



**INSTITUTO FEDERAL DE EDUCAÇÃO, CIÊNCIA E TECNOLOGIA DO  
AMAZONAS**

**DEPARTAMENTO DE ENSINO SUPERIOR**

**DAVID CRISTIAN DA COSTA CRUZ**

**OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE REMOÇÃO DE GALHOS NO SETOR DE  
FUNDIÇÃO: ESTUDO DE CASO NO PIM.**

**MANAUS – AM**

**2023**

DAVID CRISTIAN DA COSTA CRUZ

OTIMIZAÇÃO DO PROCESSO DE FUNDIÇÃO EM UMA EMPRESA DO PIM:  
ESTUDO DE CASO

Monografia apresentada ao Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, como requisito parcial, para a obtenção do título de Bacharel em Engenharia de controle e automação, sob a orientação do Prof. Msc. José Geraldo de Pontes e Souza.

MANAUS – AMAZONAS

2023

## FICHA CATALOGRAFICA

### Dados Internacionais de Catalogação na Publicação (CIP)

Cruz, David Cristian da Costa Cruz.

C955o

Otimização do processo de remoção de galhos no setor de fundição: estudo de caso no PIM / David Cristian da Costa Cruz. — Manaus, 2023.

Monografia (Graduação) — Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas, *Campus* Manaus Distrito Industrial, Curso de Engenharia de Controle e Automação, 2023.

Orientador: Prof.º José Geraldo de Pontes e Souza, Me.

1. Automação. 2. Fundição. 3. Ergonomia. 4. Segurança. I. Souza, José Geraldo de Pontes e Souza. II. Instituto Federal de Educação, Ciência e Tecnologia do Amazonas. III. Título.

Elaborada por Oziane Romualdo de Souza (CRB11/ nº 734)

## ATA DE DEFESA PÚBLICA DO TRABALHO DE CONCLUSÃO DE CURSO

Aos 11 dias do mês de abril de 19:00 às 20:00, o(a) discente **David Cristian da Costa Cruz**, apresentou o seu Trabalho de Conclusão de Curso para avaliação da Banca Examinadora constituída pelos seguintes integrantes: Prof. Me. José Geraldo de Pontes e Souza (docente-orientador), Prof. Me. Carlos Gomes Fontenelle (Membro 1) e Prof. Esp. Celso Souza Cordeiro (Membro 2). A sessão pública de defesa foi aberta pelo(a) presidente da banca, que apresentou a Banca Examinadora e deu continuidade aos trabalhos, fazendo uma breve referência ao TCC, que tem como título "Otimização de processo de fundição em uma empresa do PIM".

Na sequência, o(a) discente teve até 30 minutos para a comunicação oral de seu trabalho. Cada integrante da banca examinadora fez suas arguições após a defesa do mesmo. Ouvidas as explicações do(a) discente, a banca examinadora, reunida em caráter sigiloso, para proceder à avaliação final, deliberou e decidiu pela APROVAÇÃO com média final ( 9,5 ) do referido trabalho.

Foi dada ciência ao(à) discente que a versão final do trabalho deverá ser entregue até o dia 18 / 04 / 2023, com as devidas alterações sugeridas pela banca. Nada mais havendo a tratar, a sessão foi encerrada às 19 h 30 min, sendo lavrada a presente ata, que, uma vez aprovada, foi assinada por todos os membros da Banca Examinadora e pelo(a) discente.

Prof.(a) Orientador(a)/Presidente: \_\_\_\_\_

Prof.(a) Avaliador 1: \_\_\_\_\_

Prof.(a) Avaliador 2: \_\_\_\_\_

Discente: \_\_\_\_\_

*O ignorante afirma, o sábio dúvida e o sensato reflete – Aristóteles*

## **Agradecimentos**

Em primeiro lugar, agradeço a Deus todo poderoso que me deu a oportunidade de estar concluindo mais uma etapa em minha vida com sucesso, aos meus pais que se dedicaram e me ajudaram em todas as dificuldades enfrentadas, aos meus familiares e amigos, minha esposa Valéria Silva pela grande ajuda e paciência, aos meus filhos João Pedro e Luiz Henrique que são a minha fonte de motivação, aos meus colegas de trabalho, em especial ao Daniel Peixoto pela força e agradeço meu orientador José Geraldo por todo comprometimento e paciência em colaborar com meu trabalho.

## Resumo

Situado em área estratégica, no coração das Américas e da Amazônia, o Polo Industrial de Manaus (PIM) é um dos mais modernos centros industriais e tecnológicos em toda a América Latina, reunindo atualmente mais de 500 indústrias de ponta nos segmentos Eletroeletrônico, Duas Rodas, Naval, Mecânico, metalúrgico e Termoplástico, entre outros, que geram cerca de meio milhão de empregos diretos e indireto. Uma fábrica no PIM (polo industrial de Manaus) do nicho de duas rodas, mais precisamente no setor de fundição, durante a injeção do alumínio para a conformação da peça é criado um “galho” que faz a junção das peças que saem do molde. Para remoção deste material e separação das peças é necessário que o operador bata com o martelo enquanto a peça está quente para realizar a quebra do galho, este procedimento realizado de maneira incorreta acaba inutilizando a peça, além de ocasionar um risco ergonômico alto para o operador. Partindo desta análise, o presente trabalho tem como objetivo a automação deste processo através da confecção de uma serra para realizar a separação deste material, reduzindo os riscos ergonômicos para o operador, seguindo a NR17, atendendo as normas de segurança presentes na NR12 e aumentando a eficiência do processo produtivo, evitando percas de peças e lesões no colaborador.

**Palavras chaves:** Fundição, automação, ergonomia, segurança.

## Abstract

Located in a strategic area, in the heart of the Americas and the Amazon, the Polo Industrial de Manaus (PIM) is one of the most modern industrial and technological centers in all of Latin America, currently bringing together more than 500 cutting-edge industries in the segments of Electronics, Two Wheels, Naval, Mechanical, Metallurgy and Thermoplastic, among others, which generate around half a million direct and indirect jobs. A factory in the PIM (industrial center of Manaus) in the two-wheel niche, more precisely in the foundry sector, during the injection of aluminum for the conformation of the part, a “branch” is created that joins the parts that come out of the mold. To remove this material and separate the parts, the operator needs to hit the part with the hammer while the part is hot to break the branch. Based on this analysis, the present work aims to automate this process by making a saw to perform the separation of this material, reducing the ergonomic risks for the operator, following the NR17, meeting the safety standards present in the NR12 and increasing the efficiency of the production process, avoiding loss of parts and injuries to employees.

**Keywords:** Die casting, automation, ergonomics, safety.

## LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Layout antes da implantação de melhoria no processo .....	21
Figura 2: Atuador pneumático SMC CDQ2B20-40DMZ .....	28
Figura 3: Ilustração da estrutura do equipamento .....	28
Figura 4: Dispositivo de assentamento de grampeamento e quebra da película. ....	29
Figura 5: Layout após implantação de melhoria no processo. ....	32

## LISTA DE GRÁFICOS

Gráfico 1: Índice de rejeição interna no setor de fundição durante o 1º semestre de 2022. ....	22
Gráfico 2: Índice de percas durante o processo - 1º semestre de 2022.....	22
Gráfico 3: Quantidade de acidente registrados no setor de fundição.....	23
Gráfico 4: Índices de absenteísmo no 1º semestre de 2022.....	24
Gráfico 5: Estratificação do item absenteísmo.....	24
Gráfico 6: Estratificação do item licenças.....	25
Gráfico 7: Estratificação do item atestado médico.....	26
Gráfico 8: Estratificação do índice problemas ergonômicos.....	26
Gráfico 9: Índice de rejeição interna no setor de fundição durante o 2º semestre de 2022.....	30
Gráfico 10: Índice de percas durante o processo - 2º semestre de 2022.....	31

## SUMÁRIO

1. Introdução .....	12
1.1 Problematização .....	13
1.2 Justificativa.....	13
1.3 Objetivos .....	14
2. Referencial teórico .....	16
2.1 Processos de fundição.....	15
2.2 Automação .....	16
2.3 Ergonomia.....	17
2.4 Norma regulamentadora 12 .....	17
2.5 Norma regulamentadora 17 .....	18
2.6 Método OCRA.....	19
3. Metodologia .....	20
4. Análise dos resultados .....	22
5. Conclusão .....	32
Referências .....	33

## 1. INTRODUÇÃO

Para que hoje as grandes empresas consigam atender o mercado, a automação torna-se de extrema importância, pois além de aumentar de forma considerável a produtividade, também diminui a quantidade de mão de obra considerada antes necessária, e uma das maneiras classificadas mais economicamente viáveis para realizar isso, é fazendo uso da pneumática. Esse fato se dá pelas diversas características próprias de seu fluido, que nesse caso é ar e pela sua ampla utilização sendo possível aplicá-la em diversos seguimentos da indústria. Automação significa a dinâmica organizada dos automatismos, ou seja, suas associações de uma forma otimizada e direcionada à consecução dos objetivos do programa humano (FIALHO, 2004).

