

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE

MATHEUS DE SOUZA CARVALHO
RENAN DE FREITAS CAPOVILA
RODOLFO DOS SANTOS ARAUJO

**Processo de tampografia:
Estudo de melhoria no processo de corrosão para fabricação de clichê de
aço**

SÃO PAULO
2023

CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE

MATHEUS DE SOUZA CARVALHO
RENAN DE FREITAS CAPOVILA
RODOLFO DOS SANTOS ARAUJO

**Processo de tampografia:
Estudo de melhoria no processo de corrosão para fabricação de clichê de
aço**

Trabalho acadêmico realizado como requisito parcial para a conclusão do curso de tecnologia em Mecânica: Fabricação Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Samuel Fernandes Nunes.

SÃO PAULO
2023

MATHEUS DE SOUZA CARVALHO RA: 2571002023003

RENAN DE FREITAS CAPOVILA RA: 2571002023005

RODOLFO DOS SANTOS ARAUJO RA:2571002023002

Processo de tampografia:

Estudo de melhoria no processo de corrosão de clichê de aço

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado ao Departamento de Tecnologia em Fabricação Mecânica da Faculdade de Tecnologia de Itaquera como parte dos requisitos para obtenção do grau de Tecnólogo em Fabricação Mecânica.

Orientador: Prof. Me. Samuel Fernandes Nunes.

São Paulo, 15 de junho de 2023

BANCA EXAMINADORA

Prof. Me. Samuel Fernandes Nunes

Prof. Me. Milton Alves Alencar

Prof. Me. Felipe Ribeiro Toloczko

AGRADECIMENTOS

Agradecemos, em primeiro lugar, a Deus, por ser base das nossas conquistas, aos nossos familiares por acreditarem e terem interesse em nossas escolhas, apoiando-nos, para que realizássemos todas elas.

Somos gratos a todos os professores do curso de Tecnologia em Fabricação Mecânica, por compartilharem conosco grandes conhecimentos e experiências, e em especial ao nosso professor orientador Me. Samuel Fernandes Nunes, pela dedicação, orientações, paciência em nos incentivar e colaborar com o nosso desenvolvimento acadêmico.

“Não creio que haja uma emoção, mais intensa para um inventor do que ver suas criações funcionando. Essa emoção faz você esquecer de comer, de dormir, de tudo”

(Nikolas Tesla)

RESUMO

Diante do cenário atual da empresa fabricante de máquinas do setor da tampografia, onde os operadores trabalham de forma manual em um processo exposto ao corrosivo, surgiu a ideia de criar-se um dispositivo para auxiliar os operadores em seu trabalho, e como resultado obter uma melhor condição de serviço e maior produtividade. Este trabalho tem como objetivo realizar o estudo de um projeto de corrosão de clichê de aço e desenvolver um estudo do dispositivo, a fim de proporcionar maior e segurança e conforto do operador durante o trabalho. Neste projeto foi realizado desenhos 3D para representação da ideia de um dispositivo, e com isso demonstrar por meio de cálculos e pesquisas possíveis resultados de como será o processo. Utilizando embasamentos teóricos relacionados ao processo de tampografia, em termos custo e produção, foi utilizado cálculos para dimensionamento dos componentes do dispositivo, e logo após foi feito o cálculo de OEE com o processo atual e utilizando o dispositivo e assim representado por gráficos. Com esses cálculos estima-se os lucros e custos da empresa em ambos os processos. Através desse estudo espera-se que seja solucionado os problemas que ocorrem nas organizações em relação à saúde e segurança dos colaboradores e se obtenha uma maior produtividade com a redução dos setups para preparação das peças. Foi calculado o aumento do OEE de 50% para 75%, foi obtido um lucro de R\$102.200,00 no primeiro mês e nos meses seguintes de R\$108.000,00 calculamos um ganho na produção de 1.350 peças. Este estudo de caso concluiu que o dispositivo irá ser benéfico para a empresa aumentando sua produção e para o operador evitando o desgaste físico, que poderá trazer futura doenças.

Palavras-chave: *Produtividade. Clichê de Aço. Dispositivo. OEE (índice de eficiência do equipamento). Lucro.*

ABSTRACT

Given the current scenario of a tampon printing machine manufacturing company, where operators work manually in a corrosive environment, the idea of creating a device to assist the operators in their work has emerged. The aim is to improve working conditions, enhance productivity, and ensure operator safety. This project involves studying the corrosion of steel clichés and developing a device to provide greater safety and comfort for the operators during their work. 3D drawings were created to represent the device concept, and calculations and research were conducted to demonstrate potential outcomes of the process. Theoretical foundations related to the tampon printing process, including cost and production considerations, were used for dimensioning the device components. Furthermore, Overall Equipment Effectiveness (OEE) calculations were performed to compare the current process with the process using the device, which were then represented graphically. These calculations estimated the profits and costs for both processes. The study aims to address issues concerning employee health and safety within organizations while increasing productivity by reducing setup time for part preparation. The study projected a 50% increase in OEE to 75%, resulting in a profit of \$102,200 in the first month and \$108,000 in subsequent months. Additionally, a production gain of 1,350 pieces was calculated. This case study concludes that the device will be beneficial for the company, increasing its production capacity, and will also benefit the operator by preventing physical wear and potential future illnesses.

Key words: *Productivity. Steel cliché. Device. OEE (Overall Equipment Effectiveness). Profit.*

LISTA DE ILUSTRAÇÕES

Figura 1 – Representativo do processo de tampografia.	14
Figura 2 – Exemplos de modelos de tampão.	15
Figura 3 – Injeção de resina em molde para formar o tampão.	16
Figura 4 – Modelos e cores de tampão.	17
Figura 5 – Clichê	17
Figura 6 – Tipos de Clichês.	19
Figura 7 – Tratamento de têmpera	20
Figura 8 – Fatores da ergonomia	21
Figura 9 – Pirâmide da automação.....	23
Figura 10 – Linha de produção na empresa Wultz	24
Figura 11 – Funcionamento do Movimento Longitudinal	27
Figura 12 - Vista lateral do dispositivo.....	29
Figura 13 - Vista frontal do dispositivo.....	30
Figura 14 – Base onde será apoiada as chapas	30
Figura 15 – Vista isométrica do dispositivo.....	31
Figura 16 - Dimensões do dispositivo.....	32
Figura 17 – Idéia inicial do protótipo.....	33
Figura 18 – Modelo final	34
Gráfico 1 - OEE da empresa na situação atual.	37
Gráfico 2 - OEE da empresa com a aplicação do dispositivo.....	39
Gráfico 3 - Análise de produção.	40
Tabela 1 - Custo componentes	41

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	10
2. OBJETIVO PRINCIPAL	12
2.1. Objetivos específicos	12
3. JUSTIFICATIVA	13
4. REVISÃO TEÓRICA	14
4.1. Tampografia	14
4.1.1. <i>Tampão</i>	15
4.1.2. <i>Como é feito um tampão</i>	15
4.1.3. <i>Tipos de tampões</i>	16
4.2. Clichês	17
4.2.1. <i>Como é feito o clichê</i>	18
4.2.2. <i>Tipos de clichês</i>	18
4.2.3. <i>Clichês de aço VND</i>	19
4.2.4. <i>Clichês de lâmina de aço</i>	19
4.3. Tratamento térmico	20
4.3.1. <i>Têmpera</i>	20
4.4. Ergonomia	21
4.5. Automação Industrial	22
4.6. Processo de produção	24
5. METODOLOGIA	26
6. RESULTADOS E DISCUSSÕES	33
6.1. Cálculo do OEE	35
6.2. Custos	41
6.3. Lucros	41
7. CONCLUSÃO	43
8. REFERÊNCIAS	44

1. INTRODUÇÃO

O processo de tampografia surgiu no século XIX na Inglaterra com a finalidade de decorar as vasilhas da Rainha Vitória, logo na sequência começou a ser utilizado na indústria suíça para ornamentação dos relógios, porém processo era manual. Apenas em 1968 que surgiu a primeira máquina de tampografia. Anteriormente os clichês eram de aços com baixa resistência mecânica, com o decorrer do tempo os aços foram aprimorados e adquiriram estruturas que proporcionaram maiores resistências mecânicas, os aços VND temperados atualmente são os mais consumidos no mercado devido a sua grande dureza.

A revelação consiste em gravações que juntam técnicas de foto reprodução com corrosão química, quanto mais tempo o ácido fica sobre o material junto com o movimento contínuo de pinceladas maior a corrosão, o atrito causado nesse procedimento acelera o efeito corrosivo do ácido. Este processo requer uma atenção nos maquinários e especialmente ao meio ambiente, pois os ácidos utilizados têm que ser devidamente descartados em lugares adequados (SOUSA, 2017).

A tampografia abrange diversas áreas no mercado como por exemplo: o setor automotivo, embalagens plásticas, calçados, roupas e brindes, entre muitos outros.

As empresas ao longo do tempo, sempre buscaram alcançar uma maior produtividade e lucratividade, e atualmente também são levados em consideração os riscos pertinentes as atividades as quais os funcionários estão se expondo.

Este trabalho tem como intuito realizar o estudo sobre um processo de fabricação de clichês de aço utilizados no setor de tampografia, utilizando cálculos e simulações via software 3D para criação e simulação de um possível dispositivo que ajudará no processo de corrosão dos clichês. O presente dispositivo tem como finalidade facilitar o processo de corrosão do clichê e preservar a saúde e segurança do trabalhador.

O dispositivo terá uma proteção lateral composta de acrílico para evitar que o operador tenha contado com possíveis respingos do ácido corrosivo. Os materiais utilizados para a criação deste dispositivo são de polímeros devido a reação do aço no ácido corrosivo.

