

Graduação em Engenharia Mecânica - Centro Universitário Una

# **Engenharia reversa voltado para reconstrução de ferramentas**

**Leonardo Junio da Silva**

**Gustavo Miranda Lopes**

## **RESUMO**

Um grande desafio na indústria de usinagem em peças em geral, é garantir a exatidão e velocidade nos processos de fabricação de um determinado produto, e para que essas variáveis sejam garantidas, devemos ter em mãos o máximo de informações coletadas de um determinado produto, para que a qualidade do mesmo não fuja dos padrões projetados. Quando existe a real necessidade de fazer uma peça ou um determinado produto, onde não tem as documentações necessárias para confeccionar, ou até mesmo fazer a sua réplica, a melhor maneira de se adquirir essas informações tecnológicas, com intuito de adaptar uma fabricação de um determinado produto, é através da engenharia reversa.

A engenharia reversa é combinação de técnicas que consiste em identificar, parametrizar e aprender mecanismos ou o princípio de funcionamento de alguns projetos, e essa técnica é indispensável dominar na hora de iniciar ou modificar um projeto.

Essa técnica usada na engenharia mecânica, consiste em transformar um objeto ou um projeto montado, em uma linguagem matemática tridimensional detalhada, através da coleta e digitação de dados nos softwares tipo CAD, onde essa linguagem ela serve de modelo na hora de iniciar a confecção de um produto ou projeto, e para isso o engenheiro deve ter domínio com instrumentos de leitura de medição, domínio em softwares em desenho e organização na coleta e lançamento de dados.

Você irá compreender o ciclo da engenharia reversa, as vantagens de se investir nesse tipo de sistema, e equipamentos que são indispensáveis na hora de realizar esse tipo de estudo.

**Palavras-chave:** Aplicação, técnica, produto, processo e projeto.

## 1 INTRODUÇÃO

Durante a segunda guerra mundial, entre 1939 até 1945, países como grande potência tinham a necessidade de se beneficiar com a tecnologia das forças inimigas, e as forças militares, passaram a estudar e coletar dados dos armamentos encontrados nos conflitos. Durante a guerra houve a necessidade de se inspecionar ou até mesmo replicar a tecnologia inimiga e essa técnica foi usada para garantir poder de fogo militar durante os conflitos. No ano de 1950, após a segunda guerra mundial, e no início da terceira revolução industrial, a engenharia reversa veio com intuito de gerar competitividade entre outras empresas, de tal forma que quando a empresa lançava um produto, outra empresa concorrente também tinha a necessidade de lançar um produto similar ou idêntico ao produto replicado, com intuito de garantir espaço no mercado industrial e consequentemente um aumento no número de vendas.

De acordo com Cunha (2001 apud Bolgenhagen, 2003), “Existem duas abordagens para a ER. A primeira é a aplicação da ER em produtos da própria empresa, como o objetivo de melhorar os mesmos. A segunda é a aplicação da ER em produtos da concorrência, com o objetivo de entender os princípios de funcionamento e o modo de utilização da tecnologia disponível”.

“Entre as principais técnicas existentes para o desenvolvimento ou adaptação de produtos encontra-se a Engenharia Reversa (ER), um tema pouco abordado e difundido nos países geradores de tecnologia por ser frequentemente confundido com cópia ilegal de produtos.” (Monclaro Mury, 2002, p. 2).

“A Engenharia reversa (ER) é uma técnica de desenvolvimento de produtos, cujo o ponto de partida é um produto (ou protótipo) já construído e a ele é aplicadas etapas do PDP, em ordem inversa” (Bolgenhagen, 2003, p. 60).

Segundo Mury (2002), a aplicação da metodologia da engenharia reversa no desenvolvimento de novos produtos, pode expressar em resultados satisfatórios, no quesito aperfeiçoamento, no quesito desenvolvimento e no quesito melhoria, e o norte desse tipo de estudo, estão nos produtos consolidados lançados no mercado atual.

A combinação da metrologia, desenho técnico e modelamento de peças através dos Sistemas CAD, facilita toda a visão do ciclo da engenharia reversa, e todas essas técnicas usadas são indispensáveis na hora de simularmos o funcionamento de um projeto.

De acordo com Grabowski (1998, apud Mury 2000, p. 22) “O CAD (Computer Aided Design – Projeto Auxiliado por Computador) abrange um grande número de programas computacionais (softwares) utilizados como ferramenta de apoio na representação gráfica”.

O conteúdo deste trabalho, visa apresentar parcialmente o ciclo reverso de um componente montado, para fins de pesquisa tecnológica, de natureza qualitativa que mostra a combinação de técnicas que facilita a análise do nosso projeto como um todo.

Os dados coletados durante o estudo, são usados para fins acadêmicos e estão disponíveis a consulta, e validação do trabalho apresentado.

## 1.2 Tema

Neste contexto, obtém-se a proposição do tema: **Engenharia reversa para reconstrução de ferramentas**. Para almejar o resultado desejado, é de suma importância quais métodos utilizar, para conseguir fazer a reconstrução idêntica da ferramenta escolhida.

## 1.3 Justificativa

A escolha do tema está ligado ao grau de importância técnica e teórica, que aborda durante o trabalho, e quando se tem noção do tema engenharia reversa como um todo, podemos explorar seguimento enorme em várias áreas de atuação. No setor de engenharia, existe uma real demanda sobre seguimento de desenvolvimento de projetos, e adaptações em projetos antigos, e a engenharia reversa ela serve como uma ferramenta de auxílio na hora de se realizar modificações, reconstrução de projeto e documentação.

## 1.4 Problematização

Dessa forma, o problema de pesquisa deste estudo pode ser enunciado como: Será viável do ponto de vista técnico a aplicação da metodologia de engenharia reversa na reconstrução de ferramentas?

## 1.5 Objetivo Geral

O objetivo da pesquisa é analisar os impactos da engenharia reversa no setor de projetos, vantagens e desvantagens de investir em equipamentos usados nesse tipo de setor, e quais são os recursos mais usados para realizar esse tipo de estudo.

## 1.6 Objetivo Específico

A ideia do trabalho é escolher uma ferramenta manual, e fazer a engenharia reversa de todos os seus componentes, sendo eles voltados para indústria metal mecânica. Em seguida fazer sua devida parametrização e reconstrução tridimensional de um modelo fabricado, usando combinação de ferramentas manuais, mais recursos usados nos softwares de desenho. E por último, realizar a simulação da ferramenta sendo utilizada.

A engenharia reversa voltado para reconstrução de ferramentas tem como objetivos específicos:

- Identificar quais são os métodos mais usado na coleta de dados
- executar e simular a viabilidade técnica

## 1.7 METODOLOGIA

Nesta seção exibe os procedimentos metodológicos escolhidos para realização da pesquisa acadêmica.

A pesquisa é de natureza exploratória, e tem como objetivo expandir a compreensão do tema, avaliar a viabilidade de estudo e identificar os impactos da engenharia no setor de projetos.

Para a realização do trabalho de pesquisa acadêmica sobre o tema proposto, foi escolhido um equipamento para exemplificar a aplicabilidade, funcionalidade e benefício da utilização da metodologia de engenharia reversa.

Esta ferramenta foi escolhida a partir de uma percepção cotidiana; o torno de bancada pode ser usado na fixação de peças e equipamentos em bancadas, muito utilizadas em todos os setores da vida comum; mesas industriais e domésticas, joalherias, centros de usinagem e outros.

Quando iremos iniciar algum projeto, devemos seguir todo um passo a passo para que o mesmo seja executado de forma correta. Tanto no projeto quanto na engenharia reversa, devemos sempre ficar atentos quanto aos procedimentos, para que nenhuma etapa deixe de ser realizada.

Para a reconstrução da ferramenta foi seguido um passo a passo característico da metodologia de Kathryn A. Ingle (1994), ótica da engenharia reversa citada por Mury (2001).

Figura 1- Imagem das etapas do Processo de Projeto Tradicional e o Processo de Engenharia Reversa.

Tabela 1. Sequência de atividades que caracterizam o desenvolvimento de produtos conforme o processo tradicional e sob a ótica da Engenharia Reversa (Adaptado de Ingle, 1994).

| <b>Processo tradicional</b>   | <b>Engenharia Reversa</b>   |
|---|---|
| Necessidade<br>Idéia de um novo projeto<br>Protótipo & teste<br>Produto | Produto<br>Desmontagem<br>Medição & testes<br>Recuperação do projeto<br>Protótipo & teste<br>Produto ER |

Fonte: Revista Produção Mury 2001, p.3.

## 1.8 Coleta de dados

Essa pesquisa tem sua natureza como exploratória, e tem como procedimentos de coleta de dados fontes em sites e artigos acadêmicos. Nesse caso foi utilizado o

método Ingle (1994), citado em um artigo acadêmico de Luiz Gilberto Monclaro Mury, e esse método serviu como base para um novo estudo do tema engenharia reversa, e as suas devidas análises.

Foram realizadas as etapas que resumem a engenharia reversa segundo Ingle, sendo elas:

- *Escolha do Produto*
- *Desmontagem*
- *Medição e Testes*
- *Recuperação do Projeto*
- *Protótipo e Testes*
- *Produto ER*

### **1.9 Análise dos dados**

O conteúdo teórico apresentado, combinado com o método de Ingle, mais as ferramentas de reconstrução, tem a função de solucionar a problematização do trabalho, e também a validação dos objetivos específicos.

