deslizante (BUDYNAS, 2011).

É recomendado a utilização do mancal de rolamento (figura 21) quando se necessita de um mancal com maior velocidade e menos atrito.

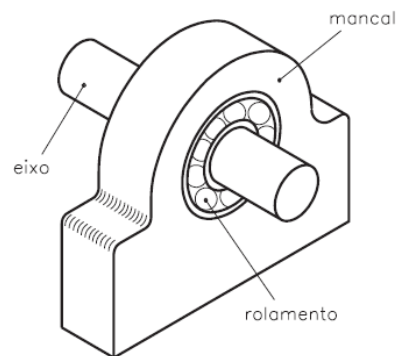


Figura 21: Mancal de rolamento.

(Fonte: SENAI, 2020)

Em relação aos mancais de deslizamento, os mancais de rolamento possuem as seguintes vantagens:

- Menor atrito e aquecimento;
- Pouca lubrificação;
- Não desgasta o eixo;

Porém, os mancais de rolamento têm as seguintes desvantagens:

- Maior sensibilidade a choques;
- Maior custo de fabricação;
- Pouca tolerância para carcaça e alojamento do eixo;
- Não suportam cargas elevadas;
- Ocupam maior espaço radial;

Com os devidos cálculos para dimensionamento realizados, deve-se posteriormente realizar o desenho do equipamento.

2.4 AUTOCAD

Lançado pela Autodesk, inc. no ano de 1982, o AutoCad é um programa de software de CAD (Computer aided design) em 2D e 3D utilizado para criação de projetos civil, mecânico, hidráulico, elétrico, entre outros.

No seu lançamento, o AutoCad era utilizado somente com círculos, polígonos, linhas, arcos e texto para criar objetos personalizados. Na década seguinte, nos anos 90, passou a utilizar recursos mais aprofundados na personalização destes objetos, construídos com uma interface desenvolvida no C++. A partir de 2007, o programa passou a ter ferramentas que possibilitavam o desenho em 3D, dando ao usuário uma maior flexibilidade e exploração, com alta qualidade nos projetos e uma maior rapidez para conclusão.

Com este software é possível desenvolver projetos de máquinas e equipamentos, edifícios residenciais, pontes, diagramas para instalações elétricas e uma infinidade de outras possibilidades. Dentro desta metodologia, o software será utilizado para desenhar o equipamento completo e também para detalhamento das peças a serem produzidas.

Inicialmente será desenhado todos os elementos em 3D, e posteriormente estes elementos serão montados através do software gerando assim a visualização do equipamento final. Por último, serão detalhados em 2D todos os equipamentos que forem necessárias à sua fabricação interna ou externa.

3 METODOLOGIA

O projeto de dimensionamento será realizado a partir de uma necessidade de uma empresa particular localizada na cidade de Cascavel – Paraná, onde se busca melhorar o processo atual de corte de madeira para uso no transporte de equipamentos. Neste trabalho utilizou-se pesquisas em livros técnicos, artigos e trabalhos que tenham obtido êxito em dimensionamentos semelhantes. O projeto consiste em projetar e dimensionar um equipamento de destopo de madeira com carregamento contínuo de material atendendo as normas de segurança. Os dados coletados no início do projeto serão comparados com os coletados após a conclusão do projeto para verificar se houve êxito total no projeto. Após a coleta de dados será dimensionado todo elemento do equipamento em conformidade com as normas DIN e NR-12, projetando os mesmos em 2D e 3D utilizando um software disponível na empresa, e comparando custos para viabilizar a montagem do equipamento.

3.1 CONSIDERAÇÕES INICIAIS

Inicialmente, realizou-se a coleta de dados com a finalidade de identificar as limitações do equipamento, material a ser utilizado, tipo de trabalho e como será realizado o trabalho.

O material utilizado para corte é madeira ripa de pinus, que é transportada até a empresa previamente cortada em tamanho aproximado de 2,10 metros até 2,20 metros. Após a realização do corte, o material será utilizado para produção de pallets para transporte de peças e equipamentos internamente na indústria, e também para transporte de peças para fornecedores e dos produtos para o cliente final. A jornada de trabalho do equipamento seguirá a jornada da empresa, de 10 horas diárias, disposta de dois profissionais para a realização do trabalho, um fazendo o carregamento e outro a retirada das peças cortadas.

Demais dados estão dispostos na tabela 6.

Tabela 6: Dados coletados.

Equipamento atual: Serra de bancada BALDAN SEC 3R
Motor atual da serra: WEG 3CV 3500 RPM
Tamanho do disco de serra: 12 polegadas
Espaço disponível para novo equipamento: 5,30 m x 4,50 m
Comprimento máximo de corte do material: 1 metro
Espessura máxima do material: 45 milímetros

(Fonte: O autor, 2020)

Analisando a tabela 6 identifica-se a primeira limitação, que é em relação ao espaço disponível para alocação do equipamento. A fábrica tem um espaço disponível de 5,30 metros x 4,50 metros, ou seja, o equipamento não pode exceder essas medidas. O equipamento não precisa necessariamente ter exatamente a medida do espaço disponível, mas devemos nos atentar ainda que este espaço inclui os operadores do equipamento, para que possam trabalhar com segurança no carregamento e descarregamento da matéria prima.

Observa-se na tabela 6 o tamanho máximo e mínimo em que o material será cortado, com isso pode-se determinar um intervalo de ajuste no equipamento, para que o mesmo tenha um corte do material preciso.

Na tabela 7, mostra os dados do moto redutor disponível na empresa para o uso neste equipamento.

Tabela 7: Dados do moto redutor.

Fabricante: SEW EuroDrive.
Potência: 0,15 KW.
Rotação de entrada: 1600 RPM
Rotação de saída: 21 RPM

(Fonte: O autor, 2020)

3.1.1 Do projeto.

Para a parte estrutural do equipamento, foi utilizado um chassi de um antigo tombador de carga, equipamento este muito utilizado pela empresa, porém há algum tempo está sem uso. Para a utilização deste chassi na destopadeira, será necessário realizar alguns ajustes como por exemplo, reforços estruturais, aumentar o comprimento do equipamento, realizar novas furações para encaixes das novas peças, entre outros.

O equipamento é por três transportadores de carga fixos. Um transportador estará disposto ao ponto zero (P0), um ao centro (P1) com distância de 1 metro do ponto zero, e o último (P2) disposto a 2 metros do ponto zero, como mostrado, sem escala, na figura 22. Com esta disposição dos transportadores será possível realizar o corte de duas peças por vez, agilizando o processo de corte.

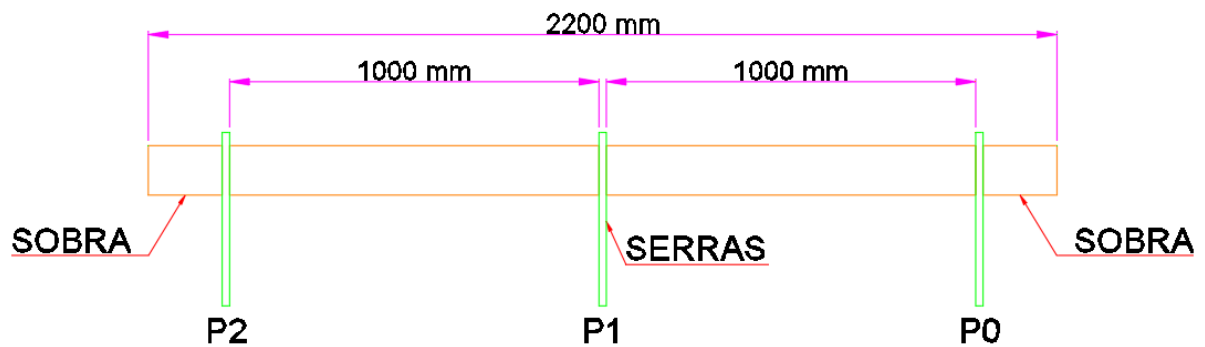


Figura 22: Disposição de corte.

(Fonte: O autor, 2020)

Todos os transportadores contêm acoplado a sua estrutura um motor de 3 CV ligado diretamente há um disco de serra para madeira de 12”, que realizará o corte do material. As serras posicionadas nas pontas realizaram o corte da ponta da tábua, retirando possíveis imperfeições, enquanto a serra disposta ao centro realizará o corte na medida de 1 metro.

3.2 NR-12

A NR-12 é a norma vigente atualmente no que diz respeito a segurança de máquinas de equipamentos, cada tópico é de suma importância e deve ser analisado minuciosamente.

Para trabalhar com a NR-12, primeiramente deve-se unir informação sobre o equipamento em questão, onde estas informações encontram-se dispostas na tabela 8.

Tabela 8: Informações do equipamento.

Identificação:	Serra destopadeira com carregamento contínuo.
Descrição:	Realiza cortes em madeira, onde seu carregamento é realizado de forma automática e contínua.
Jornada de trabalho:	O equipamento trabalhará com jornada máxima de 10 horas diária, 5 dias na semana.
Operadores:	O equipamento contará com 2 operadores, trabalhando simultaneamente, um em cada extremidade do equipamento.

(Fonte: O autor, 2020)

Posteriormente, deve-se então realizar o desenho de uma planta esquematizando como ficará a disposição do local onde vai ficar o equipamento, mostrado sem escala na figura 23.

