

**CENTRO UNIVERSITÁRIO DO SUL DE MINAS**  
**ENGENHARIA MECÂNICA**  
**HENRY HEWLLERSON AUGUSTO SOARES**

**“USINAGEM INDUSTRIAL: Análise e implantação de melhorias em um centro de usinagem de equipamentos de segurança**

**Varginha**

**2021**

**HENRY HEWLLERSON AUGUSTO SOARES**

**“USINAGEM INDUSTRIAL: Análise e implantação de melhorias em um centro de usinagem de equipamentos de segurança**

Trabalho de conclusão de curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas como pré-requisito para obtenção do grau de bacharel, sob orientação do Prof. Fabiano Farias de Oliveira e coorientação do Bacharel. Daniel Cesar Miguel.

**Varginha**

**2021**

**HENRY HEWLLERSON AUGUSTO SOARES**

**“USINAGEM INDUSTRIAL: Análise e implantação de melhorias em um centro de usinagem de equipamentos de segurança**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Curso de Engenharia Mecânica do Centro Universitário do Sul de Minas, como pré-requisito para obtenção de grau de bacharel pela banca examinadora composta pelos membros:

Aprovado em    /    /

---

Prof.

---

Prof.

---

Prof.

OBS.:

Dedico este trabalho a todos aqueles que contribuíram para que este fosse possível de ser realizado.

Dedico este trabalho a meus familiares e a todos meus entes queridos.

## **AGRADECIMENTOS**

Agradeço a minha família, amigos por todo apoio desde o início para que fosse possível concluir este projeto. Agradeço também a meu orientador e coorientador pela paciência, conhecimento compartilhado e revisões necessárias. Agradeço a empresa por permitir a realização deste estudo, pelo espaço cedido e pelas informações cedidas.

“Se você encontrar um caminho sem obstáculos, ele provavelmente não leva a lugar nenhum.”

Frank Clark”

## RESUMO

Este trabalho visa comprovar alguns métodos e melhorias alcançados no processo de usinagem de uma indústria que é encarregada por produzir equipamentos de segurança de transformadores de grande porte. Tudo isso com a finalidade de obter para a organização melhor desempenho, confiabilidade a redução de perdas com setup e refugos, custos em suas operações. Para este objetivo foi necessário fazer um estudo de métodos e melhorias que poderiam ser implantados, com o objetivo de reduzir essas perdas de produtividade, que são fatores que geram custos para a empresa. A partir dos dados de monitoramento dos processos e seus parâmetros, tornou se possível a uma análise comparativa entre os métodos antigos de produtividade e dados relacionados com produtividade, atrasos de entrega e refugos, com os dados obtidos após a implantação de algumas melhorias e a implantação de alguns controles de setup e controle de ferramentas que podem ser feitas graças a esse estudo.

**Palavras-chave:** Aumento da produtividade; Redução de refugos; Otimização de setup e produção

## **ABSTRACT**

*This work aims to prove some methods and improvements achieved in the machining process of an industry that is responsible for producing safety equipment for large transformers. All this with the purpose of obtaining better performance for the organization, reliability and reduction of losses with setup and scraps, costs in its operations. For this purpose, it was necessary to study the methods and improvements that could be implemented, in order to reduce these productivity losses, which are factors that generate costs for the company. From the monitoring data of the processes and their parameters, a comparative analysis between the old methods of productivity and data related to productivity, delivery delays and scrap was made possible, with the data obtained after the implementation of some improvements and the implementation of some setup controls and tool control that can be done thanks to this study.*

**Keywords:** *Increased productivity; Reduction of broke; Optimization of setup and production*



## LISTA DE FIGURAS

1	Ilustração do movimento de fresamento.....	20
2	Ilustração do movimento da broca.....	20
3	ilustração de movimento de torneamento.....	21
4	Anilag Industria e comércio Ltda.....	30
5	Indicador mecânico de posição.....	31
6	Cadinho.....	32
7	Ilustração de um molde de peças.....	32
8	Torno CNC.....	33
9	fresadora CNC.....	35
10	Imagem ilustrativa da pinça.....	36
11	Cabeçolho padronizado.....	40

## **LISTA DE TABELAS**

1	Controle de tempo de Setup.....	37
2	Controle de tempo de setup de operações.....	37
3	Controle de tempo de Setup, otimizado.....	39
4	Controle de tempo de setup de operações otimização.....	39

## SUMÁRIO

<b>1</b>	<b>INTRODUÇÃO .....</b>	<b>12</b>
<b>2</b>	<b>REFERENCIAL TEÓRICO.....</b>	<b>13</b>
<b>2.1</b>	<b>Usinagem industrial.....</b>	<b>13</b>
2.1.1	Conhecendo mais sobre usinagem.....	14
2.1.2	Evolução da usinagem.....	14
2.1.3	Usinagem moderna.....	15
2.1.4	Implantação da usinagem em indústrias.....	16
2.1.5	Vantagens e desvantagen.....	17
2.1.5.1	Vantagens.....	17
2.1.5.2	Desvantagens.....	17
<b>2.2</b>	<b>Fatores fundamentais em usinagem industrial.....</b>	<b>17</b>
1.2.1	Matérias prima e suas propriedades.....	17
1.2.2	Ferramentas de usinagem.....	18
1.2.2.1	Movimentos que causam saída direta de cavaco.....	18
1.2.2.2	Que não tomam parte direta na formação do cavaco.....	18
1.2.2.3	Direções de movimento.....	21
1.2.3	Velocidade de corte ( $V_c$ ).....	21
1.2.4	Velocidade de avanço ( $V_f$ ).....	22
1.2.5	<i>Setup</i> e preparação de maquinas.....	23
1.2.6	Manutenção preditiva.....	24
1.2.7	Fluidos de cortes e sua relevância.....	25
1.2.8	Controle de qualidade e adequação em linha.....	25
<b>2.3</b>	<b>Diagrama de produção.....</b>	<b>26</b>
<b>2.4</b>	<b>Fatores que podem otimizar o desempenho da usinagem.....</b>	<b>28</b>
2.4.1	Controle de orçamento.....	28
2.4.2	Racionalização e adequação das ferramentas.....	28
2.4.3	Manutenção preditiva.....	29
2.4.4	Preparação de operadores para <i>setup</i> .....	29
2.4.5	Adaptação a matéria prima que irá ser usinada.....	29
<b>3</b>	<b>METODOLOGIA .....</b>	<b>30</b>
<b>3.1</b>	<b>Cronograma da empresa de pesquisa.....</b>	<b>30</b>

3.1.1	Fundição.....	30
3.1.2	Preparação para linha de produção.....	31
3.1.3	Ordem de produção e desenho.....	32
3.1.4	Torno CNC.....	33
3.1.4.1	Setup e preparação torno CNC.....	33
3.1.5	Fresa CNC .....	34
3.1.5.1	Setup e preparação fresam CNC.....	35
<b>4</b>	<b>RESULTADOS E DISCUSSÃO .....</b>	<b>36</b>
<b>4.1</b>	<b>Preparação de ferramental e setup.....</b>	<b>36</b>
4.1.1	Melhorias implantadas para otimização do setup.....	38
4.1.2	Atualização nos programas e correções.....	39
4.1.3	Manutenção preditiva de Moldes e ferramentas.....	41
<b>4.2</b>	<b>Resultados obtidos.....</b>	<b>41</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSÃO .....</b>	<b>42</b>
<b>6</b>	<b>REFERÊNCIAS .....</b>	<b>43</b>

## 1 INTRODUÇÃO

A usinagem é utilizada há anos como um processo na fabricação de peças que necessitam de uma exatidão e toda sistemática que envolve: medidas precisas, rebaixos, raios, ângulos, canais e diversos fatores que são cruciais ao processo na confecção de peças. Na maioria das vezes em que a indústria aplica usinagem, ela é usada para transformar blocos metálicos fundidos, forjados ou pré-moldados em uma geometria como assim desejar, tem tamanho e acabamento especificados de acordo com as necessidades de projeto. Quase todos os produtos manufaturados possuem características que precisam ser usinados, muitas vezes com grande precisão, podendo dizer que é um dos processos mais importantes do sistema de manufatura, agregando valor ao produto final (SOUZA, 2011).

É cada vez mais evidente que o mercado na área de usinagem vem evoluindo rapidamente, e para se manter neste mercado as empresas buscam ter uma qualidade e uma exigência cada vez mais rigorosa. A busca por produtos de alta qualidade e com um custo baixo é um dos principais fatores que fazem com que o consumidor escolha determinado produto. Justamente pelo fato de o consumidor visar suas escolhas em cima de qualidade e com um bom custo benefício, as indústrias se veem na obrigação de aperfeiçoar seus processos produtivos para suprir as exigências do mercado atual trabalhando com a matéria prima barata. OHNO(1997)

Segundo Campos (1992), a garantia da qualidade é uma função que visa confirmar que todas as ações necessárias para atendimento das necessidades dos clientes estão sendo realizadas conforme os padrões estabelecidos sendo melhor que a concorrência. Melhorias devem ser feitas e uma delas é não só visando o cliente, mas também a redução de refugos e retrabalho, para diminuir o tempo de execução e o gasto com retrabalhos.

Para se ter uma otimização em um centro de usinagem é necessário visar alguns aspectos que são cruciais para se manter no mercado competitivo, quais aspectos seriam necessários para se obter sucesso, qualidade e produtividade, sendo referência no cenário atual.