Automação Industrial equivale em permutar a execução humana tanto na operação de máquinas, quanto no controle de processos. A busca pela automação no setor industrial manifesta quando a empresa compreende a maior necessidade de valer-se produtiva, pretendendo à maior velocidade, confiabilidade, versatilidade e fluxo de produção (MARQUES et al, 2017).

Anteriormente as atividades exigiam muito esforço físico repetitivo. Atualmente as atividades dependem principalmente dos aspectos cognitivos, ou seja, da adesão e processamento de informações. A ergonomia surgiu logo após a Segunda Guerra Mundial, em decorrência do trabalho interdisciplinar exercido por diversos profissionais, tais como engenheiros, fisiologistas e psicólogos, durante aquela guerra. Os campos de emprego da ergonomia se faziam quase exclusivamente na indústria convergiam no binômio homem-máquina. A ergonomia agora é mais bem ampla, estudando sistemas complexos, onde dezenas ou até centenas de homens, máquinas e materiais relacionam-se continuamente entre si, na realização de um trabalho, ampliando horizontalmente, envolvendo diversos tipos de trabalhos humanos. Ultimamente esse crescimento ocorre principalmente no setor de serviços (saúde, educação, transporte, lazer e outros) e até no estudo de atividades domésticas. Houve também uma importante mudança qualitativa. (ILDA, 2005).

## 1.1 PROBLEMATIZAÇÃO

Atividades que convertem matéria prima em produtos que serão consumidos caracterizam a indústria. Com surgimento no início do século XIX trouxe a transição do capitalismo comercial para o capitalismo industrial, utilizando para isso força humana, máquinas e energia. Com a evolução dos processos e das necessidades da humanidade, foram necessárias ser implantadas novas tecnologias nos processos de fabricação. Verificando o processo de fundição de uma empresa de fabricação de componentes de motocicletas, foram identificados postos de trabalho em que se fazia necessário o estudo para implantação da automação, pois os mesmos exigiam grandes esforços para serem executados, postura inadequada para execução do processo, movimentos repetitivos. Executando uma análise com foco no setor de fundição de componentes de motocicleta, e analisando os indicadores setoriais de absenteísmo e qualidade, foi destacado o processo de quebra de galho e acabamento do corpo do acelerador, no qual se apresenta elevadas ocorrências de quebra de peças, impactando no resultado final de produção, além do levantamento de risco ergonômico, o que impacta diretamente a qualidade do produto. Optando pela implantação de um sistema que seja de fácil instalação e que ofereça o melhor custobenefício. Considerando que parte dos materiais necessários para o desenvolvimento do sistema já estão disponíveis na empresa, os custos envolvidos se tornam mínimos ao investimento total do projeto, além de diminuir os riscos para os colaboradores ativos neste posto de trabalho. Partimos da seguinte indagação: “Quais os benefícios e vantagens da aplicação da automação para melhoria no processo, redução dos índices de absenteísmo e redução de riscos ergonômicos que podemos aplicar no setor de fundição de uma fábrica no polo industrial de Manaus (PIM)?”

## 1.2 JUSTIFICATIVA

Com o objetivo de melhorar a eficiência do processo produtivo, com um baixo investimento, que se possa construir um sistema que venha a exercer a mesma função de forma eficiente sem que seja necessário grande esforço físico para o colaborador, reduzindo de forma relevante o esforço do operador e os riscos de problemas ergonômicos e melhorando os índices do processo. O equipamento

oferecerá a remoção dos galhos e quebra da película interna de maneira correta, evitando problemas de qualidade, reduzindo movimentos repetitivos e oferecendo uma melhor qualidade ao produto acabado.

Para a fabricação dos produtos durante o processo, o colaborador submete-se aos riscos do meio de trabalho, e da atividade exercida. A produção de um produto simples ou a manufatura de uma empresa, sendo essa pequena, média ou grande, envolvem riscos que devem ser considerados e previstos antes de se executar as atividades. Por se tratar de um processo produtivo em grande escala, os colaboradores são expostos aos riscos de doenças de trabalhos ou até mesmo de acidentes pela repetibilidade e aplicação de esforço na execução do processo. Outro fator a se observar, é a quantidade de peças que se perdem durante o processo, dentre as principais causas está fatores humanos, como: cansaço, desatenção e outros fatores que geram insatisfação no seu trabalho.

O produto a ser comercializado com o objetivo de beneficiar a empresa corresponde ao processo produtivo. Onde o produto precisa atender padrões e normas de qualidade para ser repassado ao cliente final. Este projeto visa manter os padrões de qualidade do produto, visando a redução de custo para o processo de fabricação.

O tema justifica-se por sua relevância acadêmica e profissional. Uma vez que, ao considerar os benefícios da automação industrial, pode-se fabricar um produto visando manter os padrões de qualidade, reduzindo os custos durante o processo e atendendo as normas de seguranças.

### 1.3 OBJETIVOS

#### OBJETIVO GERAL

Otimizar os índices de qualidade, produtividade, segurança e ergonomia da remoção de galhos e películas em um processo de fundição do polo de duas rodas no PIM, através da automatização do processo com o desenvolvimento de uma serra automatizada.

## OBJETIVOS ESPECIFICOS

- I. Estabelecer o mecanismo que leve a criação de um dispositivo com a finalidade de automatizar o processo de remoção de galhos e quebra da película interna no processo de fundição em uma empresa do PIM.
- II. Adequar o dispositivo as normas vigentes NR12 e NR17.
- III. Aumentar a eficiência do processo produtivo e os índices de qualidade.

## 2 REFERENCIAL TEÓRICO

### 2.1 PROCESSO DE FUNDIÇÃO

Uma fundição se dá por meio do derramamento de dado metal (liga metálica) líquido no interior de uma cavidade denominada molde cuja forma corresponde, em negativo a da peça desejada (SIEGEL, 1985). A fundição corresponde a um processo de fabricação mecânica que evoluiu com a humanidade, se tornando um dos processos mais versáteis que permitem a fabricação de peças únicas ou em série nas mais variadas formas e complexidades.

Para Baldam (2014) o processo de fundição é:

“Um dos métodos mais econômicos de se produzir em série uma vasta gama de componentes metálicos. A fundição pode ser considerada um processo de fabricação de peças metálicas que representa o caminho mais curto entre a matéria líquida e a peça semiacabada, já em condições de uso, para utilização imediata”. (BALDAM, 2014, p. 22).