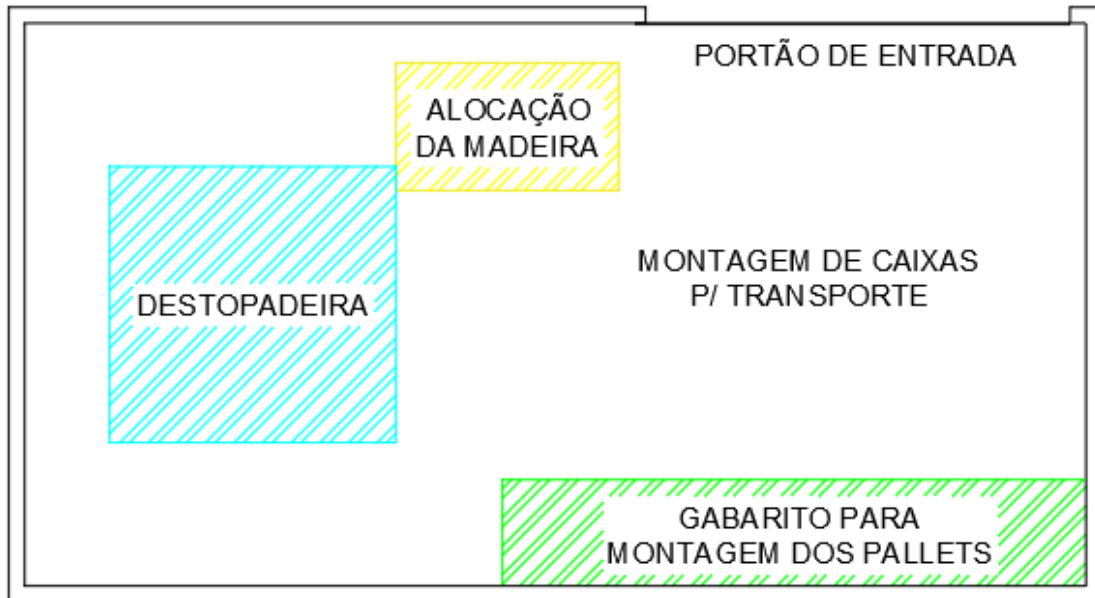
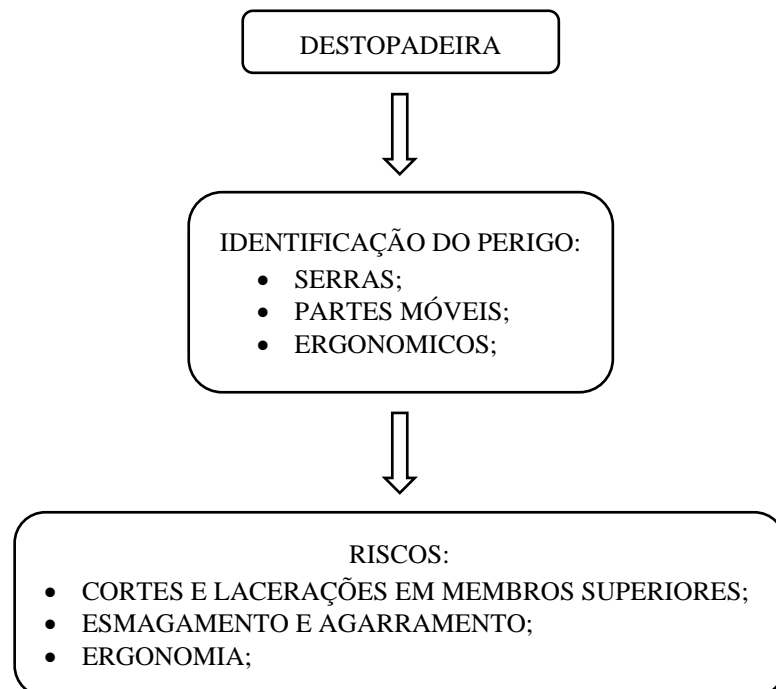


Figura 23: Planta da marcenaria.

(Fonte: O autor, 2020)

Posteriormente, deve-se realizar uma análise de risco do equipamento, identificando os possíveis riscos do equipamento e estimando o risco que os mesmos trazem para o operador. Para realizar esta operação, é necessário elaborar um mapa de risco, semelhante ao exibido a figura 1 na página 21. O mapa elaborado está disposto no esquema abaixo.



Realizado a análise dos riscos, deve-se então determinar um diagnóstico para minimizar os riscos. Inicialmente, pode-se iniciar pelos itens considerados padrões. No item 12.14 da NR-12, inicia-se a normalização da parte elétrica do equipamento, onde todos os equipamentos elétricos devem operar em 24 V, os quadros de comando e energia devem ficar visíveis e com fácil acesso em caso de emergência, e ambos devem estar devidamente sinalizados.

Adiante na NR-12, especificamente no item 12.24, inicia-se o sistema de acionamento e parada. Todos itens para acionamentos e paradas devem estar em locais seguros e visíveis, principalmente os equipamentos de parada, onde o equipamento deve conter no mínimo 01 em cada extremidade da máquina, sempre visível, para que possa ser acionado em caso de emergência por qualquer pessoa que não seja o operador.

A norma indica que se deve levar em consideração todos os possíveis riscos que apresentam possíveis danos ao operador. As zonas de perigos das máquinas devem possuir sistemas de segurança, que são caracterizados segundo a NR-12, como estruturas de segurança fixa e estruturas de segurança móveis. Está última, por sua vez, deve estar interligada com um sistema de monitoramento.

Em dois pontos do equipamento é utilizado uma proteção fixa. O primeiro ponto, mostrado na figura 24 sem escala, contém uma proteção de chapa puncionada, nas laterais do equipamento, com a finalidade de restringir o acesso as serras que estão dispostas na ponta do equipamento. O diâmetro do furo da proteção foi confeccionado de modo a respeitar os parâmetros de distancias dispostos na norma e exibidos no anexo C.

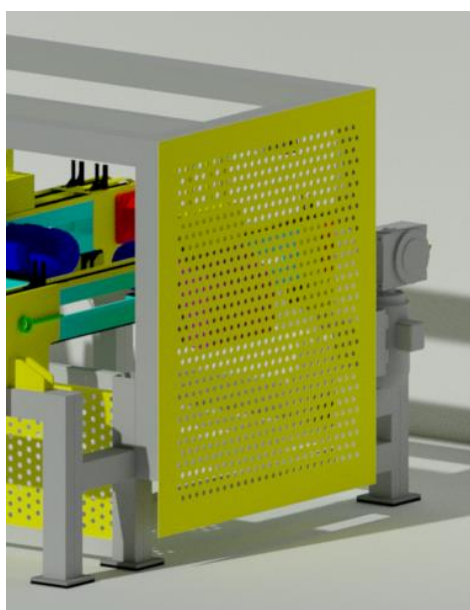


Figura 24: Proteção lateral.

(Fonte: O autor, 2020)

O segundo ponto que contém proteção mecânica, é uma proteção as rodas dentadas, disposta na figura 25, onde as mesmas são consideradas segundo a norma como partes móveis. Essa proteção é composta por chapas de aço SAE 1020 com espessura de 2,70 mm, cortadas no formato desejado para enclausuras as rodas dentadas, evitando assim os riscos de acidente.

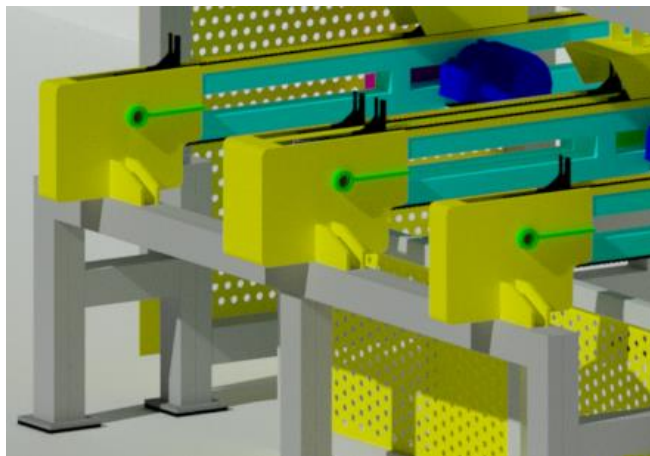


Figura 25: Proteção das rodas dentadas.

(Fonte: O autor, 2020)

Como a norma recomenda analisar todos os possíveis riscos, foi implementando uma estrutura móvel monitorada com uma chave de segurança, na parte frontal do equipamento, a qual tem finalidade de evitar a permanência de pessoas próximos a serra enquanto o mesmo estiver ligado. Caso o portão seja aberto enquanto o equipamento estiver ligado, o mesmo se desligará automaticamente, só sendo possível realizar o religamento fechando o portão e resetando o sistema, com o botão reset disposto no quadro de comando disposto na parte externa do equipamento.

Optou-se pela instalação de uma proteção fixa neste caso para facilitar o acesso na parte interna do equipamento pela equipe de manutenção, ou para os operadores efetuarem a limpeza do setor após o expediente diário.

Ingressando ao item 12.94 da norma, inicia-se as questões sobre ergonômicas. O equipamento foi projetado seguindo as orientações deste item, respeitando questões como altura ideal para trabalho dos operadores, espaço para deslocamento ao envolto do equipamento, retirada de cantos vivos, agudos e cortantes, entre outros.

Por fim, no item 12.106, dispões sobre riscos adicionais, onde o principal risco ao operador é o ruído provocado pela serra. Por este motivo torna-se obrigatório a utilização de equipamentos de segurança como protetores auriculares durante a operação do equipamento.

Detectado os riscos, e realizado um diagnóstico para evita-los, deve-se então iniciar o desenho estrutural do equipamento.

3.3 ESTRUTURAL

A parte estrutural será utilizada de um equipamento antigo já disposto na empresa, não sendo necessária a realização de cálculos de dimensionamento para o mesmo, somente alguns ajustes para os outros componentes.

Inicialmente, teve que realizar-se a coleta de dados do chassi, como dimensões, tipo de material utilizado, dimensões do material, entre outros. Para esta coleta de dados foi necessário a utilização de equipamentos de metrologia para medição, como o paquímetro e a trena.

Posteriormente, com o auxílio do software, foram realizados os ajustes necessários para que o chassi atenda às necessidades do equipamento, como dimensões, reforços, entre outros. Na figura 26, mostra o desenho do chassi pronto para ser utilizado no equipamento.