Com base em estudos realizados em um centro de usinagem de uma empresa de equipamentos de segurança, foram detectados vários fatores que geram atrasos em linha e refugos para a empresa, onde a maior causa destes problemas é gerada, perdas, atrasos de setup, ferramentas, parâmetros. Com base nesses problemas, através de pesquisas em artigos e livros, apresentou melhorias que podem ser implantadas para aperfeiçoar o processo, aumentar

produtividade e reduzir perdas e ter um controle melhor do processo, podendo atender as demandas sem exceder o prazo de entrega.

O Objetivo deste trabalho é desenvolver um estudo baseado em melhorias que podem reduzir tempo com setup, refugos e retrabalhos gerados por falhas humanas, ferramental, setup e falta de um controle mais elaborado de qualidade, atendendo as necessidades da empresa de pesquisa.

De acordo com Deming (2000) julga que, qualidade significa atender e, se possível, exceder as expectativas do consumidor. Empresas buscam sempre obter essas melhorias para virar referência em qualidade sem ter prejuízos com perdas e mão de obra não esperadas.

Segundo Pietro e Carvalho (2005), qualidade é o resultado de um esforço de planejamento, que conta com a participação de todos da organização, desde a diretoria ao chão de fábrica, sem restrições de áreas de qualquer setor produtivo. Com isso visando melhorias na qualidade e na produção, na redução de refugos, tempo de produção, preparação e setup e um melhor controle de qualidade, corrigindo os erros e falhas mais frequentes que geram estes tipos de problema nas empresas.

Com base em problemas vistos em linha de produção em uma empresa de usinagem, onde são feitos equipamentos de segurança para transformadores de pequeno e grande porte, foi feito um estudo em artigos e livros, a fim de reduzir esses problemas elaborando métodos e processos que facilitem o processo e aumente a qualidade sem perder o desempenho da produção e reduzir refugos, aonde vem gerando atrasos que se não tomar medidas para corrigir essas falhas podem causar atraso e uma perda de comprometimento de uma empresa que é referência em qualidade e segurança, com grandes empresas de referência mundial que confiam nos equipamentos usinados e confeccionados pela empresa de estudo.

## **2 REFERENCIAL TEÓRICO**

### **2.1 Usinagem industrial**

A usinagem industrial consiste em converter um pedaço de metal em uma peça industrial. Para isso são realizadas operações onde se modifica e elimina o material. Seja um lingote, uma peça fundida ou uma barra de metal pode ser alterado utilizando técnica, como a usinagem ou fresamento, onde podem ser produzidas todo tipo de tamanho, geometrias,

atendendo principalmente demandas industriais ou confeccionando seus próprios equipamentos e peças. Com seu principal objetivo, facilitar os processos através de peças, que comumente são feitas através de chapas ou peças fundidas em moldes. (Sandvik Coromant ,2010)

No processo de usinagem para que seja executada, a empresa cria determinada peça, onde é esboçada em um desenho técnico, com formas e medidas, exigidas pela empresa ou pela indústria solicitante. E através desse desenho ou projeto será feita uma análise pelos profissionais responsáveis pelo processo, que utilizarão seu conhecimento técnico para planejarem a melhor forma e técnica de se executar respeitando as exigências necessárias e seleção das ferramentas necessárias para tal projeto. (Sandvik Coromant ,2010)

### 2.1.1 Conhecendo mais sobre usinagem

De acordo com ROOMS (2013). Para poder satisfazer às exigências crescentes feitas a qualidade das e a viabilidade econômica do processo de fabricação, as ferramentas devem ser usadas de forma econômica para que todas as grandezas que participam no processo de usinagem como, geometria da ferramenta, condições de corte, material da peça e materiais auxiliares, tenham a sua influência e seu efeito sobre o resultado do trabalho considerado. A usinagem é um processo que dá forma a um material bruto através da remoção de material que é feito através de um cisalhamento controlado, com o auxílio de uma máquina e ferramentas de corte. Onde o material removido é denominado como cavaco, onde sua temperatura e forma estão interligadas a configurações de usinagem. Existem algumas características que são à base de uma ferramenta de corte que são elas: ângulo de posição, saída, folga e raio de ponta.

As ferramentas utilizadas para cortes e canais podem ser utilizadas para destacamento, sangramento, acabamento, podendo ser utilizada a mesma ferramenta para várias funções! O que vai difere uma função para outra, vai ser avança e rotação de corte, posicionamento e conhecimentos de usinagem. (ROOMS,2013)

### 2.1.2 Evolução da usinagem

O processo de usinagem vem em constante evolução, onde tem como parte fundamental no processo produtivo e portando uma base consolidada na indústria. O contínuo estímulo à evolução e a formulação e descoberta de materiais, com propriedades mecânicas melhores e mais fáceis de trabalhar. Por sua vez, impulsionam o aprimoramento de matérias primas, onde são desenvolvidas novas ferramentas, fluidos de corte e até mesmo novos processos.

Com o desenvolvimento de máquinas e principalmente com a implantação do CNC (Controle numérico computadorizado), trouxe uma melhoria de qualidade e produção, com redução de tempos de ajustes e preparação, redução de perdas de produção e tolerâncias dimensionais mais restritas com uma precisão superior aos humanos. (Caio Torres/ 2020)

Atualmente existem softwares ainda mais modernos que o CNC, tais como o CAD (*computer-Aided Design*), CAE (*computer-Aided Engineering*) e FMS (*Flexible Manufacturing System*), CAM (*Computer Aided Manufacturing* –Fabricação assistida por Computador), CAE (*Computer Aided Engineering* –Engenharia Assistida por Computador), CAPP (*Computer Aided Process Planning* –Planejamento do Processo Assistido por Computador), CBS (*Computer Business Systems* – Sistemas de Negócios Computadorizados), CIM (*Computer Integrated Manufacturing* – Fabricação Integrada por Computador), entre outras, que são siglas bastante populares que têm como característica comum, o emprego do computador, eliminando falhas comuns do passado e aperfeiçoando e automatizando as várias etapas de um processo produtivo. Que quando integrados, tem um incrível potencial, pois são capazes de otimizar a seleção de materiais, geometria de mecanismo, topologia de peças, estratégias e parâmetros de usinagem, minimizar despesas e aumentar a produtividade. Mesmo sendo sistemas bem mais modernos que o CNC, as empresas ainda optam pelo CNC, pelo fato de ser de fácil entendimento e ainda ser eficiente o suficiente para suprir as necessidades da empresa e do trabalho. (Caio Torres/ 2020)

### 2.1.3 Usinagem moderna

Atualmente existem no mercado centros de usinagem capazes de atender exigências precisas de acabamentos e precisões, com equipamentos capazes de se trabalhar em diversos planos cartesianos, com equipamentos de até 5 eixos, capazes de trabalhar em alta velocidade, fácil operação e programação e um controle de qualidade.

Quando se programa numa máquina com controladores modernos, o processo é controlado com uma precisão que não seria capaz de se produzir grandes quantidades mantendo dentro desses parâmetros, graças ao sistema de transformação cinemática já integrado em diversas máquinas novas CNC. Assim, o operador só precisa pensar sobre o movimento relativo entre a mesa, ferramenta e a peça, para não haver colisão das mesmas, utilizando ferramentas capazes de executar tal processo sem causar problemas de operação inadequada, e o trabalho fica com o centro de usinagem. (SILVA; 2014).



#### 2.1.4 Implantação da usinagem em indústrias

Para Diniz (2003), os itens ou peças que são resultantes de processos como o de fundição, conformação e soldagem, podem ser produzidos com o dimensional próximo das medidas finais, ou seja, não tem uma tolerância tão apertada e pode ser controlada nos seus processos. Há produtos que necessitam de tolerâncias menores após sair dos processos de origem, passam por operações de remoção de material até atingir o objetivo final. Para atender as devidas aplicações, esse processo de remoção de material precisa alcançar baixas tolerâncias especificadas, o que caracteriza o processo de usinagem.

A usinagem pode ser realizada com máquinas convencionais, com controle numérico e máquinas numéricas computadorizadas, adicionando diferentes tarefas operacionais, como as funções de usinagem comuns à tornos, fresadoras e plainas. Na indústria também se usa máquinas com controle numérico computadorizado chamado de CNC, em um modo geral, as operações básicas de usinagem podem ser: torneamento, fresamento, furação e retificação (PIMMEL; SEVERO E GUIMARÃES, 2013).

A implantação de um centro de usinagem não é algo tão simples, pois tem vários pontos a serem estudados antes de quaisquer iniciativas. Alto custo com equipamentos tais como tornos e fresas CNC como também ferramentas de corte, brocas, e necessária também uma matéria prima a ser trabalhado, seja alumínio, ferro fundido, aço, latão, bronze, ou algum outro tipo de material que seja capaz de atender as expectativas do mercado e que tenha um custo benéfico acessível para empresa isso vai variar de acordo com o tipo de material a ser utilizado como matéria prima, mão de obra qualificada, gestão e qualidade, e devidos cuidados ambientais.

As empresas que optam por implantar um centro de usinagem, também precisam ter em mente que precisa ter qualidade, seguir padrões, normas para padronizar para não sofrer tanto para se encaixar no mercado atual.

Apesar de ser um investimento que requer um custo alto, ele também é um investimento que gerará um retorno rápido, já que a demanda no mercado está alta no ramo de usinagem. (PIMMEL; SEVERO E GUIMARÃES, 2013).

#### 2.1.5 Vantagens e desvantagens

Será apresentado a seguir algumas vantagens e Desvantagens da usinagem industrial.

