

**UNIVERSIDADE TECNOLÓGICA FEDERAL DO PARANÁ**

**GABRIEL SANTANA GAUGLITZ**

**ENGENHARIA REVERSA DE UM DESCARREGADOR DE BLANKS DE MADEIRA  
DESDOBRADA NUMA EMPRESA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA**

**GUARAPUAVA**

**2023**

**GABRIEL SANTANA GAUGLITZ**

**ENGENHARIA REVERSA DE UM DESCARREGADOR DE BLANKS DE MADEIRA  
DESDOBRADA NUMA EMPRESA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA**

***REVERSE ENGINEERING OF AN UNFOLDED WOOD BLANKS UNLOADER IN A  
WOOD MOULDING COMPANY***

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título de  
Bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade  
Tecnológica Federal do Paraná (UTFPR).  
Orientador: Prof. Dr. André Luiz Soares  
Coorientador: Prof. Dr. Henrique Ajuz Holzmann

**GUARAPUAVA**

**2023**



[4.0 Internacional](https://creativecommons.org/licenses/by-nc-sa/4.0/)

Esta licença permite remixe, adaptação e criação a partir do trabalho, para fins não comerciais, desde que sejam atribuídos créditos ao(s) autor(es) e que licenciem as novas criações sob termos idênticos. Conteúdos elaborados por terceiros, citados e referenciados nesta obra não são cobertos pela licença.

**GABRIEL SANTANA GAUGLITZ**

**ENGENHARIA REVERSA DE UM DESCARREGADOR DE BLANKS DE MADEIRA  
DESDOBRADA NUMA EMPRESA DE BENEFICIAMENTO DE MADEIRA**

Trabalho de conclusão de curso de graduação  
apresentada como requisito para obtenção do título  
de Bacharel em Engenharia Mecânica da  
Universidade Tecnológica Federal do Paraná  
(UTFPR).

Data de aprovação: 01/dezembro/2023

---

André Luiz Soares

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Henrique Ajuz Holzmann

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

---

Raquel Da Cunha Ribeiro Da Silva

Doutorado

Universidade Tecnológica Federal do Paraná

**GUARAPUAVA**

**2023**

*A Deus, minha família e amigos. Minha gratidão eterna por serem minha força, inspiração e apoio incondicional. Sem vocês, essa conquista não seria possível.*



## **AGRADECIMENTOS**

A Deus, por ter me dado saúde, força e determinação para superar as dificuldades ao longo da minha trajetória até este presente momento.

Aos meus pais, Edson Carlos de Almeida Gauglitz e Patrícia Santana de Oliveira, não há palavras suficientes para expressar minha gratidão. Seu amor, apoio e sacrifícios foram fundamentais para que eu chegasse até aqui. Este trabalho é dedicado a vocês, que sempre acreditaram em mim e me inspiraram e me apoiaram a perseguir meu sonho de se tornar Engenheiro Mecânico.

A minha namorada Bruna Régio de Lima, sou muito grato por seu apoio e amor. Obrigado por estar sempre ao meu lado e ser o meu porto seguro durante essa jornada acadêmica.

Aos amigos Matheus Eiji Toriy Botelho, Matheus Woiski Rodrigues, Nicollas Hamon Trevisan Verbanek, Caio Marco da Silva Souza e Samuel Rodrigues da Silva, minha gratidão por todo apoio, incentivo e companheirismo ao longo desta jornada. Vocês tornaram essa caminhada acadêmica mais leve e significativa.

Aos meus colegas de ACTUS Soluções & Consultoria por todo o conhecimento, inspiração e principalmente experiência adquirida ao longo destes três anos dentro da Empresa Júnior, seja como Assessor, Diretor ou Presidente.

Aos meus orientadores Prof. Dr. André Luiz Soares e Prof. Dr. Henrique Ajuz Holzmann, pelo empenho e apoio dedicado à elaboração deste trabalho, principalmente nos momentos de maior dificuldade nesta reta final de universidade.

Aos meus colegas que fiz durante meu período de estágio obrigatório na empresa de estudo deste projeto, em especial ao engenheiro do setor Guilherme Stasiak Jadoski, seu apoio, conhecimentos e experiências foram muito importantes para minha formação como Engenheiro Mecânico.

*“Entre vocês, porém, será diferente. Quem quiser ser o líder entre vocês, que seja servo, e quem quiser ser o primeiro entre vocês, que se torne escravo. Pois nem mesmo o Filho do Homem veio para ser servido, mas para servir e dar sua vida em resgate por muitos”*

(Mateus 20:26-28; NVT)

## RESUMO

A Engenharia Reversa (ER) pode ser descrita como a técnica caracterizada pela reprodução de um modelo físico existente, para que este possa transformar-se em um modelo digital podendo verificar pontos de melhoria. Assim, com a máquina ou equipamento já aplicado no mercado, toda a preocupação de adequar ou melhorar se torna menos dificultosa, pois, de modo geral, qualquer máquina para ser comercializada necessita passar por averiguações de produtividade e segurança. Com a atualização das normas de segurança vigentes no Brasil, como as Normas Regulamentadoras 12 (Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos) e a 17 (Ergonomia), é possível aplicar este método de forma mais clara e moderna. Dessa forma, este trabalho tem como objetivo aplicar os conceitos da ER e os requisitos das normas vigentes para melhorar um descarregador de *blanks* de madeira desdobrada em uma indústria de beneficiamento de madeira na região de Guarapuava/PR. Para a aplicação da ER neste trabalho, a utilização de equipamentos de medição como paquímetro, trena convencional e trena à laser são de fundamental importância, tendo em vista que a máquina a ser estudada se mantém em operação a todo momento. Para a modelagem e detalhamento das melhorias, foi utilizado o software SolidWorks 2021. Os resultados obtidos através deste trabalho foram satisfatórios a ponto do projeto ser aprovado para fabricação e instalação na empresa de estudo, sendo o seu custo total muito inferior ao mesmo produto adquirido via importação (China), além de ser um modelo mais atualizado e seguro para o processo fabril dessa empresa. Conclui-se que o desenvolvimento deste trabalho foi muito importante para colocar em prática todos os conhecimentos adquiridos ao longo do curso, sejam profissionais ou pessoais, já que experiências como coleta de medidas, modelagem 3D, ciência dos materiais, mecanismos, entre outros, além de conversação, apresentação e argumentações também foram essenciais para a entrega final do projeto, que teve como um dos seus principais objetivos uma economia de R\$62.726,24 para a empresa.

**Palavras-Chave:** engenharia reversa; desenvolvimento de máquina; segurança de máquina; beneficiamento de madeira; sistema de transmissão.



## ABSTRACT

Reverse Engineering (RE) can be described as a technique characterized by the reproduction of an existing physical model, so that it can be transformed into a digital model and can verify points for improvement. Thus, with a machine or equipment already used on the market, any concern about adapting or improving becomes less difficult, as, in general, any machine to be commercialized needs to undergo productivity and safety investigations. With the update of safety standards in force in Brazil, such as Regulatory Standards 12 (Safety at Work in Machines and Equipment) and 17 (Ergonomics), it is possible to apply this method in a clearer and more modern way. Therefore, this work aims to apply ER concepts and the requirements of current standards to improve a wood blank unloader implemented in a wood processing industry in the region of Guarapuava/PR. For the application of ER in this work, the use of measuring equipment such as a caliper, conventional tape measure and laser tape measure are of fundamental importance, considering that the machine to be studied remains in operation at all times. For modeling and detailing the improvements, the SolidWorks 2021 software was used. The results obtained through this work were overwhelming to the point that the project was approved for manufacturing and installation in the study company, with its cost being completely lower than the same product purchased via import ( China), in addition to being a more updated and safe model for this company's manufacturing process. It is concluded that the development of this work was very important to put into practice all the knowledge acquired throughout the course, whether professional or personal, as experiences such as collecting measurements, 3D modeling, materials science, mechanisms, among others, in addition to conversation, presentation and arguments were also essential for the final delivery of the project, which had as one of its main objectives a saving of R\$62,726.24 for the company.

**Keywords:** reverse engineering; machine development; machine safety; wood processing; transmission system.

## LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Visualização do espaço do problema.....	20
Figura 2 – Aplicação do MESCRAl para modificar uma trava de porta.....	21
Figura 3 – Processos da Gestão de Projetos.....	24
Figura 4 – Grupos de processos de gerenciamento de projetos.....	25
Figura 5 – Quando usar Proteção Fixa ou Proteção Móvel.....	28
Figura 6 – <i>Blanks</i> de madeira desdobrado.....	30
Figura 7 – Operador qualificando e separando <i>blanks</i> de madeira.....	31
Figura 8 – <i>Blanks</i> desdobrado sendo transferido para o descarregador.....	32
Figura 9 – Mapa mental do trabalho.....	33
Figura 10 – Painel Elétrico e Esteira de Correntes Retas de Alimentação do Descarregador.....	36
Figura 11 – Guia e Sensor Capacitivo do Descarregador.....	37
Figura 12 – Vista Inferior do Descarregador.....	38
Figura 13 – Motorreductor da Esteira de Correntes Retas de Alimentação.....	38
Figura 14 – Atuador Pneumático do Descarregador.....	39
Figura 15 – Estrutura de sustentação do Descarregador.....	40
Figura 16 – Modelo 3D desenvolvido no SolidWorks.....	43
Figura 17 – Modelo 3D desenvolvido no SolidWorks (vista traseira).....	43
Figura 18 – Modelo 3D desenvolvido no SolidWorks (vista traseira com transparência).....	44
Figura 19 – Instalação do Descarregador.....	45
Figura 20 – Cabeceira da Esteira Transportadora.....	45
Figura 21 – <i>Blanks</i> de madeira posteriormente ao desdobro entrando no Descarregador.....	46
Figura 22 – <i>Blanks</i> de madeira sendo descarregado.....	46
Figura 23 – Chapa lateral do Descarregador.....	47

## LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT	<i>Associação Brasileira de Normas Técnicas</i>
CAD	<i>Computer Aided Design</i>
DIN	<i>Deutsches Institut für Normung</i>
ER	Engenharia Reversa
INPI	<i>Instituto Nacional de Propriedade Intelectual</i>
ISO	<i>International Organization for Standardization</i>
MESCRAI	<i>Modifique Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte, Inverta</i>
NBR	<i>Norma Brasileira</i>
NR	<i>Normas Regulamentadoras</i>
PMBOK	<i>Project Management Body of Knowledge</i>
PMI	<i>Project Management Institute</i>
UTFPR	<i>Universidade Tecnológica Federal do Paraná</i>

## SUMÁRIO

<b>1 INTRODUÇÃO</b> .....	14
<b>1.1 Problema da Pesquisa</b> .....	15
<b>1.2 Justificativa</b> .....	15
<b>1.3 Objetivos</b> .....	15
1.3.1 Objetivo Geral .....	15
1.3.2 Objetivos Específicos .....	15
<b>1.4 Hipótese</b> .....	16
<b>1.5 Delimitação da Pesquisa</b> .....	16
<b>2 REFERENCIAL TEÓRICO</b> .....	18
<b>2.1 Princípios de Inovação e Criatividade</b> .....	18
2.1.1 Inovação.....	18
2.1.2 Criatividade .....	19
2.1.3 MESCRAI .....	20
<b>2.2 Engenharia Reversa</b> .....	21
<b>2.3 Planejamento e Desenvolvimento de Produto</b> .....	23
2.3.1 Guia PMBOK.....	25
<b>2.4 Segurança no Trabalho</b> .....	26
2.4.1 NR 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos.....	26
2.4.1.1 Riscos de Acidentes .....	26
2.4.1.2 Sistemas de Segurança .....	27
2.4.1.3 NR 17: Ergonomia .....	28
<b>3 METODOLOGIA</b> .....	30
<b>3.1 Perfil da Empresa</b> .....	30
<b>3.2 Análise do Problema</b> .....	30
<b>3.3 Proposta e Aplicação da Engenharia Reversa</b> .....	32
<b>3.4 Medição</b> .....	34

<b>3.5 Modelagem 3D</b> .....	34
<b>3.6 Detalhamento Técnico e Fabricação</b> .....	34
<b>4 RESULTADOS</b> .....	36
<b>4.1 Coleta de Medidas e Informações</b> .....	36
<b>4.2 Modelagem 3D</b> .....	40
<b>4.3 Detalhamento Técnico</b> .....	44
<b>4.4 Fabricação e Instalação</b> .....	44
<b>4.5 Custos</b> .....	47
<b>5 CONCLUSÃO</b> .....	48
<b>6 CONSIDERAÇÕES FINAIS</b> .....	49
<b>7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS</b> .....	50
<b>REFERÊNCIAS</b> .....	51
<b>ANEXO A – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (PRIMEIRA FOLHA)</b> .....	53
<b>ANEXO B – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (DESCARREGADOR)</b> .....	54
<b>ANEXO C – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (CHAPA LATERAL DO DESCARREGADOR)</b> .....	55
<b>ANEXO D – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (MESA ALIMENTADORA)</b> .....	56
<b>ANEXO E – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (PERFIL – SUSTENTAÇÃO)</b> .....	57
<b>GLOSSÁRIO</b> .....	58

## 1 INTRODUÇÃO

Com os avanços da tecnologia na indústria e o surgimento da 4ª Revolução Industrial, conhecida como Indústria 4.0, o papel da engenharia no desenvolvimento de novos produtos tem influenciado significativamente na melhoria contínua e otimização de tempo nos processos de idealização, projeto e fabricação. Assim, para atender as demandas industriais da época, como a indústria eletrônica, automobilística e aeroespacial, uma nova técnica chamada Engenharia Reversa (ou simplesmente, ER) surgiu e se tornou uma poderosa ferramenta em diversos setores industriais, manufatura, manutenção, análise de produtos, além de pesquisas e desenvolvimento (WANG, 2011).