A ideia do dispositivo é eliminar esforços do operador e obter um ganho na produção, funcionará de seguinte forma, o clichê será colocado na base do dispositivo

dependendo de sua medida, podendo ser 1 ou 2 clichês a cada operação, levará um tempo ciclo de 4 minutos.

O propósito geral desse trabalho foi conceder uma melhoria no processo de corrosão dos clichês de aço, desenvolvendo um projeto de um dispositivo que permite que o colaborador trabalhe de uma maneira mais confortável e evite possível lesões futuras, e ganhar produtividade dentro da empresa.

2. OBJETIVO PRINCIPAL

Este trabalho tem como objetivo realizar um estudo de processo utilizado para a fabricação de clichês de aço, será utilizado um software 3D para desenhar o possível dispositivo que poderia tornar o processo que atualmente é feito de maneira manual em um processo semiautomático.

2.1. Objetivos específicos

- Realizar um estudo sobre um projeto de melhorias no processo;
- Desenhar o projeto;
- Calcular parâmetros envolvidos no desenvolvimento do projeto;
- Calcular possíveis ganhos na produtividade e lucros

3. JUSTIFICATIVA

Com a atual situação de alta produtividade em uma empresa fabricante de máquinas do setor da tampografia, pretende-se com esse trabalho evitar danos à saúde dos funcionários que ficam expostos ao ácido de corrosão dos clichês por longos períodos durante o dia, e evitar que ele venha a desenvolver lesões por movimentos repetitivos (LER).

De acordo com o artigo 189 da Legislação: CLT - Serão consideradas atividades ou operações insalubres aquelas que, por sua natureza, condições ou métodos de trabalho, exponham os empregados a agentes nocivos à saúde, acima dos limites de tolerância fixados em razão da natureza e da intensidade do agente e do tempo de exposição aos seus efeitos.

Este dispositivo visa evitar com que o funcionário tenha contato com o ácido corrosivo utilizado para corrosão de clichês de aço, isso trará benefícios a saúde do funcionário e trará um ganho de tempo para realização de outras atividades objetivando maior produtividade no processo.

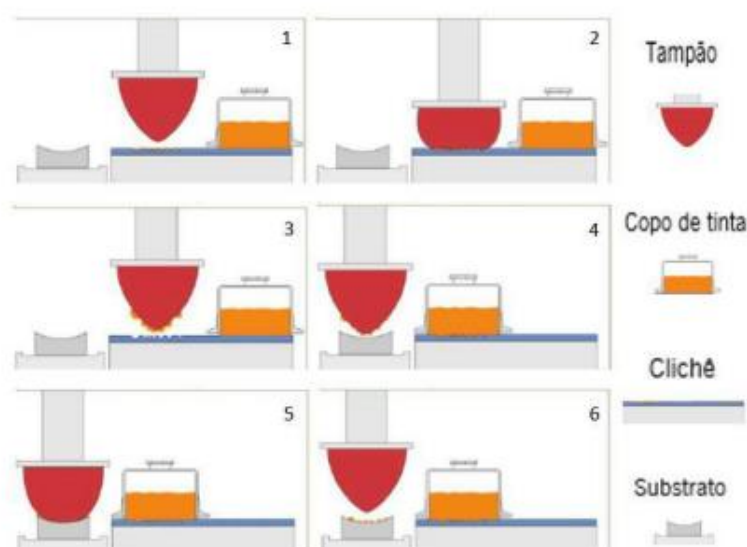
4. REVISÃO TEÓRICA

4.1. Tampografia

A tampografia é um método de impressão indireta que envolve a transferência de tinta de um clichê (uma placa de metal ou nylon com uma imagem gravada) para um objeto, utilizando uma borracha (Tampão), o qual se molda conforme a forma do objeto como representado na Figura 1. A tampografia funciona como um carimbo invertido, onde, ao invés da gravação ser feita na borracha (como os carimbos comuns) é feita em baixo relevo numa placa (clichê). A impressão é feita quando o tampão de silicone bate no clichê captando a imagem a ser impressa e depois bate na peça, transferindo imediatamente a imagem a ser impressa.

A tampografia teve sua origem no XIX, quando a corte inglesa desenvolveu um sistema primitivo utilizando tampões de gelatina para decorar as vasilhas da Rainha. Logo após em 1950 a Suíça inicializou processos de tampografia em sua produção relojoeira, onde começaram a usar tampografia para impressão de detalhes. Apesar disso, apenas depois dos anos 70 um inventor chamado Pierre Schmid inventou uma máquina de tampografia com interior fechado, a SP710, antecessora das máquinas atuais (ZURICH TERMOPLÁSTICOS, 2020).

Figura 1 – Representativo do processo de tampografia.



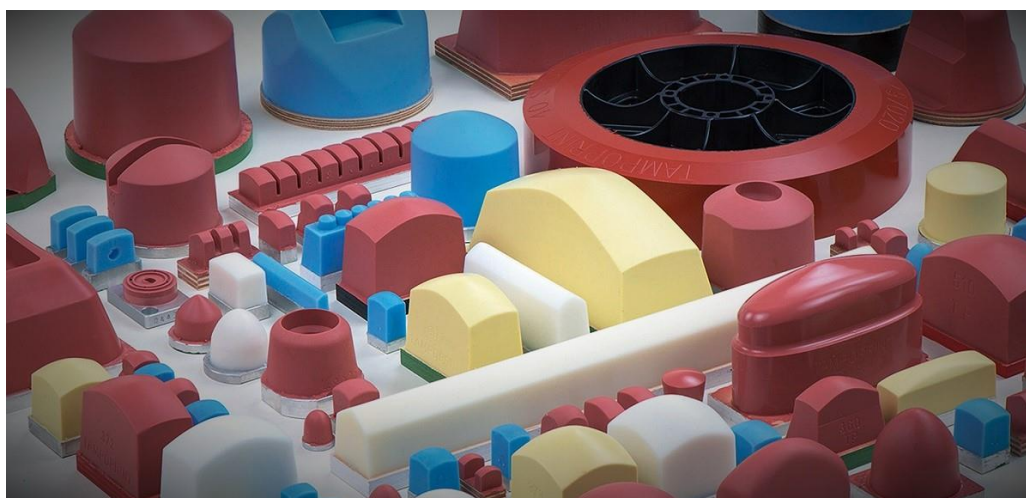
Fonte: Lee, Hur, Kim & Choi, 2009

A sua aplicabilidade comum se inclui em produtos industriais, brindes, vidrarias, eletrodomésticos, brinquedos, aparelhos eletrônicos, entre outros. É utilizada para decorar e personalizar uma grande variedade de materiais como: borracha, vidro, todos os tipos de plásticos, tecido, alumínio, madeira, entre outros (ANASTACIO, 2014).

4.1.1. Tampão

Quando os tampões surgiram eram feitos de gelatina, isso fazia com que sua vida útil não fosse longa, com o desenvolvimento da indústria foi necessário que esses tampões fossem aprimorados, atualmente possuem variedades em suas durezas, forma e no seu tamanho. A função do tampão é capturar a imagem presente no clichê e transferir a imagem para uma peça. (TAMPOPRINT, 2022).

Figura 2 – Exemplos de modelos de tampão.



Fonte: Tampoprint AG (2018)

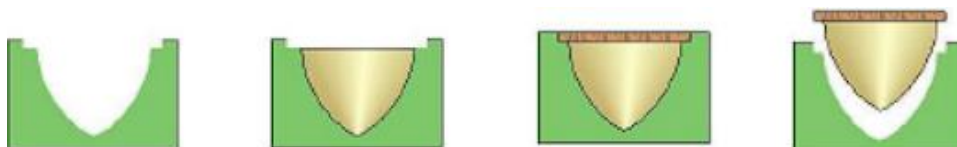
4.1.2. Como é feito um tampão

O tampão utiliza uma mistura de borracha de silicone, óleo e catalisador, quanto mais óleo é adicionado nessa mistura, mais resistente se torna o tampão.

Os tampões são feitos através de moldes em formas negativas, é acrescentado a mistura de óleo, massa e o catalisador para que haja o endurecimento da mistura, é necessário que o interior do molde esteja polido para que o tampão em seu processo

de conformação fique com a menor rugosidade possível em sua superfície, isso garante uma maior qualidade e precisão durante o processo de impressão, a seguinte imagem (Figura 3) exemplifica a formação do tampão através da injeção em um molde.

Figura 3 – Injeção de resina em molde para formar o tampão.



Fonte: Tampoprint, 2018

4.1.3. Tipos de tampões

Abaixo a lista com alguns tipos de tampão e suas características de mercado:

- **Linha Branca** – Silicone tradicional, melhor custo-benefício;
- **Linha Red** – Maior durabilidade, melhor transferência;
- **Antiestático** – Maior durabilidade, melhor transferência, função antiestático;
- **Linha Gold** – Melhor transferência;
- **Linha Pink** – Antiestático – Maior durabilidade, melhor transferência, função antiestático;
- **Linha Green** – Camada nano para melhor transferência de detalhes finos.

Com isso a definição do modelo a ser utilizado é necessário se avaliar tamanho do logotipo, formato do logotipo, formato do produto a ser impresso, modelo e máquina tampográfica. Hoje no mercado tampográfico se encontra tampões em diversos formatos, sendo possível escolher o mais adequado para o formato da peça no qual está sendo aplicado o processo de tampografia se está para assim evitar bolhas de ar na gravação. Abaixo na Figura 4 se mostra alguns modelos e cores de tampão. (TAMPOART, 2022)

Figura 4 – Modelos e cores de tampão.