### 2.1.5.1 Vantagens

- Consistência nas peças criadas
- Possibilidade de criar vários formatos de peças;
- Precisão e excelente acabamento;
- Custo acessível;
- Criação de peças em pequenas, médias e grandes quantidades
- Produções com velocidade e acabamento

### 2.1.5.2 Desvantagens

- Perdas de material
- Precisa ter mão de obras qualificadas
- Desgaste de ferramentas
- Gastos com equipamentos de refrigeração (óleos refrigerantes)

## 2.2 Fatores fundamentais em usinagem industrial

São fatores que são necessários para dar tese ao estudo em um centro de usinagem, para se obter uma conclusão relevante e assertiva ao método de aplicação para aperfeiçoar o processo e reduzir as perdas da empresa de estudo.

### 2.4.6 Matérias prima e suas propriedades

As matérias primas a serem utilizadas em um centro de usinagem geralmente são optadas pelo custo benefício. Para se ter uma idéia das propriedades de cada material foi feito um estudo com as propriedades do Alumínio, Latão, que são as matérias que são mais utilizadas nas indústrias de usinagem.

- **Alumínio:** das propriedades interessantes do alumínio incluem boa aparência, facilidade na fabricação, boa resistência à corrosão, baixa densidade, alta proporção de força para o peso e alta resistência à fratura, com isso o alumínio é um dos materiais mais econômicos e estruturalmente eficazes utilizados na fabricação de peças comerciais.
- Quando exposto ao ar, forma-se quase instantaneamente uma camada de óxido de alumínio na superfície do alumínio. Essa camada tem excelente resistência à corrosão.

É bastante resistente à maioria dos ácidos. Não tem tanta resistência à tração muito altas. No entanto, com a adição de elementos como manganês, cobre, magnésio e silício podem aumentar-se as propriedades de resistência do alumínio e produzir-se uma liga com propriedades sob medida para aplicações específicas.

- Sua condutividade térmica é três vezes melhor que a do aço, e excelente na troca de calor com um ótimo resfriamento. (DAVIS,1993).
- **Latão:** latão é um tipo de liga metálica, feito através da junção de Cobre (Cu) e Zinco, suas principais características em relação a outros metais e, principalmente, para definir sua aplicabilidade no mercado nacional são a propriedades do latão que se tornam vantagens quando ele é comparado com outros metais e ligas metálicas como o brilho, maleabilidade, condutibilidade.
- Podemos somar às propriedades positivas do latão a sua intensa resistência mecânica e à corrosão. Essas características tornam o latão uma liga metálica diferente das outras, mais funcional e com propriedades ideais para vasta aplicação. Suas boas características, o torna um material perfeito para uma série de trabalhos. TORRES M. (2008)

#### 2.4.7 Ferramentas de usinagem

De acordo com Miguel (2010), a usinagem depende diretamente de matérias com ótima qualidade, com certas características que permite uma resistência a severas condições de operação. A seleção correta das ferramentas de usinagem é de suma importância para que não se tenha prejuízos e atinja os elevados requisitos de qualidade, sendo assim a ferramenta de corte tem uma importância enorme em um centro de usinagem, e com isso é um dos fatores que gera um custo significativo de produção.

Onde há uma necessidade de entender um pouco mais sobre as ferramentas de corte e suas aplicações, relacionando parâmetros de usinagem que envolvem avanço, velocidade, variação do custo da ferramenta em relação a desgaste, para obter uma análise concreta sobre o estudo em si.

A norma ABNT NBR 6162/1989 - Movimentos e Relações Geométricas na Usinagem dos Metais - Terminologia, trata justamente desses conceitos. Onde são apresentadas algumas definições básicas baseada nesta Norma. Conceitos que se referem a um ponto genérico da

aresta cortante, dito “Ponto de Referência”. Nas ferramentas de barra este ponto é fixado na parte da aresta cortante próximo à ponta da ferramenta.

Os movimentos em um processo de usinagem são movimentos relativos entre aresta cortante e a peça. Considerando a peça parada. Com isso deve-se distinguir dois tipos de movimentos, os que geram saída de cavaco e os que não tomam diretamente parte na retirada de cavaco. (MIGUEL,2010).

#### 2.4.7.1 Movimentos que causam saída direta de cavaco:

- **Movimento de avanço:** Movimento entre a peça e a ferramenta, juntamente com o movimento de corte, causando a retirada contínua de cavaco.
- **Movimento efetivo:** Resultante do movimento de corte e avanço, realizados ao mesmo tempo.
- **Movimento de corte:** Movimento entre ferramenta e peça, o qual sem o movimento de avanço origina uma única retirada de cavaco.

#### 2.4.7.2 Que não tomam parte direta na formação do cavaco

- **Movimento de ajuste:** Movimento entre a peça e a ferramenta para determinar a espessura de material a ser retirado (ou profundidade de corte)
- **Movimento de Aproximação:** Movimento entre peça e ferramenta, na qual a ferramenta, antes da usinagem e aproximada da peça.
- **Movimento de recuo:** Movimento entre a aresta de corte e a peça, com o qual a ferramenta, após a usinagem e afastada da peça

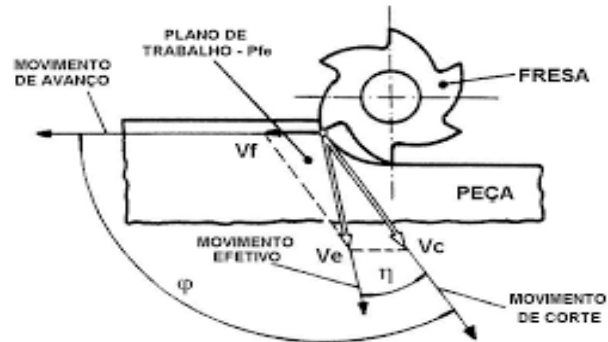
#### 2.4.7.3 Direções de movimento

As direções de movimento que causam diretamente retiradas de cavaco são:

- **Direção de corte:** direção instantânea do movimento de corte;
- **Direção efetiva:** direção instantânea do movimento efetivo de corte;
- **Direção de avanço:** direção instantânea do movimento de avanço;

As figuras a seguir ilustram essas direções para o fresamento, furação e torneamento, respectivamente.

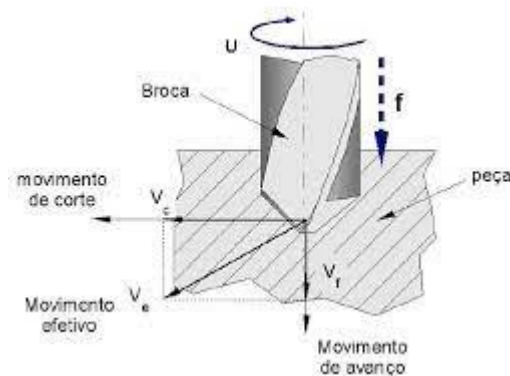
Figura 1: Ilustração do movimento de fresamento.



Fonte: MECÂNICA UFRJ (2009).

Na furação também possui, movimentos como o efetivo, corte e avanço. Como está ilustrado na figura a seguir.

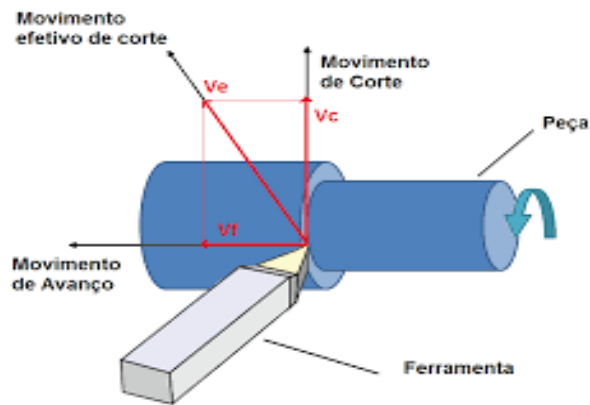
Figura 2: Ilustração do movimento da broca.



Fonte:GEOCITIES.WS. (2002)

No processo de torneamento também é necessário ter esses movimentos, que serão ilustrados na figura a seguir.

Figura 3: ilustração de movimento de torneamento.



Fonte: MECANICA UFRJ (2009).

### 2.2.3 Velocidade de corte ( $V_c$ )

A velocidade de corte e a velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante da ferramenta, seguindo a direção e sentido de corte. Onde se tem processos com movimentos de rotação, a velocidade de corte ( $V_c$ ) e calculada pela equação:

$$V_c = \frac{\pi \cdot \phi \cdot n}{1000} \text{ [mm/min]} \quad (1)$$

Onde:  $\phi$  diâmetro da peça ou ferramenta em mm;

$n$  Rotações por minuto;

### 2.2.4 Velocidade de avanço ( $V_f$ )

Velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante da ferramenta, seguindo a direção e sentido de avanço. Dada pela seguinte equação:

$$V_f = F \cdot n \text{ [mm/min]} \quad (2)$$

Onde:  $F$  avanço em mm/ volta;

$n$  número de rotações por minutos.