A Engenharia Reversa, como prática formalizada, teve origem com uma nova técnica de engenharia na década de 1960, com suas raízes nos setores aeroespacial e de defesa, principalmente nos EUA. Em resumo, o processo de uma ER envolve a análise detalhada e a desmontagem de um objeto ou sistema complexo para compreender seu funcionamento interno, design e características. Assim, inicialmente o método de ER foi adotado para examinar tecnologias militares e espaçonaves capturadas, visando a compreensão e a reprodução de suas funcionalidades. Atualmente, uma das principais aplicações da ER ainda são os setores militares e aeroespaciais, porém com alto crescimento na engenharia de software e a proteção de propriedade intelectual (WANG, 2011).

Pode se dizer, então, que a Engenharia Reversa é uma metodologia aplicada na concepção, projeto e produção para reduzir o tempo de fabricação de um produto através da análise da montagem de seus componentes. Além disso, a ER pode ser utilizada para reduzir custos por meio do estudo dos materiais utilizados ou para adaptar características visando a inserção em novos mercados, quando ocorrem mudanças no público-alvo. Em resumo, a Engenharia Reversa utiliza dados obtidos a partir da desmontagem e o caminho inverso, empregados para compreender a essência e pontos chave do produto, resultando em melhorias e em estudos práticos para aprimorar tecnologias ou replicar produtos com alterações impulsionadas pelo mercado ou para atender necessidades específicas (MALUF, 2013).

Silva (2019 *apud* RAJA e FERNANDES, 2008), ressaltam a importância da engenharia reversa na redução de custos e tempo no projeto de um novo objeto. No mercado global competitivo de hoje, os fabricantes estão constantemente buscando

novas formas de encurtar os prazos de entrega para a introdução de um novo produto. O menor investimento financeiro e o tempo reduzido de desenvolvimento são fatores importantes. Além disso, lançar um novo produto baseado em algo que já obteve reconhecimento no mercado é talvez o aspecto mais atrativo, principalmente devido à minimização dos riscos de investimento.

## **1.1 Problema da Pesquisa**

Como projetar um descarregador de *blanks* de madeira desdobrada, através da engenharia reversa, de maneira efetiva, rentável em comparação a importação de similares no mercado e que atenda as normas de segurança vigentes no Brasil?

## **1.2 Justificativa**

Com o desenvolvimento deste maquinário remodelado para as normas atualizadas de segurança do Brasil através da Engenharia Reversa, será possível analisar quais impactos podem ser observados dentro do processo de produção de molduras, seja por fatores de produtividade e/ou segurança. Assim, por meio desse desenvolvimento, não somente a empresa de estudo pode ser beneficiada, possibilitando aumento de produtividade, mas principalmente a segurança dos trabalhadores.

## **1.3 Objetivos**

### **1.3.1 Objetivo Geral**

Desenvolver, através de métodos de engenharia reversa, um descarregador de *blanks* de madeira desdobrada, com custo reduzido em comparação a importação de similares no mercado e que atenda as normas atuais de segurança no Brasil.

### **1.3.2 Objetivos Específicos**

- Definir um método de engenharia reversa para ser aplicado em máquinas e equipamentos;

- Identificar os requisitos de segurança no trabalho para máquinas e equipamentos, de acordo com a normalização vigente no Brasil;
- Aplicar os requisitos de engenharia reversa e de segurança no trabalho ao descarregador de madeira desdobrada;
- Projetar o descarregador de madeira desdobrada;
- Comparar o descarregador de madeira desdobrada com os modelos existentes no mercado; e
- Mensurar economicamente e produtivamente os resultados obtidos através dos valores de fabricação e melhorias de segurança.

#### **1.4 Hipótese**

Através do método de engenharia reversa, espera-se que seja possível adicionar um novo maquinário no processo, aumentando então a produtividade, reduzindo custos, além de se ter uma máquina adequada às mais recentes normas de segurança.

#### **1.5 Delimitação da Pesquisa**

A Engenharia Reversa (ER) é amplamente utilizada para implementação de melhorias em máquinas e equipamentos, onde o ponto de partida ser outra máquina com conceitos ou características técnicas melhoradas, já aplicados e testados no mercado, sempre com o principal objetivo: o aperfeiçoamento e não a simples cópia do produto já existente (PILLON, 2015).

Desse modo, subjetivamente entende-se que a produção de máquinas e equipamentos deve, em todas as etapas de seu desenvolvimento, desde a concepção das máquinas e equipamentos até o seu desmonte, seguir as normas de segurança do trabalho, garantindo ao máximo a integridade do operador.

Garantir de fato a integridade do trabalhador consiste numa série de regras e fatores estabelecidos por normas, sendo a principal a NR-12, que define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção que visam garantir a saúde e a integridade física dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho (CAMISASSA, 2022).



Dito isto, pode-se delimitar este trabalho de conclusão de curso ao aperfeiçoamento de um descarregador de *blanks* numa empresa de beneficiamento de madeira da região de Guarapuava/PR, com base na Engenharia Reversa atrelado ao método PMBOK e as normas de segurança do trabalho vigentes no Brasil utilizando o descarregador de madeira Weihai-Linares CONCEPT OF-28, e, portanto, desenvolvendo e acompanhando a fabricação e instalação de um maquinário novo do processo fabril dentro da empresa de estudo.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 Princípios de Inovação e Criatividade

#### 2.1.1 Inovação

Inovar não se resume apenas à criatividade. A inovação geralmente surge da necessidade de redução de custos ou da exploração de demandas pouco exploradas. Tanto pessoas quanto empresas têm a capacidade de inovar, porém os altos custos envolvidos tornam difícil transformar uma ideia em algo aplicável e rentável. Além dos desafios financeiros, há também barreiras culturais que muitas vezes impedem o crescimento de boas ideias. Para proteger seus investimentos intelectuais e financeiros, os detentores de ideias buscam o registro de propriedade intelectual (MALUF, 2013).

Conforme Kotler (1998) observa, que uma parcela ínfima dos novos produtos lançados no mercado global se configura genuinamente como inovadora. Estes produtos inovadores não só representam uma novidade para a empresa que os desenvolve, mas também para o público consumidor. A característica da novidade presente nesses lançamentos pode intensificar os desafios e as incertezas, criando um cenário complexo e desafiador tanto para a empresa quanto para os consumidores envolvidos.

Segundo Pillon (2015 *apud* CRAWFORD, 1997), ser inovador não significa necessariamente lançar um novo produto diferente, com tecnologia altamente desenvolvida, mas também significa a busca pelo aprimoramento constante em seus (ou outrem) produtos existentes, descobrir novos materiais, novos métodos de manufatura, novas formas de distribuição, entre outros.

No Brasil, o Instituto Nacional de Propriedade Intelectual (INPI) é o órgão responsável por esse registro. O registro de inovação, chamado de patente, confere ao autor o direito de usar comercialmente sua invenção e se proteger contra cópias não autorizadas. O INPI distingue três tipos de registros:

- Privilégio de invenção: atividades inventivas, novidades ou aplicação industrial, com prazo de proteção de 20 anos;

- Modelo de utilidade: melhorias funcionais em um objeto, com prazo de proteção de 15 anos; e
- Registro de desenho industrial: formas ou desenhos originais, com prazo inicial de 10 anos, podendo ser prorrogado por três períodos de 5 anos cada (MALUF, 2013).

### 2.1.2 Criatividade

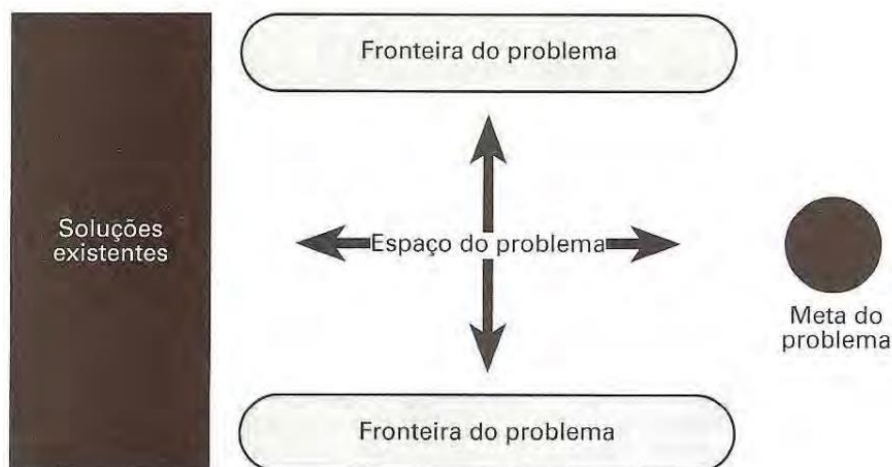
Segundo Baxter (2000), os problemas de design e concepções são complexos, geralmente possuem diversas metas, restrições e um grande número de soluções possíveis. Dessa forma, ao se projetar um produto, deve-se procurar atender às necessidades de uma ampla faixa dos *stakeholders*. Também, deve satisfazer com que este produto aproveite ao máximo a disponibilidade de fornecedores de peças, componentes, fabricação, equipamentos de produção e, finalmente, lucro para a empresa.

A preparação exige que respostas como:

- Qual é exatamente o problema que estou querendo resolver?
- Por que este problema existe?
- Este problema constitui uma parte específica de um problema mais abrangente ou complexo?
- Solucionando-se esse problema maior, a parte específica também será solucionada?
- Em vez disso, seria melhor atacar primeiro a parte específica?
- Qual é a solução ideal para o problema?
- O que caracteriza essa solução ideal?
- Quais são as restrições que dificultam o alcance dessa solução ideal?

Ainda de acordo com Baxter (2000), tais perguntas ajudam a elaborar o mapa do problema: o objetivo do problema, as fronteiras do problema e o espaço do problema (Figura 1).

**Figura 1 – Visualização do espaço do problema.**



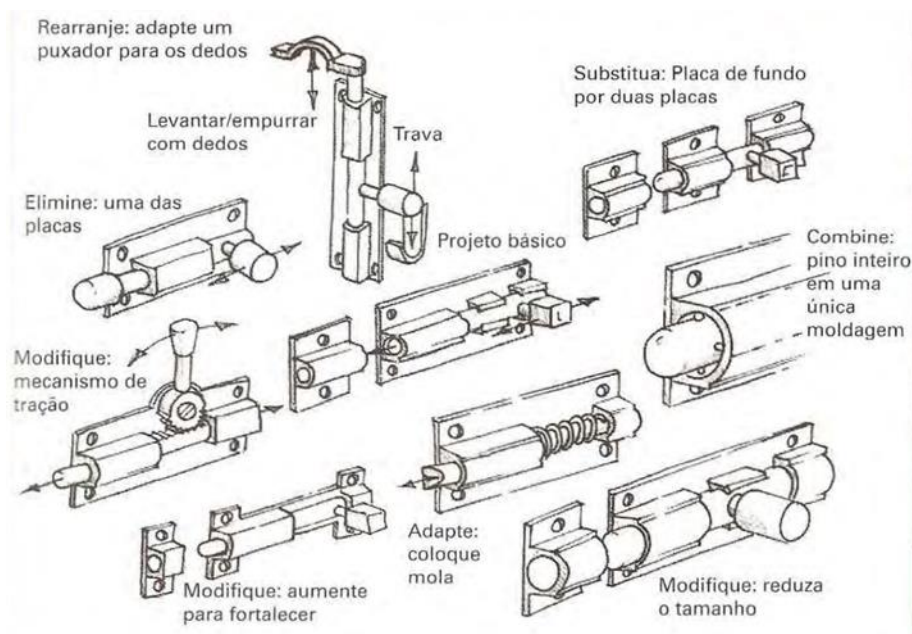
**Fonte: Baxter (2000).**

As considerações sobre o objetivo do problema visam produzir uma definição simples, concisa e operacional do problema, de forma a ser suficiente para se saber quando a solução foi encontrada. Em questões da fronteira do problema, pode-se dizer que são os limites da aceitabilidade das soluções potenciais. Por fim, o espaço do problema é a região que separa as soluções existentes da meta do problema, ou seja, onde será desenvolvido o trabalho na procura de soluções (BAXTER, 2000).