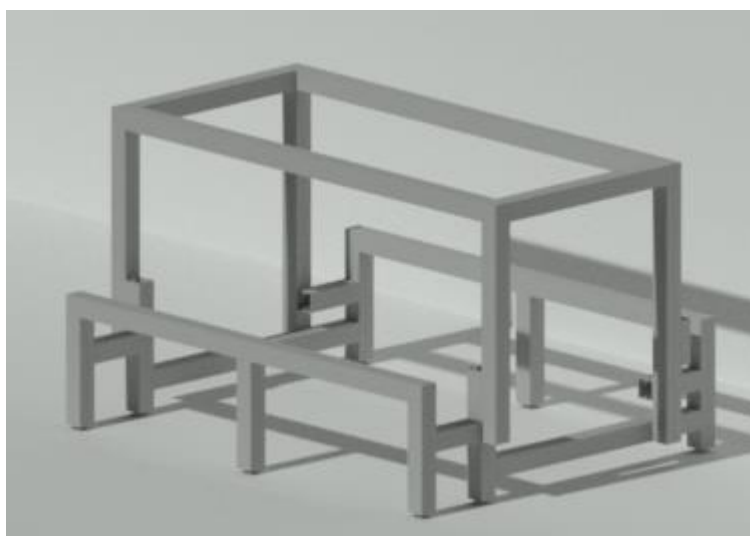


Figura 26: Desenho do chassi.

(Fonte: O autor, 2020)

A figura 27 exhibe sem escalas, as dimensões finais do equipamento, que são 2700 mm x 2035 mm por 1522 mm de altura, indicando que o equipamento irá atender o espaço disponível para a sua instalação.

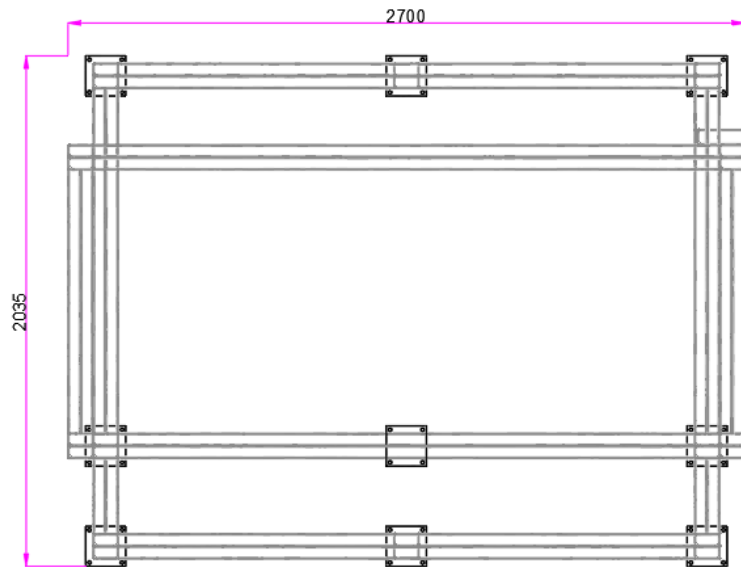


Figura 27: Dimensões do chassi.

(Fonte: O autor, 2020)

Para realizar o reforço estrutural no chassi, foi recomendado por um superior, utilizar sobras de chapa de aço SAE 1020 com espessura de 3mm utilizadas em outros processos dentro da indústria. Essas chapas foram recortadas nas medidas a serem utilizadas e dobradas formando um “u”, e após dobradas une-se duas peças soldando face a face.

Como o sistema fabril atual da empresa dispõe de outros equipamentos pesados, como por exemplo prensas e guilhotinas, que geram ruídos e vibrações em taxas elevadas, e isto pode ser prejudicial ao equipamento. Essa vibração vai ser transmitida diretamente para a destopadeira através do piso, então optou-se pela utilização de uma borracha de vedação de 12 mm entre a base do equipamento e o piso como mostrado na figura 28, sem escala, com finalidade de reduzir a vibração absorvida pelo equipamento.

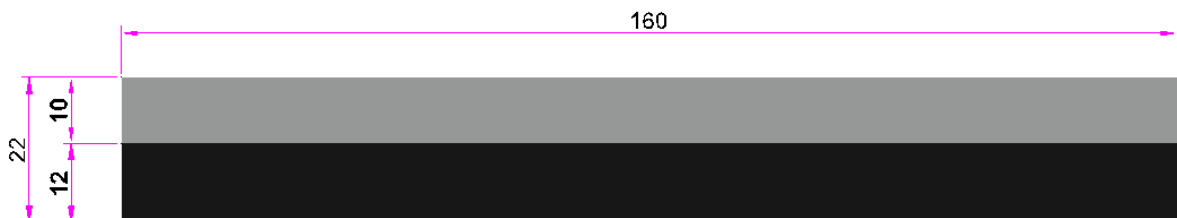


Figura 28: Detalhamento da base.

(Fonte: O autor, 2020)

Este tipo de borracha é frequentemente utilizado pela empresa, em diversos produtos do seu ramo de segmento, sendo assim desconsiderado o custo de compra da mesma. A figura 29

mostra uma vista frontal da base sem escala, onde pode-se observar furos com $\varnothing 13\text{mm}$ por onde passará parabolts de $\frac{1}{2}$ " fazendo a fixação do equipamento no piso. A base é constituída de uma chapa de aço SAE 1020, onde a mesma poderá ser cortada e realizados os furos em uma máquina puncionadeira CNC que a empresa dispõe dentro de seu leque de equipamentos.

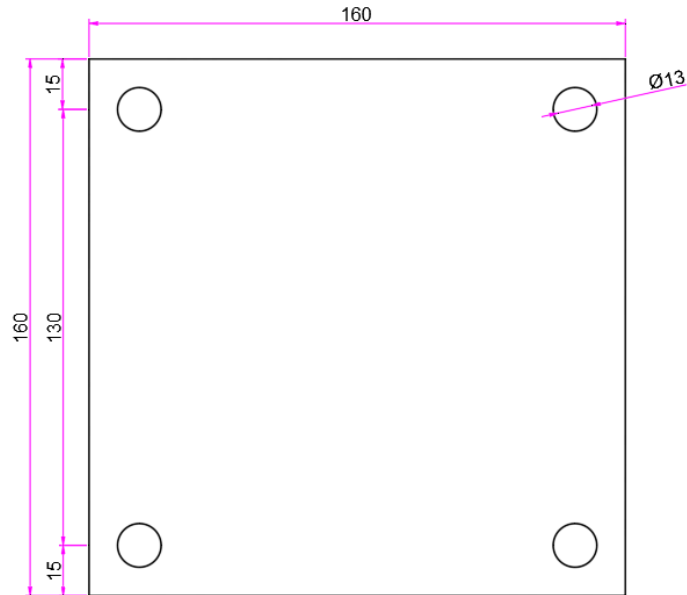


Figura 29: Furação da base.

(Fonte: O autor, 2020)

Com a parte estrutural do chassi finalizado, pode-se então analisar os resultados obtidos durante a realização do trabalho.

4 RESULTADOS E DISCUSSÕES

4.1 TRANSPORTADOR DE CARGA.

O sistema de transporte da carga funcionará da seguinte maneira. Um eixo-árvore transmitirá a potência recebida de um motor para as quatro engrenagens dispostas ao longo do equipamento, essas engrenagens movimentarão correntes de rolos que tem acopladas a si acessórios do tipo aba, e estas abas realizaram o transporte da madeira até a serra, que se encontra fixa ao centro da estrutura, e após o corte as abas levaram a madeira já cortada para ser retirada ao fim do percurso. Inicialmente, deve-se realizar a seleção da corrente a ser utilizada no equipamento.

4.1.1 Corrente de rolo.

A empresa utiliza correntes de rolos em diversos produtos do seu segmento de atuação, tendo disponível em seu estoque para uso uma corrente de rolo do tipo ASA 50 simples, do fabricante ENCO, e por este motivo será utilizada esse tamanho de corrente que possui as características expostas na figura 30.

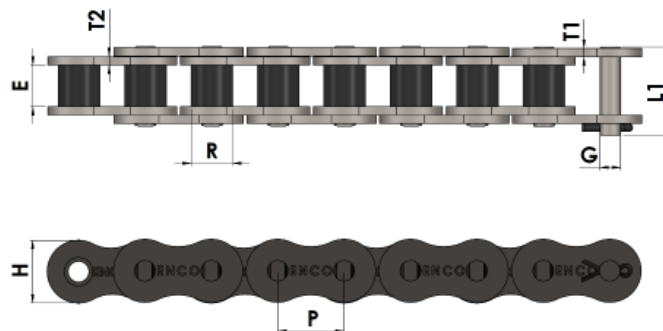


Figura 30: Corrente ASA 50.

(Fonte: ENCO correntes, 2020)

Onde:

Tabela 9: Características geométricas corrente ASA-50.

P: passo da corrente = 15,87 mm.
E: distância entre placas = 9,40 mm.
R: diâmetro do rolo = 10,16 mm.
H: altura da placa = 15,09 mm.
G: diâmetro do pino = 5,03 mm.
L1: largura total da corrente = 20,70 mm.
T1: espessura da placa = 2,03 mm.
Carga de ruptura = 2220 Kgf ou 21672,7 N.
Peso = 1,02 Kg/m.