## **2 Referencial Teórico**

Do ponto de vista econômico, o uso da engenharia está diretamente relacionado em todos os segmentos de projetos industriais, e a metodologia também é aplicável na hora de se reconstruir ferramentas manuais. A partir do momento que são obtido as especificações técnicas de um determinado produto ou componente, seja elas documentos, modelos matemáticos ou desenho, fica muito mais fácil a velocidade de replicação do mesmo ou até uma possível adaptação de acordo com a demanda de uma pessoa ou cliente.

### **2.1 Engenharia do Produto**

Fazendo uma pesquisa sobre assuntos relacionados à Engenharia, outros tópicos também fazem correlação ao tema do trabalho. Um tópico importante a ser discutido dentro da área de projetos é a engenharia de produto.

De acordo com o dicionário de Oxford, o emprego da palavra engenharia, está diretamente relacionado à “ aplicação de métodos científicos ou empíricos à utilização dos recursos da natureza em benefício do ser humano”.

O autor Thiago Coutinho ele faz uma excelente abordagem sobre o tópico listado no trabalho:

“ A engenharia de produto é um campo de atuação que atua nos processos de

projeto e desenvolvimento de novos produtos, podendo ele ser um dispositivo de montagem ou um item vendável que será produzido a partir de processos de manufatura.

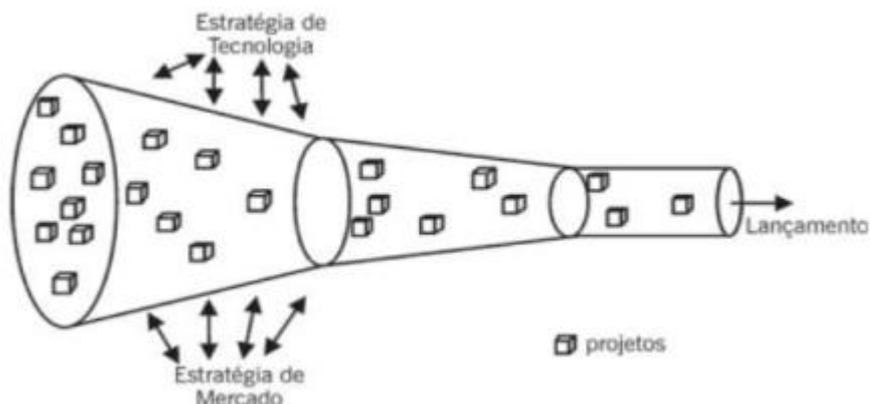
A Engenharia de Produto geralmente realiza diversas atividades no ciclo de vida do produto, que são referentes a questões de custos do produto, sua produtividade, qualidade, confiabilidade, desempenho, manutenção, vida útil e experiência do usuário.

Todas essas características são trabalhadas minuciosamente de modo a tornar o produto atrativo para o mercado do qual ele será inserido, levando em consideração o design do produto, seu desenvolvimento, a transição para a fabricação em série do produto e também a descontinuidade deste produto, buscando sempre boa qualidade com um preço atraente. “

De acordo com Kotler e Armstrong (2007, Apud Verônica Diniz, 2016), o modelo de fluxo de desenvolvimento de produtos é dividido em oito etapas, e este modelo serve como base na tomada de decisão para desenvolvimento do projeto.



Fonte: TCC Desenvolvimento de Produtos: estudo de caso. Verônica Diniz 2016, p.18.



Fonte: TCC Desenvolvimento de Produtos: estudo de caso. Verônica Diniz 2016, p.21.

Para Clarck e Wheelwright (2012, apud Verônica Diniz, 2016), a exemplificação do modelo de funil de desenvolvimento, está diretamente relacionado as atividades do processo de desenvolvimento de produto.

O modelo de Funil: “ Visa uma forma específica para atender as necessidades do mercado e normalmente começa com uma grande quantidade de ideias que aos poucos vão sendo refinadas e selecionadas, resultando em alguns projetos que serão realmente desenvolvidos e lançados no mercado. O processo consiste em quatros estágios: conceito e desenvolvimento, planejamento do produto, engenharia do processo e produto, e produção-piloto e aumento de produção. “ (Verônica Diniz, 2016, p 21.)

## **2.2 Projeto do Produto**

De acordo com o dicionário de Oxford, o emprego da palavra projeto, está diretamente relacionado à “ descrição escrita e detalhada de um empreendimento a ser realizado, plano, delineamento, esquema.”.

A engenharia de produto ela faz uma prévia descrição sobre o plano de metodologias científicas, a serem aplicadas dentro do universo Engenharia da produção.

Diferente do tópico engenharia de produto, o projeto de produto faz relação a plano de atividades que impactam diretamente no processo de fabricação do produto.

O processo de desenvolvimento de produtos, tanto pode beneficiar o crescimento quanto, pode acabar fechando as portas da empresa, isso se dá ao fato de gerenciamento e controle das etapas do processo produtivo e análise de possíveis falhas.

O Auto Pieritz Netto (2010), ele faz uma afirmação sobre divisão de etapas no projeto de produto, a importância de uma mão de obra capacitada dentro do processo produtivo, sendo ela:

“Considerando todo o ciclo de desenvolvimento de um produto novo até chegar a sua comercialização, temos um árduo caminho desenvolvido por uma equipe multidisciplinar que vai desde pessoas ligadas à área de marketing e pesquisa de mercado, equipes dos diversos campos da engenharia (projeto, ferramentaria, produção etc.), suprimentos, logística (principalmente quando envolvemos aquisições de peças e componentes de outros países), departamento de custos, design etc. Conforme expressamos acima, dificilmente ocorrerá em um processo de desenvolvimento de produto para uma empresa, que o projeto seja desenvolvido por uma única pessoa ou engenheiro, e sim ele será encaminhado por um grupo de pessoas. “

De acordo com Pieritz Netto (2010), “ o detalhamento do projeto é uma etapa bastante trabalhosa e precisa ser bem detalhada, para otimizar os resultados do produto e minimizar os erros, assim se você trabalhar em projetos, muita atenção e dedicação serão necessárias para torná-lo um profissional de projeto”.

Para Netto, a imagem abaixo ela representa o diagrama de esquemático do detalhamento do projeto do processo de fabricação de produtos, onde são apresentados os seguimentos de operações a ser realizadas na fase de projeto, desde a seleção de matéria prima até a embalagem e expedição do produto.



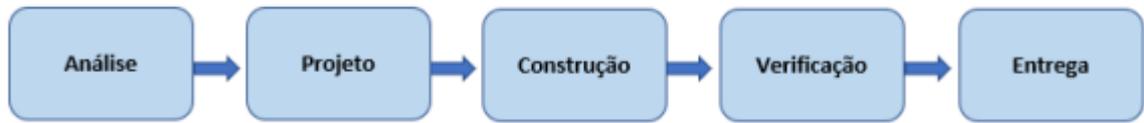
Fonte: Livro Projeto de Produto e Processo Pieritz Netto, 2010, p.159.

### 2.3 Projeto Tradicional

Para o autor Corrêa (2021), “ Os métodos de gestão de projetos mais utilizados nas organizações dessa indústria ainda são baseados em conceitos tradicionais e estão enfrentando dificuldades para reagir da melhor forma às exigências impostas pelo mercado dinâmico e cada vez mais competitivo dos dias atuais. ”

O autor Correia ele faz uma abordagem sobre as etapas da metodologia de projeto tradicional, e a sua aplicação sendo ela:

“As metodologias tradicionais, também chamadas de preditivas, são caracterizadas por realizar maior parte do planejamento antecipadamente que, em seguida, conduz todo o trabalho em um processo sequencial. Tais metodologias são aplicadas em projetos de baixo risco e de incertezas e complexidade reduzidas, pois necessitam de um bom conhecimento sobre os requisitos do projeto. Nesta abordagem, as atividades do projeto obedecem a uma sequência de etapas previsíveis e são executadas de forma serial. Os projetos com ciclo de vida preditivo são considerados bem-sucedidos quando mudanças potenciais são evitadas. ”



Fonte: Guedez Correia, 2021, p.26.

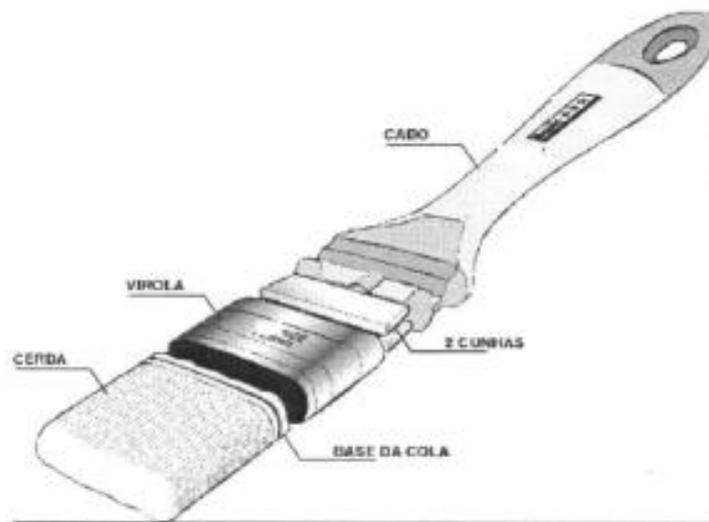
## 2.4 Método de Mury para Engenharia Reversa

Um exemplo de adaptação através da engenharia reversa, o autor Mury em sua obra (2001), demonstra, o método de pesquisa utilizado, em um estudo de caso de uma empresa brasileira, onde fez a replicação um Pincel de acordo com as exigências solicitadas por um fornecedor alemão, de ferramentas manuais de forma prática e todo o passo a passo que define o tema engenharia reversa, e o seu método também é citado em outros trabalhos acadêmicos.