### 2.1.3 MESCRAI

MESCRAI é um acrônimo das palavras "Modifique (aumentar ou diminuir), Elimine, Substitua, Combine, Rearranje, Adapte e Inverta". Todos estes termos funcionam como uma lista de verificação para estimular possíveis modificações em certo produto. Assim, em pensamentos de modificação, é possível que ocorram apenas ideias mais óbvias, suprimindo-se das outras, por exemplo, em quesitos de redução de custos de um produto. É possível pensar em reduzir seu tamanho, eliminar alguns acessórios ou substituir alguns componentes por outros mais baratos (BAXTER, 2000).

**Figura 2 – Aplicação do MESCRAI para modificar uma trava de porta.**



**Fonte: Baxter (2000).**

Entretanto, raramente se considera a possibilidade de reorganizar os componentes para simplificar o processo de montagem ou até mesmo ampliar as dimensões, utilizando tolerâncias de fabricação menos rigorosas. Assim, criar uma lista de verificação se faz útil para lembrar das outras alternativas que podem solucionar o problema. Todavia, o uso de uma lista de verificação pode também ser prejudicial em certos casos, especialmente em produtos complexos ou de muitos componentes, entorpecendo a mente do projetista. Apesar dos riscos envolvidos, ainda apresenta excelentes resultados em termos de lucratividade para a empresa, além de proporcionar economia de tempo quando aplicado de maneira orgânica, conforme a Figura 2 (BAXTER, 2000).

## 2.2 Engenharia Reversa

A Engenharia Reversa (ER) pode ser descrita como a técnica caracterizada pela reprodução de um modelo físico, para que este possa transformar-se em um modelo, digital. Em outras palavras, a ER pode ser definida como um processo de desmontagem de um produto com objetivo de determinar como este foi desenvolvido ou projetado, desde seus componentes até o produto final. Sendo assim, esta abordagem descreve a aplicação da ER como um caminho mais próximo possível de

gerar um produto com pouco investimento à geração de lucros da empresa (INGLE, 1994).

Esta metodologia foi amplamente utilizada pelos japoneses no período pós Segunda Guerra Mundial, porém, com as limitações da tecnologia da época e a reconstrução de uma nação destruída, muitos produtos eram reconstruídos e analisados de forma artesanal (MURY, 2000).

Conforme Mury (2000) ainda destaca, apenas a partir dos anos 1990, dois fatores têm impulsionado a disseminação dessa técnica. O primeiro é a crescente redução do ciclo de vida de produtos e máquinas, o que obriga as empresas a constantemente inovar. O segundo é o avanço das tecnologias de computação gráfica, incluindo a digitalização 3D e os sistemas CAD. Esses avanços têm desempenhado um papel crucial na ampliação da adoção dessa abordagem.

Segundo Puntambekar (1994), mesmo que o processo da Engenharia Reversa comece com um modelo físico e termine com um modelo CAD, de forma análoga, é possível dizer que este método é o oposto do processo de manufatura convencional (que começa com um modelo CAD e produz uma peça física). A principal diferença destacada é que o protótipo existente na ER incorpora a especificação do produto em manufatura convencional à digitalização e a maior precisão dos sistemas CAD.

Ao aplicar a Engenharia Reversa na indústria, é possível encurtar o ciclo de projeto e fabricação de um produto específico, desde sua concepção até a criação, dessa forma, mantendo custos baixos, garantindo alta qualidade e sustentando uma competitividade robusta. Essa abordagem não apenas reduz os custos associados ao desenvolvimento de novos produtos, mas também oferece maior agilidade para adaptar-se às mudanças no mercado. Ela se mostra versátil ao abranger diversos trabalhos, como a reprodução de produtos existentes, a criação de novos produtos, a realização de inspeções, correções e melhorias nos processos, além da devida documentação (PONTICELLI & SUSKI, 2010).

Na indústria, suas aplicabilidades estão diretamente ligadas à criação de novos maquinários, melhorias ou, até mesmo, correções em modelos já existentes, inspeção de qualidade e melhorias de ergonomia e segurança dos trabalhadores, bem como cópia de modelos já criados. Assim, podemos citar algumas das etapas (SIMÃO, 2021):

- Criação de um novo produto ou objeto: ocorre quando um novo modelo é originado a partir de um objeto físico já existente;
- Correção/Melhoria de um modelo danificado: o emprego da Engenharia Reversa combinado com técnicas de reconstrução, sem erros geométricos oriundos do modelo original, em sistemas computacionais permite a confecção de um modelo substituto ao que se encontra danificado;
- Inspeção de peças/produto: realizar a digitalização de superfícies de modelos pode promover a comparação entre o modelo computacional e o modelo físico original;
- Documentação através de desenhos: comumente em indústrias ou organizações mais antigas, os dados técnicos necessários para manter e reparar equipamentos ou ferramentas; e
- Reprodução de um modelo já existente: em alguns casos, não existem desenhos ou quaisquer informações sobre um modelo.

Assim, a Engenharia Reversa é uma técnica que consiste em desmontar um produto físico para compreender sua estrutura e funcionamento, a fim de reproduzi-lo digitalmente. Através dos avanços tecnológicos a ER tem se tornado mais viável e eficiente permitindo a criação de novos produtos, correções e melhorias em modelos existentes, inspeção de qualidade e documentação. Tal abordagem proporciona uma redução no tempo de desenvolvimento de produtos, máquina e equipamentos, além da redução de custos e agilidade em se adaptar as mudanças do mercado competitivo (SIMÃO, 2021).

### **2.3 Planejamento e Desenvolvimento de Produto**

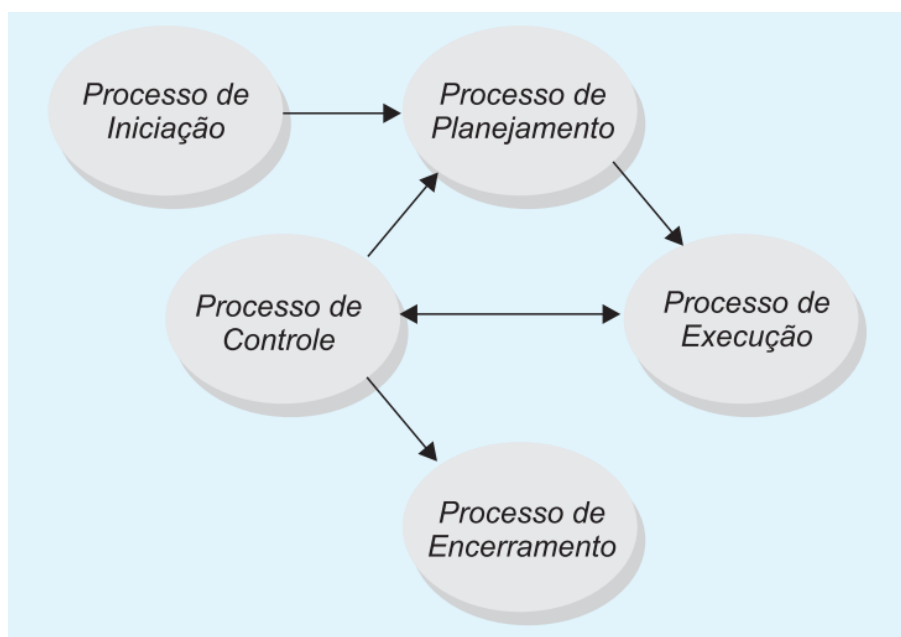
Segundo Rozenfeld *et al.* (2012), um projeto pode ser entendido como um empreendimento com começo, meio e fim consolidados, seguindo a orientação do plano estratégico da empresa, além de deixar claro o objetivo de criar um produto, máquina ou serviço bem delimitado e específico no seu nicho.

Uma gestão de projetos pode ser definida como a forma com que esse empreendimento é conduzido dentro de uma empresa, sendo a sua preocupação a otimização das atividades e emprego de recursos (ambos integrados), além das

peças que tornam o projeto possível. Tal gestão deve estar preparada para mudanças que podem ocorrer no contexto em que o projeto está inserido, tornando possível que esse atinja o desempenho igual ou até melhor ao originalmente previsto (ROZENFELD *et al.*, 2012).

Em geral, a gestão de projetos deve ser desenvolvida ao longo de todas as três etapas básicas de um projeto: planejamento, execução e encerramento (esta última fase responsável por registros coletados ao longo de todas as fases, assim podendo ser possível visualizar os resultados atingidos e as lições aprendidas). O *Project Management Institute* (PMI) define cinco processos que são conjuntos de atividades da gestão de projetos (Figura 3).

**Figura 3 – Processos da Gestão de Projetos.**



**Fonte: Rozenfeld *et al.* (2012).**

Dessa forma, ao longo da gestão do projeto, torna-se imperativo estabelecer controles e realizar avaliações periódicas para monitorar o seu desenvolvimento. Essa abordagem é essencial para garantir de maneira consistente a busca pelo equilíbrio entre diversos requisitos frequentemente conflitantes, como a duração do projeto, parâmetros de qualidade e recursos necessários. Adicionalmente, é crucial atender às diferentes necessidades de diversos atores envolvidos, tais como clientes, fornecedores, setores da empresa, entre outros (ROZENFELD *et al.*, 2012).

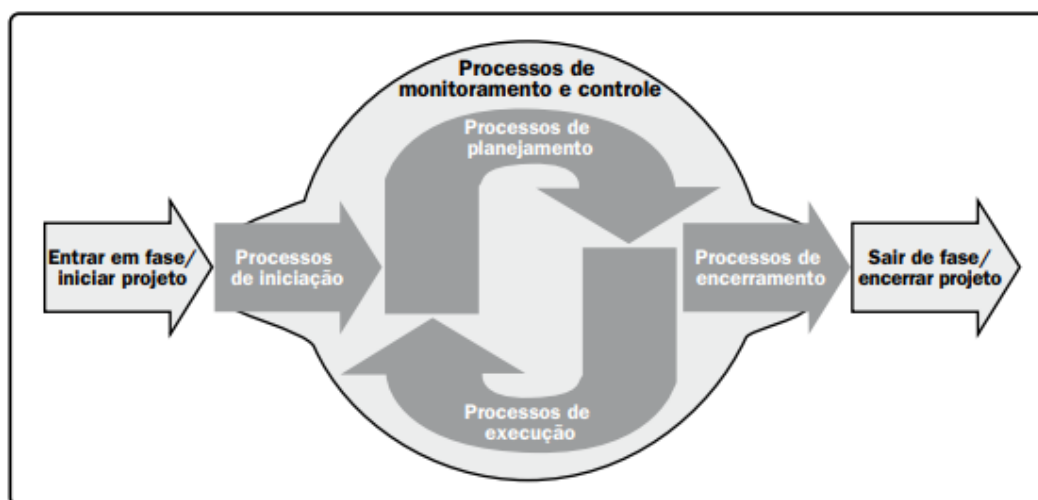


### 2.3.1 Guia PMBOK

O Guia PMBOK (*Project Management Body of Knowledge*) é um conjunto de melhores práticas amplamente reconhecido e utilizado na gestão de projetos. Ele fornece um *framework* detalhado que abrange todos os aspectos envolvidos na condução bem-sucedida de um projeto, desde o início até o encerramento. Este conjunto descreve de forma abrangente os processos, as áreas de conhecimento e as boas práticas à gestão de projetos, promovendo a padronização e a melhoria contínua (PMI, 2013).

Ao seguir os processos de gerenciamento de projetos do Guia PMBOK (Figura 4), os projetistas podem aumentar a eficiência, minimizar riscos e alcançar os resultados desejados. Essa abordagem abrangente e estruturada tem sido amplamente adotada em organizações de diversos setores, fornecendo uma base sólida para a gestão eficaz de projetos complexos e desafiadores (PMI, 2013).