(Fonte: ENCO correntes, 2020)

A partir dos dados coletados do fabricante, pode-se iniciar o cálculo da carga máxima atuante na corrente. Para realizar o cálculo da carga máxima, deve-se primeiro calcular o fator de operação, mostrado na equação 3. Onde a carga será constante, será realizado lubrificação periódica e a linha de centro de transmissão estará disposta na horizontal.

$$k = k_s * k_{(l)} * k_{p0}$$

$$k = 1 * 1,3 * 1$$

$$k = 1,3$$

Com o fator de operação calculado, calcula-se a carga máxima atuante na corrente, disposta na equação 2. Onde a carga de ruptura e a largura da corrente é dada na tabela 9, e o coeficiente de segurança é encontrado na tabela 2 com relação ao passo da corrente (15,87 mm ou 5/8”) e o RPM da engrenagem de menor diâmetro.

$$F_{\text{máx}} = \frac{F_{\text{rup}}}{n_s * k}$$

$$F_{\text{máx}} = \frac{21672,2 \text{ N}}{7 * 1,3}$$

$$F_{\text{máx}} = 2381,56 \text{ N}$$

Com os dados da corrente dispostos na tabela 9, deve-se iniciar o dimensionamento geométrico para a roda dentada do sistema.

4.1.2 Engrenagem para corrente ASA 50 conforme norma DIN 8180.

As engrenagens serão produzidas internamente com chapas de aço SAE 1095, onde as mesmas serão usinadas em um setor interno da empresa.

Inicialmente deve-se definir a relação de transmissão para o sistema. Esta relação é a medida da relação entre as velocidades rotacionais de duas ou mais engrenagens conectadas entre si, ou interligadas por intermédio de correntes ou correias. No caso deste equipamento, a relação de transmissão será igual a 1, pois não haverá redução na velocidade onde a mesma deverá ser constante.

A tabela 1 mostra o número mínimo de dentes para a engrenagem devido a relação de transmissão a ser utilizada no equipamento. Para a relação de transmissão igual a 1, o número mínimo de dentes a ser utilizado deve ser igual a 31. Para a engrenagem deste equipamento, o número de dentes (Z) será igual a 40 dentes.

Com a relação de transmissão e o número de dentes definidos, o próximo passo é definir as características geométricas, representadas na figura 31.

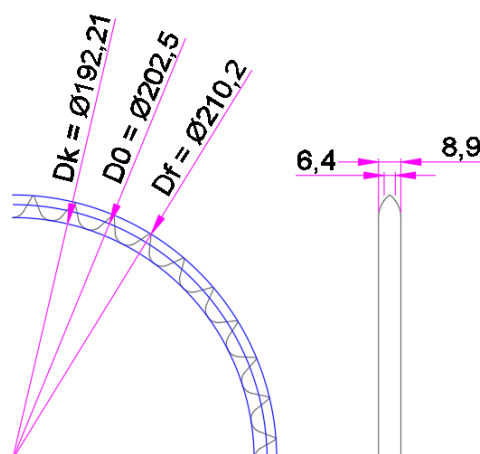


Figura 31: Engrenagem para corrente ASA-50.

(Fonte: O autor, 2020)

Deve-se iniciar os cálculos pelo diâmetro primitivo disposta na equação 4.

$$d_p = \frac{p}{\sin \frac{180}{Z}}$$

$$d_p = \frac{15,87 \text{ mm}}{\sin \frac{180}{40}}$$

$$d_p = 202,5 \text{ mm}$$

A seguir, realiza-se o cálculo do diâmetro da base da engrenagem que gere a curva envolvente do perfil do dente, disposta na equação 5.

$$d_g = d_0 * \cos \frac{180}{Z}$$

$$d_g = 202,5 \text{ mm} * \cos \frac{180}{40}$$

$$d_g = 201,8 \text{ mm}$$

Após, calcular a equação 6 que determina o diâmetro interno.

$$d_f = d_0 - (1,01 * R)$$

$$d_f = 202,5 \text{ mm} - (1,01 * 10,16 \text{ mm})$$

$$d_f = 192,2 \text{ mm}$$

O último diâmetro a ser dimensionado é o externo, disposta na equação 7.

$$d_k = d_0 + (0,87 * R)$$

$$d_k = 202,5 \text{ mm} + (0,87 * 10,16 \text{ mm})$$

$$d_k = 211,3 \text{ mm}$$

Pode-se então calcular a espessura axial do dente da engrenagem, expressada na equação 8.

$$l = (0,95 * E) - (0,25 * R)$$

$$l = (0,95 * 9,40 \text{ mm}) - (0,25 * 10,16 \text{ mm})$$

$$l = 6,39 \text{ mm}$$

Concluído o dimensionamento da roda dentada que moverá a corrente, o passo a seguir é realizar o cálculo de dimensionamento do eixo-árvore.

4.1.3 Velocidade periférica.

Inicialmente devemos conhecer a velocidade ideal de corte da serra, para que o avanço da madeira ocorra no tempo certo e que não acarrete em problemas com o corte. Para encontrar este dado é necessário realizar o cálculo disposto na equação 27.

$$V_a = \frac{\textit{distância}}{\textit{tempo}} \quad (27)$$

Para obter estes dados foi necessário realizar o corte de 1 metro de madeira, sendo cronometrado o tempo de corte com o auxílio de um cronômetro. O resultado obtido foi de 1 metro de madeira leva aproximadamente 5,5 segundos para ser cortado, logo sua velocidade de corte ideal é:

$$V_a = \frac{\textit{distância}}{\textit{tempo}}$$

$$V_a = \frac{1m}{5,5 s}$$

$$V_a = 0,181 \text{ m/s}$$

Com a equação 1 pode-se calcular a velocidade periférica do sistema.

$$V_p = \frac{\pi * d_p * n}{60 * 1000}$$

$$V_p = \frac{\pi * 202,5 \text{ mm} * 21 \text{ RPM}}{60 * 1000}$$

$$V_p = 0,22 \text{ m/s}$$

Como a velocidade periférica do sistema é ligeiramente maior que a velocidade de corte da serra, e isso não interfere no seu desempenho, e também não excede o valor definido pela norma GOST-URSS, que é de 12 m/s então conclui-se que a velocidade de sistema está correta. Por fim, devemos dimensionar a árvore de transmissão para concluir os cálculos dos elementos de transmissão.

4.1.4 Eixo-árvore.

A árvore estará acoplada ao eixo do moto redutor, então conclui-se que o torque do motor é o torque da árvore.

Inicialmente, deve-se calcular o torque do motor disposto na equação 9.

$$M_t = \frac{30000}{\pi} * \frac{P}{n}$$

$$M_t = \frac{30000}{\pi} * \frac{150 \text{ W}}{21 \text{ RPM}}$$

$$M_t = 68209,26 \text{ Nmm}$$

Para realizar o cálculo da carga atuante no eixo disposto na equação 10, primeiramente deve-se calcular a carga tangencial, representada na equação 11.

$$F_t = \frac{2M_t}{d_p}$$

$$F_t = \frac{2 * 68209,26 \text{ Nmm}}{202,5 \text{ mm}}$$

$$F_t = 673,67 \text{ N}$$

Com isso, deve-se calcular a carga atuante no eixo:

$$F_{arv} = F_t + 2 * k_0 * q * C$$

$$F_{arv} = 673,67 \text{ N} + 2 * 4 * 10 \frac{\text{N}}{\text{m}} * 1,8\text{m}$$

$$F_{arv} = 817,67 \text{ N}$$

Onde:

q: peso da corrente disposta na tabela 9, convertido de Kg/m para N/m.

C: distância entre centros, limitado pelo tamanho do chassi pré-existente.

Como um sistema de transmissão por corrente é diferente de um sistema de transmissão por engrenagem, adota-se a carga atuante no eixo como a força radial do sistema. Na figura 32, sem escalas e com as medidas em mm, tem-se a distribuição de cargas do sistema no plano vertical.

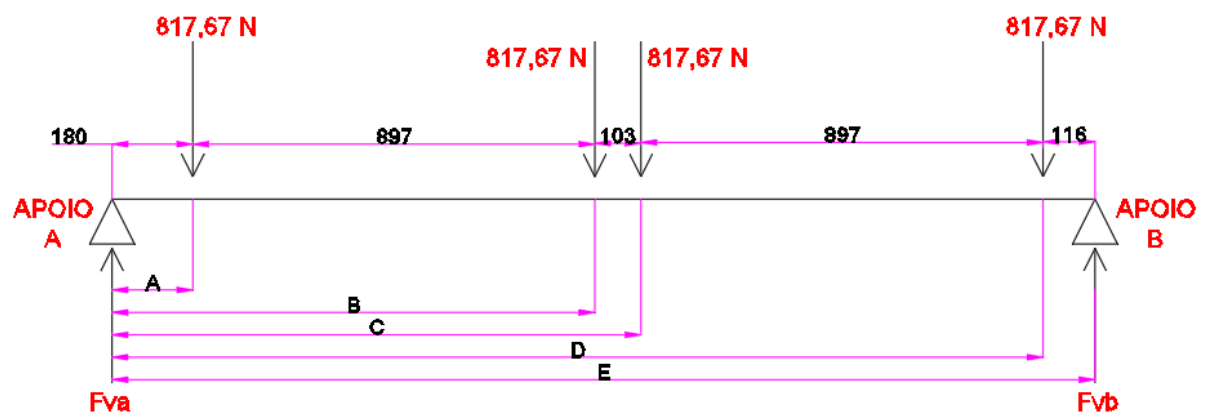


Figura 32: Distribuição de cargas do eixo no plano vertical.

(Fonte: O autor, 2020)

4.1.4.1 Vertical.

Iniciando os cálculos para esforços na vertical, representados nas equações 12 e 13 o cálculo de esforços nos mancais A e B, respectivamente. Então, as quatro engrenagens fixadas ao eixo:

$$R_{VA} = \frac{(F_r * a) + (F_r * b) + (F_r * c) + (F_r * d)}{e}$$

$$R_{VA} = \frac{(817,67 \text{ N} * 180 \text{ mm}) + (817,67 \text{ N} * 1077 \text{ mm}) + (817,67 \text{ N} * 1180 \text{ mm}) + (817,67 \text{ N} * 2077 \text{ mm})}{2093 \text{ mm}}$$

$$R_{VA} = 1763,48 \text{ N}$$

Calculando os esforços no mancal B, temos:

$$R_{VB} = \sum F_r - R_{VA}$$

$$R_{VB} = (817,67 \text{ N} + 817,67 \text{ N} + 817,67 \text{ N} + 817,67 \text{ N}) - 1777,064 \text{ N}$$

$$R_{VB} = 1507,2 \text{ N}$$

Com isso, podemos calcular o momento fletor para o plano vertical, expressado na equação 14.