A imagem a seguir mostra todas etapas do método de engenharia reversa, voltados para reconstrução do produto brasileiro, adaptados as características do fornecedor alemão.



Fonte: Revista Produção Mury 2001, p.6.



Fonte: Revista Produção Mury 2001, p.9 .

## 2.5 Engenharia Reversa

Do ponto de vista técnico e econômico o Autor Adriano Batista Dias (1997), faz uma excelente abordagem sobre o tema engenharia reversa publicado em seu artigo:

“O atual processo de globalização torna crucial a obtenção e manutenção da competitividade de empresas e nações, enquanto acelera os processos de mudança tecnológica. A literatura sobre competitividade, no que tange a avanço tecnológico enfatiza a importância da invenção, da inovação e dos novos conhecimentos científicos para êxito econômico nas ações de desenvolvimento tecnológico, motor do desenvolvimento. Deixa sem o devido destaque a imitação que, segundo a lógica schumpeteriana, não só desempenha papel importante na difusão de novas tecnologias, como no próprio progresso tecnológico, ao pressionar os líderes a prosseguir abrindo caminhos inteiramente novos. Focando a questão da Engenharia Reversa, o trabalho situa como um importante caminho para a difusão tecnológica pela via da imitação. (...)”

Segundo Bidanda e Hosni (1994, apud Ferneda 1999, pag.12) “ o método de medição manual ainda é usado em pequenas fábricas no mundo, para realização de digitação. A medição de pontos em superfície é feita manualmente, utilizando-se instrumentos como calibradores, escalas e blocos de medição”.

Segundo Ferneda (1999), “ Empresas se voltam para a tecnologia da Engenharia reversa como um complemento valioso para toda gama de ferramentas CAD/CAM que elas possuem, devido as dificuldades encontradas quando se necessita trabalhar com superfícies de forma livre. “

Para replicação dos dados coletados de cada componente, é de suma importância aplicação dos instrumentos de medição, e calibradores na hora de se coletar as características reais de cada componente.

De acordo com Luiz Eduardo Ribeiro (2019), durante os seus estudos, relatou a gama de instrumentos utilizados na fase de medição e testes, aplicados na técnica da

engenharia reversa, e usou a importância desses instrumentos como defesa do seu trabalho de conclusão de curso. Ele faz a seguinte análise:

“As indústrias no mundo atual, principalmente empresas desenvolvedoras de produtos, institutos de pesquisas e universidades utilizam-se do processo de engenharia reversa. Esse método, dentre todas as atividades pertinentes, tem alta relação com a metrologia, pois tudo se inicia na inspeção da peça, componente, dispositivo ou qualquer tipo de objeto, em que está sendo necessário alterações ou até mesmo criar novos produtos.

A metrologia é a ciência das medidas e medições, tem origem das palavras grega metron e logos, significando respectivamente medida e ciência. Com fundamental presença nas indústrias, esta ciência garante a exatidão necessária durante um processo produtivo, procurando sempre manter a qualidade de produtos e serviços através de inspeções, ensaios, estes realizados com instrumentos calibrados e rastreados, para que as empresas obtenham alta competitividade. Os equipamentos utilizados para o controle dimensional podem ser diversos, tais como instrumentos manuais convencionais, máquinas de medição por coordenadas, braços articulados e instrumentos para digitalização. Estes possuem suas particularidades, tornando difícil a escolha do melhor para a realização da análise pretendida.

De acordo com Ferneda (1999), “ No contexto da ER, pode-se notar que este método vai requerer muito tempo do trabalho de uma pessoa para ser executado, não somente para aquisição de dados como para o registro dos mesmos. “

De acordo com Lima (2003 apud Ponticelli, 2011, pag. 5), obtém-se uma visão mais ampla sobre as etapas de recuperação e documentação do projeto através da reconstrução tridimensional dos componentes, através de softwares de desenho, assim ele chegou na seguinte afirmação:

“A Engenharia Reversa subdivide-se basicamente nos seguintes passos: digitalização 3D (Captura de dados); tratamento dos dados coletados; criação de modelo CAD e, quando necessário, prototipagem rápida. Como o próprio nome já diz, o processo se sucede de trás para frente, a partir de um modelo físico já existente é feito um modelo virtual, assim formulando as etapas de engenharia e então a realização do produto. Geralmente, trata-se de peças antigas sobre as quais não temos informações suficientes, onde quem instalou a peça deixou a organização há muito tempo e não tem documentação escrita.”

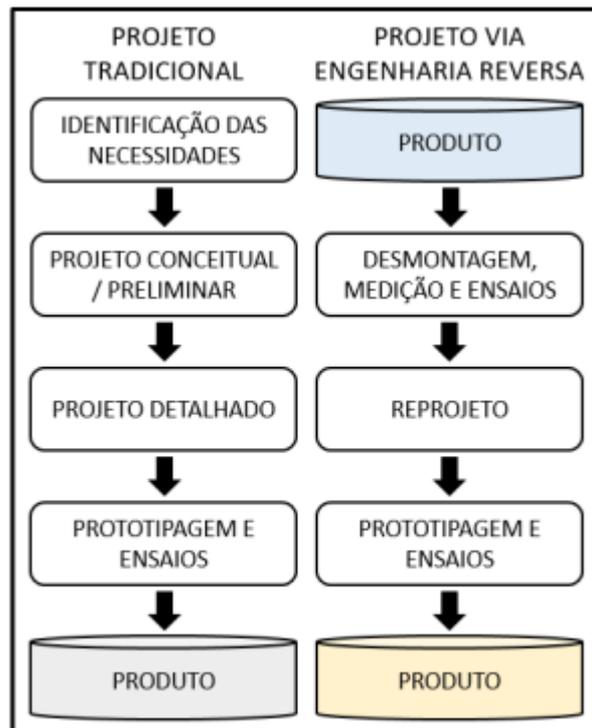
Durante a pesquisa vários autores sempre destacam a importância de relatar e documentar dados técnicos que caracterizam a peça ou o projeto. Podemos dar seguimento nas etapas da engenharia reversa, através da obtenção destes dados e podemos recuperar os projetos perdidos, danificados ou incompletos.

De acordo com Ponticelli (2011), o autor faz uma abordagem sobre as vantagens da obtenção da tecnologia da engenharia reversa:

“A Engenharia reversa diminui, em geral, os custos de pesquisa e desenvolvimento. Ademais, e não menos importante, altera substancialmente a composição destes custos. Torna menor a probabilidade de necessidade de pesquisa básica e, mesmo quando necessária, provavelmente menor é o seu custo, assim como de menor risco. Diminui o número de trilhas alternativas a serem seguidas na solução de problemas a serem resolvidos no curso do processo de desenvolvimento. “

De acordo com Ferneda (1999), a vantagem de se utilizar as tecnologias das ferramentas CAD, facilita no quesito velocidade da informação quando, a necessidade de realização de cálculos, instruções e interpretação de projeto. Os equipamentos utilizados para fazer a verificação e a inspeção de outros componentes, também podem ser utilizados para esse tipo de estudo.

Neste segundo estudo de caso o autor Guilherme Vicenzi (2019), em sua obra ele faz um estudo sobre a viabilidade técnica e econômica do pino de centro para feixe de molas. E na sua obra ele faz referência à uma análise comparativa do autor Nogueira (2007), sobre o método tradicional de projeto e o método de engenharia reversa, idêntico ao modelo usado por Ingle (1994).



Fonte: Adaptado de Nogueira (2007).

Figura ilustrativa dos fluxos de convencionais de engenharia e mencionado por Vicenzi 2019, p.19.

Fazendo uma observação sobre os dois fluxos de engenharia, podemos perceber que ambos andam lado a lado, pois a ideia final é chegar ao melhor produto ideal. No setor de projeto mais precisamente no seguimento de pesquisa e desenvolvimento de produto, requer uma demanda maior na etapa de identificação das necessidades do projeto, e muitas das vezes requer um custo as vezes maior, quanto aos estudos, levantamento de dados, mão de obra especializada e capacitada.

Diferente do fluxo de projeto a engenharia reversa, ela parte do ponto da replicação do modelo ideal, desde que tenhamos em mãos o máximo de informações técnicas extraídas na realização deste estudo, realizando todas as etapas conforme o método, podemos chegar na réplica ou adaptação de um produto ideal.