Figura 4 – Grupos de processos de gerenciamento de projetos.



Fonte: PMI (2013).

Na gestão de projetos, a abordagem integrativa destaca a interação contínua do grupo responsável pelo monitoramento e controle com os demais grupos de processos, conforme indicado na Figura 4. Os processos de monitoramento e controle funcionam de maneira simultânea aos procedimentos presentes nos outros grupos de processos. Assim, o processo de monitoramento e controle é identificado como um componente fundamental que sustenta os outros quatro grupos.

Portanto, para cada projeto criado, há um produto, serviço ou resultado único, sendo este podendo ser tangível ou intangível. Embora alguns elementos repetitivos podem estar presentes em algumas entregas e atividades do projeto, tal repetição não muda as características fundamentais e exclusivas do trabalho (PMI, 2013).

## **2.4 Segurança no Trabalho**

### **2.4.1 NR 12: Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**

A NR12 define referências técnicas, princípios fundamentais e medidas de proteção que tem como objetivo garantir a saúde e integridade dos trabalhadores, estabelecendo requisitos mínimos para a prevenção de acidentes e doenças do trabalho, desde a concepção das máquinas até seu desmonte (BRASIL, 2022a).

Com a atualização da norma regulamentadora em dezembro de 2022, esta possui uma abordagem mais adaptada à nova realidade do mercado, sem muitas restrições como ocorria na redação anterior. Por exemplo, como determinava a antiga restrição: a distância mínima entre máquinas e equipamentos deve ser de 0,60 m a 0,80 m, a critério da autoridade competente em segurança e medicina do trabalho (BRASIL, 2022a).

Na nova redação, a distância mínima entre máquinas, em conformidade com suas características e aplicações, deve garantir a segurança dos trabalhadores durante sua operação, manutenção, ajuste, limpeza e inspeção, e permitir a movimentação dos segmentos corporais, em face da natureza da tarefa (BRASIL, 2022a).

#### **2.4.1.1 Riscos de Acidentes**

Durante a operação e manutenção de máquinas e equipamentos, o risco de acidentes e doenças se manifesta substancialmente em dois principais pontos (CAMISASSA, 2022):

- Na operação da máquina em que se tem o processo de transformação da peça trabalhada, seja por corte, dobra, moldagem, manuseio, entre outros; e

- Nos sistemas de transmissão em que se tem a transferência de energia mecânica para os elementos da máquina realizarem a operação, tais como roldanas, polias, correntes, correias, esteiras, volantes, acoplamentos e engrenagens.

Existem outras partes que podem ser consideradas na geração de riscos de natureza mecânica, como elementos de movimento transversal e de rotação de outros mecanismos, mesmo não sendo enquadradas nas categorias citadas, integram o funcionamento das máquinas (CAMISASSA, 2022).

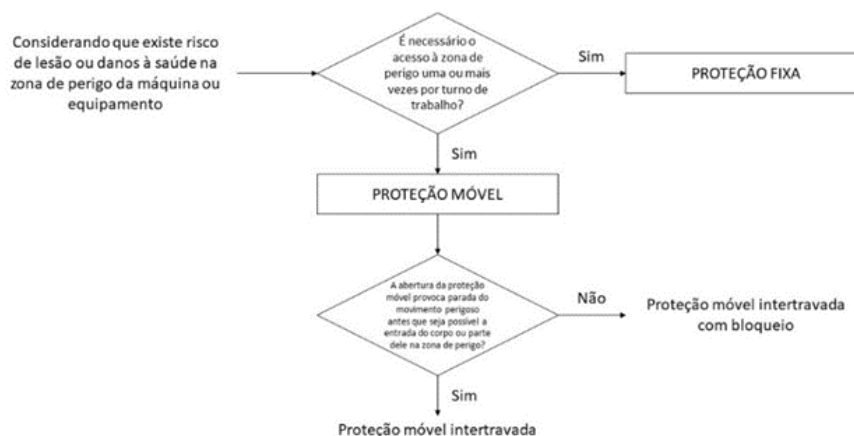
#### 2.4.1.2 Sistemas de Segurança

Segundo Camisassa (2022), os sistemas de segurança são compostos por proteções fixas, proteções móveis e dispositivos de segurança. As zonas de perigo das máquinas e equipamentos devem possuir sistemas de segurança caracterizados por proteções fixas, móveis e dispositivos de segurança interligados com o objetivo de impedir o acesso à zona de perigo, garantindo a proteção à saúde e integridade física do operador. Assim, pode-se descrever de forma resumida:

- Proteção Fixa: proteção mantida em sua posição de forma permanente por meio de fixação ou com abertura somente com uso de ferramentas; e
- Proteção Móvel: proteção que pode ser aberto sem o uso de ferramentas, geralmente ligada por elementos mecânicos à estrutura da máquina ou uma proteção fixa próxima. Deve conter, obrigatoriamente, um dispositivo de intertravamento em sua concepção.

A proteção deverá ser fixa quando não haja necessidade de acesso à zona de risco durante o turno de trabalho. A mesma máquina pode conter tanto proteções fixas quanto proteções móveis, tudo depende da zona de perigo existente e do acesso necessário (Figura 5) (CAMISASSA, 2022).

**Figura 5 – Quando usar Proteção Fixa ou Proteção Móvel.**



**Fonte: Camisassa (2022).**

Entretanto, é preciso ter ciência da variedade de outras máquinas que, mesmo com a atualização da norma, não incorporaram as mesmas mudanças, tornando inviável prever todas as proteções necessárias para cada máquina em um único documento. Dessa forma, cabe a empresa realizar a análise de riscos para identificar a categoria de segurança adequada e, a partir disso, identificar as proteções necessárias (CAMISSASSA, 2022).

#### 2.4.1.3 NR 17: Ergonomia

Existem definições de ergonomia, todas com o objetivo de enfatizar sua natureza interdisciplinar e o foco em estudar a interação entre o ser humano e o trabalho, dentro do sistema homem-máquina-ambiente. Ou seja, especificamente nas interfaces desse sistema, onde ocorrem intercâmbios de informações e energias entre o ser humano, a máquina e o ambiente, resultando na execução do trabalho (IIDA & BUARQUE, 2016).

Segundo lida E Buarque (2016), frequentemente, os ergonomistas trabalham em domínios especializados, abordando características específicas do sistema, como:

- Ergonomia Física: envolve as características da anatomia humana, antropometria, fisiologia e biomecânica relacionadas à atividade física;

- Ergonomia Cognitiva: trata dos processos mentais, como percepção, memória, raciocínio e resposta motora, relacionados às interações entre as pessoas e outros elementos de um sistema; e
- Ergonomia Organizacional: concentra-se na otimização de sistemas sociotécnicos, abrangendo estruturas organizacionais, políticas e processos.

Mesmo existindo uma norma específica para a ergonomia dos trabalhadores (NR17), a NR12 também trata desta matéria por questões de segurança e integridade dos trabalhadores. Os postos de trabalho em máquinas e equipamentos devem ser projetados de forma a garantir a alternância de postura e movimentação adequada dos seguimentos corporais, garantindo o espaço suficiente para operação de controles nele instalados (BRASIL, 2022a).

Todavia, apesar de existir um tópico sobre a NR17 dentro da NR12, isto não exclui a necessidade de se aplicar a Norma Regulamentadora em qualquer posto de trabalho do ramo ergonômico, assim como descreve o item 12.9.1 e 12.9.2 da Norma Regulamentadora 12 (BRASIL, 2022a).

Superfícies ásperas, cortantes e quinas com ângulos agudos ou rebarbas nos pontos de contato do corpo do operador devem ser proibidos nos postos de trabalho. Cantos vivos de chapas ou peças de máquinas e equipamentos ou elementos de fixação como parafusos, rebites e pregos que possam oferecer algum risco de corte, agarrar ou até mesmo sujeitar outro risco de operação deve ser ao máximo evitados (BRASIL, 2022b).

Quesitos como iluminação dos postos de trabalho e locais de ajustes, inspeção ou manutenção, ritmo de trabalho e velocidade das máquinas e equipamentos, altura de manuseio e execução de tarefas, acionamento manual e/ou pedais, também devem ser considerados na hora da concepção de um produto ou na avaliação do mesmo (BRASIL, 2022b).

## 3 METODOLOGIA

### 3.1 Perfil da Empresa

A empresa de estuado é uma indústria de beneficiamento de madeira localizada na cidade de Guarapuava, que conta com mais de 1000 colaboradores nas suas duas sedes, sendo a 2ª maior fabricante do setor no Brasil e a 4ª na América Latina.

Como a empresa em questão se encontra em grande crescimento na região, muitas melhorias em seu processo produtivo vão ocorrendo e, dado a quantidade de projetos que são demandados para a equipe de engenharia dela, surgiu-se a oportunidade de desenvolver um descarregador de *blanks* de madeira em conjunto com os engenheiros para este trabalho de conclusão de curso.

### 3.2 Análise do Problema

Uma das máquinas que fazem parte do processo produtivo desta empresa se chama “moldureira” e, fazendo analogia ao nome em questão, produz molduras, guarnições, rodapés e rodafornos. Antes do *blanks* (conjunto de *blocks* fresado e colados) de madeira entrar nesta máquina para realizar este processo, primeiramente (dependendo do modelo do produto a ser produzido) é feito um desdobraamento (corte no meio) para reduzir o esforço e resíduo no processo (Figura 6).

**Figura 6 – *Blanks* de madeira desdobrado.**



Fonte: Autoria própria (2023).

Após o *blanks* de madeira ser desdobrado, este é movimentado por uma esteira de correias até ser empurrado para dentro da moldureira, onde é feita a remoção do material excedente e, no fim do processo, a moldura sai pronta para a camada de gesso. Este processo muitas vezes tem suas variações, como dito anteriormente, dependendo do modelo de moldura ou guarnição a ser produzido, podendo impactar no tipo de corte que o *blanks* de madeira terá ao sair da desdobradeira. Portanto, antes mesmo do *blanks* de madeira entrar na moldureira é feita uma seleção ou giro das partes desdobradas para iniciar o processo (Figura 7).

**Figura 7 – Operador qualificando e separando *blanks* de madeira.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Assim, para que haja tempo suficiente para o operador separar o material a ser utilizado na moldureira, reduzir o impacto do *blanks* de madeira sobre a esteira e a flambagem da mesma sobre a desdobradeira, há um descarregador que mantém o material na horizontal até o final do processo de desdobragem, e, no final do seu curso, a chapa desce alimentando a esteira abaixo (Figura 8).

**Figura 8 – Blanks desdobrado sendo transferido para o descarregador.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Todavia, como este processo consiste em muitas variações de modelo, tamanho, peso, além de ser uma operação interrupta (24 horas por dia, 7 dias por semana), muitas vezes este descarregador se encontra quebrado ou desativado, como mostrado na Figura 8, podendo ocorrer falhas no descarregamento do blanks de madeira e consequentemente paradas para ajuste ou mesmo acidentes de trabalho por parte dos operadores.

### **3.3 Proposta e Aplicação da Engenharia Reversa**

A solução proposta neste trabalho é desenvolver, através da Engenharia Reversa, uma nova versão do descarregador de blanks que já é utilizada nos processos produtivos no setor de moldureiras na empresa, podendo é claro, ser utilizado em outros processos caso haja a demanda.

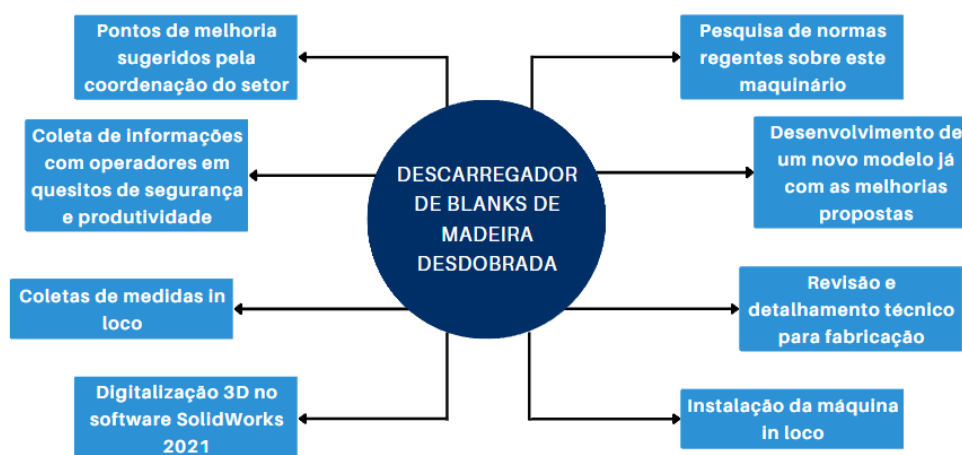
Os principais pilares de melhoria são os quesitos de segurança do operador, confiança do maquinário (diminuir a manutenibilidade e os períodos de parada), que muitas vezes se encontra travado na posição final de descarregamento, e consequentemente aumentando a produtividade, além de ser uma máquina mais



rentável em comparação a similares no mercado, muitas vezes somente encontradas por importação.