- Engrenagem 1:

$$M_{FV} = (R_{AV} * a) + (F_a * r_0)$$

$$M_{FV} = (1763,48 \text{ N} * 180 \text{ mm}) + (817,67 \text{ N} * 105,66 \text{ mm})$$

$$M_{FV} = 403821,41 \text{ Nmm}$$

- Engrenagem 2:

$$M_{FV} = (R_{AV} * b) + (F_a * r_0)$$

$$M_{FV} = (1763,48 \text{ N} * 1077 \text{ mm}) + (817,67 \text{ N} * 105,66 \text{ mm})$$

$$M_{FV} = 1985662,97 \text{ Nmm}$$

- Engrenagem 3:

$$M_{FV} = (R_{AV} * c) + (F_a * r_0)$$

$$M_{FV} = (1763,48 \text{ N} * 1180 \text{ mm}) + (817,67 \text{ N} * 105,66 \text{ mm})$$

$$M_{FV} = 2167301,41 \text{ Nmm}$$

- Engrenagem 4:

$$M_{FV} = (R_{AV} * c) + (F_a * r_0)$$

$$M_{FV} = (1763,48 \text{ N} * 2077 \text{ mm}) + (817,67 \text{ N} * 105,66 \text{ mm})$$

$$M_{FV} = 3663671,29 \text{ Nmm}$$

4.1.4.2 Horizontal.

Na figura 33, sem escalas e com as medidas em mm, tem-se a distribuição de cargas do sistema no plano horizontal.

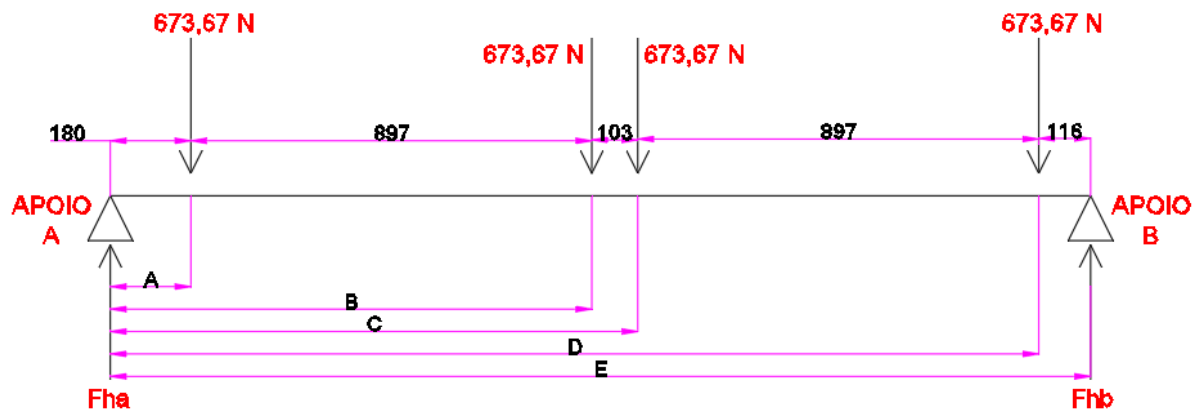


Figura 33: Distribuição de cargas do eixo no plano horizontal.

(Fonte: O autor, 2020)

Iniciando os cálculos para esforços na horizontal, é expressado nas equações 15 e 16 o cálculo de esforços nos mancais A e B, respectivamente. Então, para as quatro engrenagens fixadas ao eixo, tem-se:

$$R_{AH} = \frac{(F_t * a) + (F_t * b) + (F_t * c) + (F_t * d)}{e}$$

$$R_{AH} = \frac{(673,67 \text{ N} * 180 \text{ mm}) + (673,67 * 1077 \text{ mm}) + (673,67 \text{ N} * 1180 \text{ mm}) + (673,67 \text{ N} * 2077 \text{ mm})}{2093 \text{ mm}}$$

$$R_{AH} = 1452,9 \text{ N}$$

Calculando os esforços no mancal B, tem-se:

$$R_{BH} = \sum F_t - R_{AH}$$

$$R_{BH} = (673,67 \text{ N} + 673,67 \text{ N} + 673,67 \text{ N} + 673,67 \text{ N}) - 1452,9 \text{ N}$$

$$R_{BH} = 1241,76 \text{ N}$$

O momento fletor no plano vertical é calculada através da equação 17.

- Engrenagem 1:

$$M_{FH} = (R_{AH} * a)$$

$$M_{FH} = 1452,9 \text{ N} * 180 \text{ mm}$$

$$M_{FH} = 261522 \text{ Nmm}$$

- Engrenagem 2:

$$M_{FH} = (R_{AH} * b) - [F_t * (b - a)]$$

$$M_{FH} = (1452,9 \text{ N} * 1077 \text{ mm}) - [673,67 \text{ N} * (1077 \text{ mm} - 180 \text{ mm})]$$

$$M_{FH} = 961092,3 \text{ Nmm}$$

- Engrenagem 3:

$$M_{FH} = (R_{AH} * c) - [F_t * (c - b)]$$

$$M_{FH} = (1452,9 \text{ N} * 1180 \text{ mm}) - [673,67 \text{ N} * (1180 \text{ mm} - 1077 \text{ mm})]$$

$$M_{FH} = 1645033,99 \text{ Nmm}$$

- Engrenagem 4:

$$M_{FH} = (R_{AH} * d) - [F_t * (d - c)]$$

$$M_{FH} = (1452,9 \text{ N} * 2077 \text{ mm}) - [673,67 \text{ N} * (2077 \text{ mm} - 1180 \text{ mm})]$$

$$M_{FH} = 2413391,31 \text{ Nmm}$$

4.1.4.3 Momento fletor resultante.

Expressado na equação 18, o momento fletor resultante é utilizado com os valores máximos em horizontal e vertical. Portanto:

$$M_r = \sqrt{M_{vmáx}^2 + M_{Hmáx}^2}$$

$$M_r = \sqrt{3663671,29^2 \text{ Nmm} + 2413391,31^2 \text{ Nmm}}$$

$$M_r = 4387134,023 \text{ Nmm}$$

Para realizar o cálculo para o momento ideal, expressado na equação 19 é necessário calcular o coeficiente de Bach, representado na equação 20. O material utilizado para confecção do eixo será um aço SAE 1095 com $\sigma = 67 \text{ MPa}$ e $\tau = 36 \text{ MPa}$. Logo:

$$a = \frac{\sigma_{adm_{flexão}}}{\tau_{adm_{torção}}}$$

$$a = \frac{67 \text{ MPa}}{36 \text{ MPa}}$$

$$a = 1,86$$

Calculando o momento ideal:

$$M_i = \sqrt{M_F^2 + \left(\frac{a}{2} * M_t\right)^2}$$

$$M_i = \sqrt{4387134,023^2 \text{ Nmm} + \left(\frac{1,86}{2} * 68209,26 \text{ Nmm}\right)^2}$$

$$M_i = 4387627,122 \text{ Nmm}$$

A seguir, deve-se calcular o diâmetro da árvore.

4.1.4.4 Diâmetro da árvore.

O cálculo para diâmetro da árvore está disposto na equação 21.

$$d \geq 2,17 * \sqrt[3]{\frac{b * M_i}{\sigma_{adm_{flexão}}}}$$

$$d \geq 2,17 * \sqrt[3]{\frac{1 * 4495523,407 \text{ Nmm}}{67 \text{ MPa}}}$$

$$d \geq 87,46 \text{ mm}$$

Como este material é padronizado, o eixo a ser utilizado será com diâmetro de 90 mm. Por fim, calcula-se a velocidade crítica do eixo-árvore.

4.1.4.5 Velocidade crítica em eixos e árvores.

Inicialmente, deve-se calcular a deflexão estática disposta na equação 23. O módulo de elasticidade do aço SAE 1050 utilizado no eixo é de 190 GPa, e o mesmo tem um comprimento total de 2,077 metros.

$$\delta_n = \frac{\pi^3}{48 * E * A_1}$$

$$\delta_n = \frac{\pi^3}{48 * 190 \text{ GPa} * 2,093 \text{ m}}$$

$$\delta_n = 0,00162 \text{ m}$$

Verificando através do software o peso da engrenagem é aproximadamente 25 Kg, e adotando a aceleração da gravidade como 9,81 m/s², podemos calcular a equação 22.

$$\omega_c = \sqrt{\frac{g * [(\delta_n * P1) + (\delta_n * P2) + \dots + (\delta_n * Pn)]}{(\delta_n^2 * P1) + (\delta_n^2 * P2) + \dots + (\delta_n^2 * Pn)}}$$

$$\omega_c = \sqrt{\frac{9,81 \frac{m^2}{s} * [(0,00162 \text{ m} * 25 \text{ Kg}) + (0,00162 \text{ m} * 25 \text{ Kg}) + (0,00162 \text{ m} * 25 \text{ Kg}) + (0,00162 \text{ m} * 25 \text{ Kg})]}{(0,00162^2 \text{ m} * 25 \text{ Kg}) + (0,00162^2 \text{ m} * 25 \text{ Kg}) + (0,00162^2 \text{ m} * 25 \text{ Kg}) + (0,00162^2 \text{ m} * 25 \text{ Kg})}}$$

$$\omega_c = 77,81 \frac{\text{rad}}{\text{s}} \text{ ou } 742,37 \text{ RPM}$$

Analisando que a rotação fornecida é de 21 RPM, conclui-se que o eixo está corretamente dimensionado. Após concluído o dimensionamento do transportador, realiza-se a escolha e dimensionamento da chaveta.