Uma fundição funciona de maneira integrada, na qual cada setor fica responsável por uma determinada etapa do processo. A fabricação de uma peça fundida requer, pelo menos, os seguintes setores (SENAI, 1987):

- I. De projetos;
- II. De confecção e separação de modelos, caixas de madeira e elementos de modelo, ou seja, modelação;
- III. De fabricação de peças fundidas;
- IV. De preparação de areia de moldação;
- V. De moldação;
- VI. De confecção de machos;
- VII. De preparação de metal líquido, ou seja, área de fusão;
- VIII. De vazamento de moldes;
- IX. De rebarbação e limpeza, ou seja, limpeza da peça;

## 2.2 AUTOMAÇÃO

A automação é a utilização de comandos lógicos programáveis e de equipamentos mecanizados para substituir as atividades manuais que envolvem a tomada de decisões e comandos e respostas de seres humanos. (LAMB, 2015)

O termo automação foi criado na década de 40 por um engenheiro da ford motor company, que descreveu como um sistema no qual ações e controles automáticos substituem o esforço e a inteligência humana.

A definição de automatização é um agregado de técnicas por meio das quais se englobam sistemas ativos organizados de forma a atuar com uma eficiente de forma utilizar de informações obtidas mediante o qual atuam. Referentes às informações, o sistema calcula a ação corretiva mais propício para a execução da ação e esta é um padrão em malha fechada, conhecidos como sistemas de realimentação, ou seja: envolvem uma relação expressa entre o valor da saída em relação ao da entrada de referência do processo. Essa relação entrada/saída serve para restaurar eventuais valores na saída que estejam fora dos valores desejados. Para isso, são aplicados controladores que, por intermédio da execução algorítmica de um programa ou um circuito eletrônico, equiparam o valor atual com o valor esperado, executando o cálculo para ajuste e correção (SILVEIRA e SANTOS, 2003).

## 2.3 ERGONOMIA

As primeiras definições de ergonomia se originam da metade do século XIX, onde um cientista polonês Wojciech Jastrzebowski, buscava entender a ergonomia como uma ciência natural, onde publicou artigos a respeito do tema, sendo o mais conhecido o artigo intitulado “Ensaio de ergonomia, ou ciência do trabalho, baseada nas leis objetivas da ciência sobre a natureza”.

A partir do que Wojciech Jastrzebowski da Polônia (em 1857) definiu a ergonomia juntando dois termos gregos, *ergon* = trabalho e *nomos* = leis naturais, os pesquisadores têm procurado estabelecer as leis fundamentais baseadas nos quais esta disciplina em desenvolvimento pode ser classificada como ciência. O conceito de Jastrzebowski para esta proposta trata da maneira de mobilizar quatro aspectos da natureza anímica, quais seriam, a natureza físico-motora, a natureza estético sensorial, a natureza mental intelectual e a natureza espiritual moral. Esta ciência do trabalho, portanto, significava a ciência do esforço, jogo, pensamento e devoção. Uma das ideias de Jastrzebowski é a proposição chave de que estes atributos humanos deflacionam – se e declinam a seu uso excessivo ou insuficiente. (KARWOWSKY, 1991)

Através da automação, dispositivos e máquinas são desenvolvidas a fim de oferecer maior desempenho as atividades do homem, contribuindo com a diminuição de esforços repetitivos, proporcionando melhor resultado do seu trabalho, com isso contribuindo de forma significativamente para um aumento de produção.

## 2.4 NR12 - MÁQUINAS E EQUIPAMENTOS

A norma NR 12, cujo seu título é máquinas e equipamentos, estabelece requisitos mínimos e condições mínimas exigidas para garantir a segurança e a saúde dos trabalhadores que interajam direta e indiretamente em máquinas e equipamentos (NR12, 2012).

Na automação atenção a segurança em máquinas e equipamentos é de grande importância, pois com a sua utilização se devem garantir a segurança de quem irá utilizar o equipamento, para atender a norma de segurança ações devem ser tomadas, como: análise de risco, sinalização, cuidado com equipamentos elétricos, cuidados

contra acionamento acidental, dispositivo de partida e parada, cuidados com áreas de circulação e entre outras medidas.

Seguindo as medidas propostas nesta norma, é possível preservar a segurança do operador e evitar constantes paradas de máquinas e/ou equipamentos.

## 2.5 NR 17 – ERGONOMIA

O objetivo geral desta norma é o uso de equipamentos que possam propiciar o máximo de conforto das atividades de trabalho aos colaboradores, sem que isso afete a sua produtividade e eficiência. Esta norma estabelece parâmetros que permitem a adaptação das condições de trabalho e condições psicofisiológicas dos colaboradores, permitindo um máximo de conforto enquanto desempenham suas funções.

## 2.6 METODO OCRA – *OCUPATIONAL REPETITIVE ASSESTMENT (Avaliação de movimentos repetitivos)*

O método OCRA foi criado em 1998 por Enrico Occhipinti e Daniela Colombini com o intuito de proporcionar uma ferramenta de avaliação que quantificasse a correlação entre o número médio diário de ações adequadas executadas pelos membros superiores em trabalhos repetitivos e o número correspondente de ações estipuladas. A ferramenta analisa as tensões promovidas nos membros superiores decorrentes de trabalhos repetitivos onde os mesmos são usados predominantemente no manuseio de materiais, privilegiando as doenças musculoesqueléticas oriundas por repetição, força, posturas e movimentos estranhos (MATIAS et al, 2014).

Os fatores de risco avaliados durante o método OCRA são: Tempo de recuperação, frequência da ação, força exercida, fator postura e fatores adicionais. Após levantar esses dados, é realizado o cálculo OCRA, onde se pode obter a pontuação final e o grau de risco da atividade exercida.

### 3 Metodologia

As informações e dados obtidos que serviram como base para elaboração desta pesquisa foram obtidos através da coleta de dados produtivos do setor de fundição de uma empresa do PIM, livros e textos e de plataforma de publicação artigos científicos, como SCIELO (scientific library online). Para realização da busca nesse banco de dados, foram utilizados termos como: Produção, segurança e normas regulamentadoras.

No item produção, foi coletado variadas formas para a análise de indicadores, eficiência produtiva e análise de paradas de linhas. No item segurança, foram levantadas informações sobre absenteísmo e sobre acidentes de trabalho que podem ocorrer no setor.

Após a realização da estratificação das informações coletadas, partimos para a análise dos indicadores internos e notamos altos índices no indicador de absenteísmo o qual ultrapassava as metas estipuladas. Partindo para uma análise mais dedicada, pode-se observar os motivos que contribuem para altos índices de absenteísmo, estão as atividades com alto esforço dos colaboradores durante o processo. O processo identificado foi o de remoção dos galhos da serra e quebra da película interna.

Após a identificação e definição do ponto de melhoria, foi necessário a avaliação dos fatores técnicos e humanos que traziam um elevado risco ergonômico ao posto de trabalho.

No item segurança, foram levantados alguns dados importantes, tais como: parâmetros que permitam adaptação do posto de trabalho de acordo com a NR 17, buscando uma melhor interação entre os colaboradores e as máquinas que eles operam, as condições de trabalho, prevenção de doenças ocupacionais, condições físicas e psicológicas e a eficiência do processo produtivo.

No item fundição, foram considerados o dado que possam impactar diretamente na formação do produto acabado, tais como: propriedade térmica do material, condições dos moldes, relação geométrica entre o volume e a área de superfície da fundição e a forma do molde.

No item automação industrial, foram considerados os benefícios que a elaboração do projeto trará ao processo, elaboração e aprovação do projeto, levantamento de orçamentos para confecção dos jigs e da parte estrutural da máquina, além dos retornos financeiros que trará para a empresa.

Após o levantamento dos dados e análise dos pontos importantes, buscamos as propriedades mecânicas das peças, e se elas se encontravam conforme a especificação do projeto, sendo necessário a análise do trabalho realizado pelo colaborador na retirada da peça do molde e no momento da quebra dos galhos e película interna. Certificados que as peças estavam de acordo com o projeto, com a utilização da máquina de medição tridimensional, e verificado a força necessária para realização da quebra dos galhos e película interna, utilizando o dinamômetro, foi medida a força utilizada durante o processo, e foi constatado que estava muito acima do permitido nas normas ergonômicas, que é de 0,6kgf, conforma a ferramenta de ergonomia brief.