Fonte: Tampoart (2022)

4.2. Clichês

Clichê é uma matriz de aço que possuem uma gravação em baixo relevo, podendo ser gravado com ataque químico, laser ou até mesmo com água, essa gravação varia de 15 a 30 micros e essa matriz pode ser um bloco ou uma lâmina de aço, onde será feito o grafismo para transferir o produto usando tampão. A vida útil dos clichês está ligada diretamente a maneira que são armazenados e cuidados, de preferência deve-se mantê-los armazenados com algum protetivo para evitar a oxidação e não se deve deixar solidificar tinta nas partes de onde a imagem está gravada (MICROPRINT, 2015).

Figura 5 – Clichê



Fonte: Semmil (2022)

4.2.1. Como é feito o clichê

O clichê é feito através de um processo de fotogração obtido através da corrosão causada por um ácido, isso faz com que seja fixada uma imagem de baixo relevo, que tem em média 20 Microns de profundidade, antes de ser aplicado o ácido para obter a imagem desejada, é necessário aplicar um protetor da chapa, para que apenas onde será a imagem seja corroída.

Os clichês também sofrem o tratamento térmico têmpera, para que eles obtenham a maior dureza e como resultado tenham uma maior durabilidade ao desgaste causado pelo atrito do tampão sobre sua superfície.

As imagens gravadas nos clichês também podem ser feitas através da gravação a laser ou até mesmo utilizando água (WUTZL, 2022).

4.2.2. Tipos de clichês

Os clichês são divididos em Três grupos. (TAMPOART, 2022).

- **Clichês de Nylon print**

É utilizado uma lâmina de aço fina revestida com em uma face com polímero fotossensível, que exposto a luz ultravioleta para atingir a dureza desejável, e levado um banho de água corrente ou ao álcool para ser feito a corrosão da arte. Essas lâminas possuem uma vida útil pequena.

- **Clichê de lâmina**

É utilizado uma lâmina de aço com tratamento térmico de tempera, essas lâminas possuem uma vida útil em média de 300 mil impressões.

- **Clichê de bloco**

Esses clichês possuem uma vida útil grande, tratasse de um bloco de aço VND Temperado suportando mais raspagem por conta da sua dureza.

Figura 6 – Tipos de Clichês.



Fonte: Europlas (2000)

4.2.3. Clichês de aço VND

São os clichês mais utilizados e um dos mais caros, devido a sua grande durabilidade e a sua maior precisão nas imagens gravadas, são clichês feitos com o aço duro que possuem em média 10mm de espessura possibilitando uma vida útil de mais de 1 Milhão de impressões (TECAPRINT, 2018).

4.2.4. Clichês de lâmina de aço

É um clichê feito de aço com uma espessura que varia entre 0.25 mm a 1 mm de espessura, é utilizado um material mais maleável que o VND, isso faz com que o clichê se torne mais barato, sua vida útil está em torno de 100.000 a 500.000 impressões (WUTZL, 2022).

4.3. Tratamento térmico

“Tratamentos térmicos são processos que utilizam como princípio o aquecimento e resfriamento do material para afetar sua estrutura e assim torná-lo mais resistente, maleável ou frágil, podem ser utilizados também para alívios de tensões internas entre outras diversas aplicações. Existem diversos tipos de tratamentos térmicos, como a têmpera, recozimento, nitretação, cementação” (SOUZA,2018).

4.3.1. Têmpera

A têmpera é um processo de tratamento térmico realizado em aços para aumentar a sua dureza e resistência, o processo consiste em duas etapas, uma de aquecimento e outra de resfriamento, o aço é aquecido a uma temperatura de no mínimo 727° C, onde o material atinge o campo austenítico, e sua estrutura passa a ser CFC (Cúbica de Corpo Centrado), após isso é feito um resfriamento brusco, e nesse processo é formada a martensita. Após isso pode ser aplicado o tratamento de revenimento para fazer o alívio de tensões e tornar o material menos frágil (GÁRLIPP 1973).

Figura 7 –Tratamento de têmpera



Fonte: revista ferramental (2022)

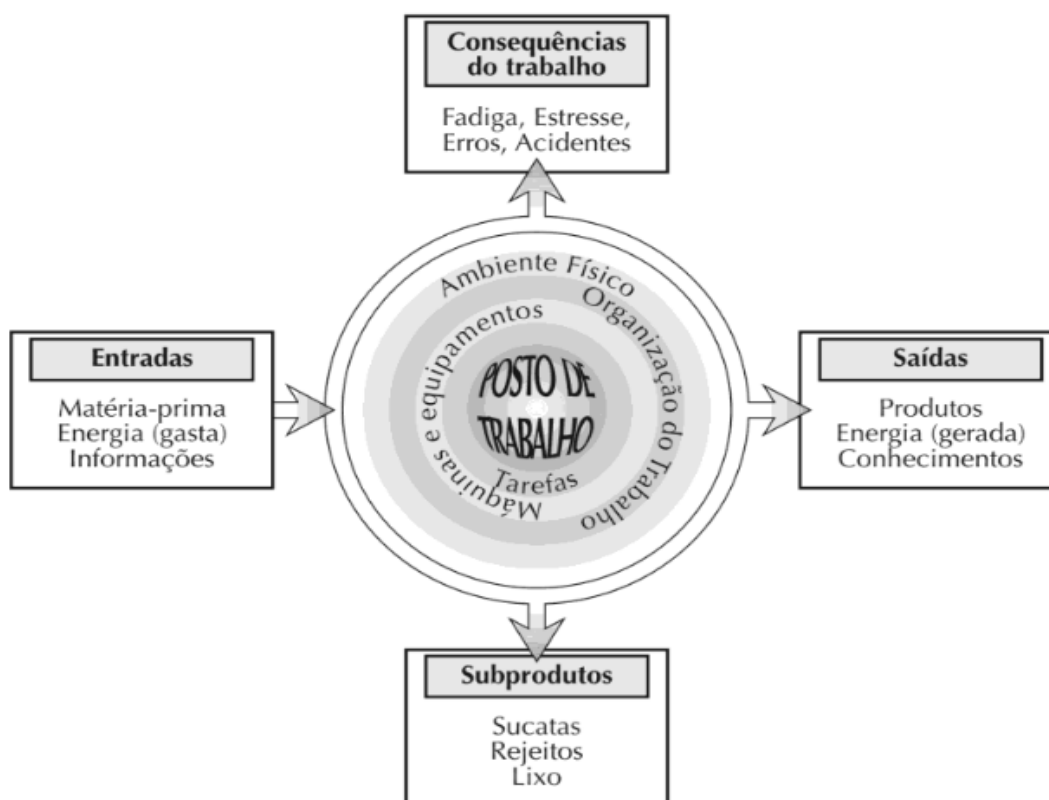
4.4. Ergonomia

A palavra ergonomia é formada pelas palavras gregas *ergon* (trabalho) e *nomos* (leis e regras). De acordo com ABERGO (Associação brasileira de ergonomia) a ergonomia é tudo aquilo que trata do conforto do trabalhador, tudo aquilo que está relacionado entre homem e seu ambiente de trabalho, trata-se de uma modificação positiva na configuração de sua situação de trabalho.

A NR17 ergonomia está associada a vários fatores que possam afetar o desempenho nos ambientes de trabalho, e tem como objetivo diminuir os efeitos prejudiciais à saúde dos colaboradores. O intuito da ergonomia é melhorar a segurança e preservar à saúde dos trabalhadores, proporcionando maior satisfação e melhorando a relação dos trabalhadores com os sistemas produtivos (CORRÊA, 2015).

A ergonomia estuda os fatores que influenciam no desempenho do sistema produtivo como mostra a figura 8.

Figura 8 – Fatores da ergonomia



Fonte: Ergonomia Projeto e Produção (2021)