4.1.5 Chavetas.

Inicialmente, deve-se calcular a força tangencial exercida sobre a chaveta dada na equação 24. O torque é calculado na equação 9.

$$F_t = \frac{M_t}{r}$$

$$F_t = \frac{68209,26 \text{ Nmm}}{45 \text{ mm}}$$

$$F_t = 1515,761 \text{ N}$$

A norma DIN 6885 especifica o material para utilizar em chavetas, é o st60 (SAE 1050) com $\tau = 60 \text{ MPa}$ e $\sigma = 100 \text{ MPa}$. Com isto e com as dimensões da chaveta, que são padronizadas e estão disposta no anexo D, pode-se calcular o comprimento da chaveta para tensão de cisalhamento, disposta na equação 25.

$$\tau = \frac{F_t}{b * l}$$

$$l = \frac{1515,761 \text{ N}}{60 \text{ MPa} * 25 \text{ mm}}$$

$$l = 1,01 \text{ mm}$$

Também deve-se realizar o cálculo para o comprimento da chaveta para tensão de esmagamento, disposta na equação 26.

$$\sigma = \frac{F_t}{l * (h - t_1)}$$

$$l = \frac{1515,761 \text{ N}}{100 \text{ MPa} * (14 - 9) \text{ mm}}$$

$$l = 3,03 \text{ mm}$$

Logo, o comprimento mínimo da chaveta será de 3,03 mm. Pode ser utilizado qualquer valor acima deste.

Melconian (2004) define que por questão de estabilidade entre a árvore e o cubo adota-se o comprimento da chaveta com o mesmo comprimento do cubo. Após concluído o dimensionamento e escolha da chaveta, realiza-se o desenho da estrutura.

4.1.6 Estrutura.

Na figura 34 pode-se observar a parte estrutural do transportador de carga.

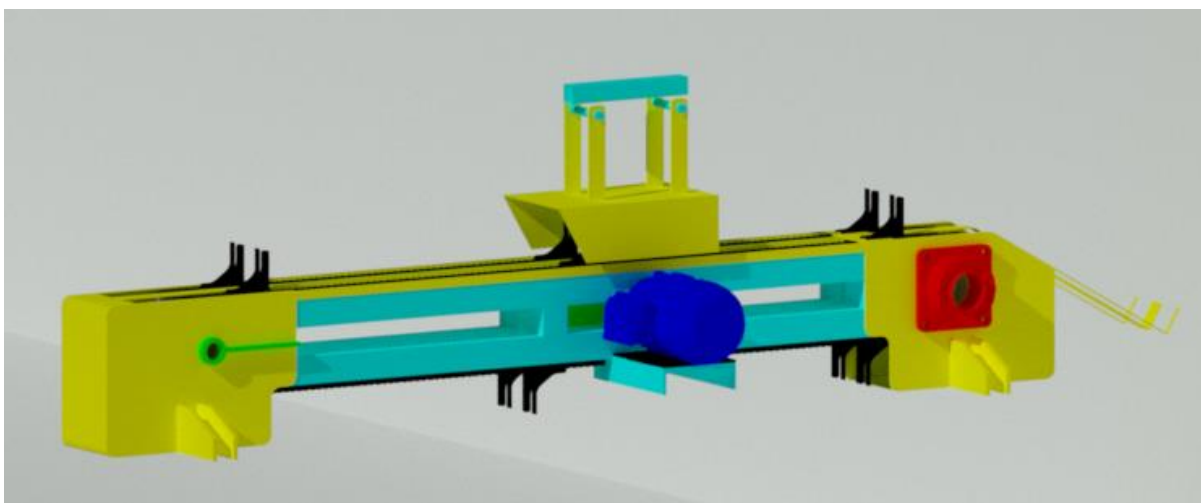


Figura 34: Estrutura do transportador.

Fonte: O autor.

Observa-se na figura 34 que a corrente ASA-50 possui abas transportadoras que servirão para realizar o transporte da madeira até o corte, e após até a área de retirada do material do equipamento. A estrutura, representada em azul na figura 34, é composta por tubos retangulares de medida 60mm x 40mm e a escolha para utilização deste determinado tubo no equipamento se deu em relação a empresa ter este material em estoque.

Ainda na figura 34, nota-se uma estrutura representada na cor amarela acima da estrutura azul, essa estrutura serve para proteger a corrente e servir de apoio para madeira deslizar sobre o trajeto de corte. Essa estrutura é constituída de uma chapa de aço SAE 1020 dobrada, tendo o formato de uma viga “U” com abas, sendo semelhante à uma canaleta.

Pode-se analisar na figura 34, a disposição das buchas e mancais para apoio das rodas dentadas, mostrado na cor verde. As buchas serão confeccionadas dentro da própria empresa, porém os mancais terão de ser comprados externamente. Será utilizado mancal tipo flange, com rolamento, do modelo FE-U 318 para alocação correta do eixo. Observa-se também na parte

final da estrutura, uma estrutura adicional na proteção com finalidade de deslizar a madeira já cortada para área de retirada do material.

O motor da serra será montado sob uma base de aço SAE 1020 com espessura de 4,5 mm, com uma camada de borracha entre o motor e a base com a finalidade de reduzir a transmissão da vibração do motor para o restante do equipamento. A base estará soldada em tubos de aço que por sua vez estarão soldados a estrutura do transportador.

Para assegurar que o equipamento realize um corte perfeito, será acoplado em uma das laterais da máquina, um batente para que sirva de esquadro.

A partir dos cálculos de dimensionamento e seleção dos componentes a serem utilizados, sendo assim possível registra-los em planilhas e realizar a somatória dos custos de cada item, e no final, comparar com o custo de compra de um equipamento novo.

4.2 CUSTO DE PRODUÇÃO INTERNA.

Para realizar o cálculo do custo da produção do equipamento internamente, foi dividido em quatro categorias. A primeira será dos materiais e equipamentos já existentes na fábrica, como por exemplo, sobras de barras de aço, o chassi do equipamento, retalhos de chapas, entre outros. Para estes itens, não será considerado seus valores monetários e estão dispostos na tabela 10.

Tabela 10: Itens existentes na fábrica.

PRODUTO	QUANTIDADE	MODELO
Chassi do equipamento	1 unidade	Antigo tombador de carga
Motor para serra	1 unidade	WEG 3 CV
Moto redutor	1 unidade	SEW 0,15 KW
Cantoneiras	3 metros	SAE 1020
Chapas de aço #2,70 mm	2 chapas	SAE 1020
Tubos de aço	6 metros	SAE 1020

(Fonte: O autor, 2020)

A segunda categoria, expressada na tabela 11, será dos itens dispostos na fábrica, porem serão retirados do estoque tendo assim um custo para compra.

Tabela 11: Itens em estoque.

PRODUTO	QUANTIDADE	VALOR UN.	TOTAL
Corrente ASA 50	12 metros	R\$ 45,60 metro	R\$ 547,20
Chave de segurança NR-12	1 unidade	R\$ 125,00	R\$ 125,00
Quadro elétrico completo	1 unidade	R\$ 800,00	R\$ 800,00
CUSTO TOTAL			R\$ 1.472,20

(Fonte: O autor, 2020.)

A tabela 12 exibe a terceira categoria, onde mostra os produtos produzidos internamente dentro da fábrica. Nesta tabela serão considerados os valores da matéria prima juntamente com o valor de hora/máquina.

Tabela 12: Custo de produção interna.

PRODUTO	CUSTO MATERIAL	PROCESSO	CUSTO	TEMPO APROX.	QTD.	TOTAL
Engrenagem para corrente	R\$ 280,00	Usinagem	R\$ 150,00 hora	4 horas	01 chapa SAE 1095	R\$ 880,00
Buchas para eixo	R\$ 79,90 metro	Usinagem	R\$ 150,00 hora	0,5 horas	06 unidades	R\$ 154,90
Eixo Ø40 SAE 1045	R\$ 79,90 metro	Usinagem	R\$ 150,00 hora	0,5 horas	1 metro	R\$ 154,90
Chapa SAE 1020 #2,70mm	R\$ 200,00 chapa	Puncionadeira	R\$ 300,00 hora	0,25 horas	1 chapa	R\$ 275,00
Montagem	R\$ 0,00	Solda	R\$ 8,00 hora	10 horas	1 soldador	R\$ 80,00
Dobra do reforço da estrutura	R\$ 0,00	Dobradeira	R\$ 100,00 hora	1 hora	1 operador	R\$ 100,00
Base do equipamento	R\$ 0,00	Puncionadeira	R\$ 300,00	0,25 horas	1 operador	R\$ 75,00
CUSTO TOTAL						R\$ 1.719,80

(Fonte: O autor, 2020.)

Por fim, a tabela 13 expressa a quarta categoria, onde exibe o real valor investido pela empresa para fabricação do equipamento, ou seja, os equipamentos que deverão ser comprados externamente para finalizar o projeto.

Tabela 13: Equipamentos comprados externamente.

PRODUTO	DESCRIÇÃO	VALOR UNT.	QTD.	TOTAL
Motor para serra	WEG 3 CV	R\$ 544,00	02	R\$ 1.088,00
Mancal de parede	FEU 318	R\$ 150,00	06	R\$ 900,00
Eixo-árvore	SAE 1095 90mm	R\$ 450,00	01	R\$ 450,00
Aba transportadora	Arrastador tipo L	R\$ 8,00	48	R\$ 384,00
Acoplamento	Elástico de garras	R\$ 265,00	01	R\$ 265,00
CUSTO TOTAL				R\$ 3.087,00

(Fonte: O autor, 2020)

Com o preço dos itens calculados, podemos então comparar o custo da produção interna com o custo de compra de um equipamento novo.