Um aspecto levantado por Vicenzi, em questão a competitividade das empresas do segmento automotivo, na questão de desenvolvimento de processos e produto, quando o setor ele investe em tecnologia voltado para engenharia reversa, está reduzindo custos quanto na prestação de serviço terceirizado, e também na própria compra de outros projetos.

### **3 RESULTADOS**

Foi definido o modelo de Ingle, pois as etapas do processo de engenharia reversa estão bem claras e de forma resumida, que coincide com todo o conteúdo pesquisado e apresentado neste trabalho.

Ao se definir o produto a ser replicado, seguimos com o processo de desmontagem, em seguida entramos na etapa mais importante do tema que é coleta de dados.

A partir da coleta de dados dessa etapa realizasse uma análise técnica dos componentes, em seguida a reconstrução tridimensional de todas as peças que fazem conjunto a ferramenta manual.

O Software Solid Works foi usado para fazer a reconstrução tridimensional do componente a ser replicado. A escolha do software está ligada pelo ótimo desempenho de suas ferramentas no ambiente de modelagem. E dentro do programa também são ofertados, os ambientes de desenho, montagem e simulação de elementos finitos. Outro motivo pela escolha do software, está na facilidade de representarmos, e simularmos o componente com as mesmas características do original e isso auxilia na interpretação, e na análise dos dados coletados na pesquisa.

#### **3.1 Proposta de Ferramenta a Ser Replicada- Produto**

A proposta deste trabalho, tem como finalidade fazer a documentação para o processo replicação de um torno de bancada, e o trabalho irá mostrar todo passo a passo do método de engenharia reversa usado por Ingle, onde faz a junção da parte teórica com a parte prática do trabalho.



Figura ilustrativa do componente a ser replicado. Fonte do próprio autor.



Figura ilustrativa do componente a ser replicado. Fonte do próprio autor.

A escolha do torno de bancada foi devido a sua simples geometria, e pela facilidade na hora de coletar os dados com as ferramentas manuais de instrumento de medição.

### **3.2 Coleta de Dados**

A partir deste modelo de metodologia processo, é levantado o máximo de informações técnicas do fabricante, através dos itens já disponíveis no mercado, tais como:

Dimensões, peso, materiais dos componentes, elementos de máquina.

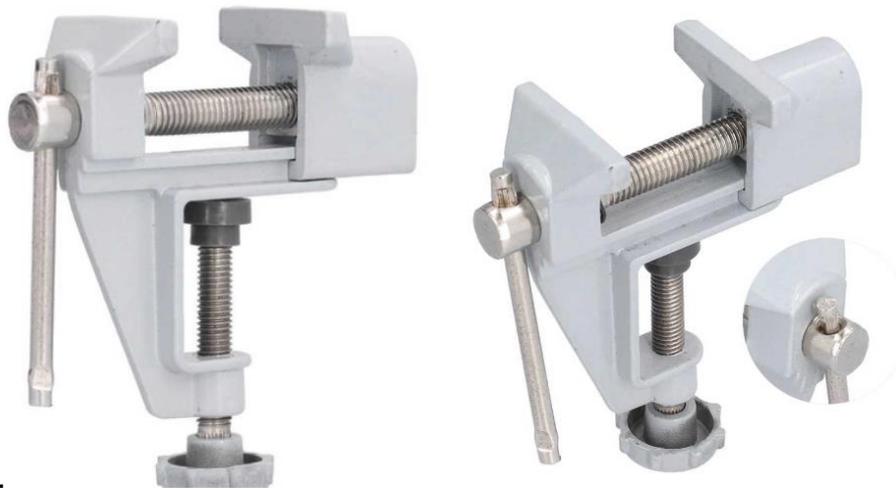


Figura ilustrativa do componente a ser replicado. Fonte do próprio autor.

### 3.3 Desmontagem

Ao realizarmos a desmontagem da ferramenta, podemos observar que o projeto do torno de bancada é constituído de oito componentes, e podemos reparar que temos **três elementos de máquina** que tem papel importante na montagem do torno de bancada, sendo eles os parafusos e o anel elástico.

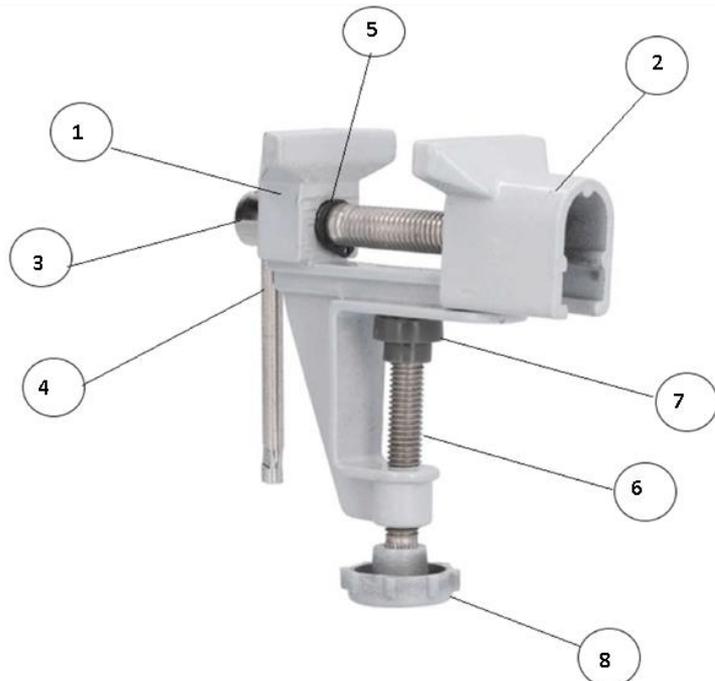


Figura ilustrativa do componente a ser replicado. Fonte do próprio autor.

Após realizar sua desmontagem, deve-se fazer uma lista dos componentes com número de cada item, descrição, quantidade e material. Após ser definir a proposta de ferramenta a ser replicada, e o método ideal para realizar este trabalho, o segundo passo é identificar cada item do componente e a suas respectivas descrições.

|             |                       |            |                          |
|-------------|-----------------------|------------|--------------------------|
| 8           | Manípulo tipo redondo | 1          | Liga alumínio mais ferro |
| 7           | Mordente              | 1          | Plástico                 |
| 6           | Parafuso              | 1          | Aço                      |
| 5           | Anel Elástico         | 1          | Aço                      |
| 4           | Manípulo              | 1          | Aço                      |
| 3           | Parafuso              | 1          | Aço                      |
| 2           | Torno móvel usinado   | 1          | Liga alumínio mais ferro |
| 1           | Torno Fixo usinado    | 1          | Liga alumínio mais ferro |
| <b>Item</b> | <b>Descrição</b>      | <b>Qt.</b> | <b>Material</b>          |

### 3.4 Medição e Testes

Como se trata de uma réplica de uma ferramenta, todas as medidas ou características críticas que impactam na montagem da ferramenta, deve ser exatamente reais à do componente. E para cada tipo de medida, devemos usar o instrumento de medição e o calibrador devidamente correto, para que não haja diferença entre as medidas do componente para o desenho.

Na hora de realizarmos as medições e testes, devemos ter em mãos instrumentos de medição, onde faz a validação dessas medidas que caracterizam cada componente.

Na verificação de medidas lineares, tais como comprimento largura e altura (profundidade), fazemos a utilização do paquímetro.



Figura ilustrativa do instrumento de medição conhecido como paquímetro. Fonte Google imagens.

Na verificação de medidas lineares, verticais tais como comprimento altura

(profundidade), e distância entre planos fazemos a utilização do graminho traçador de altura.



Figura ilustrativa do instrumento de medição conhecido como graminho traçador de altura. Fonte Google imagens.

Na verificação de perfis de rosca externa e interna, fazemos a utilização dos calibradores de roscas.

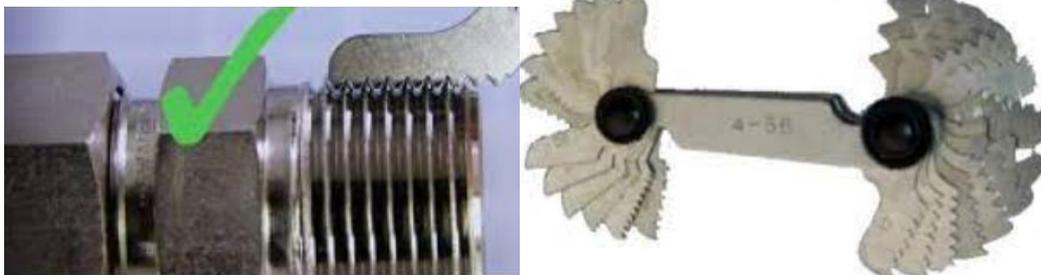


Figura ilustrativa do instrumento de medição conhecido verificador ou pente de rosca externo. Fonte Google imagens.