#### 2.2.4 Velocidade Efetiva de Corte ( $V_e$ ):

Velocidade instantânea do ponto de referência da aresta cortante da ferramenta, segundo a direção e o sentido efetivo do corte. Onde e dada pela seguinte equação.

$$V_e = V_f + V_c \text{ [mm/min]} \quad (3)$$

Onde:  $V_f$  Velocidade de avanço;

$V_c$  Velocidade de corte;

Para ferramentas que possui mais de uma aresta de corte, como a fresa e necessário calcular o avanço por dente ( $F_d$ ). Onde cada dente corresponde a geração de 2 superfícies em usinagem consecutiva. O cálculo e dado pela seguinte equação.

$$F = F_d \cdot Nd \text{ [mm/min]} \quad (4)$$

Onde:  $F$  avanço

$Nd$  Numero de dentes

Para Schaeffer (1995), “o material mais largamente empregado na conformação mecânica é o aço.” Existem inúmeros materiais para ferramentas de corte. As ferramentas de aço utilizadas na usinagem são compostas por aços rápidos, que são aços de alto carbono usualmente ligados a elementos como Tungstênio, Cobalto, Molibdênio e Vanádio. “Constituem estes aços o grupo mais importante de aços para ferramentas e matrizes, porque são eles que apresentam o melhor comportamento sob o ponto de vista de amolecimento pelo calor”.

Existem inúmeras ferramentas bits, pastilhas com formas geométricas próprias para cada tipo de usinagem, seja um canal, desbaste, raio, ferramentas para confecção de roscas interna.

Os bits podem ser modelados de acordo com as necessidades de usinagem, já as pastilhas têm formas geométricas específicas para cada tipo de operação, onde a pastilha tem um melhor acabamento e pode trabalhar com condições de avanço e rotação mais elevados comparado com os bits, que depende muito se o ângulo de afiação foi respeitado pelo operador que o modelou. (CHIAVERINI, 1986).

### 2.2.5 *Setup* e preparação de máquinas

De acordo com Shingo (2010), muitos gestores de indústrias consideram uma produção diversificada como seus grandes desafios. Com isso empresas de usinagem buscam sempre inovar com modelos e peças diferentes, de acordo com as exigências dos clientes, a necessidade de atender todas as demandas a necessidade de fazer *setup* com curto período de produção e maior. Para fazer essa análise Shingo descreveu alguns pontos:

1. Inicialmente podem existir itens parecidos, usar mesmas ferramentas, permanecendo as ferramentas já usadas adicionando o que faltar ou remover as que não forem utilizadas, sem a necessidade de troca na fabricação de mais de um item.
2. Podem possuir itens similares de *setup*. Produtos diferentes mais com as mesmas formas geométricas ajustando apenas algumas correções como placa, profundidade, tornando o *setup* mais simples.
3. Se possível antecipar outras ordens de produção que tenha o mesmo produto a ser usinado, para não precisar ter que refazer o *setup* por conta de outro produto.
4. Sempre que possível diminuir a dependência de fazer, errar para depois acertar.
5. Eliminar processos que dificultam o processo, buscando sempre fazer de uma maneira fácil e simples!
6. Diminuir mudanças desnecessárias, para não perder tempo se *setup* com algo que já está bom.

A busca para diminuir os tempos de *setup* para troca de um lote para o outro, tem o objetivo de operar com lotes pequenos sem perder a produtividade e qualidade. Também produzir vários tipos de produto em um mesmo turno, reduzindo custos relacionados com preparação de máquinas (Shingo, 2010).

Para Harmon e Peterson (2008), empresas buscam redução em tempos de *setups* de máquinas, onde foi identificado ser possível reduzir este tempo pela metade, e aproveitar o tempo ganhado no *setup* produzindo.

A redução de tempo para substituir uma peça e também muito importante por três razões. (HARMON, PETERSON, 2008).



1. A produção destes lotes já se tem um custo elevado, e o *setup* é algo que gera muito custo para a empresa, que por consequência faz com que os pedidos não sejam produzidos no horário comercial. Fazendo com que as empresas tenham gastos com mão de obra, por conta de horas extras.
2. Com técnicas que possa facilitar o *setup* e troca de ferramentas, diminuem-se a probabilidade de erros no *setup* de ferramentas e instrumentos. Gerará uma melhora na produtividade, aumento de lucro e redução de custos para a empresa, gerando oportunidade de melhorias em promoções e maquinários.
3. Os *setups* podem também ser feitos *offlines*, aqueles *setups* que podem ser feitos fora da linha, enquanto a máquina estiver trabalhando, nesse intervalo de tempo o colaborador irá preparar as ferramentas que serão utilizadas para a próxima operação.

Wiese (2007) explica que *setup* interno é onde ocorrem operações que podem somente ser realizadas quando a máquina está parada, e *setup* externo aquelas situações em que podem ser realizadas quando a máquina está em operação, não necessita de que a máquina esteja parada. Esse método pode ser utilizado para não ter tanta perda de tempo no *setup*.

#### 2.2.6 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva tem o objetivo de diminuir a probabilidade de falhas nos equipamentos, reduzindo outros tipos de manutenções que geram problemas mais sérios, onde é necessário parar a produção para corrigir essas falhas, onde essa manutenção pode ser feita pelo próprio operador. (GARCIA; NUNES, 2014)

Se compararmos com outras manutenções à preditiva acaba sendo a mais completa, que requer maior preparo que envolve maior uso de tecnologia, crucial na era das indústrias 4.0, e geralmente é usada em equipamentos que possuem maior valor agregado.

Além de antever alguns problemas, esse tipo de manutenção é voltado para acompanhamento dos resultados dos reparos feito pelo operador, a onde são elaborados planos e ações periódicas, com uma análise crítica e com dados baseados em números.

A partir disso, como fonte de garantir ao processo de produção o funcionamento dos equipamentos, destaca-se a importância do tema manutenção preventiva às empresas (KARDEC; NASCIF, 2013), pois cabe à manutenção a responsabilidade de manter a disponibilidade dos equipamentos e buscar continuamente formas eficientes de prevenir falhas, sem comprometer a qualidade, a competitividade e os prazos determinados pela empresa

(GARCIA; NUNES, 2014). Faz parte do cotidiano da manutenção o termo confiabilidade, que representa o que a organização espera da função manutenção (KARDEC; NASCIF, 2013). Sendo que um programa de manutenção preventiva bem elaborada pode minimizar custos e maximizar a qualidade da empresa (GARCIA; NUNES, 2014).

#### 2.2.7 Fluidos de cortes e sua relevância

Os óleos são misturas de substâncias que vão desde alcanos bastante simples até compostos mais complexos como asfaltenos (RAO, 2002). A constituição dos óleos minerais deve-se ter em mente que o produto não pode apresentar efeitos danosos ao ambiente e nem a saúde. A exposição direta do operador com o óleo mineral, por exemplo, pode causar doenças respiratórias, de pele, e risco de câncer. (TOLBERT, 1992 e YONG, 1997).

Existem diversos tipos de óleos refrigerantes os mais comuns são os fluidos sintéticos (HCFC/ HFC/ HFO/HLP), que são as mais utilizadas, e esses fluidos são diluídos em grande quantidade de água, para reduzir os danos, e mesmo assim ajudar na refrigeração na hora que for feita uma usinagem, onde o óleo tem como função: reduzir o atrito entre a ferramenta e a peça, aumentar a vida útil das ferramentas, refrigerarem o calor causado pelo atrito da ferramenta e a peça.

#### 2.2.8 Controle de qualidade e adequação em linha

Se tiver um controle de qualidade e crucial para se ter uma qualidade, de acordo com Carpinetti, Miguel e Gerolamo (2007), o conceito qualidade evoluiu ao longo do tempo, já que no início dos anos 50, a qualidade significava perfeição técnica, ou seja, um projeto ou fabricação que conferiram perfeição técnica ao produto.

A partir dessa década, com a divulgação dos trabalhos de grandes e estilosos como Juran, Deming e Felgenbaun, nomeados gurus da qualidade, percebeu-se. Que a qualidade está associada não só ao grau de perfeição técnica, mais também atender aos requisitos do consumidor, produto ou serviço. Logo, a qualidade passou a ser considerada como satisfação para o consumidor a adequação do produto e serviço ao uso.

Existem oito dimensões da qualidade fornecidas por Garvin (1992), que influenciam diretamente na escolha do produto pelo cliente. São apresentadas a seguir tais dimensões e seus principais pontos:

- Desempenho: O consumidor avaliará se o produto realiza a função ou as funções pretendidas e o quão bem as desempenha.
- Confiabilidade: Avaliação da frequência de falhas do produto. Alguns produtos são complexos e exigirão reparos ao longo de sua vida útil.
- Durabilidade: Quanto tempo o produto durará, ou seja, qual a vida útil real do produto. O desejo do consumidor é que o produto tenha um bom desempenho por um longo período de tempo
- Assistência Técnica: Qual a facilidade de conserto do produto. A rapidez e economia no reparo de produtos são influenciadoras e fazem parte da qualidade de um produto de acordo com o consumidor.
- Estética: A aparência do produto também tem sua importância. São levadas em conta características como estilo, cor, forma e embalagem.
- Características: Essa dimensão leva em consideração o que o produto faz. Produtos que apresentam características além do desempenho básico, obviamente são mais atraentes.
- Qualidade Percebida: A reputação do fabricante do produto é influenciadora do consumidor. Quesitos como qualidade do produto e atendimento ao consumidor são critérios que podem comprometer ou beneficiar uma companhia.
- Conformidade com Especificações: Geralmente, um produto com alta qualidade, apresenta exatamente as especificações a ele destinadas.