4.5. Automação Industrial

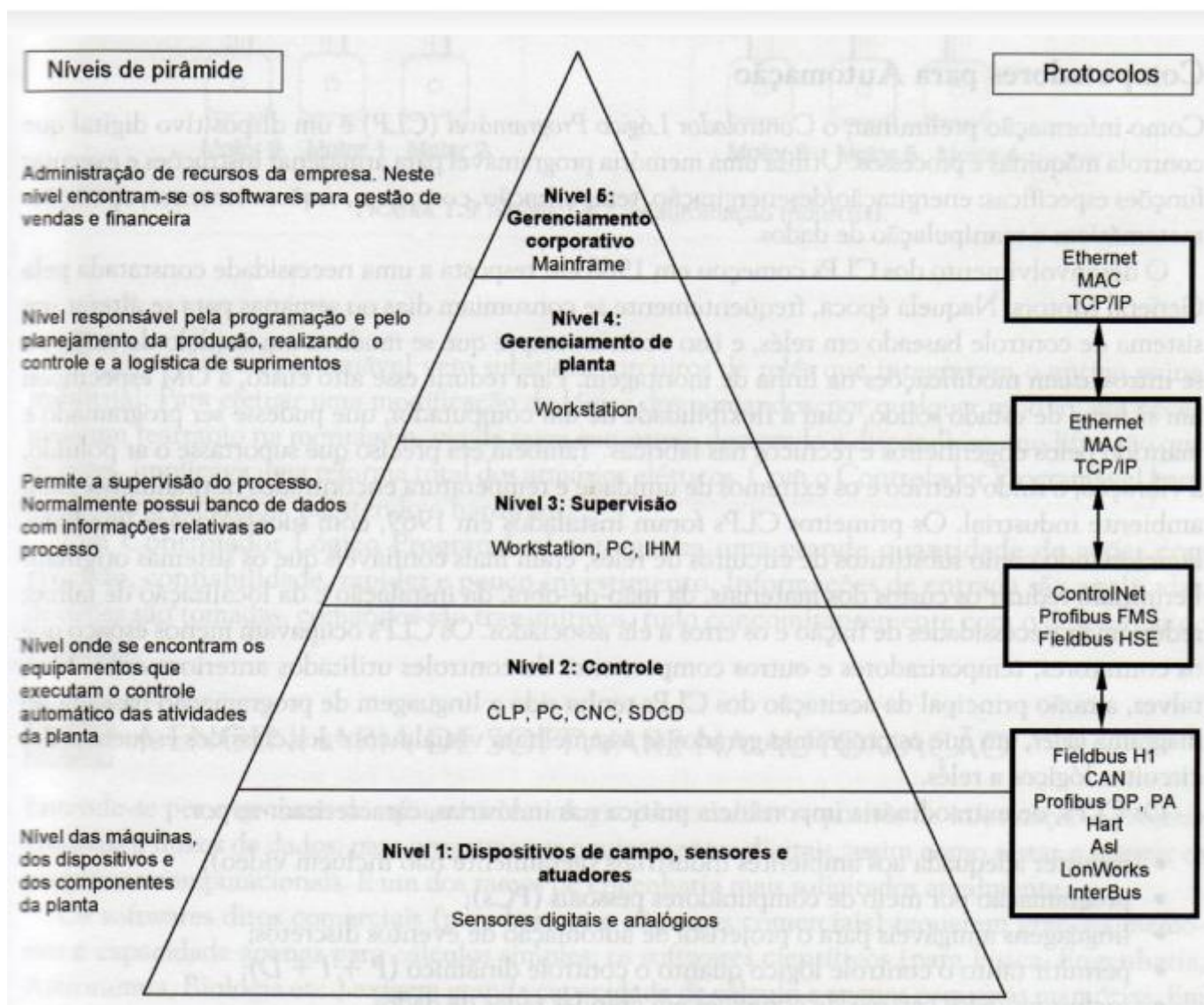
O conceito de automação é basicamente o controle de processos automáticos, sendo assim tem como objetivo ter mecanismos de atuações próprias, que faça uma ação atribuída em tempo determinado ou em resposta a certas condições.

Um sistema de automação industrial é composto por três tipos de elementos, sendo eles: Sensores, Controladores e Atuadores. Qualquer um desses elementos pode ser processado utilizando três tipos de energia: Pneumática, Hidráulica e Elétrica (Castrucci, 2007).

Os processos e as máquinas estão se automatizando cada vez mais para fazer frente à concorrência e reduzir o erro humano.

Abaixo na figura 9 uma representação visual, onde mostra os cinco níveis de controle de trabalho existentes no setor industrial, de forma hierárquica.

Figura 9 – Pirâmide da automação.



Fonte: Engenharia de automação industrial (2006).

4.6. Processo de produção

Processos de produção é uma metodologia com procedimentos combinados para obtenção de um produto dentro da indústria mecânica, basicamente esses procedimentos estão interligados com a tecnologia hoje encontrada na indústria. (RODRIGUES, 2016).

Figura 10 – Linha de produção na empresa Wutzl



Fonte: Wutzl (2022)

Controles de processo referem-se aos métodos utilizados para controlar as variáveis de processo, quando um produto é manufaturado. Como exemplo de controle de processo tem a proporção de ingredientes em uma mistura, a temperatura dos materiais, como os ingredientes são misturados, entre outros fatores que têm um impacto significativo na qualidade do produto. Os objetivos do controle de processo podem-se resumir em três: reduzir variabilidade, aumentar eficiência e a segurança (FRANCHI, 2011).

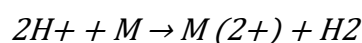
- **Redução de variabilidade:** o controle de processos pode reduzir variabilidade de um produto, que assegura sua alta qualidade, indústrias também podem reduzir custos ao diminuir a variabilidade.
- **Aumento da eficiência:** alguns processos precisam ser mantidos em um ponto específico de operação para maximizar a sua eficiência.
- **Segurança:** um processo como o controle de uma usina nuclear ou uma reação química pode ter consequências catastróficas se não for realizado precisamente.

5. METODOLOGIA

Este trabalho de conclusão de curso é um estudo de caso realizado em uma empresa fabricante de máquinas do setor da tampografia, para realização deste trabalho foi feito pesquisas em artigos, TCCs, Livros, jornais e catálogos, para dimensionamentos foram feitos cálculos e após isso houve a realização de um desenho 3D por meio do solidWorks para expressar a ideia de modelo do dispositivo.

Nos dias atuais pode-se notar que plásticos (polímeros) estão mais presentes nas indústrias, é difícil imaginar como seria o cenário atual sem a presença desse material, graças as diversas vantagens que ele nos proporciona, pensando nisso o material escolhido para construção da estrutura foi o Nylon, pois devido a sua estrutura não polar, os materiais polímeros possuem uma resistência a soluções aquosas de sais e ácidos inorgânicos.

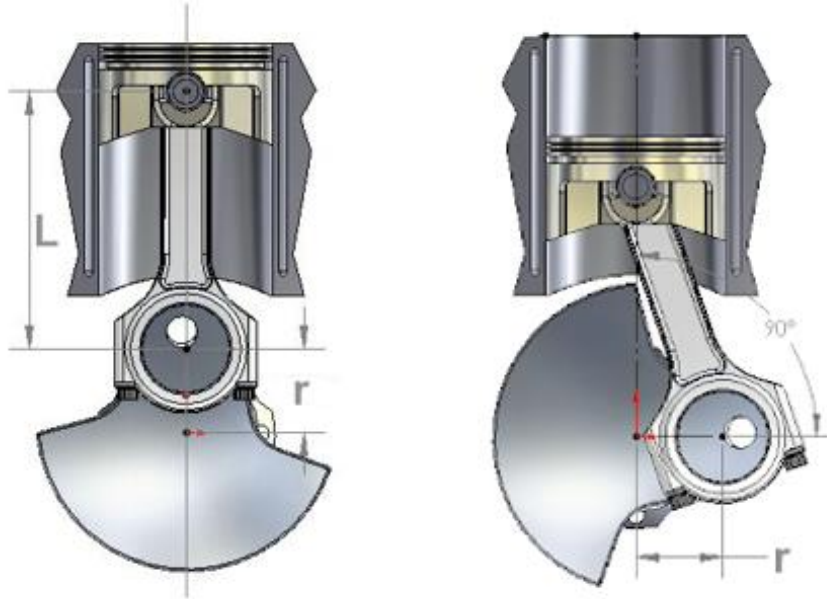
Os ácidos dissolvem metais através de uma reação química, a fórmula a seguir demonstra a maneira como aconteceria essa reação:



Como pode-se observar o H^{+} do ácido é reduzido a hidrogênio, que resulta na oxidação do metal, isso leva a formação de um Íon metálico $M(2^{+})$, como a água é capaz de solvatar (Realizar-se a combinação entre as moléculas de um solvente com moléculas de uma substância dissolvida), com isso o metal se dissolve.

Neste dispositivo utiliza pincéis como ferramenta que serão acoplados em um eixo que está preso a uma polia, gerando um movimento longitudinal, para realização do movimento foi utilizado o mesmo conceito de funcionamento de um virabrequim e pistão onde se tem a transformação de um movimento tangencial em longitudinal, a imagem a seguir mostra a exemplificação de como funciona este movimento. A distância longitudinal percorrida estará diretamente ligada ao tamanho da polia, utilizando uma polia de 150mm de diâmetro, obteve-se um movimento longitudinal com uma distância de 150mm.

Figura 11 – Funcionamento do Movimento Longitudinal



Fonte: Auto Entusiastas Classic (2010)

Para alguns dimensionamentos do dispositivo atual foi realizado alguns cálculos de velocidade de movimento, pois após a obtenção desses dados será possível calcular aproximadamente a quantidade de peças produzidas pelo dispositivo.

- Velocidade linear:

$$V = \frac{\Delta S}{\Delta T} = \frac{2\pi \cdot R}{T} = 2\pi \cdot R \cdot f$$

- Velocidade angular:

$$\omega = \frac{\Delta \varphi}{\Delta t} = \frac{2\pi}{T} = 2\pi \cdot f$$

Ou seja:

$$\omega = \frac{V}{R}$$

Utilizando a combinação de velocidade linear com velocidade angular observa-se a movimentação do dispositivo, onde o movimento angular servirá como propulsor para o movimento linear.

- Posição angular:

$$\theta = \frac{\Delta S}{R}$$

$$1 \text{ volta completa} = 2\pi = 360^\circ$$

$$\pi = 180^\circ$$

- Tempo:

$$T = \frac{\Delta S}{\Delta V}$$

- Circunferência de círculo:

$$2\pi.R$$

Utilizando essas fórmulas foi possível chegar no seguinte resultado:

- Circunferência da polia:

$$2\pi.75\text{mm} = 471,2388\text{mm}$$

- Momento angular:

$$\pi = \frac{\Delta S}{75\text{mm}} = \Delta S = \pi . 75\text{mm} = 235,6194\text{mm}$$

No momento em que a polia realizar um movimento de rotação de onde parte de 0° para 180° , haverá deslocamento angular de 235,6194mm que resultara em uma movimentação longitudinal de 150mm, pois foi realizado um movimento que abrange o diâmetro da polia utilizada.