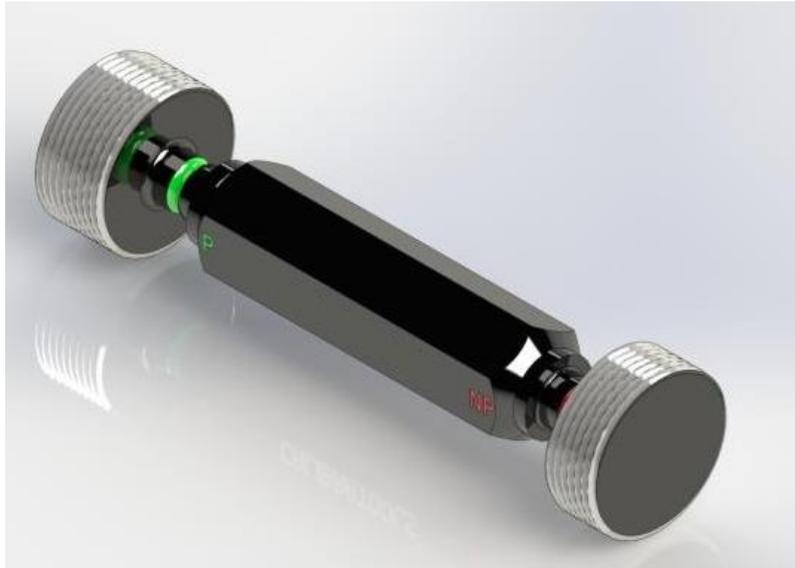


Figura ilustrativa do instrumento de medição conhecido verificador de rosca interna. Fonte Google imagens.

Na verificação de ângulos externos e internos, fazemos a utilização do goniômetro.



Figura ilustrativa do instrumento de medição conhecido goniômetro. Fonte Google imagens.

Na verificação de perfis, curvas livres, distância entre pontos, medidas onde um instrumento comum não consegue controlar, fazemos a utilização de medidores ópticos tridimensionais, nesse tipo de controle.



Figura ilustrativa do instrumento de medição conhecido medidor óptico tridimensional. Fonte Google imagens.

Na verificação e reconstrução de perfis, figuras geométricas de curvas livres, distância entre centros, medidas onde um instrumento comum não consegue controlar, fazemos a utilização do braço faro mais um software de reconstrução tridimensional, para fazermos verificação dos dados solicitados.





Figuras ilustrativa do instrumento de medição e reconstrução tridimensional, conhecido como braço fardo. Fonte Google imagens.

Seguindo a ideia do autor Ferneda (1999), a coleta de dados que caracterizam as geometrias da peça, foi retirada de forma manual. Todas as medidas encontradas nos testes, foram inseridas de forma virtual no Software de reconstrução.

Durante do processo de medição e testes, foi usado o auxílio do Solid Works na inserção das medidas e na elaboração dos esboços para reconstrução tridimensional de cada componente.

### 3.5 Recuperação do projeto

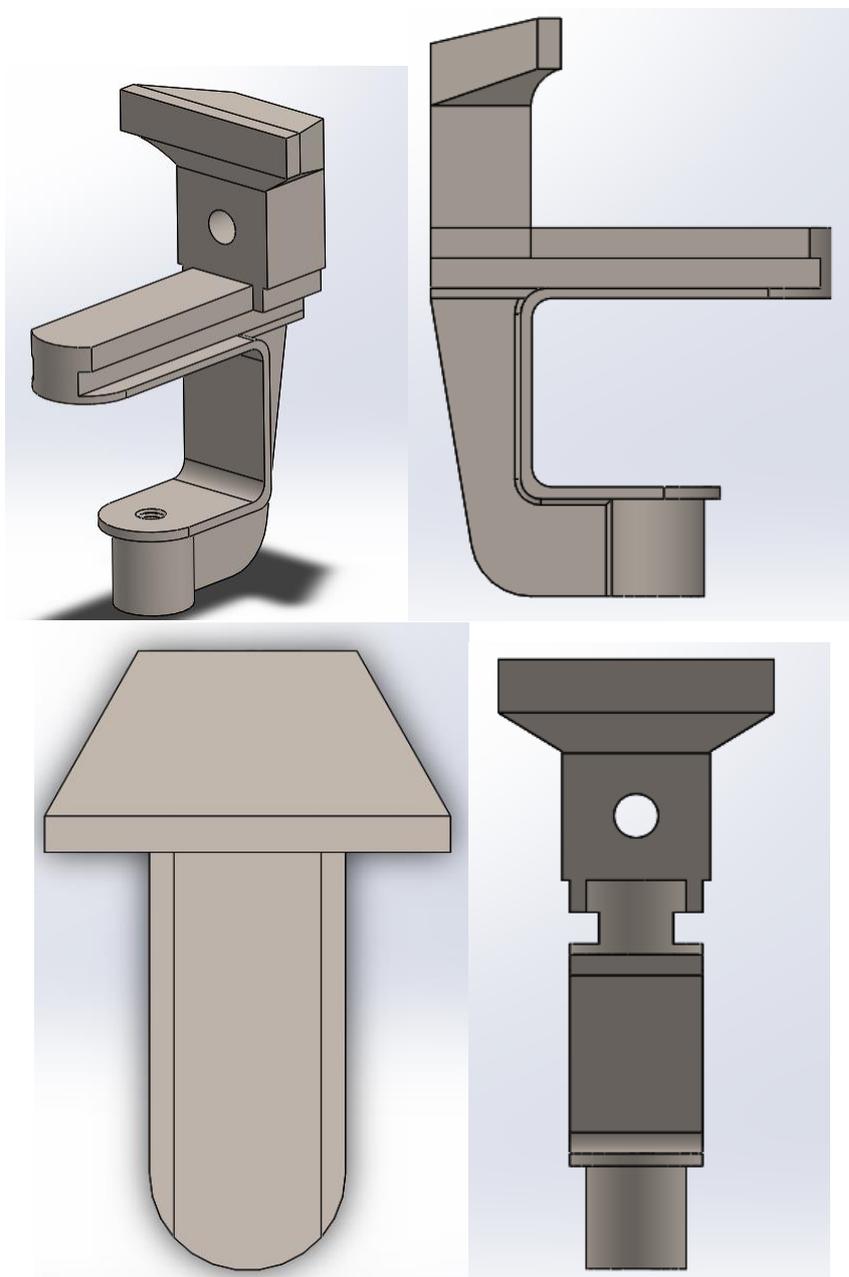
Após realizar a desmontagem do torno de bancada, e coletar todos os dados através das medições e dos testes de cada item, obtém-se a reconstrução tridimensional de cada componente listado durante a desmontagem.

Por mais que exista vários Softwares de reconstrução tridimensional, a escolha do Solid Works está na praticidade e na hora de se modelar e exportar arquivos.

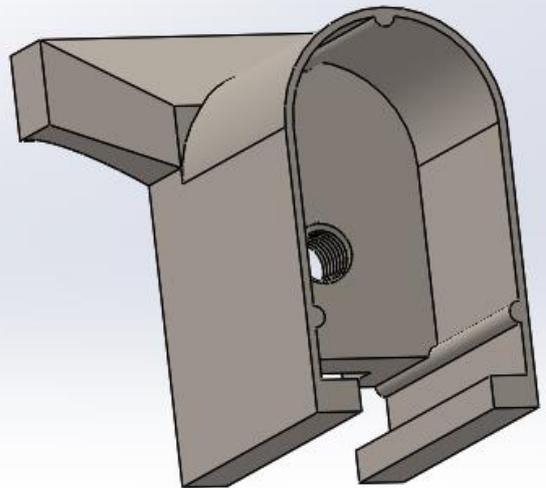
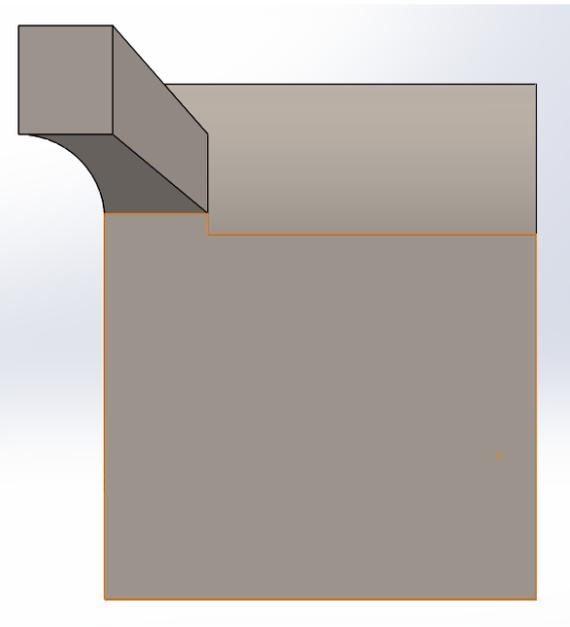
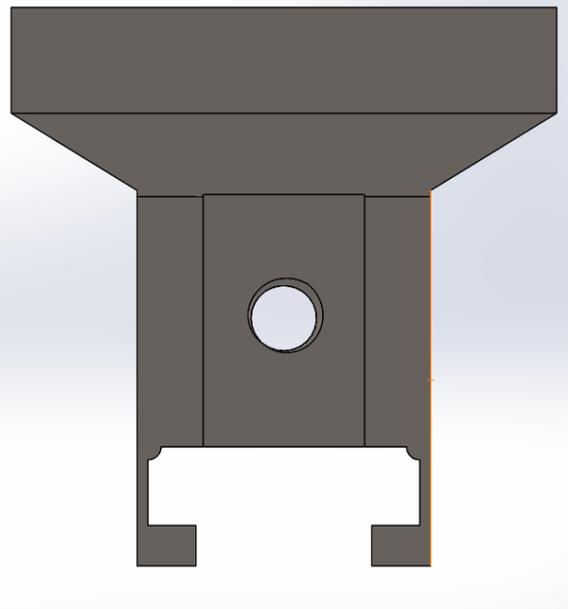
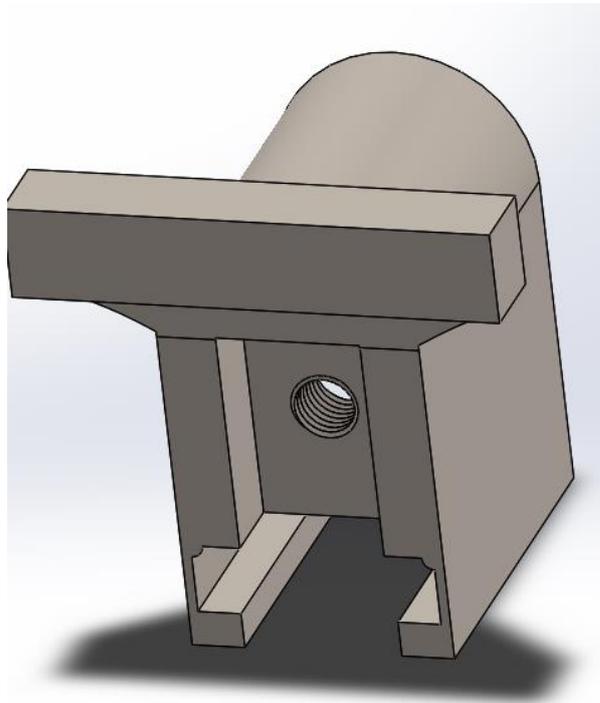
A partir do modelo tridimensional podemos entrar no ambiente de desenho no programa, e conseguimos exportar de forma clara as mesmas medidas reais que caracterizam o componente, em seguida adequamos o desenho a uma linguagem padrão adotada em cada país.