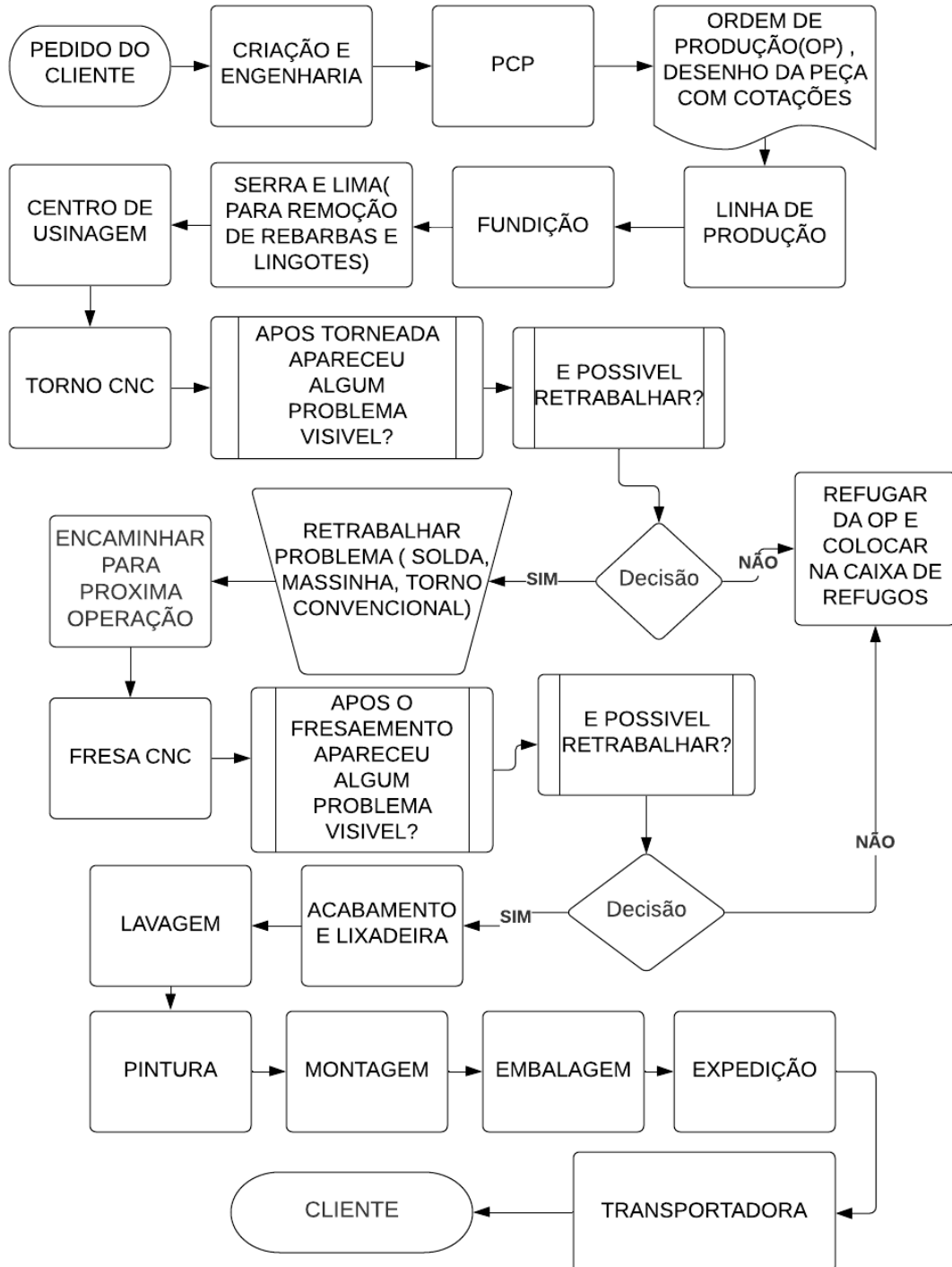
Visto a importância da qualidade para o cliente, que é elemento crucial numa organização, a busca por estratégias voltadas para a obtenção de uma adequada. Gestão da Qualidade se torna cada vez mais presente nas empresas.

Então para se ter um controle de qualidade a empresa precisa ter pessoas responsáveis para se fazer um controle, visando esses tópicos citados para não apenas atender à os clientes mais também fazer com que a empresa se torne referência em vender um produto com esses requisitos de qualidade.

### **2.3 Diagrama de produção**

O Diagrama a seguir é baseada no cotidiano de um centro de usinagem de uma empresa de equipamento de segurança localizada em São Gonçalo do Sapucaí-MG próximo à rodovia Fernão Dias.

Diagrama 1: Diagrama de produção.



Fonte: O autor (2021).

## 2.4 Fatores que podem otimizar o desempenho da usinagem

A necessidade de melhorias é essencial para se ter um diferencial, não só pelo custo benefício, e sim também pela qualidade dos produtos. Para se tornar referência quando se falar de qualidade.

A seguir abordaremos alguns pontos que são de grande importância se ter em um centro de usinagem para se ter uma melhora no desempenho de usinagem industrial.

### 2.4.1 Controle de orçamento

O orçamento empresarial é considerado atualmente, por muitas organizações, uma ferramenta essencial no processo de gestão e tomada de decisão. Sua utilização vem sendo difundida na medida em que as empresas detectam a necessidade de planejar suas receitas, gastos, investimentos e despesas, possibilitando projetar seus fluxos de caixa e antecipar-se nas tomadas de decisão. (PADOVEZE, 2012). Antes mesmo de discutir o seu orçamento para um investimento, deve considerar o custo benefício, serviço, produto. Uma ferramenta seja de excelente qualidade, mas está trabalhando no limite das especificações do fabricante, pode gerar problemas como desgaste, acabamento irregular, quebrar a ferramenta.

O orçamento pode ser entendido como um meio de quantificar econômica e financeiramente as operações da empresa em um determinado exercício, de acordo com as diretrizes estabelecidas no planejamento estratégico (SOARES; NEVES JÚNIOR, 2004). Ou seja, é necessário fazer um controle de metas e perspectivas durante toda etapa de tomada de decisão, para assim investir em ferramentas que darão melhor retorno possível.

### 2.4.2 Racionalização e adequação das ferramentas

Empresas que trabalham com a usinagem é necessário estudar formas de aperfeiçoar a aplicação de ferramentas visando aumentar o desempenho.

Ou seja, ao invés de optar pela aplicação de ferramentas em uma operação de cada vez (o que é necessário a utilização de várias ferramentas específicas para a criação de cada uma das características de uma peça) onde acaba gerando custos para a empresa, é possível alcançar mais economia e produtividade por meio de um planejamento de ferramentas dentro do magazine da máquina operatriz e até mesmo da programação de etapas do processo de usinagem. (NEVES; SANTOS, 2008).

Ordenar as atividades de forma específica no tempo e no espaço, com início, meio e fim, significa ter um processo (SCARTEZINI, 2009). A organização de ferramentas que serão utilizadas dentro do centro de usinagem, ajudará a se ter um controle melhor das ferramentas. (SILVA e MOREIRA, 2009).

#### 2.4.3 Manutenção preditiva

A manutenção preditiva é essencial, pois ela que garantirá uma vida útil a máquina e ferramentas. Onde a mesma se baseia em avaliações periódicas que realizam a substituição de peças antes que elas pudessem causar falhas e problemas mais sérios como problemas de funcionamento, paradas de produção. Onde a manutenção garante que não haja nenhum tipo de interrupção na linha de produção ou questão mais graves que possam atingir a máquina. (BRITO, 2002).

#### 2.4.4 Preparação de operadores para setup

A capacitação de operadores com treinamentos de setup rápido e cursos, para que possam ter um padrão de trabalho e todos terem um conhecimento de fatores que ajudaram em uma boa usinagem, fatores que ajudam a melhorar a produtividade da empresa e a vida útil de equipamentos de usinagem sendo capaz de identificar problemas como: rotações e avanços exagerados, ferramentas com afiação ruins, aperfeiçoamento de programação. (MOURA, 1996).

#### 2.4.5 Adaptação a matéria prima que irá ser usinada

Deve se ter em mente o tipo da matéria prima a ser trabalhada, a matéria prima pode variar de indústria para indústria, onde o custo benefício é algo que varia muito dependendo do tipo de produto que a indústria fabrica, se a indústria pode optar por um material com o custo mais acessível, como latão bronze, alumínio, o alumínio é um material que tem o custo mais acessível que o aço e também é mais fácil de trabalhar com produções de grande escalas, o cavaco do alumínio também pode ser revendido sem perder tanto o seu valor. DEMING (2000).

### 3.METODOLOGIA

Foi elaborado um estudo, que relaciona métodos, técnicas e cuidados, para se obter uma otimização com as perdas e ganhos com *setup* e produtividade .Os pontos de estudos foram realizados em um centro de usinagem de uma empresa situada na cidade de São Gonçalo do Sapucaí – MG a beira da Rodovia Fernão Dias km 801, no período de Julho/2021 a Outubro/2021, sob a incumbência dos setores de engenharia, qualidade e produção.

Figura 4: Anilag Industria e comércio Ltda.