- Velocidade para atingir o momento angular:

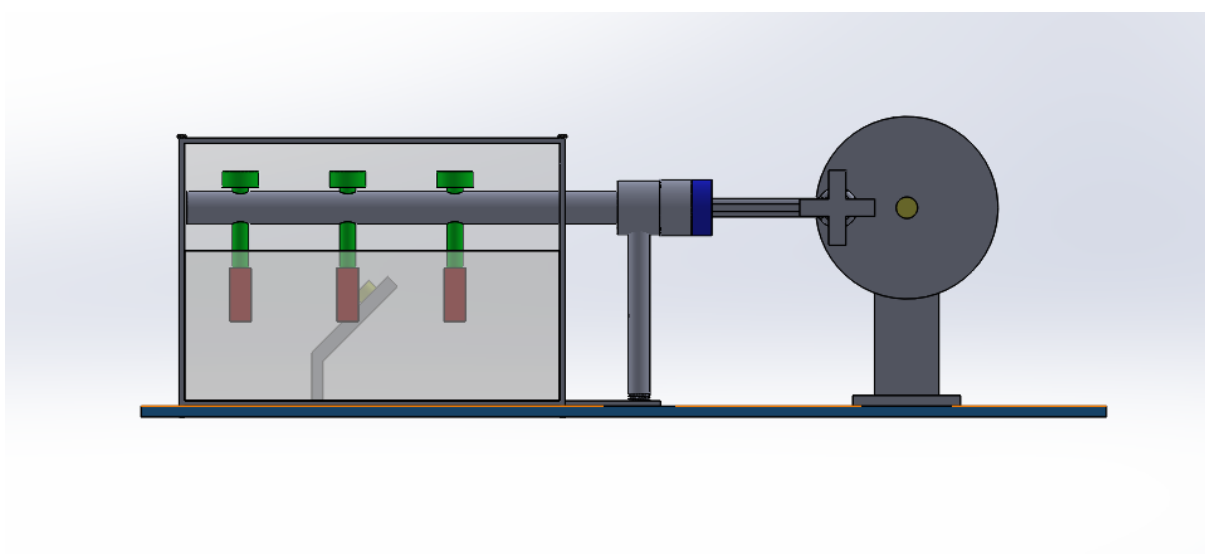
$$50\text{RPM} = \frac{1\text{minuto}}{50 \text{ Rotações}} = 0,02 \text{ minutos para realizar uma volta}$$

$$0,02 \times 60 = 1,2 \text{ segundos para percorrer } 471,2388\text{mm}$$

Ou seja, para percorrer 235,6194mm será necessário 0,6 segundos, em 0,6 segundos haverá um avanço longitudinal de 150mm de distância.

Foi utilizado para desenvolvimento desse estudo de melhoria de processo o programa SolidWorks que é um software de CAD 3D, para detalhar a ideia de estudo de projeto. Foi realizado o desenho 3D de um possível dispositivo e efetuado a simulação para demonstrar o eventual funcionamento do dispositivo. Pode-se observar na Figura 12 a ideia do modelo do dispositivo.

Figura 12 - Vista lateral do dispositivo

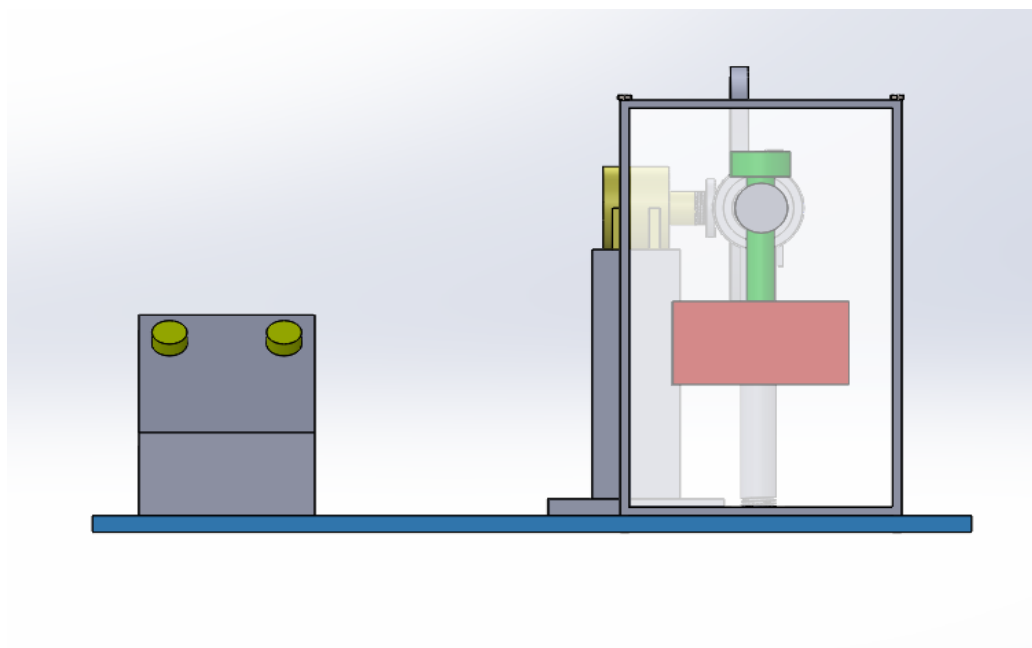


Fonte: Autores (2023)

Para dimensionamento do motor foi utilizado o número de movimentos realizados pelo operador, que consiste em ir e voltar um pincel 120 vezes sobre a peça, pensando nisso foi utilizado um motor de 50 rpm para realização desses movimentos, abaixo na Figura 13 em destaque na cor amarela podemos ver o motor.

Foi colocado um botão para ligar e deligar o dispositivo e um botão de emergência, assim que o clichê for fixado no dispositivo será acionado o botão de ligar o dispositivo e será esperado um tempo de 1,5 minutos para terminar o ciclo de corrosão.

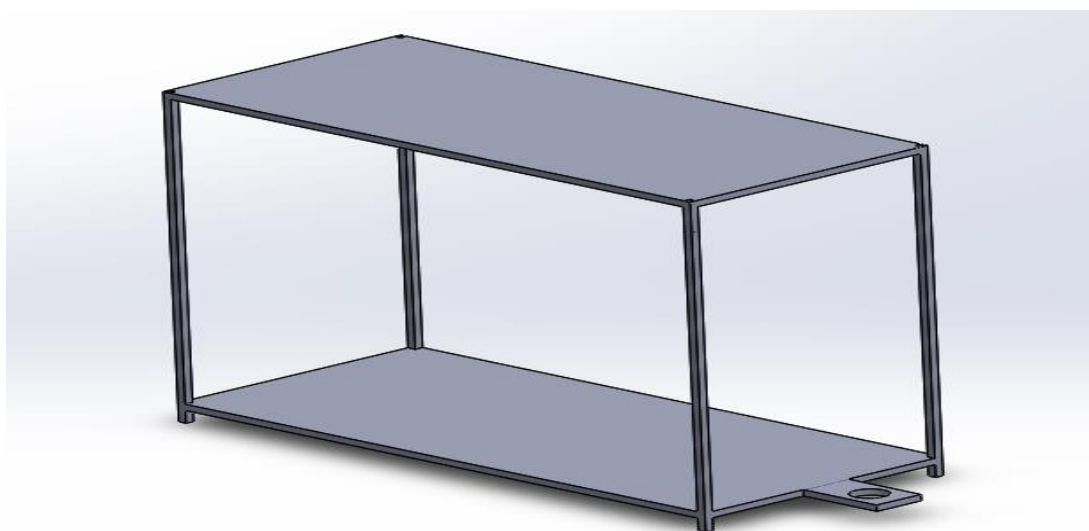
Figura 13 - Vista frontal do dispositivo



Fonte: Autores (2023)

Os materiais selecionados para a construção do dispositivo foram todos polímeros devido ao ácido reagir a com materiais metálicos, e isto resultaria em uma corrosão das partes do dispositivo, que após um tempo teria problemas em seu funcionamento por conta da corrosão de seus componentes. Na imagem a seguir pode-se observar qual será a aplicação deste material para a construção da estrutura.

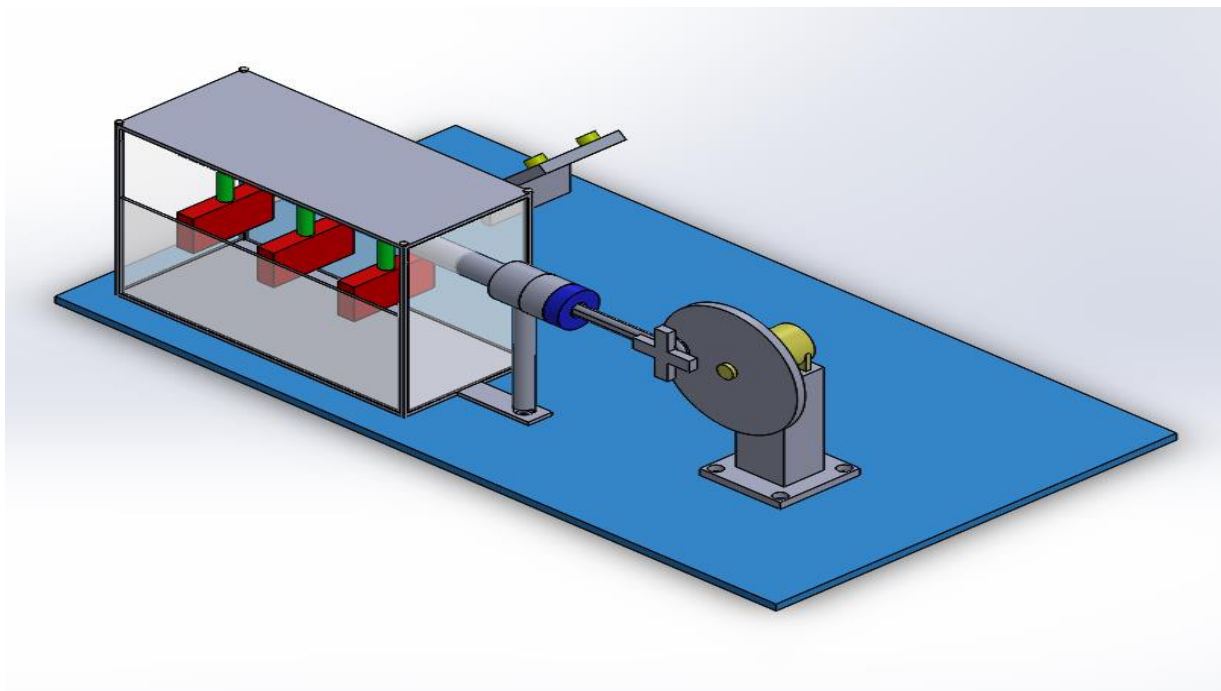
Figura 14 – Base onde será apoiada as chapas