Portanto, em quesitos de aplicação da Engenharia Reversa, as coletas de medidas e informações foram realizadas totalmente in loco, com o processo produtivo em quase todas as vezes em sua plena atividade. Por isso, não houve a utilização de scanner 3D ou nuvem de pontos para coleta de informações, apenas o uso de equipamentos de medição (vide tópico 3.4 Medição). Dessa forma, o trabalho foi organizado com base mapa mental (Figura 9).

**Figura 9 – Mapa mental do trabalho.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

De acordo com a autora Ulbrich (2003), a Engenharia Reversa é composta principalmente pelos seguintes passos: digitalização 3D (captura de dados, neste caso em específico com coleta de medidas sem parar a produção), processamento dos dados coletados, criação de um modelo CAD e, quando necessário, prototipagem rápida (que não se aplica neste caso). Como o próprio nome sugere, o processo ocorre de forma inversa, partindo de um modelo físico existente para criar um modelo virtual e, assim, estabelecer as etapas de engenharia e a realização do produto.

Geralmente, esse processo é utilizado em peças antigas nas quais não temos informações adequadas, especialmente quando a pessoa responsável pela instalação da peça já deixou a organização há muito tempo e não há documentação escrita disponível.

Assim como descrevem Nogueira & Lepikson (2006), a Engenharia Reversa é uma abordagem de projeto altamente atrativa devido à sua capacidade de permitir

a criação de novos produtos em prazos mais curtos e com maiores chances de sucesso em comparação com as metodologias convencionais ou mesmo os produtos já existentes no mercado, tendo em vista que muitos não abrangem todas as variáveis que um processo produtivo pode ter. A redução no investimento financeiro necessário e a diminuição dos prazos de desenvolvimento são fatores importantes por si só.

### **3.4 Medição**

Para realizar as medições do maquinário *in loco*, foram utilizados três tipos de equipamentos: trena, trena à laser e um paquímetro. A trena foi utilizada para coleta de medidas macro, desde medidas de chapas, como altura, comprimento, largura etc. A trena à laser será utilizada para o mesmo fim, porém com mais uso em pontos de difícil acesso. O paquímetro teve como objetivo coletar medidas de espessuras de chapas, perfis tubulares, e componentes menores como o suporte do sensor capacitivo fim de curso.

Como o maquinário se encontrava muitas vezes em operação durante as medições e coleta de informações, a utilização da trena à laser se mostra muito mais efetiva do que a trena convencional, pois, com as esteiras em movimento, o acesso embaixo da máquina para as medições se torna mais difícil.

### **3.5 Modelagem 3D**

Para a modelagem 3D foi utilizado o software SolidWorks 2021 disponibilizado tanto na versão profissional fornecido pela empresa de estudo quanto a versão estudante, disponibilizada pela UTFPR. O uso deste software possibilitou a modelagem de todos os componentes tanto em sua forma estática quanto em sua forma dinâmica, sendo possível verificar possíveis interferências de projeto e posteriormente aplicar as melhorias propostas de forma mais objetiva.

### **3.6 Detalhamento Técnico e Fabricação**

Após a etapa de modelagem 3D no software SolidWorks 2021, foi realizado o detalhamento técnico de cada parte do novo maquinário para fabricação. Como a empresa requisitante não possui mão de obra disponível para aquisição e fabricação

das peças e matéria prima, foi solicitado a uma empresa terceirizada que realize a fabricação do novo descarregador.

Todas as folhas de detalhamento das peças, bem como legendas (NBR 10067), escala (NBR 8196), cotas (NBR 10126), tamanho de folhas (NBR 10068), entre outros, serão baseadas nas NBRs, disponíveis gratuitamente no GEDWeb da UTFPR.

## 4 RESULTADOS

### 4.1 Coleta de Medidas e Informações

Uma das primeiras etapas da aplicação da Engenharia Reversa (ER) foi a coleta de medidas e informações. Como representado na Figura 7, todo este processo foi realizado durante os expedientes dos colaboradores. Em apenas um dos dias de coleta foi possível realizar esta etapa com a máquina parada, ocasionada por um breve período de manutenção preventiva em outro ponto do processo.

Assim, mesmo com tais dificuldades de se obter fotos e medidas, coletar informações e tirar dúvidas com os colaboradores (pontos como problemas recorrentes da máquina ou mesmo algum ponto de melhoria importante que pudesse influenciar no projeto final), foi possível completar esta etapa dentro do prazo estipulado (Figuras 10, 11, 12, 13, 14 e 15).

Vale ressaltar que a empresa possui dois descarregadores Weihai-Linares CONCEPT OF-28, sendo ambos instalados com o mesmo propósito no processo fabril, porém em pontos diferentes do setor de molduras.

**Figura 10 – Painel Elétrico e Esteira de Correntes Retas de Alimentação do Descarregador.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

O painel elétrico se encontra abaixo da linha de descarga de material, porém como orientado pelos colaboradores, a máquina funciona intertravada com outro

painel elétrico geral próximo, sendo este somente para energização da máquina (Figura 10). O funcionamento de descida do descarregador funciona de forma automática, porém a esteira de correntes retas (como mostrado na Figura 7) é acionado por um colaborador através de um pedal.

**Figura 11 – Guia e Sensor Capacitivo do Descarregador.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

O Guia tem por função contemplar os sensores de posição do blanks desdobrado, assim, ao se chegar no fim do curso, um sensor fotoelétrico detecta a presença de material e envia o sinal para os capacitores comutarem e por fim desacoimar os atuadores pneumáticos (Figura 11). O sensor em questão é da marca Banner. Toda a chaparia e guias possuem uma espessura média de  $\frac{1}{2}$ ".

**Figura 12 – Vista Inferior do Descarregador.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Dentro do descarregador é possível verificar alguns recortes na estrutura de chaparias para contemplar o acoplamento da Esteira de Correntes Retas. Tais recortes possivelmente foram realizados posteriormente a instalação da mesma, feitos de forma que não condizem com o projeto original, ocasionada pela interferência da Esteira de Correntes Retas de alimentação durante a regulagem de altura (Figura 12).

**Figura 13 – Motorreductor da Esteira de Correntes Retas de Alimentação.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

O motorreductor utilizado é um modelo da SEW Eurodrive de 2 cv trifásico 220v com rotação de 60rpm. A placa de informações do motor não especificava claramente todas as informações, além de estar em mandarim. Tais informações foram coletadas com alguns manutentores presentes durante a coleta de medidas (Figura 13).

**Figura 14 – Atuador Pneumático do Descarregador**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Os atuadores pneumáticos são da marca FESTO, com diâmetro de 70mm e curso de atuação de 140mm (Figura 14). Todo o bloco de acoplamento deste atuador possui uma média de 20mm de espessura, sendo um dos componentes com mais massa do projeto.

**Figura 15 – Estrutura de sustentação do Descarregador.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

Alguns pontos do projeto original foram adaptados para o processo fabril da empresa requisitante, como algumas soldas na estrutura original e um reforço. Em média, desde a estrutura, chapas de sustentação e chapas do descarregador, possuem uma espessura de  $\frac{1}{4}$ ". Porém, mesmo com uma espessura elevada, a carga utilizada não deveria ocasionar tal necessidade de reforço. Uma das possíveis causas (em conversas com alguns colaboradores que trabalham no setor) se dá pela baixa elevação do regulador de altura da máquina, assim, não tendo força suficiente para segurar e sustentar o descarregador durante o processo.

## **4.2 Modelagem 3D**

Através das medidas e informações coletadas, foi possível desenvolver por completo um modelo 3D fidedigno da máquina a fim de observar pontos que poderiam ser melhorados.

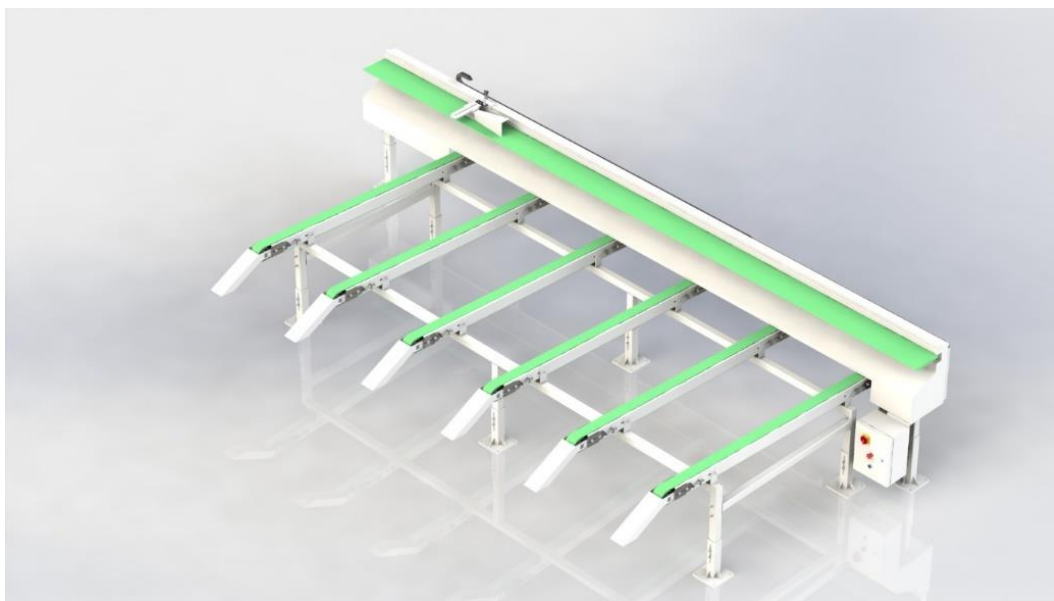


Com este modelo, alguns itens como de chapas, motor, atuadores etc. puderam ser analisados e constatados o superdimensionamento. Portanto, algumas atualizações e melhorias foram realizadas:

- Em quesitos de segurança, foi realizada uma análise juntamente com uma empresa terceira do ramo de averiguações de segurança, com foco em NR12 e, como a máquina original continha pontos de agarramento na esteira de correntes retas, foi substituído por correias corrugadas, minimizando os riscos, além de melhorar o atrito com o blanks desdobrado, mantendo sua movimentação constante (Figura 16);
- A angulação do descarregador no final da descida foi de 30° em relação a chapa de descida, assim, tendo espaço suficiente para casos que operador acesse o local móvel (Figura 17). Além disso, após o projeto final, foi observada a necessidade de instalar uma chapa fechando totalmente o acesso a parte móvel (Figura 22);
- Foi instalada uma eletrocalha e uma esteira porta-cabo para acoplar toda a fiação dos sensores e motorreductor, já que na máquina original a fiação por sua vez era apenas fixada com abraçadeiras de náilon, ocasionando exposição e eventuais estouros delas;
- Foi instalada uma escotilha para acesso ao motorreductor com objetivo de facilitar eventuais manutenções, já que era uma queixa dos manutentores o difícil acesso para eventuais manutenções no local (Figura 18);
- Foi realizado um recorte na chapa de descida do descarregador para facilitar a regulagem de altura da mesa de alimentação (Figura 16);
- O posicionamento da fixação do motorreductor foi modificado com objetivo de facilitar a instalação elétrica e mecânica, além facilitar possíveis manutenções por parte da empresa;
- O motorreductor foi ajustado, reduzindo sua capacidade de 2cv para 1cv. Essa alteração foi realizada devido ao superdimensionamento do motor, uma vez que a carga da madeira a ser transportada não exigia uma potência tão elevada. Ao considerar outros processos internos que demandam uma carga menor, optou-se pela adequação para um motor de 1cv. A modificação foi aprovada pelos engenheiros do setor de Projetos;

- O eixo de transmissão foi reduzido, já que a potência do motor apresentou alteração, passando de 30mm de diâmetro para 1" (Figura 18);
- Os atuadores pneumáticos foram reduzidos, sendo da mesma marca, FESTO, no projeto foram trocados para um modelo de 40mm de diâmetro e com curso de 100mm, reduzindo custos (Figura 18);
- Alguns blocos e chapas grossas internas de fixação, como o dos atuadores pneumáticos ou mesmo da cabeceira da esteira de correntes retas de alimentação, foram reduzidos, passando em média de ½" ou 20mm de espessura para 5/16" e 15mm (Figura 18);
- Os perfis de sustentação (Anexo E) tiveram sua altura aumentada a fim de não só melhorar a regulagem de altura do descarregador, mas também melhorar a sustentação dela, já que era um problema recorrente no projeto original;
- As chapas de sustentação e descarga no projeto original era em média de ¼", e, não só para reduzir custos, mas também o peso da estrutura como um todo, algumas chapas foram atualizadas para 1/8" e 1/16" (Anexo C);
- A altura da mesa alimentadora foi aumentada em 150mm para assim melhorar a postura do colaborador durante a jornada de trabalho, evitando dores na lombar e pescoço ao se abaixar para pegar e movimentar o *blanks* desdobrado; e
- Por fim, em quesitos de processo, o comprimento total do descarregador foi reduzido de 5600mm para 5400mm, já que não se tem *blanks* de madeira maior que 5000mm que passa durante o processo.