Fonte: ANILAG (2021)

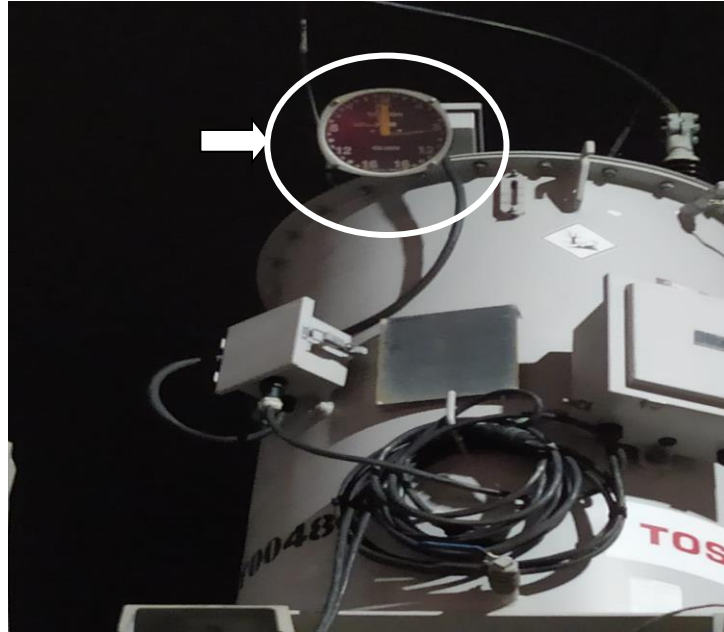
Foi elaborado um acompanhamento de controle baseado em dados obtidos pelo processo antigo, afins de comparar com os métodos e implantações de melhorias na linha de produção, para se ter uma análise comparativa com dados coletados atualmente a fim de analisar se essas melhorias implantadas na linha de produção, obteve um resultado satisfatório capaz de reduzir alguns problemas relacionados ao centro de usinagem, enfrentados pela empresa de estudo.

#### 3.1 cronograma da empresa de pesquisa

Baseado na linha de produção de uma empresa de usinagem certificada pela ISO 9001: 2015 e ISO 1400, capacitada na para confecção de equipamentos de segurança para transformadores de grande e pequeno porte, encarregada de fornecer seus produtos pra empresas renomadas como WEG, TOSHIBA, e outras, como importações de produtos para Rússia, Argentina, Alemanha, Portugal, Colômbia.

A seguir a imagem mostra um Indicador mecânico de posição, um dos acessórios de segurança fabricado pela indústria em estudo (Anilag), instalado em um transformador da Toshiba, um dos principais clientes da empresa.

Figura 5: Indicador mecânico de posição.



Fonte: Foto tirada por Raí Lisyê Luciano.(2021).

A seguir foi elaborado um cronograma descrevendo as etapas do processo de cada se no centro de usinagem da empresa em estudo.

### 3.1.1 Fundição

A fundição é responsável por grande parte da produção, onde a mesma é responsável por derreter o alumínio que é fornecido por lingotes de 20 kg, comprados pela indústria em questão, onde é utilizado o cadinho que está aquecido a uma temperatura de aproximadamente 600 a 750° c, onde ao adicionar os lingotes no cadinho é necessário utilizar um reagente capaz de tirar algumas impurezas do alumínio, que podem gerar impurezas como trincas e brocas.

Após o alumínio atingir sua forma líquida o colaborador utiliza uma concha própria para este tipo de operação, o alumínio na sua forma líquida é despejado em moldes de ferro fundido que foi coberto com de mãos de grafite utilizando uma pistola de pintura, pelo colaborador antes de ser despejado o alumínio, para facilitar a remoção dos moldes, E assim dando forma as peças.



Figura 6: Cadinho

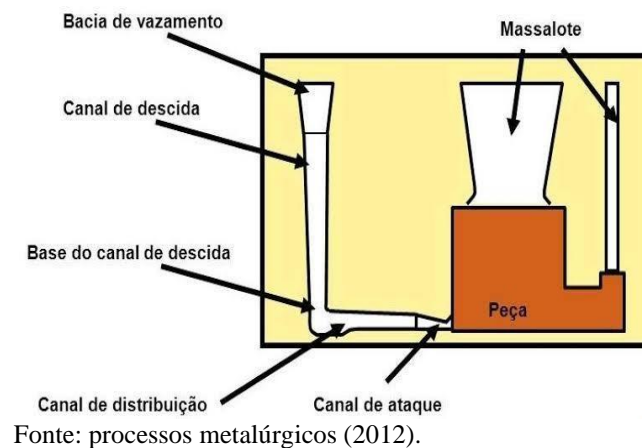


Fonte:O autor (2021).

### 3.1.2 Preparação para linha de produção

Após as peças serem fundidas, são separadas por lotes, onde os colaboradores são responsáveis por serrar o massalote, bacia de vazamento, respiros, limar tirando as rebarbas para facilitar a fixação da peça nos tornos. Após terminar o processo de serra e lima, o colaborador coloca o lote no local correspondente ao código de cada peça

Figura 7: Ilustração de um molde de peças.



### 3.1.3 Ordem de produção e desenho

O PCP é responsável por gerar a ordem de produção junto com o desenho, onde e

encaminhada para o líder do setor responsável por cada operação, desde a usinagem até a expedição. Na usinagem tem quadros onde o líder coloca os códigos das peças a serem usinadas.

#### 3.1.4 Torno CNC

Para Diniz (2003), peças que são resultantes de processos como o de fundição, conformação e soldagem, podem ser produzidos com o dimensional próximo das medidas finais, ou seja, não tem uma tolerância a ser controlada nos seus processos. Há produtos que necessitam de tolerâncias menores após sair dos processos de origem, passam por operações de remoção de material até atender e seu objetivo final. Para atender as devidas aplicações, esse processo de remoção de material precisa alcançar baixas tolerâncias especificadas. A utilização do torno para esta tarefa é necessária onde se consegue medidas aproximadas, conforme o que se pede no projeto

Figura 6: Torno CNC.



Fonte: Anilag (2021).

##### 3.1.4.1 *Setup* e preparação torno CNC

Para cada lote de peça a um código separado de acordo com o produto, esse código é utilizado como número do cabeçalho do programa a ser utilizado nos tornos CNC, o programa é padronizado com dados como data de atualização, revisão do desenho, fixação da peça, com o tipo da castanha e ferramentas que serão utilizadas no processo, onde o operador se encarrega de fazer a leitura do programa e desenho para preparar as ferramentas e dar início na preparação do torno CNC.

Após as ferramentas serem fixadas no eixo árvore, são feitas o zero mento de cada

ferramenta, correspondente as especificações do programa. Sendo necessário a simulação para evitar falhas de operação, e após executar, conferir as medidas se então de acordo com o especificado.

### 3.1.5 Fresa CNC

Uma fresadora pode trabalhar tanto na vertical quanto na horizontal, onde pode executar muitas tarefas, tais como moldagem de superfícies planas e irregulares. Além desta função principal, a máquina de fresar também pode realizar outras tarefas, tais como perfuração, roteamento, planejamento, engrenagens de corte, chato e produção de ranhuras entre outros. O fresamento é utilizado para dar acabamento em superfícies de peças com geometrias que são impossíveis de utilizar um torno convencional para certas operações que na fresa já se torna mais fácil, atualmente existe máquinas que trabalha com a mesa além do deslocamento X, Y e Z, existe fresadoras capaz de trabalhar sua mesa com graus de inclinação, para peças que exigem uma dificuldade maior de usinagem.

A fresa é essencial para um centro de usinagem, onde precisa se ter uma precisão na confecção de peças e ferramentas com diversas geometrias pelo fato de sua precisão em segurar medidas é excelente, a fresa CNC utiliza comandos numéricos, feitos por um programador, para fazer determinada tarefa sem a necessidade de ficar toda hora programando para fazer a mesma atividade.

A imagem a seguir é uma fresadora CNC, utilizada na empresa de estudo, e uma ROMI, modelo D600, que por sua vez, atende muito bem as exigências de produção da empresa, e tem o painel de comando, bem elaborado e de fácil entendimento.

Figura 7: fresadora CNC



fonte: O autor (2021).

#### 3.1.5.1 *Setup* e preparação fresam CNC

Assim como no *setup* do torno CNC, o princípio é o mesmo para o carregamento do programa, o operador utiliza o código da peça para localizar o programa, na máquina onde tem os programas já utilizados e criados pelo programador, caso não tenha e necessário criar o programa para executar as operações necessárias.

Após ser feita a leitura do programa e o que se pede, o operador seleciona as ferramentas a ser utilizada e as colocam em pinças (acessório para engate rápido das ferramentas no eixo árvore e magazine), onde são colocadas em sequência no magazine (responsável por armazenar ferramentas da operação), após o operador colocar todas as ferramentas no magazine, o mesmo utiliza um relógio apalpador que está preso ao pinça que esta engastado no eixo árvore), onde será feita o esquadrejamento e encontrar o centro da placa.

Figura 8: Imagem ilustrativa da pinça



fonte: BIESSE (2018).

Ao fixar a peça na placa o operador utiliza os comandos de busca de ferramenta para fazer o zeramento de cada ferramenta correspondente, seja na face da peça ou em um ponto específico de acordo com o que o programador designou no cabeçalho do programa.

O zeramento é utilizado como ponto de referência ou ponto de início de cada ferramenta ou deslocamento da mesa.

#### **4 RESULTADOS E DISCUSSÃO**

Através do estudo elaborado sobre pesquisas em livros, artigos e no cotidiano de um centro de usinagem da empresa de estudos, com o auxílio da engenharia e qualidade da empresa, através de dados fornecidos pelo controle de qualidade, foi levantados alguns pontos que necessitavam de melhorias para diminuir alguns problemas que estavam gerando um custo e um atraso na produção e na entrega dos produtos confeccionados pela mesma.