Em posse das necessidades que devem ser atendidas na elaboração do projeto, desenhamos uma proposta de máquina utilizando o software SolidEdge, com a possibilidade de posicionamento da peça de modo que possa ser utilizado vários modelos para quebra do galho e película interna, sem a necessidade de ajustes em cada modelo.

Com a lista de materiais necessários para a elaboração do projeto, foram solicitados orçamentos para realização da confecção dos jigs e materiais necessários para adequação as normas de segurança.

Para confecção do dispositivo de assentamento da peça, foram utilizadas máquinas diversas, tais como: Torno, fresadora, arco de serra entre outras ferramentas. Após a confecção e realização dos ajustes finos, foi confeccionado um esquema pneumático simplificado para execução dos testes e validação do equipamento.

Após avaliação qualitativa do equipamento, foram instalados os equipamentos de segurança para adequação do equipamento as norma regulamentadoras 10,12 e 17. Foi enclausurado o equipamento, instalado atuador pneumático para abertura e fechamento automático da porta de segurança, cortinas de segurança, botoeiras bi manuais para garantir que o acionamento ocorra com as duas mãos do colaborador, afim de evitar que o mesmo acione com uma das mãos em lugar indevido que o ponha em risco, e um painel elétrico devidamente sinalizado e identificado para utilização do equipamento.

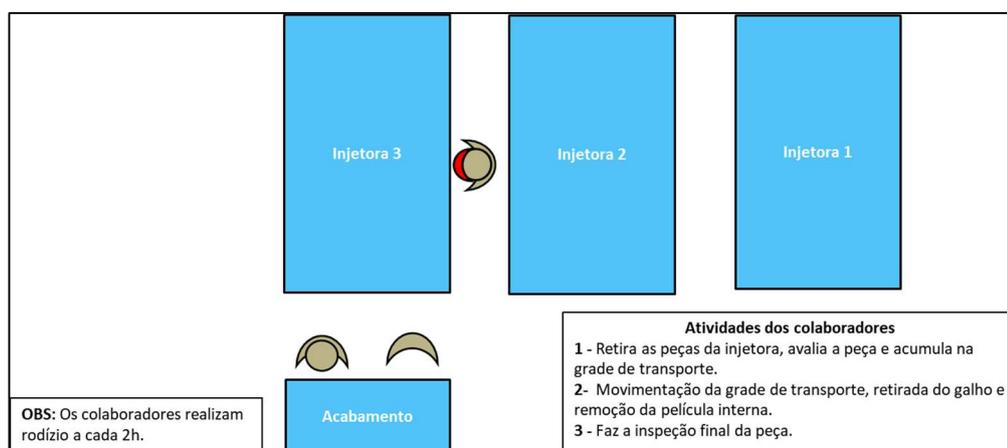
Nesta etapa de desenvolvimento do trabalho, foi realizada uma análise de campo entre os meses de janeiro e outubro de 2022, tendo como base para a investigação, a análise dos indicadores do processo produtivo de uma empresa do

PIM. Após a análise dos indicadores de cada setor e departamento, foi identificado os índices da linha, no setor de fundição, no qual notamos um elevado índice de defeitos devido à quebra incorreta dos galhos e elevadas reclamações de cansaço devido ao esforço repetitivo exercido pelo colaborador.

Dada as dificuldades, foi projetado um sistema de fácil aplicação e que se tenha um baixo custo financeiro. Esse sistema utiliza um sistema hidráulico e pneumático, cuja função é eliminar o esforço repetitivo do colaborador, além de promover agilidade e eficiência na execução das suas tarefas, onde se reduz os problemas de qualidade e ocasiona um aumento de lucros a empresa.

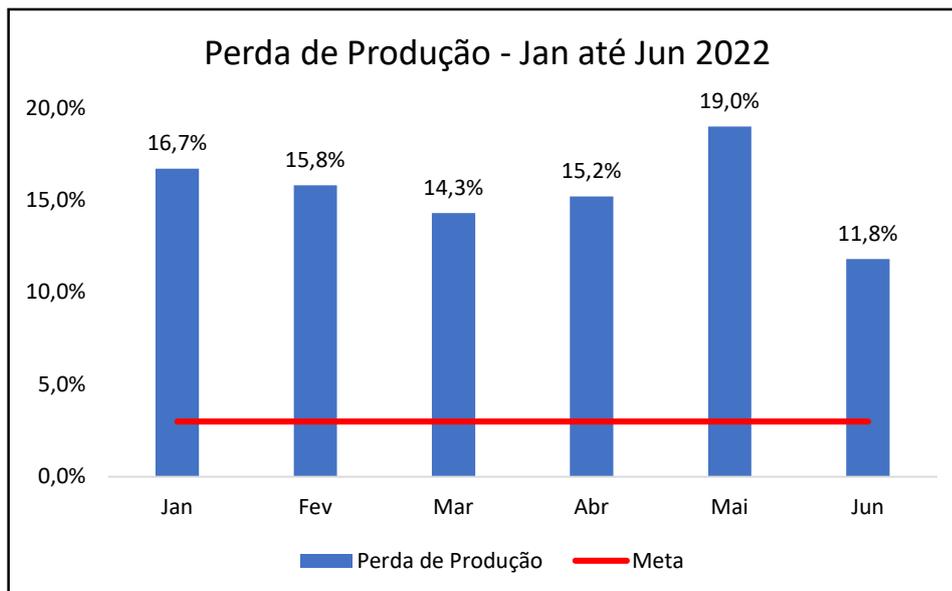
#### 4 Análise dos resultados

O layout do processo, é apresentado na figura 1, pode-se observar que atualmente para execução do processo, são necessários 3 colaboradores, onde os mesmo fazem rodízios a cada 2 horas para evitar lesões por esforço repetitivo.



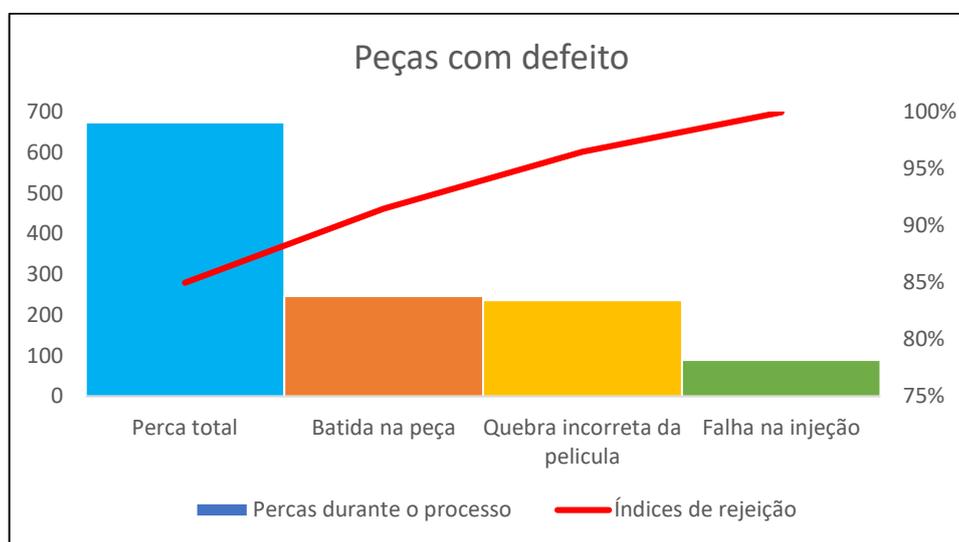
**Figura 1: Layout antes da implantação de melhoria no processo**

**Fonte: Autor**



**Gráfico 1: Índice de rejeição interna no setor de fundição durante o 1º semestre de 2022.**  
**Fonte: Próprio autor**

O gráfico 1 apresenta os índices de rejeição interna durante o primeiro semestre do ano de 2022. Os dados foram extraídos dos dois turnos de produção. Onde se torna perceptível os altos índices de rejeição no processo e uma oportunidade de melhoria.