Fonte: Autores (2023)

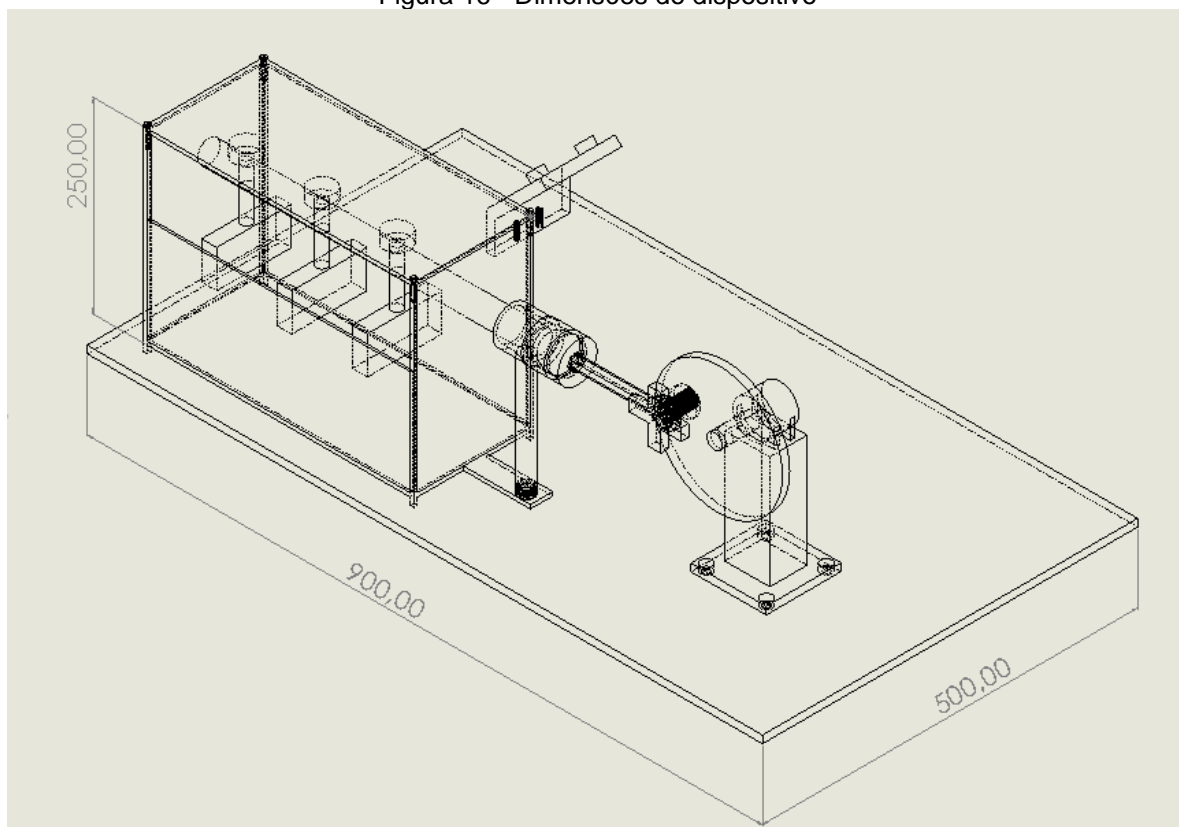
A ideia do dispositivo é eliminar esforços do operador e obter um ganho na produção, funcionará de seguinte forma, o clichê será colocado na base do dispositivo, dependendo de sua medida poderá ser 1 ou 2 clichês a cada operação.

Figura 15 – Vista isométrica do dispositivo



Fonte: Autores (2023)

Figura 16 - Dimensões do dispositivo



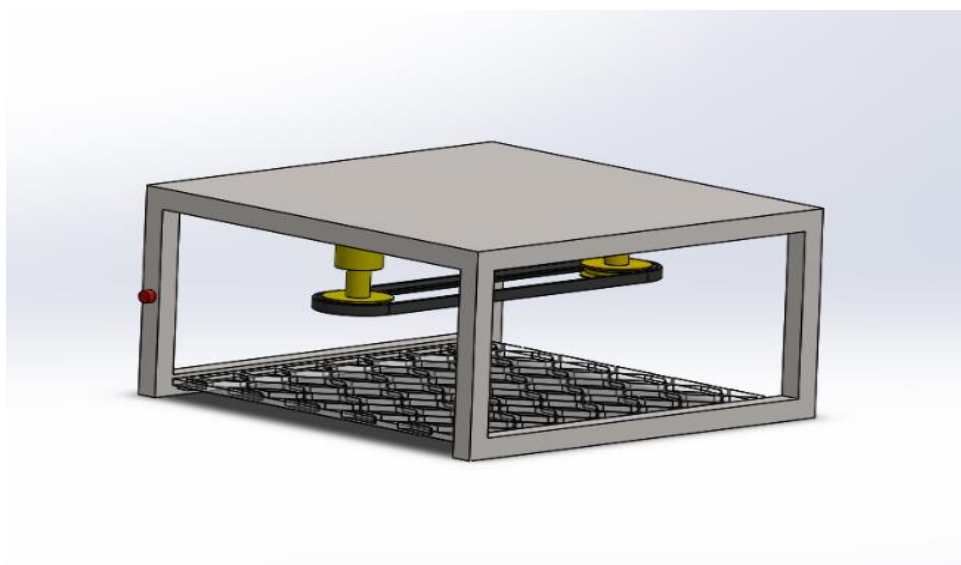
Fonte: Autores (2023)

6. RESULTADOS E DISCUSSÕES

Com a atual demanda da empresa, se torna necessário cada vez mais realizar melhorias de processo de fabricação da empresa, para que haja cada vez mais ganhos na produtividade e um melhor aproveitamento no tempo de serviço do colaborador, pensando nisso foi feito dimensionamentos e simulações para uma possível construção de um dispositivo que possa vir a ajudar a empresa com sua alta demanda.

Inicialmente houve a ideia de ser feito um dispositivo que utilizaria correias e polias para realização do movimento, porém com algumas discussões chegou-se a uma nova versão do dispositivo, podemos ver abaixo na Figura 16 o modelo de ideia inicial e na Figura 17 o modelo de ideia atual.

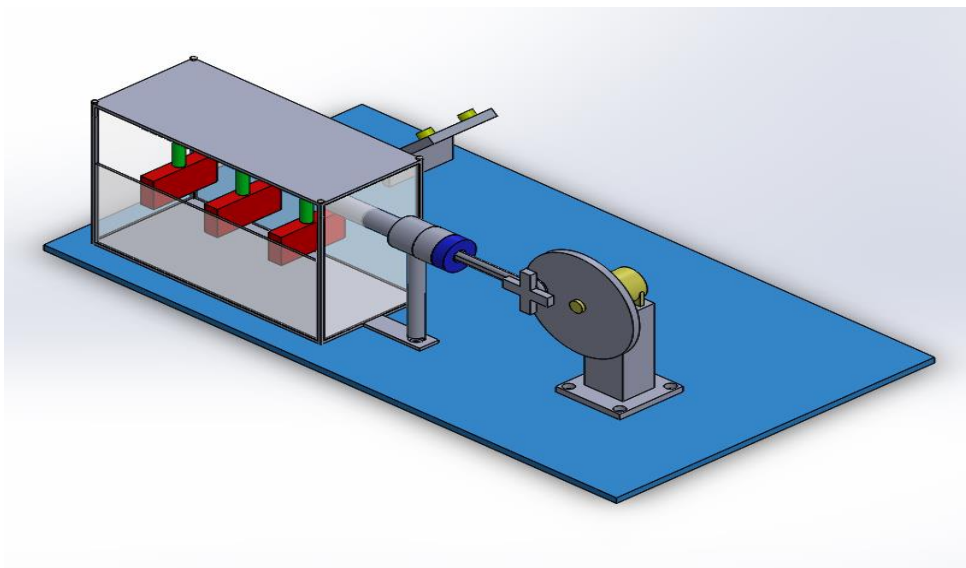
Figura 17 – Idéia inicial do protótipo



Fonte: Autores (2023)

Este modelo apresentava algumas falhas em relação a fixação por isso foi substituído pelo modelo da Figura 17.

Figura 18 – Modelo final



Fonte: Autores (2023)

No modelo atual (Figura 17) foi mudado o sistema de movimento para que o dispositivo seja mais eficiente e possua uma melhor fixação tanto dos pincéis quanto das peças, já que esse era um dos problemas que estavam presentes no antigo modelo.