**Figura 16 – Modelo 3D desenvolvido no SolidWorks.**



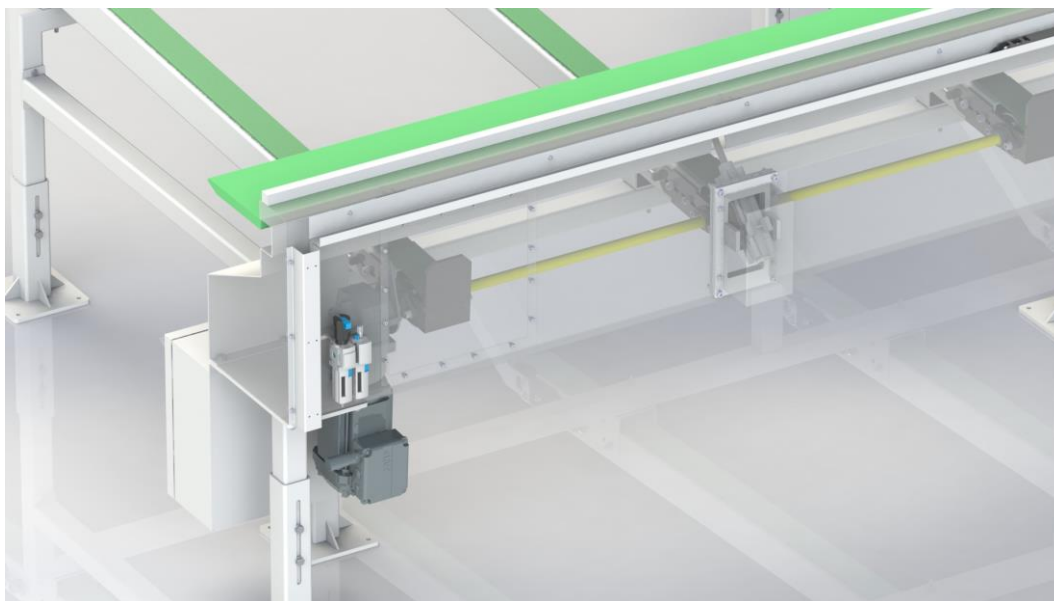
**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Figura 17 – Modelo 3D desenvolvido no SolidWorks (vista traseira).**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

**Figura 18 – Modelo 3D desenvolvido no SolidWorks (vista traseira com transparência).**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

### **4.3 Detalhamento Técnico**

Com o modelo 3D finalizado e aprovado após verificação dos engenheiros do setor de Projetos da empresa requisitante, foi possível desenvolver todo o detalhamento técnico para assim ser realizado a fabricação e instalação do descarregador.

Assim, o detalhamento técnico foi realizado de forma que, não só as normas de desenho técnico fossem respeitadas, mas também com que a empresa terceira que fabricaria o descarregador pudesse entender de forma clara cada item, reduzindo a quantidade de dúvidas, já que em projetos anteriores fora percebido que eles sentem dificuldades em entender certos pontos e cotas. O foco maior foram as medidas macros (Anexos A, B, C, D e E).

### **4.4 Fabricação e Instalação**

Após alguns meses da apresentação do projeto, negociação e fabricação, foi realizada a instalação da máquina no processo fabril em meados de setembro de 2023 (Figura 19). Além de alguns dias para testes e ajustes, o descarregador pode atuar de forma contínua na produção. (Figuras 19, 20, 21 e 22).

Alguns ajustes incluíram o tensionamento ideal da correia na cabeceira da esteira transportadora, posicionamento correto tanto do descarregador de blanks de madeira quanto a própria esteira transportadora, além da angulação correta de descida do blanks desdobrado no descarregador, sendo esta regulação feita através dos sensores dos atuadores pneumáticos de dupla-ação.

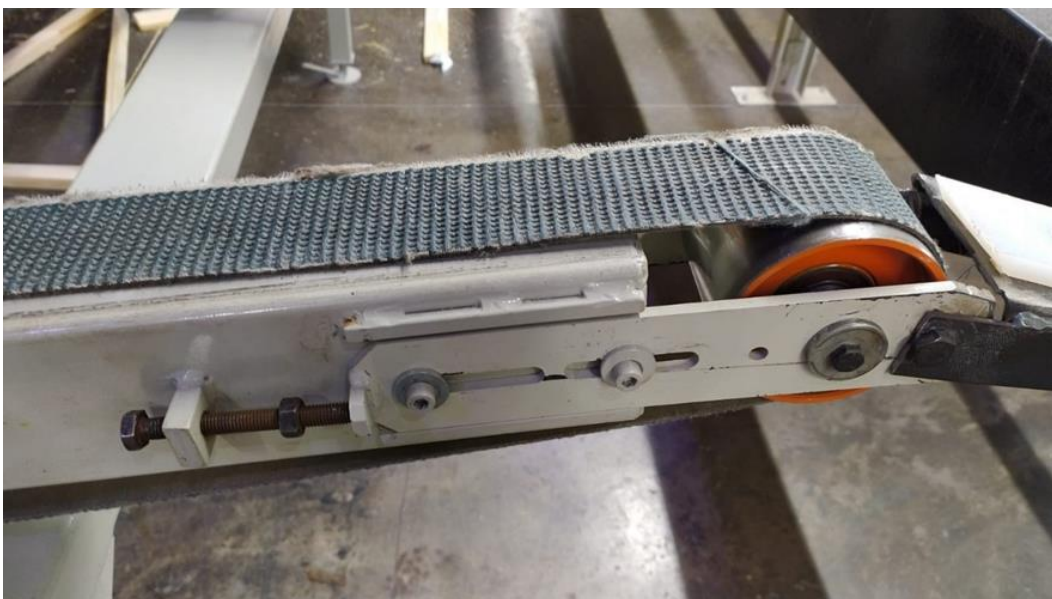
Estes testes e ajustes são de extrema importância não só para deixar operacional a máquina no processo, mas também como um ponto de partida para encontrar possíveis falhas de projeto.

**Figura 19 – Instalação do Descarregador.**



Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 20 – Cabeceira da Esteira Transportadora.**



Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 21 – *Blanks* de madeira posteriormente ao desdobro entrando no Descarregador.



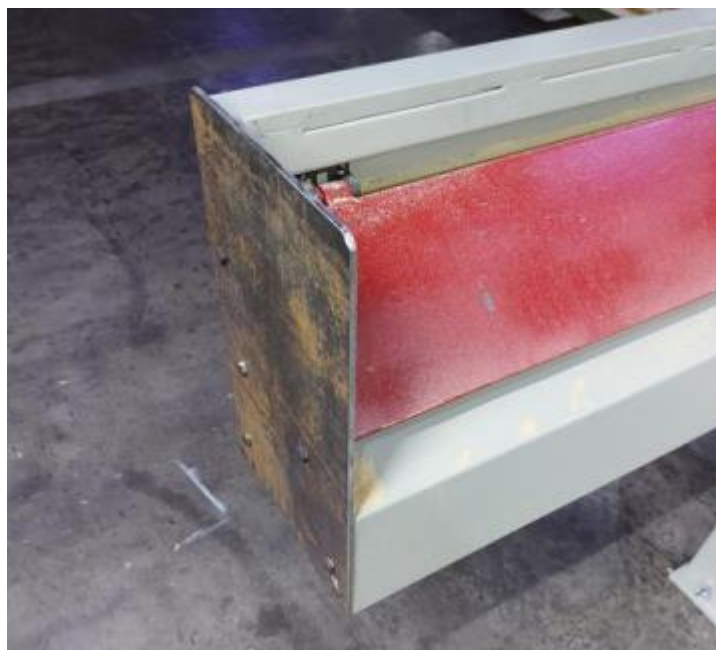
Fonte: Autoria própria (2023).

Figura 22 – *Blanks* de madeira sendo descarregado.



Fonte: Autoria própria (2023).

**Figura 23 – Chapa lateral do Descarregador.**



**Fonte: Autoria própria (2023).**

#### **4.5 Custos**

Através do modelo 3D pronto e aprovado pelo Engenheiro Mecânico do setor de Projetos da empresa requisitante, foi possível realizar uma cotação do custo total do projeto, sejam custos de fabricação quanto instalação in loco.

O custo total da máquina contemplando todos os requisitos propostos foi de R\$27.450,00. A empresa terceirizada não descreve detalhadamente os custos de mão de obra, materiais e peças compradas, apenas é repassado o valor para que o setor de compras da empresa possa entrar em negociação.

Como já havia sido previamente calculado dentro do setor de Projetos uma margem de quanto seria o custo para a fabricação e instalação da máquina, o valor proposto pela empresa terceira foi condizente e conseqüentemente aprovado para negociação do setor de comprar da indústria.

## 5 CONCLUSÃO

O método de Engenharia Reversa (ER) é prático e objetivo, dividindo-se em duas etapas fundamentais descritas ao longo deste trabalho. A primeira etapa é a coleta de medidas (ou a digitalização 3D por escaneamento, em certos casos), na qual são coletadas todos os principais pontos, itens e características da máquina ou peça, sejam medidas macros ou micros. A segunda etapa é o desenvolvimento do modelo 3D, em que se tem por objetivo representar visualmente todos os dados obtidos na primeira etapa e, a partir disso, sendo possível realizar melhorias e o detalhamento técnico para fabricação.

Todo o processo de coleta de medidas foi realizado em campo, sem eventual parada para medição, já que não havia qualquer projeto ou desenho da máquina nos arquivos da empresa. Assim, mesmo com as dificuldades enfrentadas, como a máquina em operação, lugares de difícil acesso, foi possível coletar todas as medidas para a realização do modelo 3D dentro da empresa com os softwares e computadores desmobilizados de forma mais prática e rápida.

Em quesitos de custos, era sabido que o descarregador de *blanks* de madeira desdobrados Weihai-Linares CONCEPT OF-28 possuía um preço de importação (máquina chinesa) de \$15.000,00 (R\$58.140,00; dólar à R\$ 3,876) na época da aquisição em meados de 2018. Dito isso, foi possível realizar uma comparação de custos, corrigindo este preço para valores atuais, chegou-se em R\$90.176,24. Assim, com o preço para fabricação proposto pela empresa terceirizada, contemplando a fabricação, transporte e instalação da máquina na indústria, teve-se uma economia de R\$62.726,24.

O protejo final foi apresentado contemplando não só a modelagem 3D, mas também as melhorias de redução de custos, processo e segurança. Todo o escopo foi aprovado pela equipe do setor de Projetos da empresa e, assim, o projeto pode sair do papel e encaminhado para a fabricação. Portanto, através dos resultados obtidos pode-se concluir que a utilização da Engenharia Reversa permitiu que, mesmo em um curto período de tempo para a coleta de medidas, modelagem 3D e detalhamento técnico, todos os objetivos fossem alcançados e a máquina pudesse ser entregue conforme a solicitação dos stakeholders, com baixo custo, rapidez e segurança.



## 6 CONSIDERAÇÕES FINAIS

Ao longo do desenvolvimento desta Trabalho de Conclusão de Curso foram realizadas pesquisas sobre a Engenharia Reversa, métodos de desenvolvimento de produtos e segurança do trabalho. O objetivo principal deste trabalho é aplicar a metodologia da ER em uma máquina já existente, identificar possíveis falhas de segurança com base nas normas vigentes e, por fim, propor melhorias para mitigar riscos e aumentar produtividade.