**Gráfico 2: Índice de percas durante o processo - 1º semestre de 2022**  
**Fonte: Próprio autor**

O gráfico 2 apresenta os índices dos motivos de perda de peças durante o primeiro semestre do ano de 2022. Os dados foram extraídos dos dois turnos de

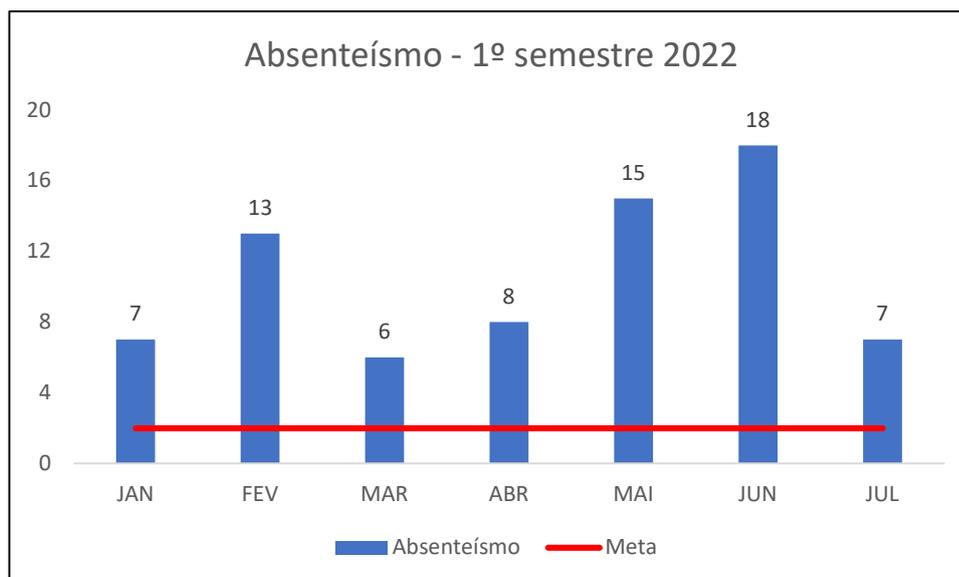
produção. Análisisando o gráfico, podemos observar os principais motivos de perca das peças e enxergar a oportunidade de melhoria no processo.



**Gráfico 3: Quantidade de acidente registrados no setor de fundição**  
**Fonte: Registros internos SESMT 2022**

O gráfico 3 apresenta a quantidade de acidentes registrados no setor de fundição durante o ano de 2022. Conforme a análise do gráfico não houve ocorrência de acidentes.

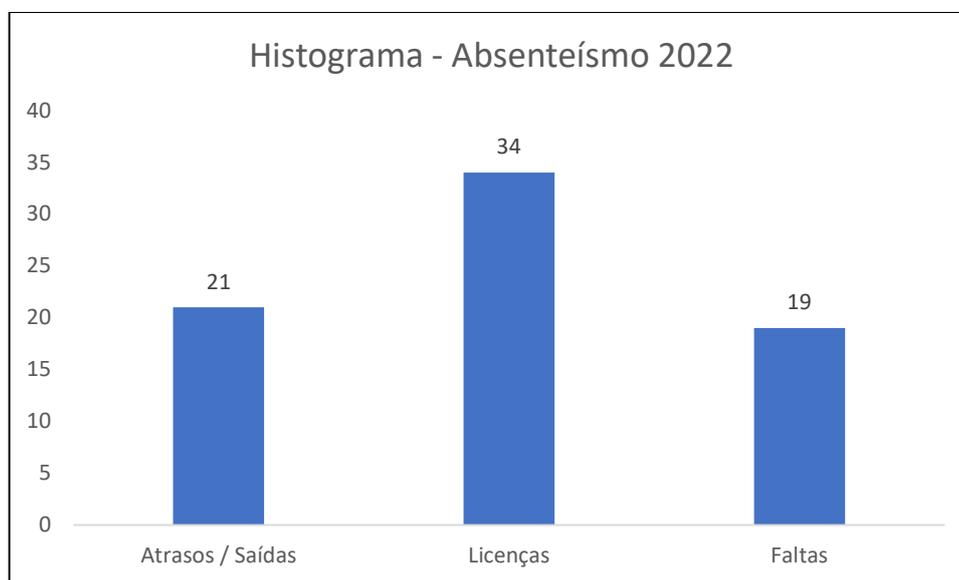
Após análise dos dados referentes ao primeiro semestre de 2022. Foi utilizada a matriz GUT – gravidade, urgência e tendência para definição do tema e implantação da melhoria. Estratificando o tópico absenteísmo no setor da fundição, temos os dados a seguir:



**Gráfico 4: Índices de absenteísmo no 1º semestre de 2022**

Fonte: Registros internos SESMT 2022

O gráfico 4 apresenta os registros de absenteísmo no setor de fundição durante o primeiro semestre de 2022. Pode-se observar, que durante o período de análise sempre esteve fora da meta do setor, que corresponde até 2 colaboradores no mês.

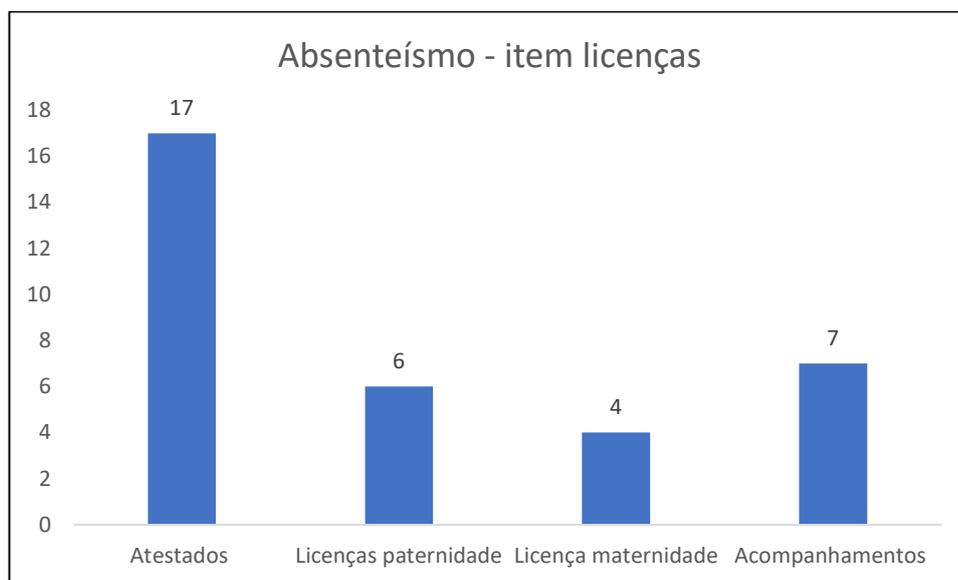


**Gráfico 5: Estratificação do item absenteísmo**

Fonte: Registro interno SESMT - 2022

No gráfico 5, é feita a estratificação do item absenteísmo, onde pode-se observar os principais motivos para o indicador está fora da meta estipulada pela empresa. Observa-se que o item licença destaca-se com 46% desse indicador, seguido pelos itens atrasos/saídas com 28% e faltas com 26%.