4.3 COMPARAÇÃO COM EQUIPAMENTO DE TERCEIROS.

Inicialmente devemos realizar a somatória de custo total do equipamento internamente, disposta na tabela 14.

Tabela 14: Custo total.

DESCRIÇÃO	CUSTO
Itens existentes	R\$ 0,00
Itens em estoque	R\$ 1.472,20
Custo de produção	R\$ 1.719,80
Itens comprados	R\$ 3.087,00
TOTAL	R\$ 6.279,00

(Fonte: O autor, 2020.)

Posteriormente foi realizado cotações em empresas que realizam a comercialização deste tipo de equipamento para comercialização. Os resultados obtidos estão dispostos na tabela 15. Os valores contabilizados são apenas o valor do equipamento, não sendo contabilizado valores como transporte, montagem, entre outros.

Tabela 15: Valores do equipamento.

FABRICANTE	CUSTO
Dallabona máquinas	R\$ 22.000,00
Kimaq equipamentos	R\$ 19.500,00
Dudi máquinas e equipamentos	R\$ 18.000,00

(Fonte: O autor, 2020)

Comparando os valores da tabela 14 com a tabela 15, conclui-se que o equipamento se torna viável financeiramente para produção interna dentro da empresa.

5 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Serras são geralmente os equipamentos que mais causam acidentes de trabalho dentro das indústrias, muitas vezes pelo seu mal estado de conservação, ou inexperiência e desatenção dos operadores, ou ainda pela não conformidade do equipamento com as normas de segurança em vigência. O objetivo principal deste trabalho foi realizar o dimensionamento de um equipamento que forneça uma maior segurança ao realizar o trabalho de corte da madeira.

O equipamento foi dimensionado seguindo as orientações das normas de segurança para máquinas e equipamentos, a NR-12. Com embasamento na norma, foi possível realizar uma análise em todos os riscos e perigos encontrados no equipamento, e com o conhecimento desses riscos pode-se minimizá-los ou eliminá-los, dependendo do grau de perigo.

No equipamento em questão iniciou-se a análise pelas rodas dentadas, onde os mesmos são elementos girantes e oferecem o risco de agarramento e/ou esmagamento em membros superiores. Para minimizar este risco, foi realizado o projeto de enclausuramento das rodas dentadas. Outro risco encontrado foi a serra, onde a mesma oferece o risco de corte e laceração. Para minimizá-lo foi projetado uma proteção fixa, em conformidade com o anexo I da NR-12, onde diz a distância segura para o risco com relação ao diâmetro do rasgo na proteção.

Como a norma leva em consideração todos os riscos possíveis, foi adicionado ao projeto um portão móvel monitorado, onde o operador ou algum terceiro não consiga adentrar no equipamento quando o mesmo estiver em funcionamento. Por fim, foram acrescentados alguns cuidados no equipamento como tensão de operação e comando operando em 24v, retirada de cantos vivos, instalação de botões de acionamento e de parada de emergência em todas as extremidades do equipamento, entre outros.

Como objetivo secundário deste trabalho, é comparar o preço da compra de um equipamento novo com o preço para produzir este equipamento internamente na empresa. Para realizar a produção interna deste equipamento, foi reaproveitável o máximo de material possível que a empresa detinha, desde o aço até equipamentos sem utilização.

O equipamento foi projetado com o intuito de minimizar o seu custo para produção, e para isso foi possível utilizar todos os processos industriais que a fábrica dispõe, desde o processo de dobra de chapas de aço, usinagem, solda, entre outras.

Neste objetivo secundário, levando em consideração o processo interno, reutilização de material e equipamentos, teve como resultado que o equipamento fabricado internamente ficou 65% mais barato em relação à um equipamento semelhante, comprado novo. Além de ser mais vantajoso financeiramente e seguro, o equipamento projetado consegue atender a demanda de

corte da empresa, onde é possível realizar o corte de seis peças, onde no equipamento antigo, no mesmo tempo é possível realizar o corte de somente uma peça.

Durante o trabalho realizou-se o dimensionamento de alguns elementos de máquinas. Estes elementos foram dimensionados a partir de alguns itens selecionados, como por exemplo, a roda dentada, que foi projetada seguindo as normas GOST-URSS e DIN para ser utilizada juntamente com uma corrente de rolos ASA-50.

Outro elemento dimensionado foi o eixo-árvore, onde o mesmo também seguiu as recomendações da norma e posteriormente foi normalizado para utilização de um eixo de tamanho comercializado. O mesmo foi realizado com a chaveta, onde foi dimensionada e posteriormente padronizada conforme pede a norma em relação ao diâmetro do eixo.

De uma maneira geral, o projeto deste equipamento atendeu todos os quesitos e objetivos dispostos no início do trabalho, tanto os objetivos principais como os objetivos secundários, trazendo assim um resultado extremamente satisfatório.

6 TRABALHOS FUTUROS

Neste capítulo serão apresentadas algumas sugestões para trabalhos futuros, com o objetivo de aprimorar o referido trabalho:

- a) Dimensionamento da parte estrutural do equipamento;
- b) Dimensionar o sistema de transmissão com outro tipo de material;
- c) Automatizar o sistema;
- d) Dimensionar o equipamento para comercialização;
- e) Considerar os esforços de fadiga;

REFERÊNCIAS BIBLIOGRÁFICAS

EVOLUÇÃO DA INDUSTRIALIZAÇÃO NO BRASIL. Disponível em: <www.suapesquisa.com/historiadobrasil/industrializacao_brasil.htm> Data de acesso: 17 de ago. de 2019.

ACIDENTES COM SERRAS DE BANCADA. Babiana Mugnol, Jornal Pioneiro. Disponível em: <pioneiro.clicrbs.com.br/rs/economia/noticia/2017/10/cresce-o-numero-de-acidentes-de-trabalho-na-serra-9967735.html>. Data de acesso: 17 de ago. de 2019.

CONCEITO DE ACIDENTE DE TRABALHO. Tribunal Superior do Trabalho. Disponível em: <<http://www.tst.jus.br/web/trabalhoseguro/o-que-e-acidente-de-trabalho>>. Data de acesso: 21 de set. de 2019.

GASTOS COM ACIDENTES DE TRABALHO. Extra. Disponível em: <extra.globo.com/noticias/economia/inss-gasta-mais-de-11-bilhoes-por-ano-com-beneficios-gerados-por-acidentes-no-trabalho-23662795.html>. Data de acesso: 21 de set. de 2019.

ATUALIZAÇÃO DE NORMAS REGULAMENTADORAS. Disponível em: <www.protecao.com.br/noticias/geral/governo_atualiza_nr_1_e_nr_12_e_revoga_nr_2>. Data de acesso: 21 de set. de 2019.

SEGURANÇA NO TRABALHO. Conceito ZEN. Disponível em: <www.conceitozen.com.br/o-que-e-seguranca-do-trabalho.html>. Data de acesso: 22 de set. de 2019.

SEGURANÇA NO TRABALHO. Daniella Albuquerque. Disponível em: <<https://certificacaoiso.com.br/e-seguranca-trabalho/>>. Data de acesso: 22 de set de 2019;

CONCEITO DE SEGURANÇA NO TRABALHO. Disponível em: <gestaodesegurancaprivada.com.br/seguranca-do-trabalho-conceito>. Acesso em: 22 de set. de 2019.

BRASIL. Decreto de **Lei n.º 5.452** de 1 de maio de 1943– CLT – Consolidação das Leis de Trabalho.

BRASIL. **Lei n.º 8.213** de 24 de julho de 1991. Dispõe sobre os Planos de Benefícios da Previdência Social e das outras providências.

BRASIL. **Portaria n.º 3.214** de 08 de junho de 1978. Ministério do Trabalho aprova as Normas Regulamentadoras.

ADEQUAÇÃO A NR-12. Disponível em: <<https://www.industria40.ind.br/artigo/17183-adequacao-a-nr-12-mais-seguranca-e-productividade>>. Acesso em: 22 de set. de 2019.

EVOLUÇÃO DA SERRA, Yorksaw. Disponível em: <<https://www.yorksaw.com/history-circular-saw/>>. Acesso em: 29 de set. de 2019.

SOFTWARE AUTOCAD. Disponível em: <<https://www.zaask.pt/blog/o-que-e-o-autocad-e-para-que-serve/>>. Acesso em: 10 de out. de 2019.

MELCONIAN, Sarkis. **Elementos de máquinas**. 9ª edição, Editora Érica, 2004.

CATÁLOGO DE CORRENTE, ENCO correntes. Disponível em: <<http://www.enco.com.br/catalogos-de-produtos>>. Acesso em: 04 de maio de 2020.

SERRAS CIRCULARES. Disponível em: <<http://blog.taqi.com.br/2015/03/15/serras-saiba-as-diferencas-entre-cinco-tipos-da-ferramenta/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2020.

SERRAS DE BANCADAS. Disponível em: <<https://www.mecanicaindustrial.com.br/711-serra-de-bancada/>>. Acesso em: 15 de abr. de 2020.

HIBBELER, Russel C., **Resistência dos materiais**. 7ª edição, Pearson Education, São Paulo, 2010.

FRANCESCHI, Alessandro de; ANTONELLO, Miguel G.; **Elementos de máquinas**. Universidade Federal de Santa Maria, Rede E-TEC Brasil, 2014.

TIPOS DE CORRENTES. Disponível em: <<https://www.cerello.ind.br/transmissao.php>>. Acesso em: 15 de abr. de 2020.

CORRENTES. Disponível em: <<http://www.azetek.com.br/correntes-industriais>>. Acesso em: 15 de abr. de 2020.

BUDYNAS, Richard G.; NISBETT, J. Keith.; **Elementos de máquinas de Shingley**. 8ª edição, Editora AMGH, Porto Alegre, 2011.

HALL, Allen S.; HOLOWENKO, Alfred R.; LAUGHLIN, Herman G.; **Elementos orgânicos de máquinas**. 2ª Edição, Editora McGraw-Hill, 1977.