No Brasil, seguindo as normas da ABNT, usamos a representação gráfica dos desenhos em primeiro diedro.

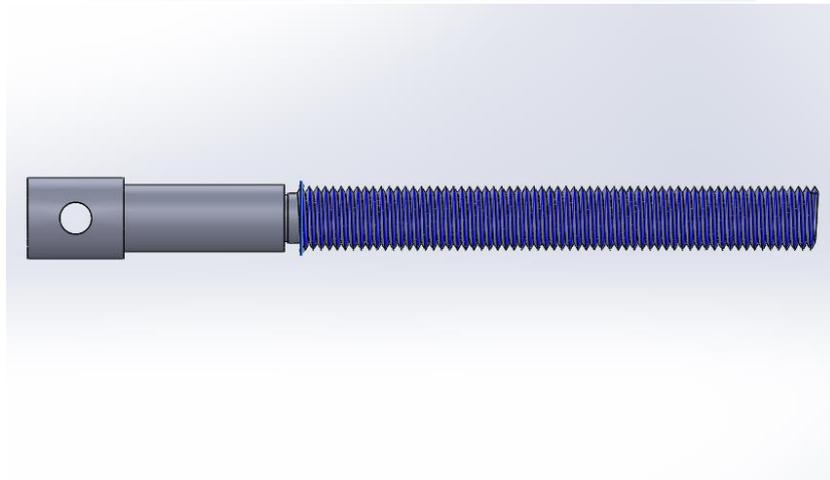
Após a elaboração dos desenhos, conseguimos transformar uma linguagem digital em uma linguagem técnica que pode ser usada por um mecânico de usinagem ou até mesmo um ferramenteiro para dar início do processo de fabricação.



Figuras ilustrativas do item de nº 1 – Torno fixo. Imagens retiradas do Programa Solid Works.



Figuras ilustrativas do item de nº 2 – Torno móvel. Imagens retiradas do Programa Solid Works.



Figuras ilustrativas do item de nº 3 – Parafuso. Imagens retiradas do Programa Solid Works.

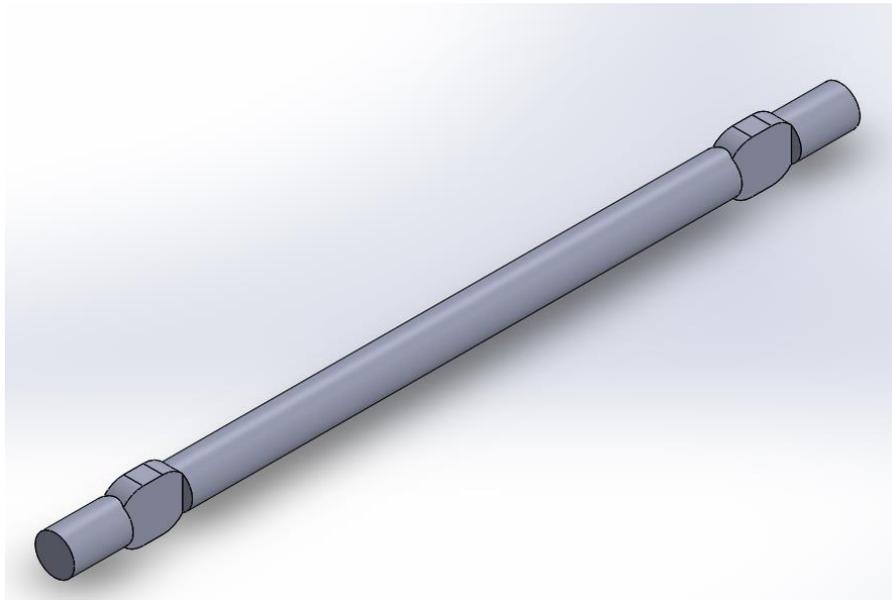
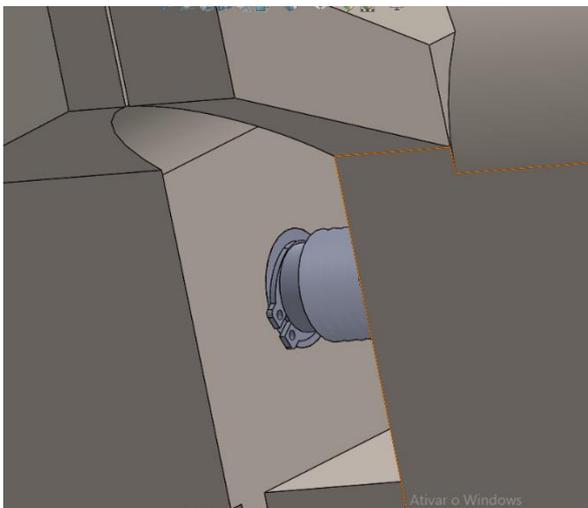


Figura ilustrativa do item de nº 4 – Manípulo. Imagens retiradas do Programa Solid Works.



Figuras ilustrativas do item de nº 5 – Anel Elástico. Imagens retiradas do Programa Solid Works.