Estratificando o item licença, podemos observar os seguintes dados:

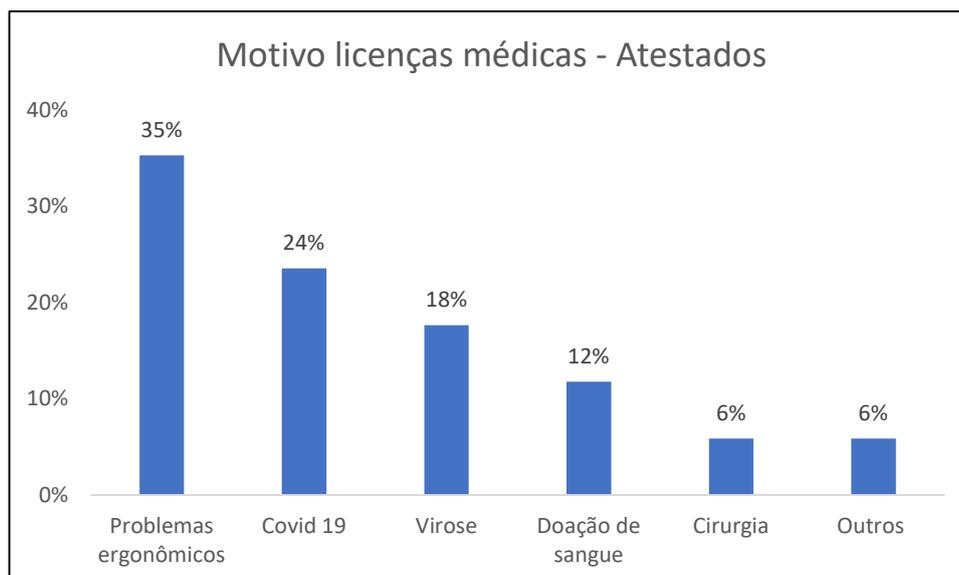


**Gráfico 6: Estratificação do item licenças.**

**Fonte: Registros internos SESMT 2022.**

No gráfico 6, é feita a estratificação do item licença, observa-se que no item licença destaca-se que um dos principais motivos que impactam este indicador é o de afastamento por atestado médico com 50% desse indicador, seguido pelos itens acompanhamento com 21%, licença paternidade com 18% e licença maternidade com 12%.

Coletando os dados do item atestado, podemos apontar os principais motivos para afastamento durante o período estudado.

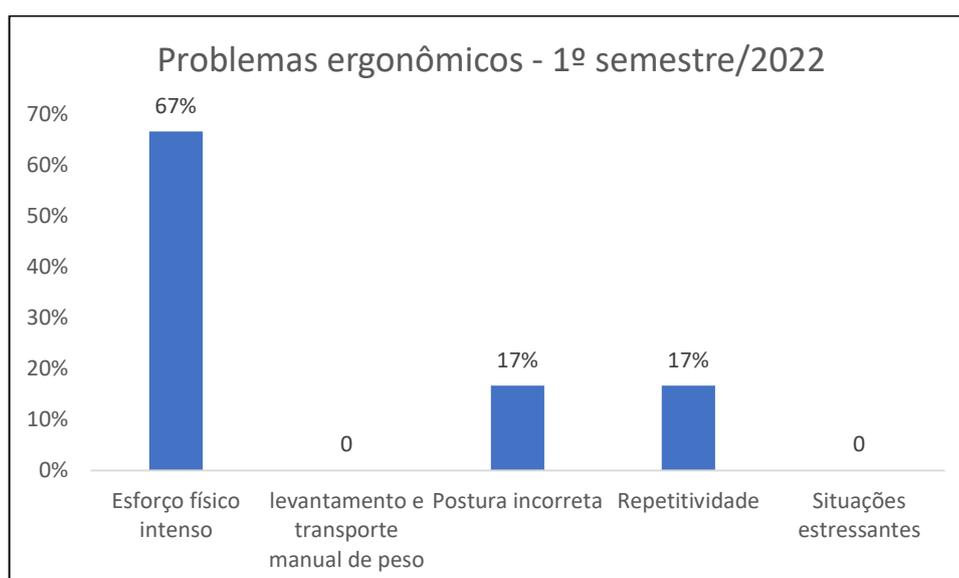


**Gráfico 7: Estratificação do item atestado médico**

**Fonte: Registros internos SESMT 2022.**

No gráfico 7, apresenta os principais motivos de ausência durante o período estudado. Com destaque para os problemas ergonômicos que se destacam com 35%, seguido pelos itens covid 19 com 24%, virose com 18%, doação de sangue com 12%, cirurgia e outros com 6%.

Estratificando os problemas ergonômicos, pode-se observar os seguintes dados:



**Gráfico 8: Estratificação do índice problemas ergonômicos**

**Fonte: Registros internos SESMT 2022**

No gráfico 8, estratificamos os dados de problemas ergonômicos e podemos observar que as principais causas de afastamento estão relacionadas a esforço físico intenso no setor de fundição. O item esforço físico representa 67% dos motivos de afastamento, seguido pelos itens postura incorreta e repetitividade ambas com 17%. O que justifica a escolha do tema deste projeto.

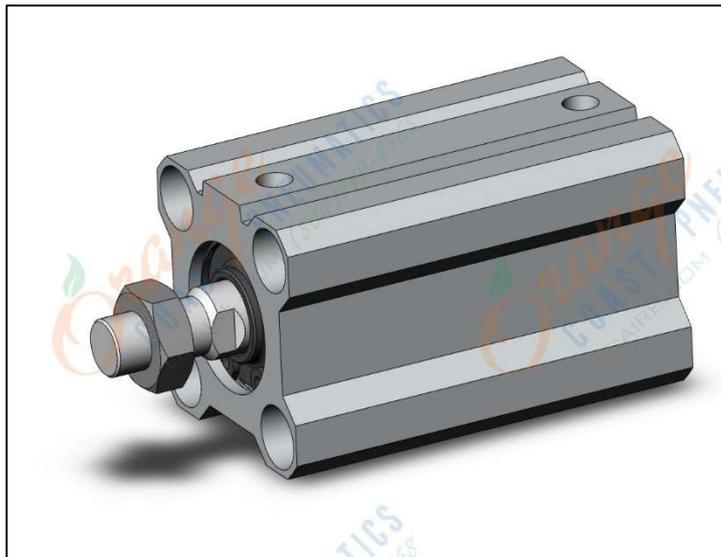
Após as análises das características mecânicas do componente, para quebra da película interna do componente, é necessário aplicar uma força entre 10 e 18 kgf. Para aplicarmos esta força, será utilizado um atuador pneumático. Partimos para a elaboração de orçamentos, para verificarmos os custos que seriam necessários na elaboração do projeto. Conforme tabela abaixo, podemos observar a estimativa de valores para desenvolvimento do projeto.

Empresa A			Empresa B		
Atividades	Custos	Prazos (dias)	Atividades	Custos	Prazos (dias)
Elaboração do projeto	R\$ 8.000,00	30	Confecção da estrutura	R\$ 40.000,00	25
Confecção dos jigs e estrutura	R\$ 80.000,00	100	Confecção dos jigs	R\$ 30.000,00	20
Instalação - parte mecânica	R\$ 20.000,00	50	Tratamento das peças	R\$ 8.000,00	10
Instalação - parte elétrica	R\$ 35.000,00	25	Transporte da máquina	R\$ 5.000,00	5
Elaboração de documentação técnica	R\$ 7.000,00	15			
<b>Total</b>	<b>R\$ 150.000,00</b>	<b>220</b>	<b>Total</b>	<b>R\$ 83.000,00</b>	<b>60</b>

Tabela 1: Orçamentos para execução do projeto

Após análise dos fornecedores, ficou decidido que a base do projeto seguiria pela reutilização de máquinas obsoletas que poderiam ser utilizadas na confecção da nova máquina.