##### **4.1 Preparação de ferramental e setup**

Fazendo uma análise, foi visto que o *setup* é um dos pontos que mais tomam tempo na empresa, por ser uma empresa com diversas peças e acessórios com modelos e formas diferentes, o operador precisa mudar o *setup* constantemente, às vezes para fazer lotes com quantidades pequenas de peças que é feita várias operações em um só processo onde o *setup* pode exigir um tempo maior do operador. Foi utilizada como exemplo a caixa de passagem,

uma das peças mais produzidas pela empresa atualmente, onde existem diversos modelos, e por ter diversos modelos a empresa não trabalhar com estoque, atendendo apenas o pedido do cliente, com isso não se tem quantidades definidas, fazendo com que seja feito um *setup* que gera tempo, e produz poucas quantidades de um determinado modelo.

O *setup* de uma caixa, pode levar aproximadamente de 30 a 40 min de operador a operador, após ser feita essa análise. Fizemos anotações cronometrando esse tempo de *setup*, utilizando dois funcionários, o funcionário o funcionário A que é o operador com mais tempo de experiência, e o funcionário B que tem um tempo menor de experiência. Onde foram colocados sob as mesmas condições para preparar o *setup* e fazermos uma análise.

Tabela 1: Controle de tempo de *Setup*

PROCESSO ACOSTUMADO PELOS OPERADORES, 1ªPARTE! FRESAMENTO					
OPERADORES		TEMPO 1	TEMPO 2	TEMPO 3	TEMPO MEDIO
OPERADOR	A	00:37:35 s	00:36:33 s	00:36: 49 s	00:36:47 s
OPERADOR	B	00:38: 50 s	00:39:48 s	00:39:54 s	00:39:53 s

Fonte: O autor.

Como foi apontado na tabela acima o operador B teve um tempo maior no *setup* que o operador A, o operador A demonstrou uma certa habilidade que adquiriu com a experiência em alguns aspectos, onde tem outras etapas do *setup*, que o operador B mostrou ter uma maior agilidade.

Na tabela a seguir fizemos a comparação de tempo para cada operação do *setup*, para isso foi necessário cronometrar o tempo de cada etapa do processo com os mesmos operadores.

Tabela 2: Controle de tempo de *setup* de operações.

TEMPO GASTO PARA CADA OPERAÇÃO DO SETUP			
OPERAÇÕES	TEMPO	OPERADOR A	OPERADOR B
CARREGAMENTO DO PROGRAMA NA MÁQUINA	TEMPO	00:02:57	00:02:15
TEMPO DE FIXAÇÃO DA PLACA NA MESA	TEMPO	00:06:40	00:07:32
TEMPO DE SELECIONAR FERRAMENTAS DE TRABALHO	TEMPO	00:07:17	00:06:15
ESQUADREJAMENTO E CENTRO DA PLACA	TEMPO	00:07:20	00:08:18
ZERAMENTO DE FERRAMENTAS	TEMPO	00:03:28	00:03:58
SIMULAÇÃO DO PROGRAMA	TEMPO	00:02:20	00:03:22
CONFERÊNCIA DE MEDIDAS E CORREÇÕES	TEMPO	00:07:33	00:07:10
TEMPO TOTAL GASTO PARA PEÇA SER PRODUZIDA	TEMPO	00:37:35	00:38:50

Fonte: O autor.

#### 4.1.1 Melhorias implantadas para otimização do *setup*.

Para obter melhorias e otimizar o tempo do processo a fim de reduzir esses atrasos com *setups*, foi apresentado alguns métodos de implantação, baseado no estudo feito em artigos e livros, aplicando técnicas para otimizar esse tempo, a primeira medida foi necessária ser aplicada na parte do PCP que é responsável pelo controle da produção e produtos a serem usinados.

Com a ajuda do PCP responsável pelo controle de produção do centro de usinagem, foi feito um estudo, possibilitando analisar todos os pedidos do mesmo produto ou que utilizaria grande parte do *setup* da peça que está na produção e colocar na sequência, a fim de aproveitar o máximo o que já foi feito no *setup* anterior. Um exemplo seria a caixa de passagem, que segue um mesmo padrão de zeramento das ferramentas, furação, fresamento, e medidas, o que difere uma da outra e o posicionamento dos furos, e a saída que é feita de acordo com o cliente.

Para reduzir o tempo de *setup* foi feito um treinamento com os operadores, orientando e ouvido algumas sugestões de como poderia reduzir o tempo de *setup*, foi orientados algumas operações *offlines* que poderia ser feitas durante o intervalo de tempo entre a troca de peças, para agilizar o processo, fazer algumas tarefas como verificar as ferramentas necessárias para o próximo processo, colocar todas as ferramentas nas pinças, afiar brocas e trocar pastilhas se necessário, baixar os programas que serão utilizados no cartão de dados da máquina, verificar se é necessário trocar castanhas, gabaritos, deixando preparadas para o *setup*.

Para obter dados comprovando que essas medidas podem sim agilizar o processo, foi feito um controle do processo utilizando a mesma peça que foi utilizada para obter os dados da tabela 1 e 2. Este controle foi feito no *setup* onde já foram preparadas as ferramentas que seriam utilizadas, o programa a ser utilizado, pelo operador antes de iniciar a tarefa, para simular como se o mesmo tivesse aproveitado o tempo de para a preparação de ferramentas em modo *offline*.

Através de dados que comprovam uma otimização no *setup*, a tabela a seguir irá demonstrar que a implantação de treinamentos para uma boa execução de *setup* com técnicas e métodos que facilitem o processo, é necessário para que se tenha uma otimização e um sincronismo que irá beneficiar a empresa e o operador.

Tabela 3: Controle de tempo de *Setup*, otimizado.

PROCESSO OTIMIZADO 1ªPARTE! FRESAMENTO					
OPERADORES		TEMPO 1	TEMPO 2	TEMPO 3	TEMPO MEDIO
OPERADOR	A	00:24:50	00:25:03	00:26:20	00:25:23
OPERADOR	B	00:25:35	00:26:04	00:26:10	00:26:15

Fonte: O autor.

Baseado no mesmo procedimento para calcular o tempo do processo tradicional, foi feita para coletar dados do processo otimizado.

Tabela 4: Controle de tempo de *setup* de operações otimização.

TEMPO APOS OTIMIZAÇÃO DO SETUP			
OPERAÇÕES	TEMPO	OPERADOR A	OPERADOR B
CARREGAMENTO DO PROGRAMA NA MÁQUINA	TEMPO	00:00:57	00:00:49
TEMPO DE FIXAÇÃO DA PLACA NA MESA	TEMPO	00:04:40	00:04:42
TEMPO DE SELECIONAR FERRAMENTAS DE TRABALHO	TEMPO	00:00:00	00:00:00
ESQUADREJAMENTO E CENTRO DA PLACA	TEMPO	00:07:02	00:07:18
ZERAMENTO DE FERRAMENTAS	TEMPO	00:03:28	00:03:25
SIMULAÇÃO DO PROGRAMA	TEMPO	00:02:03	00:02:22
CONFERÊNCIA DE MEDIDAS E CORREÇÕES	TEMPO	00:06:40	00:07:00
TEMPO TOTAL GASTO PARA PEÇA SER PRODUZIDA	TEMPO	00:24:50	00:25:36

Fonte: O autor.

Com a relação de dados do processo antes do treinamento com o procedimento atualmente aplicado no *setup*, podemos fazer uma comparação de tempo que chega a ser bastante significativa no resultado final.

O tempo de um método de aplicação para o outro tem uma otimização de aproximadamente, 13 minutos, onde tendo em vista em uma linha de produção e um tempo bem significativo, podendo produzir nesse tempo ganho, alinhando os prazos de entrega com a produção.

#### 4.1.2 Atualização nos programas e correções

Em busca de melhorias foi levantada uma análise de todos os programas, para fazer ajustes e correções nos parâmetros e ferramentas utilizadas.

Ao analisar, foi encontrado programas que por atenderem ainda as necessidades da empresa continuam sendo usados pelos operadores, para reduzir alguns problemas como um acabamento irregular, foi feita a correção de parâmetros, avanço, rotação, revisões desatualizadas, e desorganização no cabeçalho da programação e ferramentas com fresas com diâmetros menores fazendo uma interpolação para determinado furo, onde pode ser substituída



por uma broca com o diâmetro específico reduzindo o processo e deixando o programa mais eficiente.

Um exemplo a ser usado foi encontrado em um programa que, de acordo com a qualidade, quando foi criado o programa, não havia uma fresa de 10mm para fazer determinado canal, e para fazer esse canal foi utilizado uma fresa de 8mm onde a mesma abria o canal para 10mm através da programação, gerando um tempo maior para execução.

pode ser substituída por uma broca com o diâmetro específico reduzindo o processo e deixando o programa mais eficiente.

Para solucionar esses problemas foi necessário a colaboração do operador que é responsável pela parte de programação atualmente, para alinhar alguns programas e atualizar corrigindo problemas como parâmetros, operações, e um cabeçalho com uma formatação de fácil entendimento para todos os demais operadores.

Após atualizações dos programas, obteve melhoras significativas, em relação a processos como tempo de execução, avanço, rotação e a preservação de ferramentas que estavam trabalhando no limite de suas especificações de fabricação, fazendo com que perdesse sua eficiência de corte antes do tempo estimado.

Após a análise, foi selecionado um programador que ficará responsável por avaliar o programa antes de fazer um *backup* para arquivar o programa para ser utilizado nas demais máquinas.