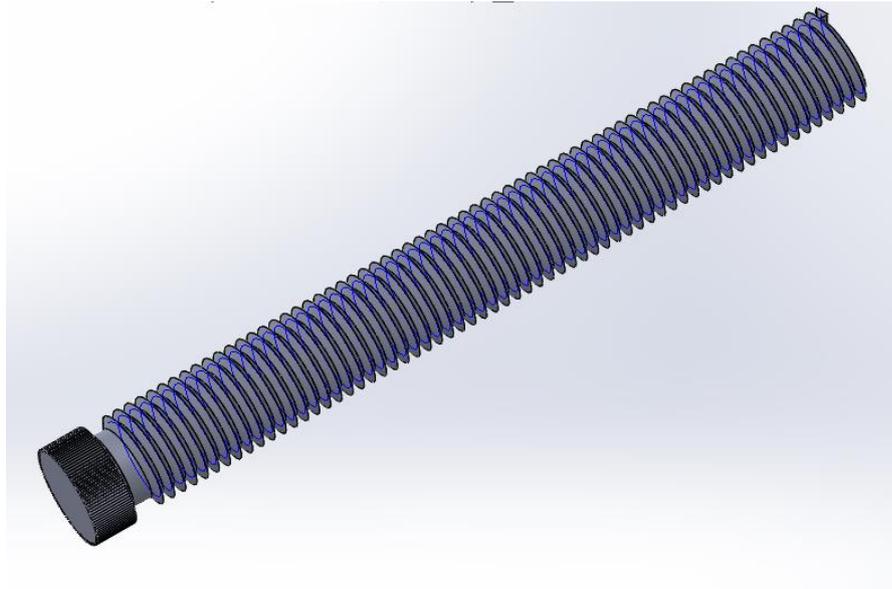
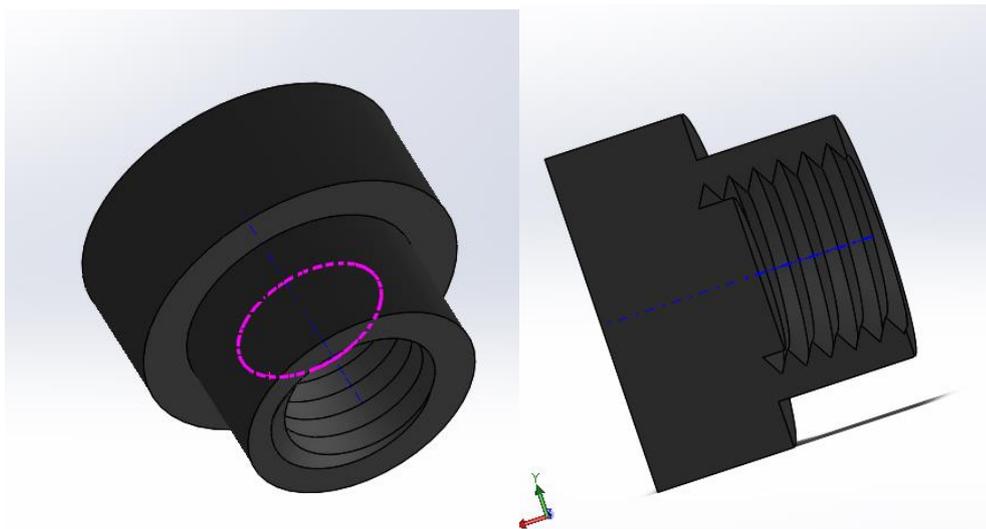
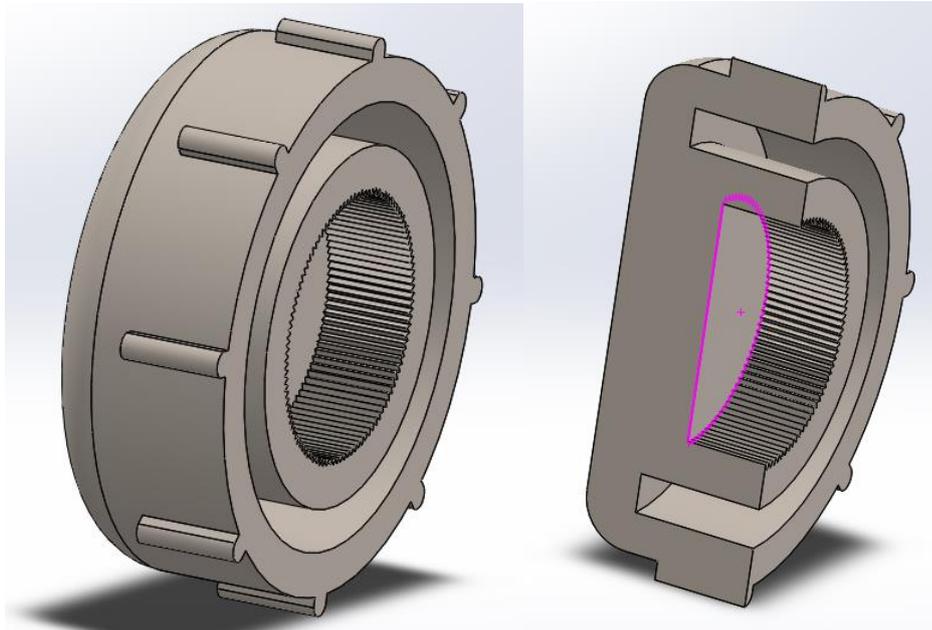


Figura ilustrativa do item de nº6 – Torno fixo. Imagens retiradas do Programa Solid Works.



Figuras ilustrativas do item de nº 7 – Mordente. Imagens retiradas do Programa Solid Works.



Figuras ilustrativas do item de nº 8 – Manípulo Redondo. Imagens retiradas do Programa Solid Works.

### 3.6 Protótipo e teste

Antes de iniciarmos o processo de prototipagem, evitando custos com material de fabricação, custos com energia elétrica de máquinas operatrizes, antes de fabricamos a réplica do componente escolhido, usamos as ferramentas do Solid Works e migramos do ambiente de modelagem, para ambiente de montagem e simulação para melhor conclusão da análise dos resultados.

Após a reconstrução tridimensional de todos os componentes, conseguimos ter uma visão mais ampla sobre o projeto do torno de bancada, a sua funcionalidade e aplicação de cada item, quais são os papéis de cada elemento de máquina, e as funções que cada item exerce dentro do projeto.

Como todas as peças foram muito bem mensuradas, e muito bem esboçadas, dentro do ambiente de modelagem do Solid Works, conseguimos fazer a simulação de todos os componentes, quando eles estão desmontados em vista explodida, e quando eles estão montados, com as suas devidas posições e tolerâncias de forma geométrica.

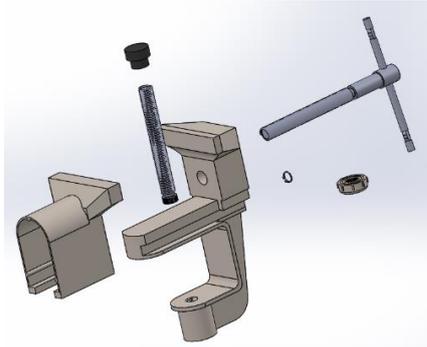


Figura ilustrativa da simulação do componente desmontado. Fonte Solid Works.

Através do ambiente de montagem conseguimos ter a noção aprofundada sobre, o emprego dos ajustes mecânicos de cada componente, e aplicação de cada material no seu respectivo componente, tendo assim uma infinidade de combinações a ser exploradas dentro de um ambiente virtual.

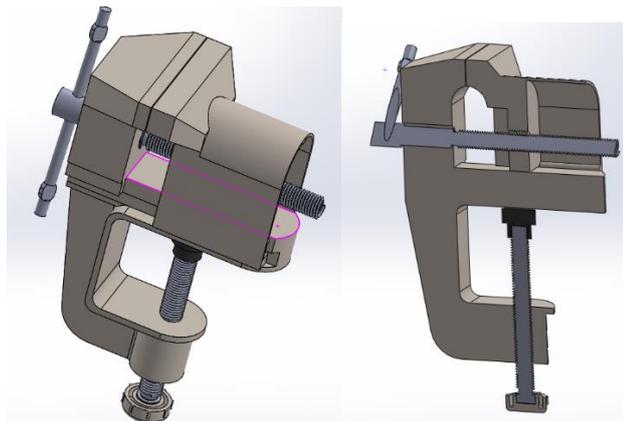


Figura ilustrativa da simulação do componente montado. Fonte Solid Works.

De acordo Nupes (1998, Apud Ferneda 1999) “ A Utilização de ferramentas de simulação computacional para testar os projetos antes mesmo de se construir qualquer protótipo pode se mostrar de grande valia para detecção de falhas do projeto. O resultado das simulações realimenta os setores envolvidos no desenvolvimento mecânico e eletrônico, provocando alterações que deverão ser repassadas aos demais setores, através do compartilhamento de arquivos”.

### 3.7 Produto da engenharia reversa

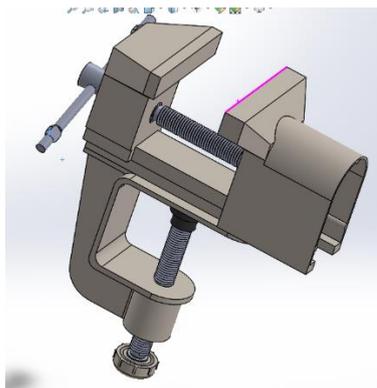


Figura ilustrativa da simulação do componente montado. Fonte Solid Works.

Por se tratar de uma pesquisa acadêmica com natureza exploratória, não há real a necessidade de se realizar a prototipagem do mesmo, o foco do trabalho é fazer a validação dos passos utilizados na metodologia usada por Ingle (1994).

Podemos entender que o produto da engenharia reversa está resumidamente ligado a reprodução do item escolhido, além disso após realizar todas essas etapas, temos todos arquivos técnicos necessário para a replicação do torno de bancada, sendo eles as medidas, a reconstrução tridimensional dos componentes e Desenhos.

De acordo com Ferneda (1999), os dados coletados a partir da engenharia reversa, ele serve como base para estudos futuros, quanto na parte de prototipagem, análises e fabricação.

### 4. DISCUSSÃO DOS RESULTADOS

Neste estudo de caso examinou-se a interação da metodologia da engenharia reversa, apresentada citada por Ingle (1994), e a sua influência direta no setor de projetos e na engenharia em geral. Foi abordado os procedimentos metodológicos para realização do estudo de caso e em seguida foi apresentado uma breve descrição das partes que compõe essa metodologia e seu impacto direto no setor de engenharia.

Esta pesquisa se propôs analisar a aplicação da metodologia da engenharia reversa na reconstrução de ferramentas manuais, análise sobre o método utilizado, viabilidade

técnica, e fazer uma comparação do método convencional de projetos para engenharia reversa, ou reengenharia.

A parte do trabalho que requer mais demanda para a pessoa que está fazendo esse tipo de estudo, é na parte de medição e testes e na parte da reconstrução tridimensional, um ponto a se observar é a demanda de recursos técnico que se devem ser combinados durante esse tipo de estudo.

Procurou-se levantar informações relevantes quanto a metodologia utilizada, mais estudos de casos similares apresentados, e usar como base na realização deste trabalho.