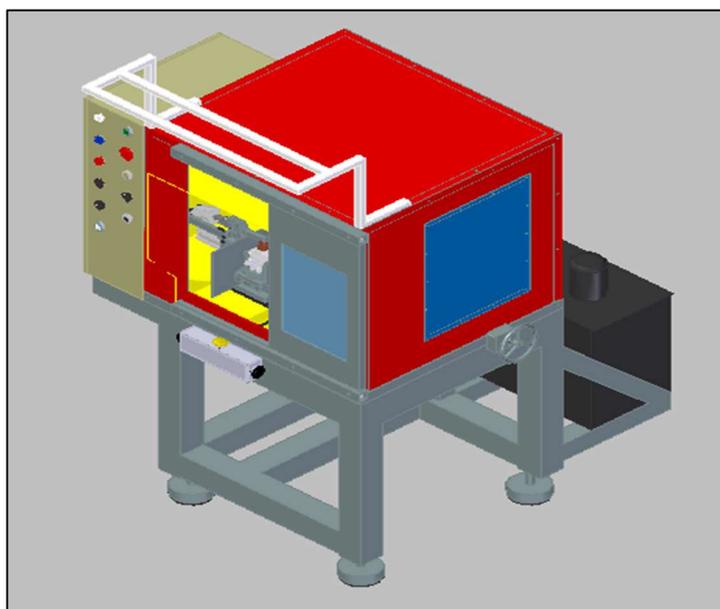
Com a aplicação dos dados obtidos, verificamos que para atingir a pressão máxima necessária, seria necessário um embolo de aproximadamente 20mm de diâmetro. Após esta definição, consultamos o catalogo da SMC, fornecedora de atuadores pneumáticos e definimos o modelo: CQ2B20-40DZ.



**Figura 2: Atuador pneumático SMC CDQ2B20-40DMZ**  
**Fonte: Catálogo SMC 2022**

Para realizar a quebra do galho, após as análises, verificamos que a força exercida varia entre 22 e 30kgf, optamos pela utilização de um disco, para serrar o galho e separar a peça.

Definido o cilindro para quebra da película e a velocidade da serra para a quebra do galho, partimos para o desenho da estrutura, que tem dentre os objetivos, encontram-se: garantir o posicionamento da peça, a segurança do operador durante a operação e reduzir o esforço ergonômico do colaborador.



**Figura 3: Ilustração da estrutura do equipamento**  
**Fonte: Autor - 2022**

A figura 2 apresenta o projeto em 3D da estrutura do equipamento. Para a

construção da estrutura, foi utilizado serviço de serralheria, máquina de solda, policortes e etc. Com o objetivo de ser uma melhoria com baixo custo os materiais utilizados na confecção, foram materiais já disponíveis no setor de grupo técnico da empresa.



**Figura 4: Dispositivo de assentamento de grampeamento e quebra da película.**  
**Fonte: autor 2022.**

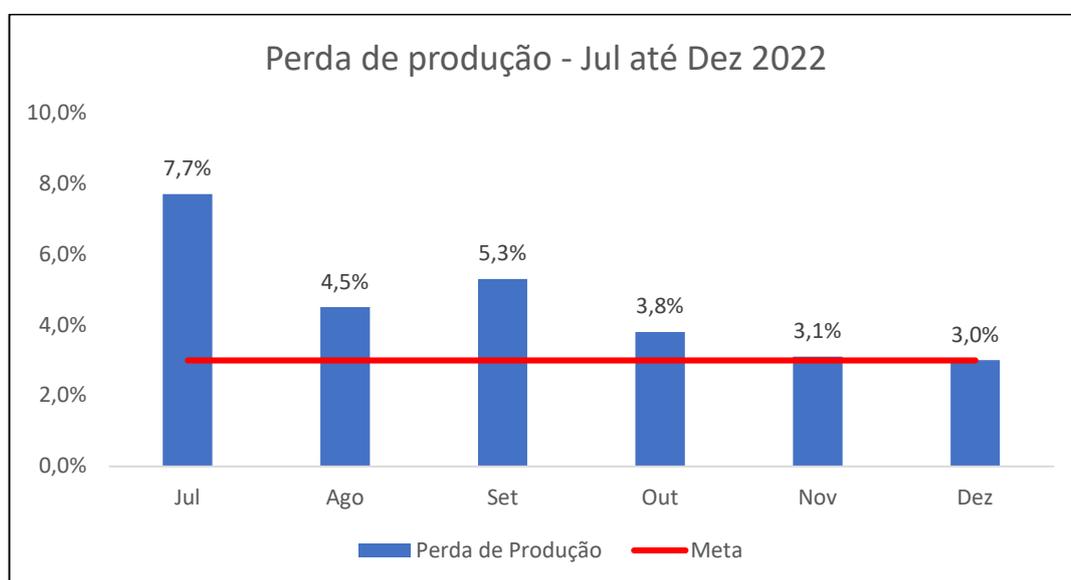
A figura 3 apresenta o dispositivo de assentamento e quebra da película interna. A confecção deste dispositivo, foi necessário a utilização dos serviços do setor de ferramentaria, utilizados ferramentas de usinagem, fresas e etc. Onde foram utilizadas bases de aço SAE 1020 com 12mm de espessura e utilizando uma furadeira de bancada e brocas para confecção das furações conforme especificação do desenho.

Para confecção do dispositivo de grampeamento, foi utilizado tarugo de poliacetal como matéria prima, e as usinagens executadas no torno mecânico e fresadora.

Para a fixação dos itens, foram utilizados parafusos allen com cabeça cilíndrica com rosca métrica Ø 8mm, m8, e rosca métrica Ø6mm, m6. Após a construção e montagem do dispositivo, instalação dos atuadores, foram executados testes no dispositivos, com o objetivo de fazer os ajustes necessários para a integração no processo. Após comprovação do funcionamento do dispositivo, se deu início a montagem dos itens de segurança e adequação a norma regulamentadora número 12, que no seu anexo 8, diz que:

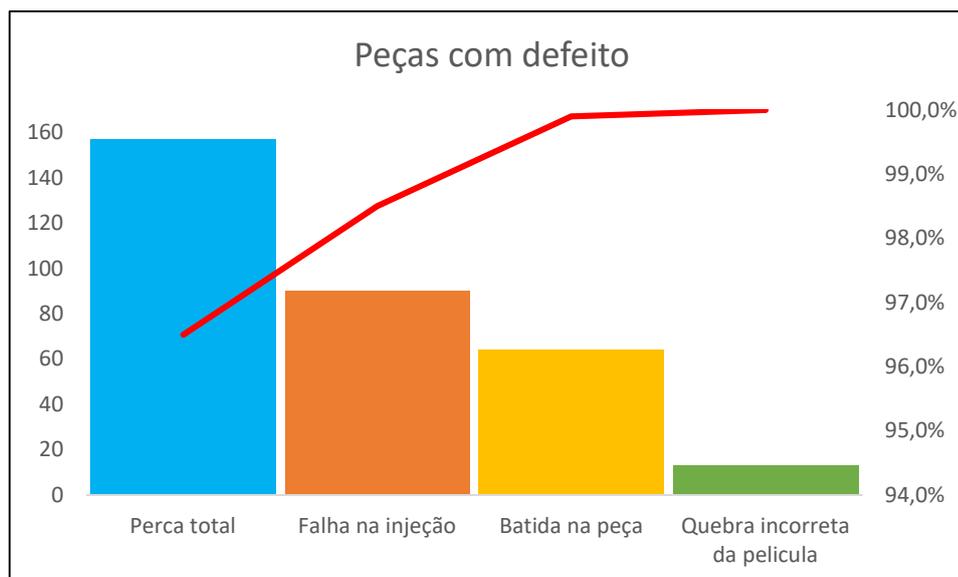
Um dos sistemas de segurança nas zonas de prensagem ou trabalho aceitáveis seria o enclausuramento da zona de prensagem, com frestas ou passagens que não permitem o ingresso dos dedos e mãos nas zonas de perigo, conforme item A, do Anexo I, desta Norma, e podem ser constituídos de proteções fixas ou proteções móveis dotadas de intertravamento, conforme itens 12.38 a 12.55 e seus subitens desta Norma.

Após o desenvolvimento deste projeto, os ganhos para o setor foram notórios, visto que, houve redução nos custos, aumento de eficiência produtiva através de baixo investimento, redução na fadiga humana, além da redução dos índices de afastamento por lesões por esforço repetitivo. Desde a concepção da ideia, até a aprovação do projeto não houve problemas para a criação, por se tratar de melhorias e modificações relacionadas a um problema ergonômico no setor.