6.1. Cálculo do OEE

O OEE (Overall Equipment Effectiveness – Eficiência Global do equipamento) é um indicador de desempenho dos equipamentos do processo produtivo que considera todos os impactos causados na operação derivados da indisponibilidade de seus recursos físicos. O objetivo do OEE é proporcionar dados suficientes para o processo de tomada de decisão com o intuito de obter o melhor aproveitamento possível em relação ao tempo total programado para produção.

Sendo assim consideramos que um operador que opera em turno de 10 h por dia, 5 dias por semana. Durante o mês, o ativo ficou sem operar 20 h devido o almoço e 40 h de setup. Ele produz 80 peças por dia, o seu tempo padrão é de 3 minutos. Voltando para retrabalho 150 peças.

$$IQ = \frac{\Sigma(\text{quantidade produzida} - \text{refugos e retrabalho}) \times \text{tempo de ciclo}}{\Sigma(\text{quantidade produzida} \times \text{tempo de ciclo})}$$

$$ID = \frac{\text{tempo programado} - \text{tempo de paradas}}{\text{tempo programado}} \times 100$$

$$IP = \frac{\Sigma(\text{quantidade produzido} - \text{tempo de ciclo})}{\text{tempo de operação}} \times 100$$

Sendo:

ID = índice de disponibilidade.

IP = índice de performance.

IQ = índice de qualidade.

OEE = Overal Equipment Effectiveness – Eficiência Global de Equipamentos.

- Tempo disponível mensal.

$$((10h \times 5\text{dias} \times 4\text{semanas}) - 20h) = 156h$$

- Quantidade de peças produzidas no processo manual.

$$\frac{9.360m}{8m} = 1.170 pcs$$

Considerando um operador que opera em turno de 10 h por dia, 5 dias por semana. Durante o mês, o ativo ficou sem operar 20 h devido o almoço. Ele produz 67 peças por dia, o seu tempo padrão é de 8 minutos. Voltado para retrabalho 300 peças.

$$ID = \frac{\text{tempo programado} - \text{tempo de paradas}}{\text{tempo programado}} \times 100$$

$$ID = \frac{176h - 20h}{176h} \times 100 = 88,6\%$$

$$IP = \frac{\Sigma(\text{quantidade produzida} \times \text{tempo de ciclo})}{\text{tempo de operação}} \times 100$$

$$IP = \frac{1170 pç \times 8 min}{176h \times \frac{1 h}{60 min}} \times 100 = 88,6\%$$

$$IQ = \frac{\Sigma(\text{quantidade produzida} - \text{refugos e retrabalho}) \times \text{tempo de ciclo}}{\Sigma(\text{quantidade produzida} \times \text{tempo de ciclo})}$$

$$IQ = \frac{(1170 - 300) \times 8 min}{1170 \times 8 min} \times 100 = 74,3\%$$

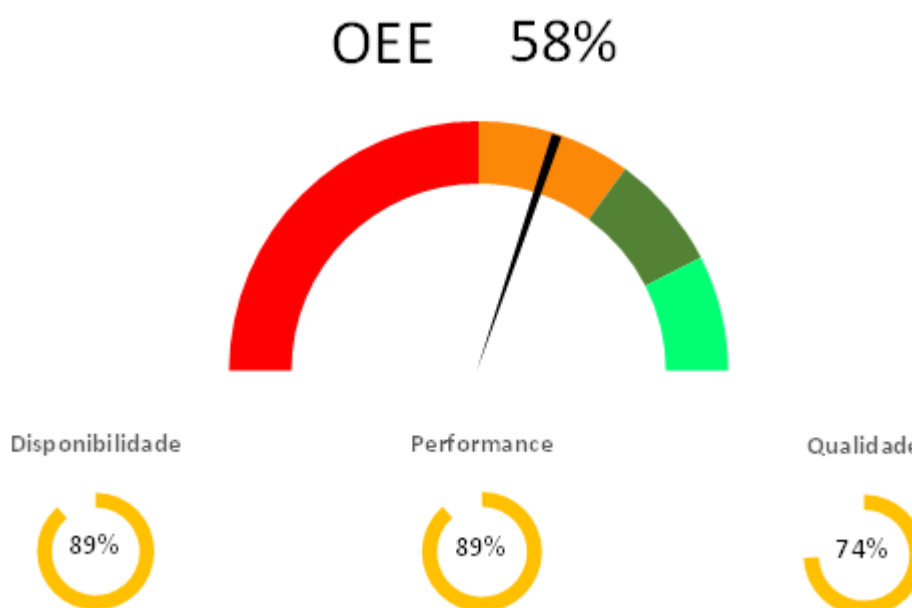
$$OEE = ID \times IP \times IQ$$

$$OEE = 88,6\% \times 88,6\% \times 74,3\%$$

$$OEE = 58.3\%$$

Cálculos do processo manual com os índices de performance (74%), disponibilidade (90%) e qualidade (74%), foi atingido um OEE de (50%) como mostrado no gráfico 1, sendo vermelho ruim, laranja regular, verde escuro bom e verde fluorescente ótimo.

Gráfico 1 - OEE da empresa na situação atual.



Fonte: Autores (2023)

Foi considerado o tempo de setup foi incluso no tempo de ciclo, porque o operador deve

● Ruim ● Regular ● Bom ● Ótimo

- Quantidade de peças produzida processo com dispositivo de corrosão.

$$\frac{9.360m}{4m} = 2340pcs$$

Considerando um operador que opera em turno de 10 h por dia, 5 dias por semana. Durante o mês, o ativo ficou sem operar 20 h devido o almoço. Ele produz 135 peças por dia, o seu tempo padrão é de 1,2 minutos. voltando para retrabalho 200 peças.

$$ID = \frac{\text{tempo programado} - \text{tempo de paradas}}{\text{tempo programado}} \times 100$$

$$ID = \frac{176h - 20h}{176h} \times 100 = 88,6\%$$

$$IP = \frac{\Sigma(\text{quantidade produzida} \times \text{tempo de ciclo})}{\text{tempo de operação}} \times 100$$

$$IP = \frac{2340 \text{ pç} \times 4 \text{ min}}{176h \times \frac{1h}{60 \text{ min}}} \times 100 = 88,6\%$$

$$IQ = \frac{\Sigma(\text{quantidade produzida} - \text{refugos e retrabalho}) \times \text{tempo de ciclo}}{\Sigma(\text{quantidade produzida} \times \text{tempo de ciclo})}$$

$$IQ = \frac{(2340 - 200) \times 4 \text{ min}}{2340 \times 4 \text{ min}} \times 100 = 91,4\%$$

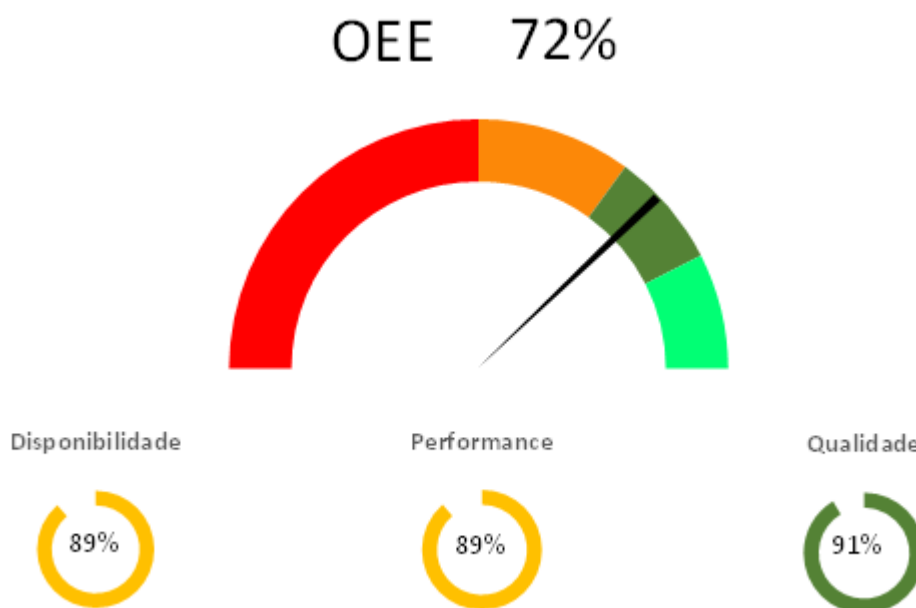
$$OEE = ID \times IP \times IQ$$

$$OEE = 88,6\% \times 88,6\% \times 91,4\%$$

$$OEE = 71,7\%$$

Cálculos do processo manual com os índices de performance (91%), disponibilidade (90%) e qualidade (91%), foi atingido um OEE de (75%) como mostrado no gráfico 2, sendo vermelho ruim, laranja regular, verde escuro bom e verde fluorescente ótimo.

Gráfico 2 - OEE do processo com a aplicação do dispositivo.