O método de Ingle (1994) utilizado como modelo de engenharia reversa no contexto, no qual foi aplicado, é válido onde foram apresentados resultados satisfatórios, que resultou na reconstrução tridimensional de uma réplica de um torno de bancada, e o impacto das ferramentas CAD no ambiente de simulação de peças.

O maior impacto da engenharia reversa é na grande quantidade de informações que podem ser processadas, e arquivadas durante esse tipo de estudo. Todos os arquivos gerados fazem uma expansão sobre o tema.

Os resultados obtidos na presente pesquisa acadêmica, apresentam vantagens e pontos positivos em se investir em engenharia reversa, tais como:

- Recuperação de projetos.
- Simulação Virtual dos componentes.
- Referências para trabalhos futuros.

De acordo com o tema abordado, juntamente com a literatura rica em conteúdo técnico e teórico apresentados durante o estudo, a engenharia reversa tem viabilidade técnica na reconstrução de ferramentas manuais, e também tem impacto no setor de projetos. A combinação de leitura e interpretação de desenho técnico somados aos instrumentos de medição, mais as ferramentas de reconstrução tridimensional, apresentam resultados satisfatórios através de vários autores.

Esta pesquisa de estudo de caso apresenta como colaboração para as pesquisas dos seguintes temas: Avaliação dos Impactos da Engenharia Reversa, Projetos Mecânicos, Manufatura através da reconstrução de peças através de Softwares.

Como limitação desta pesquisa destacam-se a finalização do trabalho na etapa de prototipagem, pois devido ao curto período de faculdade, não foi realizada a etapa solicitada, em contrapartida os materiais coletados servem como base para usinagem da réplica do torno de bancada.

Uma vez validada a etapa de recuperação do projeto, usado na metodologia, abrem-se espaços para estudos futuros quanto a utilização do método, e também a fabricação desta ferramenta.

## **5. CONCLUSÃO**

Podemos concluir que neste trabalho, o método de Ingle foi aplicável na engenharia reversa voltado para reconstrução de ferramentas, pois a divisão etapas mostradas durante a pesquisa facilita o entendimento para coleta de dados, e na aplicação do método.

No aspecto viabilidade técnica, os dados levantados durante o estudo, sendo eles, a recuperação do projeto, serve como base de material para fabricação da réplica do torno de bancada. Podemos explorar combinações, seja elas escolha de materiais, adaptações a partir de modelos existentes, e também no ambiente virtual podemos corrigir possíveis erros durante as etapas de projeto.

## 6. Referências bibliográficas

Bolgenhagem, N.J. **O Processo de desenvolvimento de produtos: Proposição de um modelo de gestão e organização**. Orientador: Dr José Luís Duarte Ribeiro. 2003. 118 F. TCC (Mestrado) - Mestrado Profissionalizante em engenharia, ênfase produção: Qualidade e Desenvolvimento de produto e Processo. UFRGS, Porto Alegre, 2003. Disponível em url : <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3591/000390175.pdf?sequence=1> . Acesso em: 16/06/2022

Mury, L.G.M. **Adaptação de produtos para Mercados Diferenciados a partir da engenharia reversa**. Orientador: Fogliatto, F.S. 2002. 18 F. Artigo (Pós-graduação) - Engenharia de produção, ênfase: Qualidade e Desenvolvimento de produto e Processo. UFRGS, Porto Alegre, 2002. Disponível em url : <https://www.scielo.br/j/prod/a/YGtQzdwZRVh7CDfbvR5qhZL/?format=pdf&lang=pt> . Acesso em: 16/06/2022

Mury, L.G.M. **Uma Metodologia para adaptação e melhoria de produtos a partir da engenharia reversa**. Orientador: Fogliatto, F.S. 2000. 18 F. TCC (Pós-graduação) - Engenharia de produção, ênfase: Qualidade UFRGS, Porto Alegre, 2000. Disponível em : <https://www.lume.ufrgs.br/bitstream/handle/10183/3170/000288313.pdf?sequence=1> . Acesso em: 17/06/2022

Ferneda, A.B. **Integração Metodologia, CAD e CAM: Uma Contribuição ao Estudo de Engenharia Reversa**. Orientador: Tít. João Lirani. 1999. 112 F. Dissertação (Mestrado) - Engenharia mecânica, ênfase: Estudo e Pesquisa, Universidade de São Paulo, Escola de Engenharia São Carlos Departamento Engenharia Mecânica. 1999. Disponível em URL: [https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-19122001-093341/publico/TDE\\_Amauri.pdf](https://www.teses.usp.br/teses/disponiveis/18/18135/tde-19122001-093341/publico/TDE_Amauri.pdf) . Acesso em: 17/06/2022

Silva, L.M. **Otimização de Processos por Meio da Engenharia Reversa**. Orientador: Mauricio Johnny Loos. 2020. 11 F. Artigo (Graduação) - Engenharia de Produção, ênfase: Estudo e Pesquisa, melhoria de processos. Centro Universitário Farias Brito, FBUi 2020. Disponível em URL: <http://pdf.blucher.com.br.s3-sa-east-1.amazonaws.com/engineeringproceedings/viisimep/315815.pdf> . Acesso em: 17/06/2022

Dias, A.B. **Engenharia Reversa: uma porta ainda aberta**. Orientador: Adriano Batista Dias. 1998. 8 F. Artigo (Pesquisa) - Engenharia de Produção, ênfase: Inovação e Pesquisa. Conferencia: XVIII Encontro Nacional de Engenharia de Produção. Gramado. 1997. Disponível em URL

[https://www.researchgate.net/publication/335456099\\_ENGENHARIA\\_REVERSA\\_um\\_a\\_porta\\_ainda\\_aberta](https://www.researchgate.net/publication/335456099_ENGENHARIA_REVERSA_um_a_porta_ainda_aberta). Acesso em: 18/06/2022

Ribeiro, L.E. **Importância Da Metrologia para Engenharia Reversa**. Orientador: Fábio Henrique Fonseca Santejani. 2019. 44 F. TCC (Graduação) - Engenharia mecânica, ênfase: Estudo e Pesquisa, Universidade de Taubaté. São Paulo. 2019. Disponível em URL: <http://repositorio.unitau.br/jspui/bitstream/20.500.11874/4517/1/Luiz%20Eduardo%20Ribeiro.pdf> Acesso em: 18/06/2022

Ponticelli, C. **O Avanço do Desenvolvimento de produtos Através da Engenharia Reversa**. Orientador: Cássio Aurélio Suski. 2011. 13 F. Artigo (Pós-Graduação) - Engenharia produção, Ênfase: Manufatura Convencional, Prototipagem e Competitividade. UFSC, Santa Catarina, 2011. Disponível em url : <https://www.doccity.com/pt/eng-reversa-cad-cam/4821097/> . Acesso em: 18/06/2022

Vicenzi, G. **Estudo de Viabilidade Técnica e Econômica Para Fabricação de Pino de Centro para Feixe de Molas**. Orientador: Marcos Alexandre Luciano. 2019. 90 F. TCC (Graduação) - Engenharia Mecânica: Processos de Fabricação, Seleção econômica. UCS, Rio Grande do Sul, 2019. Disponível em url : <https://repositorio.ucs.br/xmlui/bitstream/handle/11338/5847/TCC%20Guilherme%20Vicenzi.pdf?sequence=1> . Acesso em: 18/06/2022

Coutinho T. **Conheça a e Engenharia de Produto, uma área crucial dentro da indústria**. Orientador: Mestre em Administração Thiago Coutinho. 2011. Artigo (Site empresa de cursos) - Engenharia de produto, Ênfase: Produção. Disponível em url <https://www.voitto.com.br/blog/artigo/engenharia-de-produto>. Acesso em: 22/06/2022

Verônica Diniz. D. **Desenvolvimento de Produtos: Um Estudo de Caso**. Orientador: Carlos Henrique Lagemman. 2016. 70 F. TCC (Engenharia de produção) - Engenharia produção, Desenvolvimento de produtos. UNIVATES, Lageado, Rio Grande do Sul, 2016. Disponível em url: <https://www.univates.br/bdu/bitstream/10737/1258/1/2016DeboraVeronicaDinizdaLuz.pdf> . Acesso em: 22/06/2022

Pieritz Netto. A. **Projeto de Produto e Processo**. Orientador: Alfredo Pieritz Netto. 2016. 226 F. Livro (Engenharia de produção) - Engenharia produção, ênfase desenvolvimento de produtos. UNIASSELVI, Indaial, Santa Catarina, 2016. Disponível em url: <https://www.uniasselvi.com.br/extranet/layout/request/trilha/materiais/livro/livro.php?codigo=18292> . Acesso em: 22/06/2022

Guedes Corrêa. L. **Análise comparativa entre as metodologias de gestão tradicional e ágil aplicadas na construção civil: uma revisão da literatura**. Orientador: Osvaldo Luiz Gonçalves Quelhas. 2021. 47 F. TCC (Engenharia Civil) - Engenharia Civil, ênfase gestão de projetos, Construção civil, gestão ágil, produção intelectual. UFF Escola de Engenharia, Niterói, RJ, 2021. Disponível em url:

<http://tec.uff.br/wp-content/uploads/sites/271/2021/09/PCC-1-LUCAS-G.-CORR%C3%8AA-FINAL-.pdf> . Acesso em: 22/06/2022