**Gráfico 9: Índice de rejeição interna no setor de fundição durante o 2º semestre de 2022**  
Fonte: próprio autor 2022

Analisando o gráfico 9, podemos observar uma melhoria significativa no processo após a implantação da melhoria, ocorrida no mês de julho de 2022. Comparando os índices do primeiro semestre que a taxa de perda ficava na casa de 15% ao mês, notamos que após a implantação do projeto, reduzimos para aproximadamente 4,5% os itens de perda de produção, um grande avanço para otimização do processo.



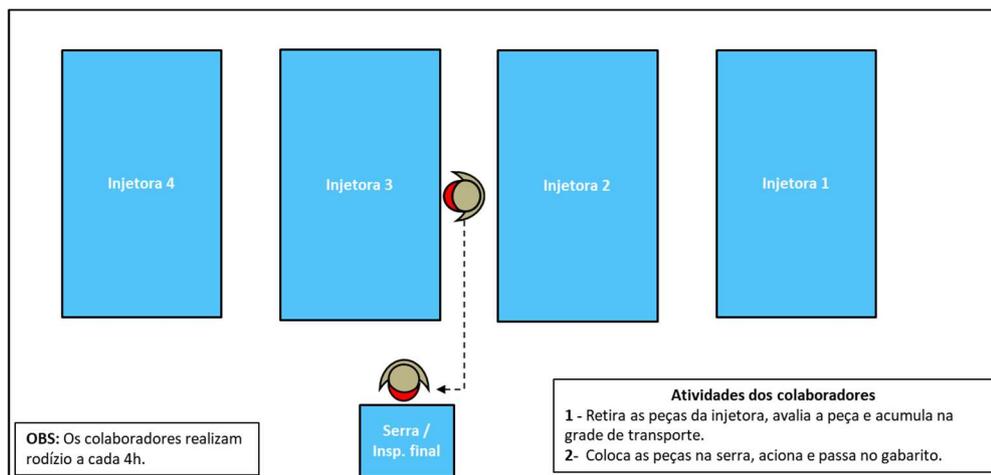
**Gráfico 10: Índice de percas durante o processo - 2º semestre de 2022**

**Fonte: Próprio autor 2022**

Analisando o gráfico 10, podemos observar que os índices de perca de peças durante o processo reduziram de maneira significativa após implantação da melhoria. Comparando os índices do primeiro semestre observa-se que os itens batida na peça e quebra incorreta da película, itens críticos anteriormente, houveram redução, abrindo margem para observação de outro ponto para trabalhos futuros que é o índice de falha na injeção.

Segundo a avaliação obtido através do relatório de análise ergonômica OCRA, foi possível obter dados quanto ao processo referente a ergonomia. No qual foi possível detectar uma pontuação do OCRA de 26,7 quando o processo de quebra do galho e película interna era feito de forma manual pelo colaborador, após efetivado a automatização do mesmo, o resultado reduziu para uma pontuação de 8,4 numa atividade que antes era considerada de alto risco ergonômico para baixo risco ergonômico.

Com a implantação da melhoria, foi feita a racionalização de um colaborador, propondo ao setor a economia de aproximadamente R\$45.000 ao ano. O layout após após a implantação, ficou conforme mostra a figura 4.



**Figura 5: Layout após implantação de melhoria no processo.**

**Fonte: próprio autor**

## 5 Conclusão

A implementação do dispositivo foi grande importância para a empresa, com o desenvolvimento deste projeto, conseguimos reduzir custos, implementamos à produção aumento na eficiência produtiva através de baixos investimentos, redução na fadiga humana, além na redução dos índices de afastamento por lesões por esforço repetitivo. Deste a concepção da ideia, até a aprovação do projeto foi um grande trunfo, pois não houve problemas para a criação, por se tratar também de modificações convencionais relacionadas a um problema ergonômico.

A elaboração e o desenvolvimento deste projeto possibilitou um amplo conhecimento na área de desenvolvimento de projetos, como estudos realizados, na sala de aula, no local de estudo e no referencial bibliográfico, atribuindo qualidade ao discente para o mercado de trabalho. Através dele também obtive novas experiências no processo produtivo, o que me propiciou uma melhor análise na resolução de problemas nas áreas industriais. O trabalho originou-se de um aspecto negativo da empresa todo o suporte na coleta de dados, desenvolvimento do projeto e aprovação do investimento não houve qualquer empecilho para aprovação. Todos os materiais necessários, softwares e análises no local de trabalho foram disponibilizados sem qualquer problema.

Dessa forma, conclui-se que o projeto de desenvolvimento do equipamento neste estudo de caso de métodos ergonômicos, estabelecendo a implantação deste projeto com grande eficácia, além de ser economicamente viável, beneficiando a empresa com desenvolvimento econômico. Após a implantação, pode-se concluir que os objetivos deste estudo foram devidamente alcançados.

Espero que o equipamento seja de grande importância para a empresa, além de eliminar qualquer fator que possa contribuir para problemas ergonômicos. E também que sejam realizados novos estudos para melhoria contínua deste projeto, sempre visando o processo produtivo e a saúde do colaborador que atuam no posto. Como sugestão de trabalhos futuros, deixo as seguintes propostas:

1. Melhoria nos parâmetros de injeção e nos moldes para reduzir os índices de falha de injeção.
2. Instalação de manipuladores robóticos para retirada de peças do molde.

3. Implantação de sistema supervisorio pra acompanhamento da produção em tempo real.
4. Implantação de sistema automatizado para fazer o acabamento da peça.

## Referências bibliográficas

- SILVEIRA, Paulo R. da; SANTOS, Winderson E. **Automação e Controle Discreto**. 5ª edição. São Paulo: Érica, 2003.
- SLACK, N. **Administração da Produção**. 2ª. ed. São Paulo: Atlas, 2002.
- ROTONDARO et al. **Seis Sigma: estratégia gerencial para a melhoria de processos, produtos e serviços**. São Paulo: Atlas, 2002.
- PAVANI, R.A. **A avaliação dos riscos ergonômicos como ferramenta gerencial em saúde ocupacional**. XIII SIMPEP – Bauru, SP, Brasil, 06 a 08 de novembro de 2006.
- PALADINI, Edson Pacheco. **Gestão da Qualidade: Teoria e Prática**. São Paulo: Atlas, 2012.
- MARCONI, Marina de Andrade; LAKATOS, Eva Maria. **Fundamentos Metodologia Científica**. 5a Edição. São Paulo. Editora Atlas S.A., 2003
- JURAN, J.M. & GRYNA, F.M.: **Quality planning and analysis**. Printed by MvGraw-Hill, 3rd edition, United States of America, 1993.
- MARIANI, C. A. Revista de Administração e Inovação. **Método PDCA E Ferramentas da Qualidade no Gerenciamento de Processos Industriais: Um Estudo De Caso**, 2005. Disponível: <<http://www.revistas.usp.br/rai/article/view/79051>>. Data de acesso: 12 de dezembro de 2022.
- ILDA, Itiro. **Ergonomia Projeto e Produção**. 2ª edição. São Paulo: Blucher, 2005
- MARSHALL, I.J. et al. **Gestão da qualidade e processos**, Rio de Janeiro: FGV, 2012.
- NR10, NR12, NR17. Apostila. **Serviço social da Indústria**: Departamento Regional da Bahia. Salvador, 2008.
- WISNER, Alain. **Por dentro do trabalho: ergonomia, método e técnica**. Tradução Flora Maria Gomide Vezzà. São Paulo: FTD / Oboré, 1987.

JENKINS, G. **Quality Control**. Lancaster, UK: University of Lancaster, 1971

FIALHO, A. B. **Automação pneumática**: projetos, dimensionamento e análise de circuitos. São Paulo: Érica, 2004.

COLOMBINI, D.; OCCHIPINTI, E.; FANTI, M. **Il Metodo OCRA per l'analisi e la prevenzione del rischio da movimenti ripetuti**. Manuale per la valutazione e la Gestione del rischio. Milão: FrancoAngeli, 2005