Fonte: Autores (2023)

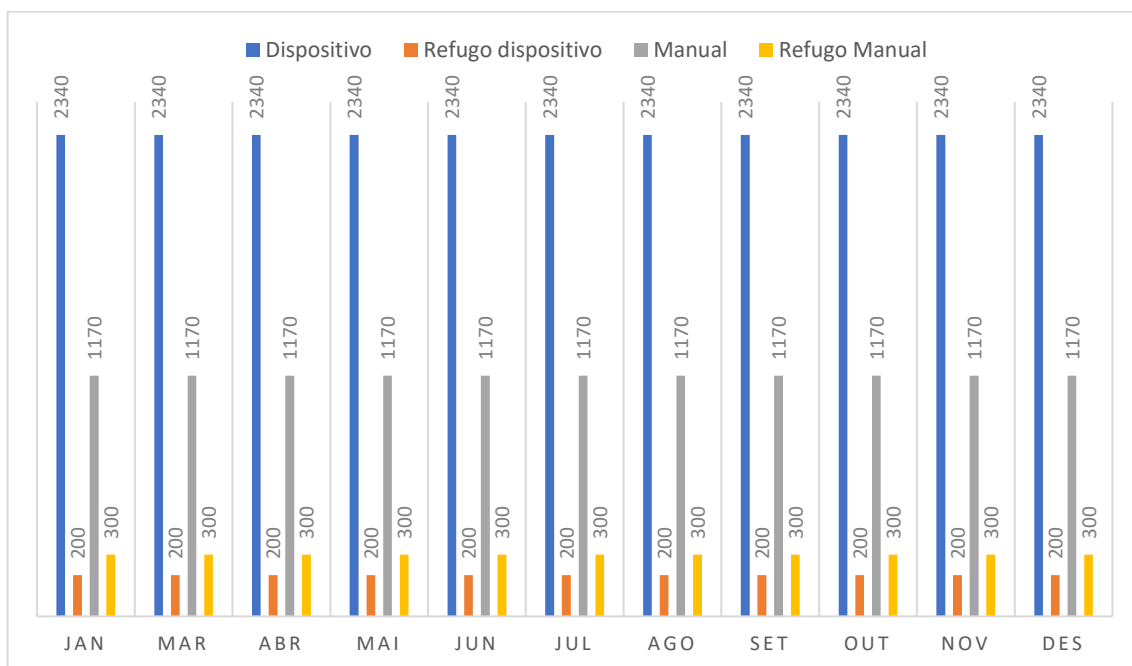
● Ruim ● Regular ● Bom ● Ótimo

Foi desconsiderado o tempo de setup, enquanto o operador espera o ciclo do dispositivo terminar ele poderá exercer outras atividades, como preparar os próximos clichês a serem corroídos e efetuar limpeza dos clichês já concluídos.

Conforme os cálculos mostrados acima, foi alcançado um nível de produção superior utilizando o dispositivo em relação a produção manual que atualmente é utilizada na empresa.

O gráfico 3 mostra a evolução da produção do processo com o dispositivo aplicado em comparação ao processo manual, esse ganho na produção é devido ao tempo de setup que ganhamos com a utilização do dispositivo, no processo manual o operador prepara o clichê e faz a corrosão do mesmo, com a utilização do dispositivo a preparação do clichê será feita enquanto o dispositivo termina seu ciclo.

Gráfico 3 - Análise de produção.



Fonte: Autor (2023)

6.2. Custos

Este trabalho aborda o desenvolvimento de um dispositivo de baixo custo que seja capaz de realizar atividades realizadas de forma manual na atualidade da empresa fabricante de máquinas tampográficas. Para verificação dos preços de mercado dos componentes foi realizada diversas cotações, assim, obtivemos a seguinte média de preços para os componentes citados, conforme mostra a Tabela 1.

Tabela 1 - Custo componentes

Produto	Especificações de mercado	Custo R\$	Quantidade	Total
Policarbonato transparente	1000 x 1000 x 4 mm	397,37	2	794,74
Tarugo quadrado nylon branco	50 x 50 x 500 mm	175	6	R\$ 1.050,00
Motor elétrico	Motor elétrico síncrono 220 V, 50 RPM SM BI-direcional	187,5	1	R\$ 187,50
Parafuso Allen	Parafuso allen nylon M5 x 30 mm	1,51	20	R\$ 30,20
Placa colméia	Placa Colméia Acrílico Cristal 660 x 330 mm	125	1	R\$ 125,00
Tarugo Nylon	Tarugo bastão de nylon Ø 200mm x 100	2600	1	R\$ 2.600,00
Pinceis	Trincha 5,5"	295	1	R\$ 295,00
Botão Start / Stop	Botão duplo verde e vermelho	26,5	1	R\$ 26,50
Botão Liga / Desliga	3 estágios	14,3	1	R\$ 14,30
Botão emergência	2 Contatos, trava gira destrava	28,9	1	R\$ 28,90
Fio	Fio flexível 2,5 mm (20m)	54,9	1	R\$ 54,90
Relé	Relé temporizador digital	40	1	R\$ 40,00
Usinagem	Usinagem dos componentes de Nylon	50	10	R\$ 500,00
Total				R\$ 5.747,04

Fonte: Autores (2023)

6.3. Lucros

Com a atual demanda da empresa fabricante de máquinas tampográficas, a empresa vende um clichê por R\$150,00 e tem um lucro por peça num valor de 80.00R\$ o processo atual obtém um lucro mensal de R\$108.000,00.

$$1170 \text{ pç} * R\$80,00 = R\$93.600,00$$

Logo após a utilização do dispositivo estima-se um lucro mensal de R\$216.000,00 o clichê continuará sendo vendido no valor de R\$150,00

$$2340 \text{ pç} * R\$80,00 = R\$187.200,00$$

Com base nestes estudos dispositivo desenvolvido neste trabalho pode ser usado e validado na atual atividade de maneira satisfatória, onde o custo é satisfatório devido a sua capacidade de ganho de fins lucrativos dentro da empresa, e devido a um ambiente melhor para o trabalhador.

7. CONCLUSÃO

Com os resultados do estudo de melhoria no processo de corrosão do clichê de aço conclui que o desenvolvimento do projeto foi de suma importância a indústria quanto ao colaborador.

O objetivo geral desse trabalho foi desenvolver um projeto de equipamento que permite, de maneira mais prática e com uma maior qualidade realizar o processo de corrosão dos clichês de aço, que atualmente é realizado manualmente, tendo muita variação de profundidade e podendo causar futuras lesões ao colaborador.

Após todos os resultados apresentados foi possível concluir que o dispositivo trará grandes retornos financeiros a empresa e proporcionará melhores condições de serviço para o funcionário, pois ele terá um trabalho mais ergonômico. Com um investimento de aproximadamente R\$5.800,00 a empresa terá um lucro estimado de R\$102.200,00 no mês com ganhos em tempo de setup que resultaram em um aumento na produtividade, já que será realizado uma maior quantidade de peças em menos tempo.

Com a utilização do dispositivo será obtido melhores condições de serviço para o funcionário, já que ele não realizará movimentos repetitivos por longos tempos e não será exposto por muito tempo ao corrosivo. Com isso a empresa terá um grande retorno, utilizando os cálculos do OEE foi possível demonstrar que o processo teve um grande aumento em sua produtividade e lucro.

8. REFERÊNCIAS

- ABERGO (Associação Brasileira de Ergonomia). 2004.** [Online] ABERGO, 2004. [Citado em: 17 de 05 de 2023.] <https://www.abergo.org.br/>.
- ANASTÁCIO, M. O. 2015.** Segurança do trabalho em máquina tampográfica numa empresa de gravações técnicas. [Mestrado Engenharia Mecânica]. Taubaté, SP : s.n., 2015. p. 61.
- Castrucci, Plínio de Lauro e Moraes, Cicero Couto. 2006.** *Engenharia de Automação Industrial*. 2ª. s.l. : LTC, 2006. p. 360. ISBN.
- Coelho, Miguel Ângelo Meira. 2016.** *Estudo das variáveis e implementação de melhorias no processo de tampografia*. Campus de Gualtar, Portugal : s.n., 2016. p. 105, Dissertação de mestrado.
- Corrêa, Vanderlei Moraes e Boletti, Rosane Rosner. 2015.** *Ergonomia fundamentos e aplicações*. Porto Alegre : Bookman, 2015. p. 144.
- Franchi, Claiton Moro. 2011.** *Controle de processos industriais: Princípios e aplicações*. 1. s.l. : Érica, 2011.
- Gárlipp, Waldir. 1973.** Tratamento térmico. *Tratamento térmico*. [http://repositorio.eesc.usp.br/server/api/core/bitstreams/2fa61e13-6f80-49a2-820b-8eaed8cca0db/content]. São Paulo : s.n., 1973. p. 97.
- Rodrigues, Larissa C., Rodrigues, Lidiana C. e Mazzuchetti, Roselis. 2016.** *Objetivo de Desempenho: Conceitos e Aplicação*. Paraná : s.n., 2016. p. 10.
- SOUSA. 2017.** O Serigrafo. *Tampografia- O Serigrafo*. [Online] 22 de 08 de 2017. <https://oserigrafico.com.br/tampografia/>.
- Souza, Pedro Henrique de Oliveira. 2018.** *ANÁLISE DA EFICIÊNCIA DOS TRATAMENTOS DE SUPERFÍCIE EM PEÇAS PLÁSTICAS PARA APLICAÇÃO DO PROCESSO DE TAMPOGRAFIA*. Minas gerais : Fundação de Ensino e Pesquisa do Sul de Minas, 2018.
- TAMPOGRAFIA, SEMMIL. 2022.** Semmil embalagens plasticas para cosmeticos. *Semmil chichês*. [Online] 2022. <https://semmil.com.br/cliches.html>.
- Tampograficas, TAMPOART Tecnicas. 2022.** Tampoart: Home. *Tampoart Tampão de silicone*. [Online] 2022. <https://www.tampoart.com.br/tampao-de-silicone>.
- TAMPOPRINT. 2014.** *Tampo Canada Inc*. [Online] 2014. [Citado em: 5 de Novembro de 2022.] <https://www.tampocanada.com/printing-pads..>
- TECA-PRINT. 2018.** The Pad Printing Process. Thayngen : Apostila, 2018.
- Wultz. 2022.** Curso de Tampografia. São Paulo : Apostila, 2022.
- ZURICH TERMOPLÁSTICOS.** *Injeção de termoplásticos*. São Bernardo do Campo [Online] 2020. <https://www.injecãodeplasticos.com.br/home/>.