SENAI, Escola Senai Hessel Horácio Cherkassky.; **Elementos de Máquinas I**. Departamento Regional de São Paulo.

VALE, Frederico A. M. do; **Apostila de Desenhos de Máquinas**. 2006/01.

ANDRADE, Alan S. de; **Elementos orgânicos de Máquinas II**. Universidade Federal do Paraná.

ANEXOS


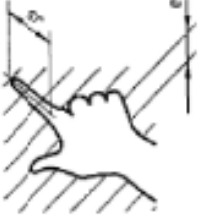
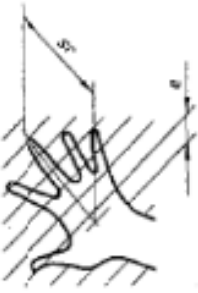
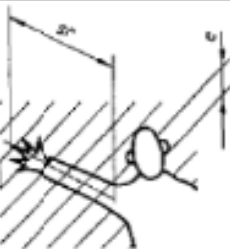
ANEXO A – TABELA DE DUREZA BRINELL

MATERIAL	HBRINELL N/mm ²
Aço fundido tipo 2	1700 - 2500
Aço fundido tipo B ₂	1250 - 1500
Aço SAE 1020	1400 - 1750
Aço SAE 1040	1800 - 2300
Aço SAE 1050	2200 - 2600
Aço SAE 3145/3150	1900 - 2300
Aço SAE 4320	2000 - 4200
Aço SAE 4340	2600 - 6000
Aço SAE 8620	1700 - 2700
Aço SAE 8640	2000 - 6000
Aço fundido cinzento	1200 - 2400
Aço fundido nodular	1100 - 1400

ANEXO B – FATOR DE SERVIÇO.

APLICAÇÕES	SERVIÇOS	
	10 horas	24 horas
INDÚSTRIA MADEIREIRA		
Alimentadores de plaina	1,25	1,50
Serras	1,50	1,75
Tombadores despoldadores	1,75	2,00
Transportadores de tora	1,75	2,00

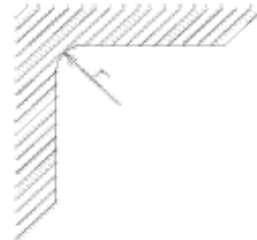
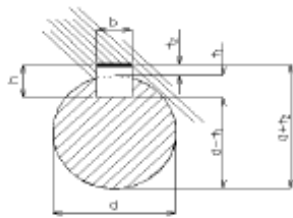
ANEXO C – DISTÂNCIA DE SEGURANÇA PARA ZONAS PERIGOSAS.

Parte do corpo	Ilustração	Abertura	Distância de segurança <i>s_r</i>		
			fenda	quadrado	circular
Ponta do dedo		$e \leq 4$	≥ 2	≥ 2	≥ 2
		$4 < e \leq 6$	≥ 10	≥ 5	≥ 5
Dedo até articulação com a mão	 	$6 < e \leq 8$	≥ 20	≥ 15	≥ 5
		$8 < e \leq 10$	≥ 80	≥ 25	≥ 20
		$10 < e \leq 12$	≥ 100	≥ 80	≥ 80
		$12 < e \leq 20$	≥ 120	≥ 120	≥ 120
		$20 < e \leq 30$	$\geq 850^{1)}$	≥ 120	≥ 120
Braço até junção com o ombro		$30 < e \leq 40$	≥ 850	≥ 200	≥ 120
		$40 < e \leq 120$	≥ 850	≥ 850	≥ 850

¹⁾ Se o comprimento da abertura em forma de fenda $e \leq 65$ mm, o polegar atuará como um limitador e a distância de segurança poderá ser reduzida para 200 mm.

ANEXO D – TABELA DE CHAVETAS PLANAS (DIN 6885/1)

TABELA DE FURO E RASGO DE CHAVETA CONFORME NORMA DIN 6885/1



Ø do eixo d		Dimensões da chaveta Aço AISI 1045 Trefilado		Prof. Do rasgo no eixo		Prof. Do rasgo no cubo		Arredondamento no fundo do rasgo r, p/ o eixo e cubo.	
Acima de	Até	Largura b	Altura h	t ₁	Tolerância Admissível	t ₂	Tolerância Admissível	máximo	mínimo
6	8	2	2	1,2	+0,1	1	+0,1	0,16	0,08
8	10	3	3	1,8	+0,1	1,4	+0,1	0,16	0,08
10	12	4	4	2,5	+0,1	1,8	+0,1	0,16	0,08
12	17	5	5	3	+0,1	2,3	+0,1	0,25	0,16
17	22	6	6	3,5	+0,1	2,8	+0,1	0,25	0,16
22	30	8	7	4	+0,2	3,3	+0,2	0,25	0,16
30	38	10	8	5	+0,2	3,3	+0,2	0,4	0,25
38	44	12	8	5	+0,2	3,3	+0,2	0,4	0,25
44	50	14	9	5,5	+0,2	3,8	+0,2	0,4	0,25
50	58	16	10	6	+0,2	4,3	+0,2	0,4	0,25
58	65	18	11	7	+0,2	4,4	+0,2	0,4	0,25
65	75	20	12	7,5	+0,2	4,9	+0,2	0,6	0,4
75	85	22	14	9	+0,2	5,4	+0,2	0,6	0,4
85	95	25	14	9	+0,2	5,4	+0,2	0,6	0,4
95	110	28	16	10	+0,2	6,4	+0,2	0,6	0,4
110	130	32	18	11	+0,2	7,4	+0,2	0,6	0,4
130	150	36	20	12	+0,3	8,4	+0,3	1,0	0,7
150	170	40	22	13	+0,3	9,4	+0,3	1,0	0,7
170	200	45	25	15	+0,3	10,4	+0,3	1,0	0,7
200	230	50	28	17	+0,3	11,4	+0,3	1,0	0,7
230	260	56	32	20	+0,3	12,4	+0,3	1,6	1,2
260	290	63	32	20	+0,3	12,4	+0,3	1,6	1,2
290	330	70	36	22	+0,3	14,4	+0,3	1,6	1,2
330	380	80	40	25	+0,3	15,4	+0,3	2,5	2
380	440	90	45	28	+0,3	17,4	+0,3	2,5	2
440	500	100	50	31	+0,3	19,5	+0,3	2,5	2

Tolerância da largura da chaveta = h9

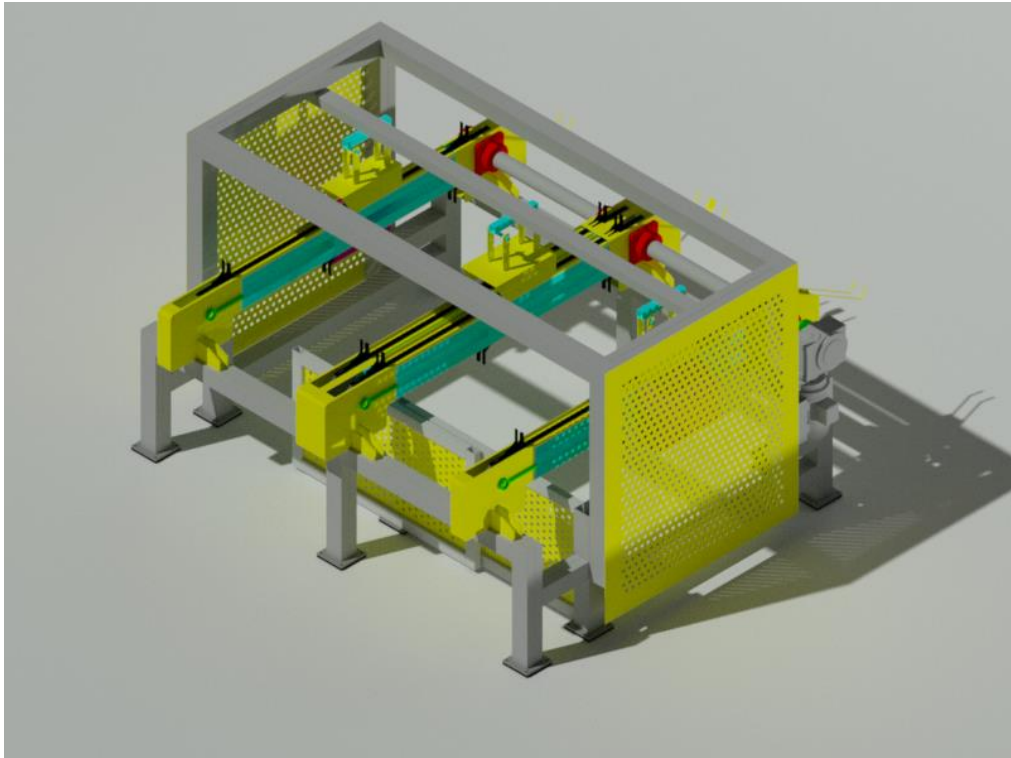
Tot. Da largura do rasgo	
No eixo	No cubo
P9	P9
N9	JS9

Interf.	*
Deslizante	

	µm								
	Acima de	1	3	6	10	18	30	50	90
Até	3	6	10	18	30	50	90	120	
h9	0	0	0	0	0	0	0	0	0
JS9	+ 12,5	+15	+ 18	+ 21,5	+26	+ 31	+ 37	+ 43,5	
P9	-6	-12	-15	-18	-22	-26	-32	-37	
N9	-31	-42	-51	-61	-74	-88	-106	-124	
	-4	0	0	0	0	0	0	0	
	-29	-30	-38	-43	-52	-62	-74	-87	

* Conforme especificado no desenho.

ANEXO E – VISTA FRONTAL ISOMÉTRICA DO EQUIPAMENTO.



ANEXO F – VISTA POSTERIOR ISOMÉTRICA DO EQUIPAMENTO.