Assim, é possível constatar a importância da Engenharia reversa como uma abordagem eficaz para a análise de máquinas, equipamento e produtos existentes no mercado, permitindo uma compreensão profunda da estrutura, funcionamento, características específicas e claro, quesitos de segurança. Ao se realizar esta análise é possível identificar pontos fracos e até possíveis falhas de projeto que podem colocar em risco a integridade do operador.

Outro aspecto fundamental desta monografia é a segurança do operador. Com base nas normas regulamentadores vigentes no Brasil recém atualizadas no final de 2022 (como a NR12 e a NR17), será possível elaborar soluções que visam minimizar os riscos ocupacionais, garantindo um ambiente laboral mais seguro.

Além disso, com o desenvolvimento deste trabalho, evidenciou-se uma abordagem multidisciplinar na aplicação da ER em questões de segurança do operador. A Engenharia Reversa é uma área em constante evolução, assim como as próprias normas de segurança. Dessa forma, é fundamental que novos estudos sejam realizados para contribuir de forma contínua com avanço tecnológico e a segurança dos trabalhadores.

## 7 SUGESTÃO PARA TRABALHOS FUTUROS

- Desenvolver uma análise completa através de elementos finitos com algum software específico como o próprio SolidWorks ou mesmo o Ansys para comprovar que os elementos estruturais de fato não estão, ainda, superdimensionados, assim podendo reduzir ainda mais custos de produção;
- Aplicar um estudo de FMEA após a instalação do descarregador na indústria a fim de avaliar e priorizar potenciais falhas no produto e processo, com o objetivo de identificar possíveis causas e efeitos; e
- Projeto uma forma de fazer a separação automática dos tipos de *blanks* desdobrados (Figura 6), já que parte do material não é utilizado pela mesma moldureira no processo, sendo retirado pelo operador em verificações de qualidade do material (Figura 7).

## REFERÊNCIAS

BAXTER, Mike R. **Projeto de produto: guia prático para o design de novos produtos**. 2 ed. São Paulo: Blueher, 2000. ISBN: 978-85-212-0265-5.

BRASIL. **ABNT. NR12 - Segurança no Trabalho em Máquinas e Equipamentos**. Portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022a.

BRASIL. **ABNT. NR17 - Ergonomia**. Portaria MTP n.º 4.219, de 20 de dezembro de 2022. Brasília: Ministério do Trabalho e Emprego, 2022b.

CAMISASSA, Mara Queiroga. **Segurança e Saúde no Trabalho - NRs 1 a 37 Comentadas e Descomplicadas**. 8ª ed., 1856 p. São Paulo, SP: Editora Método LTDA, 2022.

CRAWFORD, Merle. **New product management**. 5th edition. Burr Ridge: Irwin, 1997.

IIDA, Itiro; BUARQUE, Lia. **Ergonomia: projeto e produção**. 3ª ed. São Paulo: Edgar Blucher, 2016.

INGLE, Kathryn A. **Reverse engineering**. McGraw-Hill Professional Publishing, 1994.

KOTLER, Philip. **Administração de marketing: Análise, Planejamento, Implementação e Controle**. 5. ed. São Paulo: Atlas, 1998.

MALUF, Nadim Battistette Cayres. **Aplicação da engenharia reversa como conceito de desenvolvimento de produto** (Monografia). São Paulo, Marília: UNIVEM – Engenharia de Produção, 2013. Disponível em: <<http://hdl.handle.net/11077/1085>>.

MURY, L. G. M. **Uma metodologia para adaptação e melhoria de produtos a partir da engenharia reversa**. (Dissertação). Programa de Pós-Graduação em Engenharia de Produção. Universidade Federal do Rio Grande do Sul – Escola De Engenharia, Porto Alegre, 2000, 89p. Disponível em: <<http://www.producao.ufrgs.br/arquivos/publicacoes/Luiz%20Gilberto%20Monclaro%20Mury.pdf>>.

NOGUEIRA, Tarso Barretto Rodrigues; LEPIKSON, Herman Augusto. **Um método de engenharia reversa para projeto de produto mecatrônico aplicado à pequena e média empresa**. Ceará, Fortaleza: XXVI ENEGEP, out. 2006. Disponível em: <[https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2006\\_tr490328\\_6827.pdf](https://abepro.org.br/biblioteca/enegep2006_tr490328_6827.pdf)>

PILLON, Mayara Manço. **Aplicações da Engenharia Reversa no Desenvolvimento de Produtos**. 2015. 65 f. Trabalho de Curso (Bacharelado em Engenharia de Produção) – Centro Universitário Eurípides de Marília, Fundação de Ensino “Eurípides Soares da Rocha”, Marília, 2015.

PONTICELLI, Claudiomar; SUSKI, Cássio Aurélio. **O avanço do desenvolvimento de produtos através da engenharia reversa**. v. 1 n. 8. Brusque, Santa Catarina: Revista UNIFEBE, 2010. Disponível em: <  
<https://periodicos.unifebe.edu.br/index.php/RevistaUnifebe/article/view/513/0>>.

PROJECT MANAGEMENT INSTITUTE. **Um Guia do Conhecimento em Gerenciamento de Projetos: Guia PMBOK®**. 5. ed. EUA, PMI: 2013.

PUNTAMBEKAR, Nirant V.; JABLOKOW, Andrei G.; SOMMER III, H. Joseph. Unified review of 3D model generation for Reverse Engineering. **Computer Integrated Manufacturing Systems**. Vol. 7, No. 4, pp. 259-268. Novembro 1994.

ROZENFELD, Henrique et al. **Gestão de desenvolvimento de produtos: uma referência para a melhoria do processo**. 1ª ed. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2012

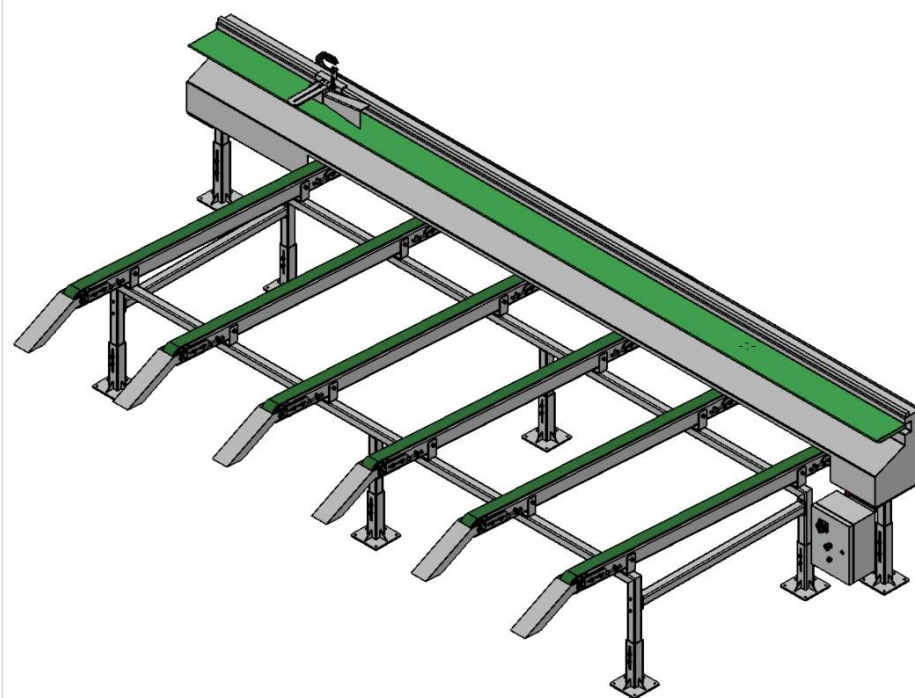
SILVA, Wellyson Carlos Pontes. **Aplicação de Engenharia Reversa e obtenção do molde em uma peça de geometria complexa** (Monografia). Paraíba, João Pessoa: UFPB – Engenharia Mecânica, 2019. Disponível em: <  
[https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25328?locale=pt\\_BR](https://repositorio.ufpb.br/jspui/handle/123456789/25328?locale=pt_BR)>.

SIMÃO, Isabelle T. **Engenharia reversa e prototipagem**. 1ª ed. São Paulo, SP: Editora Saraiva, 2021. E-book. ISBN 9786589965398. Disponível em:  
<https://integrada.minhabiblioteca.com.br/#/books/9786589965398/>. Acesso em: 18 mar. 2023.

ULBRICH, Cristiane Brasil Lima. **Engenharia Reversa e Prototipagem Rápida: Estudos de Casos** (Dissertação de Mestrado). São Paulo, Campinas: Faculdade de Engenharia Mecânica, Universidade Estadual de Campinas, 2003. Disponível em: <  
[https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30\\_bb343a73dea4432d997d12e0049247c9](https://oasisbr.ibict.br/vufind/Record/UNICAMP-30_bb343a73dea4432d997d12e0049247c9)>.

WANG, Wego. **Reverse Engineering: Technology of Reinvention**. EUA, Florida: CRC Press – Taylor & Francis Group, 2011. ISBN: 978-1-4398-0631-9.

## ANEXO A – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (PRIMEIRA FOLHA)



<b>TOLERÂNCIAS</b>		<b>DIMENSÕES:</b> milímetros		NÃO ALTERAR ESCALA DO DESENHO	<b>REVISÃO</b> 001
SE NÃO ESPECIFICADO: NBR ISO 2768-1 CLASSE: Médio		ESTE DOCUMENTO É DE PROPRIEDADE EXCLUSIVA DA [REDACTED] E PODERÁ SER UTILIZADO SOMENTE PARA FINS POR SIOS ESTABELECIDOS. NÃO DEVERÃO, POR NENHUM MOTIVO, SER COPIADO, REPRODUZIDO, EXIBIDO OU CEDI-DO A TERCEIROS, NO TOTAL OU EM PARTE, SEM NOSSO PRÉVIO CONSENTE-mento POR ESCRITO. COPIE ORME AS LEIS VIGENTES EM NOSSO PAÍS.		[REDACTED]	
DESENHISTA	Gabriel Gauglitz	DATA:	16/03/2023	<b>DESCRIÇÃO:</b> . Descarregador de blanks . Mesa alimentadora de blanks	
VERIFICADO	[REDACTED]	DATA:	23/03/2023		
APROVADO	[REDACTED]	DATA:	-		
REVISÃO	DESCRIÇÃO			<b>MATERIAL:</b>	<b>ESCALA:</b> 1:30
001	-			<b>DESENHO Nº:</b>	<b>FOLHA:</b> 1/3

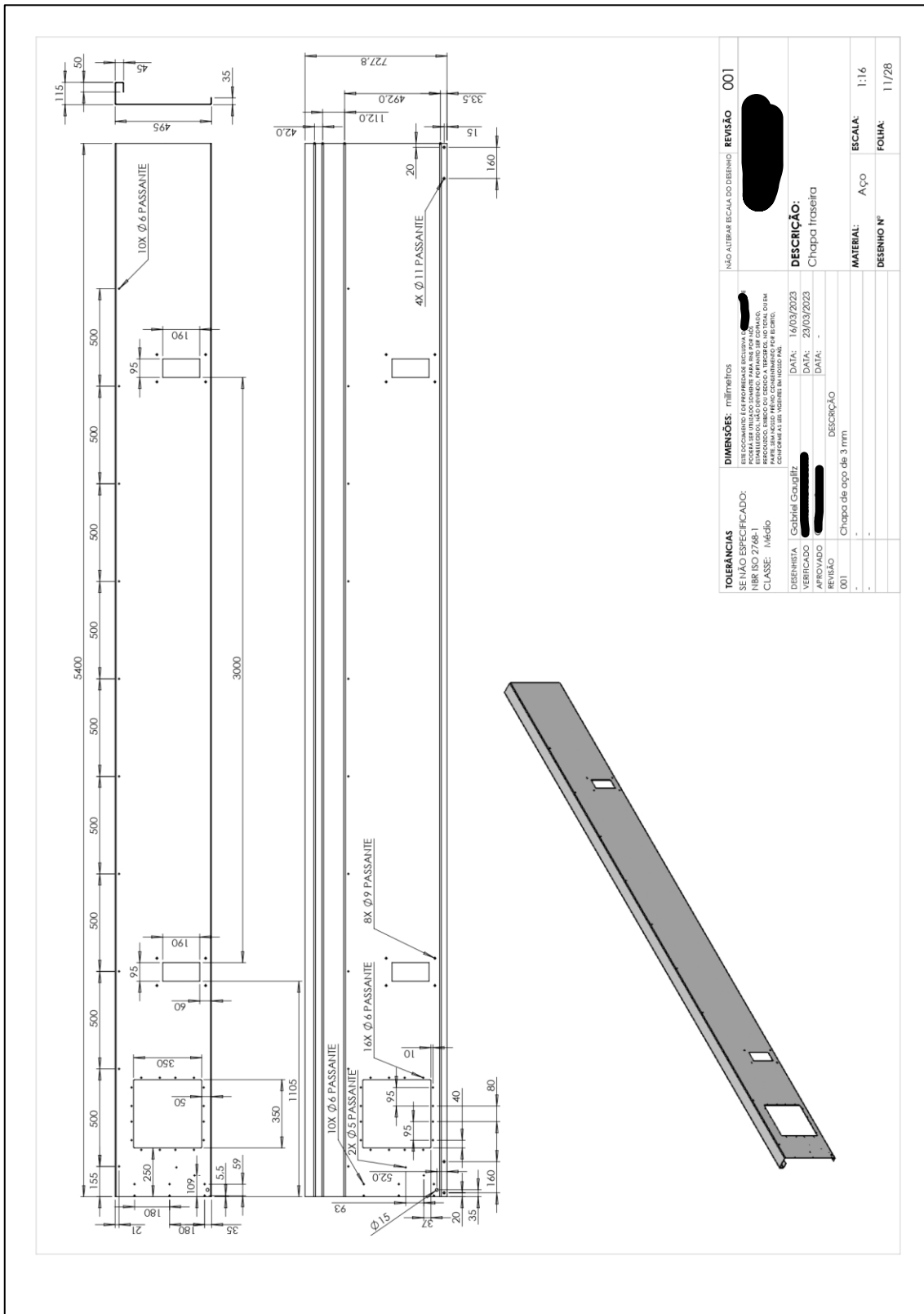
ANEXO B – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (DESCARREGADOR)