A padronização também facilitou a busca do programa e os dados da atualização. Na figura a seguir esta a representação do cabeçalho que foi elaborado como padrão.

Figura 9: Cabeçalho padronizado.

001(214.107.002,P1, REV02);	N20 G80 G90;
N01(*****);	N22 T1(BROCA DE CENTRO);
N02(OPERACAO)(FURO M6);	N34 M6;
N03(*****);	N45 G54 S300 M3;
N04(REVISAO)(02);	N46 G99 X-30 Y250 M8;
N05(*****);	N47 G91 G1 H1 D1 ;
N06(DATA DE ATUAL.)(04/08/2021);	N32 G94 Z5 F80;
N07(*****);	N14 G1 Z-12 R5;
N08(OPERADOR)(HENRY);	N23 Z2;
N09(*****);	N45 G80 G90;
N10(TEMPO)(4MIN 35S);	N343.....
N11(*****);	N34.....
N12(OBSERVACOES NO FIM DO PROGRAMA);	N45.....
N13(*****);	N001(*****);
N14(G54);	N002(*****CAMPO DE OBSERVACOES*****);
N15(X0 CENTRO DA PLACA);	N003(*****);
N16(Y0 CENTRO DA PLACA);	N004( PLACA EM X, PRENDER PELO EXTERNO);
N17(Z0 FACE DA PECA);	N005(USAR GABARITO);
N18(*****);	N006(*****);
N19 G53 HO ZO G16;	N777 M30;

Fonte: O autor.

#### 4.1.2 Manutenção preditiva de Moldes e ferramentas

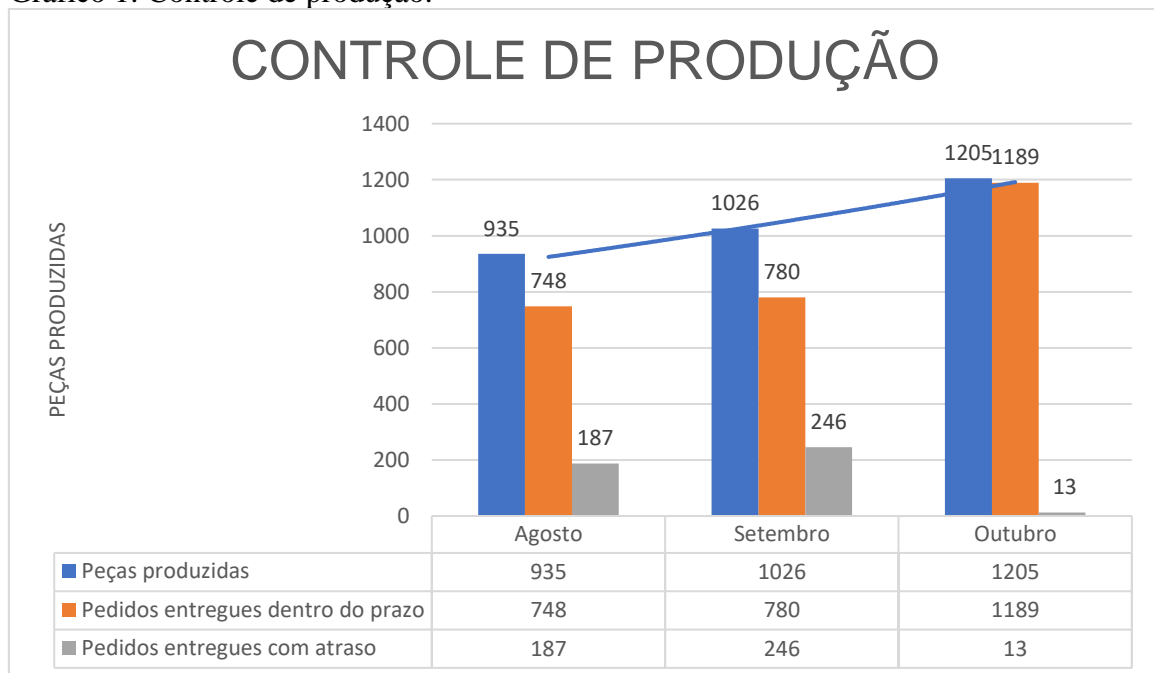
Pelo fato de a empresa estar crescendo e ganhando muito espaço no ramo industrial, se tornando referência em seus produtos, é necessário buscar sempre o melhor, para se destacar.

A uma necessidade de melhorias, para reduzir problemas como brocas, incrustações, e problemas de fundição, foram feitas manutenções nos moldes a fim de diminuir esses problemas e facilitar todo o processo de usinagem.

#### 4.2 Resultados obtidos

Com as mudanças feitas na linha de produção em busca de melhorias, foi satisfatório ao comparar os meses de Agosto, Setembro e Outubro de 2021, onde Agosto foi o maior atraso de peças, entregadas com atraso. No mes de Setembro foi feito treinamentos e melhorias afim de obter melhoras e reduzir problemas que estavam prejudicando a empresa em seu compromisso, em Outubro ja foi visto graficamente melhorias, satisfatorias. Sendo capaz de alinhar a produção, e honrar seu compromisso e ganhar um espaço ainda maior no mercado atual na industria 4.0.

Grafico 1: Controle de produção.



Fonte: O autor.

Como mostrado no gráfico acima a empresa de estudo teve uma melhora significativa com os prazos de entrega, em relação a quantidade de peças produzida em Agosto e Setembro, houve também um aumento de peças produzidas, no mês de Outubro, mostrando que o alinhamento e um acompanhamento, aplicando os treinamentos e métodos de redução de *setup*,

manutenções e um controle mais técnico na produção obteve uma maior produção e com um período de tempo entregando grande parte do que foi produzido no prazo de entrega.

Ainda precisa ser revisado alguns pontos, para ter um comprometimento de 100% nos prazos.

## **5 CONCLUSÃO**

Ao longo deste estudo foi possível constatar que a princípio otimizar uma produção de uma indústria que está a 28 anos no mercado, seguindo os métodos tradicionais crescendo tecnologicamente com máquinas e ferramentas de alto nível, sem ter uma padronização e métodos que possibilitam um melhor desempenho da produção, seria uma tarefa e tanto.

Os avanços que o estudo e a análise feita, em busca de melhorias obteve um resultado satisfatório, trazendo ideias, treinamentos, padronizações e um controle mais crítico. Possibilitando ter uma melhoria de aproximadamente 80% em relação a o mês de Agosto.

O presente trabalho possibilita caminhos para que a indústria possa buscar cada vez mais melhorar suas metas, e trabalhar em sincronismo entre a engenharia e seus demais departamentos, a fim de melhor gerenciar seus recursos e operações, e aumentar sua competitividade no mercado, se mantendo pioneira na produção de equipamentos de segurança.

## REFERÊNCIAS

- ALONSO, A. F. Sistema CAD/CAM para usinagem com recursos de robótica industrial. 2012, Disponível em :(<https://www.lume.ufrgs.br/handle/10183/60635>). Acesso em: (22. Outubro. 2021).
- CALLISTER JR., William D. **Ciência e engenharia de materiais: uma introdução**. 7. ed. Rio de Janeiro: LTC, 2011. 705 p. Acesso em: (23 Outubro 2021).
- CHIAVERINI, Vicente, **Tecnologia mecânica: Processo de fabricação e tratamanto**, 2 edição; São Paulo: Makron Books, 1986. v.2. Acesso em: (23 Outubro 2021).
- DINIZ, Anselmo Eduardo et al. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 3.ed. São Paulo: Artilber, 2003. Acesso em:(12 Outubro 2021).
- DARVIN, Cibele A. de Castro D. **Os benefícios da inovação tecnológica na ferramentaria de uma indústria automobilística: utilizando o conceito de usinagem em alta velocidade de corte**. Caderno de Pesquisas em Administração, São Paulo, v. 10, nº 3, p. 51-59. Acesso em: (13.Outubro.2021).
- FERRARESI, Dino. **Fundamentos da Usinagem dos metais**. São Paulo: Edgard Blucher, 2000.Acesso em: (23.Outubro.2021)
- HERNANDES. **Implementação da proposta para otimização do setup em um centro de usinagem**. Disponível em: ([https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng\\_Producao/2015/Fernando\\_Sidinei\\_Hernandes.pdf](https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Producao/2015/Fernando_Sidinei_Hernandes.pdf)). Acesso em: (22.Outubro.2021).
- OLIVEIRA, Jorge Wagner. **Sistema de Informação**. Disponível em:(<http://xa.yimg.com/kq/groups/22755187/1481008806/name/Proc.Neg.Atividade.pdf>). Acesso em: (12.Outubro.2021).
- SHINGO, Shigeo. **Sistema de Troca Rápida de ferramenta**. 1° ed. Porto Alegre: editora Bookmann, 2000.Acesso em:(24.Outubro.2021).
- SOUZA, Dr. André J. **Apostila Processos de Fabricação por usinagem**, Parte 1 Fundamentos da Usinagem dos Materiais. Universidade Federal do Rio grande do Sul, Escola de Engenharia Departamento de Engenharia Mecânica, 2011. Acesso em:(05.Novembro.2021)
- SCHUSTER, **Proposta para otimização das movimentações de componentes em uma linha de montagem**. Disponível em: ([https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng\\_Producao/2015/Roberto\\_Ricardo\\_Schuster.pdf](https://fahor.com.br/images/Documentos/Biblioteca/TFCs/Eng_Producao/2015/Roberto_Ricardo_Schuster.pdf)). Acesso em:(20.Setembro.2021).