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Base de sustentação	A Fabricar	2
2	Chapa do painel elétrico	A Fabricar	1
3	Chapas	A Fabricar	1
4	Descarregador	A Fabricar	1
5	Guias	A Fabricar	1
	Motorreductor	Adquirir	1
	Painel elétrico 400x300x200	Adquirir	1
	Lubrifiil MSB4-1/4-FRC5:J1M1	Adquirir	1
	Supporte de montagem MS4-WB	Adquirir	1
	Cilindro normalizado DSBC-40-100-PA-N3	Adquirir	2
	Munhão oscilante ZNCF-40	Adquirir	2
	Articulação esférica SGS-M12X1,25	Adquirir	2
	Tubo flexível PUN-H-8X1,25-BL	Adquirir	1
	Conexão rápida em L rosçada QSL-G1/4-8	Adquirir	6
	Válvula solenoide 3/2 vias ...	Adquirir	2
	Chumbador Parabolit 3/8"	Adquirir	8
	Parafuso sextavado M10 - 30 mm DIN 933	Adquirir	4
	Porca M10 DIN 934	Adquirir	4
	Arreuela A10,5 DIN 125	Adquirir	8

<b>TOLERÂNCIAS</b>	NÃO ALTERAR ESCALA DO DESENHO		<b>REVISÃO</b>	001
<b>SE NÃO ESPECIFICADO:</b>	ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE EXCLUSIVA DA EMPRESA. NÃO DEVE SER REPRODUZIDO, COPIADO, ESTAMPADO, NÃO DEVE SER EMPREGADO EM OUTROS DOCUMENTOS SEM A AUTORIZAÇÃO POR ESCRITO DA EMPRESA. É PROIBIDO O USO DE FOTOCOPIADOR, MÁQUINA DE XEROX, REPRODUTORES DE TEXTO, CÓPIAS EM SERIE, REPRODUTORES DE TEXTO, ETC.			
<b>CLASSIF.:</b>	Médio			
<b>DESENHISTA:</b>	Gabriel Goulart	<b>DATA:</b>	16/03/2023	
<b>VERIFICADO:</b>		<b>DATA:</b>	23/03/2023	
<b>APROVADO:</b>		<b>DATA:</b>		
<b>REVISÃO</b>	001	<b>DESCRIÇÃO</b>	Descarregador de blanks - lista de materiais	
-	-		<b>MATERIAL:</b>	ESCALA: 1:25
-	-		<b>DESENHO Nº:</b>	FOLHA: 2/28

ANEXO C – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (CHAPA LATERAL DO DESCARREGADOR)



<b>TOLERÂNCIAS</b>	<b>DIMENSÕES:</b> milímetros	<b>REVISÃO</b>	<b>001</b>
SE NÃO ESPECIFICADO: NBR ISO 2768-1	ESTE DOCUMENTO É PROPRIEDADE EXCLUSIVA DA INDUSTRIAL MECÂNICA DE PORTO DE COMAGUÁS, PARTE DO GRUPO EMPRESARIAL DO VISA CONFORME ART. 113 DO REGIMENTO DA EMPRESA	NÃO ALTERAR ESCALA DO DESENHO	
CLASSE: Médio	DESENHISTA: Gabriel Grauglitz	DATA: 16/03/2023	
VERIFICADO: [REDACTED]	APPROVADO: [REDACTED]	DATA: 25/03/2023	
REVISÃO	DESCRIÇÃO	DESCRIÇÃO:	Chapa lateral
001	Chapa de aço de 3mm	MATERIAL:	Aço
-	-	ESCALA:	1:16
-	-	DESENHO Nº	11/28

ANEXO D – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (MESA ALIMENTADORA)

Nº DO ITEM	NOME DA PEÇA	DESCRIÇÃO	QTD.
1	Perfil de suporte 1	Á Fabricar	6
2	Perfil de suporte 2	Á Fabricar	2
3	Perfil de suporte 3	Á Fabricar	2
4	Perfil de suporte 4	Á Fabricar	2
5	Perfil de suporte 5	Á Fabricar	2
6	Perfil de travamento	Á Fabricar	3
7	Chapa de suporte da correia	Á Fabricar	12
8	Perfil da correia	Á Fabricar	6
9	Correia transportadora 4mm	Adquirir	6
10	Chapa de descida do blanck	Á Fabricar	6
11	Guia da polia 1	Á Fabricar	6
12	Guia da polia 2	Á Fabricar	6
13	Perfil guia	Á Fabricar	48
14	Peça imitadora de distância	Á Fabricar	24
15	Chapa fim de curso da correia	Á Fabricar	6
16	Polia lisa de aço 104mm	Adquirir	6
17	Mancal p/ eixo pillow block 25mm	Adquirir	12
18	Eixo de aço 25 mm - 4200mm - DIN 471 e 6885	Á Fabricar	1
19	Peça de travamento do moto reductor	Á Fabricar	1
	Chumbador parabol 3/8"	Adquirir	24
	Parafuso sextavado M10x130mm DIN 933	Adquirir	12
	Parafuso sextavado M10x90mm DIN 933	Adquirir	48
	Parafuso sextavado M8x90mm DIN 933	Adquirir	12
	Parafuso Allen M10x20mm DIN 912	Adquirir	24
	Parafuso Allen M8x12mm DIN 912	Adquirir	24
	Arveia A10.5 DIN 125	Adquirir	144
	Arveia A8.4 DIN 125	Adquirir	24
	Porca M10 DIN 934	Adquirir	66
	Motoreductor SEW WA 37DRN80M4 - 0.75 kW	Adquirir	1

**TOLERÂNCIAS**  
SE NÃO ESPECIFICADO:  
HBK ISO 2768-1  
CLASSE: Médio

**DIMENSÕES:** milímetros

**DESIGNISTA:** Gabriel Gauritz  
**VERIFICADO:** [Redacted]  
**APROVADO:** [Redacted]  
**REVISÃO:** 001

**DESCRIÇÃO:**  
Lista de materiais - Mesa alimentadora

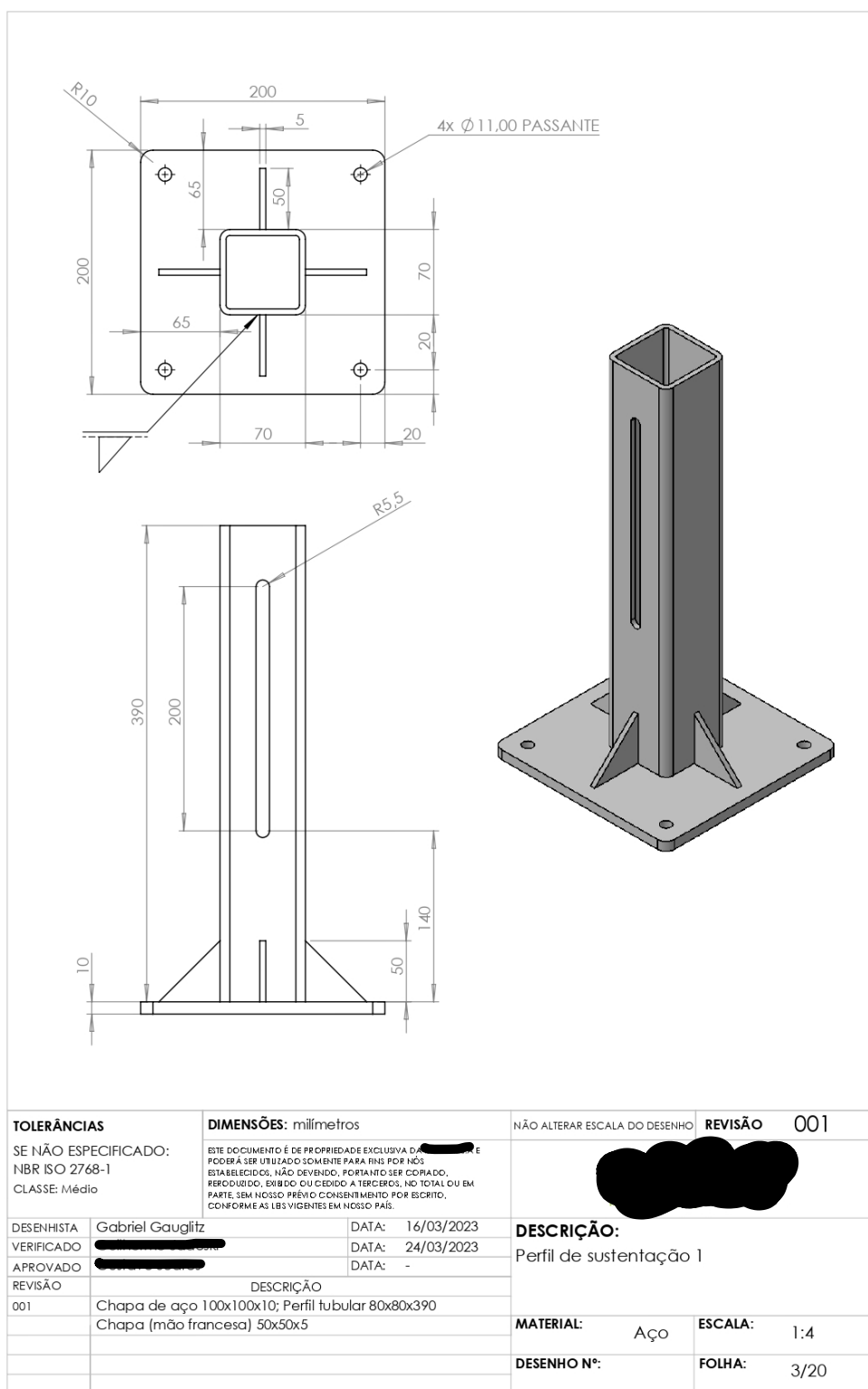
**MATERIAL:** [Redacted]  
**ESCALA:** 1:25  
**DESENHO Nº:** [Redacted]  
**FOLHA:** 2/20

**DETALHE A**  
ESCALA 3 : 25

**DETALHE B**  
ESCALA 3 : 25



## ANEXO E – FOLHA DE DETALHAMENTO TÉCNICO (PERFIL – SUSTENTAÇÃO)



## GLOSSÁRIO

- Blocks*** Termo utilizado dentro da empresa requisitante do projeto para definir o resultado da madeira otimizada, dividida em três tipos: sem nós, poucos nós e muitos nós (neste caso, o nó da madeira).
- Blanks*** Posteriormente o processo de otimização da madeira, o “Block” será fresado lateralmente com objetivo de criar ranhuras onde será adicionado cola e, por fim, colado e prensado novamente em uma tábua de madeira, ou internamente chamado de “Blanks”.
- In Loco*** In loco é uma expressão em latim, que significa "no lugar" ou "no próprio local" e é equivalente à expressão in situ.