

UNIVERSIDADE DO ESTADO DO AMAZONAS
ESCOLA SUPERIOR DE TECNOLOGIA
CURSO DE ENGENHARIA MECÂNICA

DENISE PARDO DA ROCHA

REDUÇÃO DE TEMPO CICLO NA LINHA DE CARÇAÇA PARA
ATENDIMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO POLO DE DUAS
RODAS DO DISTRITO INDUSTRIAL

MANAUS

2022

DENISE PARDO DA ROCHA

**REDUÇÃO DE TEMPO CICLO NA LINHA DE CARÇAÇA PARA
ATENDIMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO POLO DE DUAS
RODAS DO DISTRITO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como requisito para à obtenção do título de bacharel em Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do Amazonas (UEA).

ORIENTADOR: PROF. DR. GILBERTO GARCIA DEL PINO

MANAUS

2022

FICHA CATALOGRÁFICA

R672rr Rocha , Denise Pardo da
Redução de tempo ciclo na linha de carcaça para
atendimento da produção em uma empresa do polo de duas
rodas do distrito industrial / Denise Pardo da Rocha .
Manaus : [s.n], 2022.
69 f.: color.; 31 cm.

TCC - Graduação em Engenharia Mecânica -
Universidade do Estado do Amazonas, Manaus, 2022.
Inclui bibliografia
Orientador: Prof. Dr. Gilberto Garcia Del Pino

1. Usinagem . 2. CNC. 3. atendimento. 4. Cortes .
5. Redução de tempo . I. Prof. Dr. Gilberto Garcia Del
Pino (Orient.). II. Universidade do Estado do Amazonas.
III. Redução de tempo ciclo na linha de carcaça para
atendimento da produção em uma empresa do polo de duas
rodas do distrito industrial

DENISE PARDO DA ROCHA

**REDUÇÃO DE TEMPO CICLO NA LINHA DE CARÇAÇA PARA
ATENDIMENTO DA PRODUÇÃO EM UMA EMPRESA DO POLO DE DUAS
RODAS DO DISTRITO INDUSTRIAL**

Trabalho de Conclusão de Curso apresentado como
requisito para à obtenção do título de bacharel em
Engenharia Mecânica da Universidade do Estado do
Amazonas (UEA).

Manaus, 13 de Maio de 2022.

Banca examinadora:



Orientador: Prof. Dr. Gilberto Garcia Del Pino
UEA – Universidade do Estado do Amazonas



Avaliador: Prof. Dr. Antônio Claudio Kieling
UEA – Universidade do Estado do Amazonas



Avaliador: Prof. Dr. Aristides Rivera Torres.
UEA – Universidade do Estado do Amazonas

Dedico este trabalho ao meu esposo, Isaque Vilson Batista da Costa e aos meus pais, Alessandra Pardo da Rocha e Edvaldo Raimundo Nazaré da Rocha, que sempre me apoiaram e incentivaram a dar o meu melhor na busca por alcançar os meus objetivos. A vocês o meu muito obrigada!

AGRADECIMENTOS

Agradeço primeiramente a Deus por ter me sustentado ao longo de todos desses anos desafiadores de graduação, sem a certeza da vitória que ele me deu eu não estaria aqui.

Aos meus pais, Alessandra Pardo da Rocha e Edvaldo Raimundo Nazaré da Rocha por sempre acreditarem em mim e por vibrarem por cada pequena vitória.

Ao meu esposo, Isaque Vilson Batista da Costa, que desde o dia que nos conhecemos na graduação tem me ensinado a ser melhor a cada dia.

Aos meus amigos, Alysson Soares Leandro da Silva e Rayana Lima Cintra por me ajudarem no desenvolvimento do meu Trabalho de Conclusão de Curso

E por fim, mas não menos importante ao meu orientador Prof. Dr. Gilberto Garcia del Pino e ao meu também Prof. Dr Antonio Claudio Kieling por me direcionarem e orientarem no desenvolvimento escrito deste TCC e por todos os conhecimentos transmitidos em sala de aula.

“Por isso não tema, pois estou com você; não tenha medo, pois sou o seu Deus. Eu o fortalecerei e o ajudarei; eu o segurarei com a minha mão direita vitoriosa”.

(Isaias 41:10)

RESUMO

O presente documento tem a finalidade de apresentar as melhorias realizadas para redução de tempo ciclo em um determinado processo de acabamento de uma peça bruta em uma empresa do Polo de Duas Rodas do Distrito Industrial de Manaus. Os conceitos teóricos e práticos do processo de Usinagem foram utilizados como ferramentas para atingir o aumento de produtividade e taxa de entrega ao cliente final devido à crescente demanda de mercado. Este projeto consiste fundamentalmente em duas etapas: Organização do processo de usinagem e alterações nos parâmetros de corte da máquina. Ao longo deste trabalho mostrar-se-á a fundamentação teórica na qual esse projeto se baseia, sendo elas: Os conceitos dos processos de Usinagem para aplicação na manufatura de peças com alta precisão, as ferramentas e os principais processos para obtenção da peça acabada, Programação e Operação CNC visando o centro de usinagem e a linguagem *BROTHER* e as ferramentas de controle da qualidade. Em seguida, em Métodos e Materiais, são apresentadas as etapas de desenvolvimento do projeto, procedimentos e os materiais utilizados. Posteriormente, tem-se a Implantação do projeto e a exposição do que foi executado durante as etapas do trabalho; o posicionamento correto das ferramentas no magazine na ordem em que são chamadas no programa CNC, sequenciamento correto das operações da ferramenta no momento de retirada de material na peça, organização dos giros realizados pelo 4º eixo, aproximação das ferramentas em avanço rápido da superfície da peça e a alteração dos parâmetros de corte das ferramentas analisadas possíveis para tal alteração para que então o objetivo central seja alcançado. Além disso, para a validação da qualidade do produto, toda a linha passa pela Garantia da Qualidade da empresa onde estão todas as especificações de desenho que devem ser devidamente atendidas. Na sequência, em Resultados Obtidos, são mostrados dados e gráficos para análise do tempo ciclo obtido e da redução de tempo em cada centro de usinagem e os ganhos primários e secundários para a empresa. Finalmente, conclui-se por meio dos dados obtidos que o trabalho proposto atingiu os objetivos de redução de tempo ciclo com a redução de despesas produtivas para o setor de Usinagem de Alumínio.

Palavras-chave: Centro de Usinagem, *BROTHER*, Programação CNC, Parâmetros de corte, *Velocidade de Avanço* e *Rotação*.

ABSTRACT

This document has the performance of presenting improvements for the reduction of cycle time in a given finishing process of a blank in a company of the Polo de Dois Rodas of the Industrial District of Manaus. The theoretical and practical concepts of the Machining process were used as tools to achieve increased productivity and delivery rate to the final customer due to the growing market demand. This project basically consists of two stages: Organization of the machining process and changes in the machine's cutting parameters. Throughout this work, the theoretical foundation on which this project is based will be shown, namely: The concepts of Machining processes for application in the manufacture of parts with high precision, such as tools and main processes to obtain the finished part, Programming e CNC Operation runs through the machining center and the BROTHAR language and quality control tools. Then, in Methods and Materials, the project development stages, procedures and materials used are necessary. Afterwards, there is the implementation of the project and the exposure of what was carried out during the stages of the work; the correct positioning of the tools in the magazine in the order in which they are called in the CNC program, correct sequencing of the tool operations when removing the material from the part, organization of the rotations performed by the 4th axis, approximation of the tools in rapid advance of the surface of the part surface and changing the cutting parameters of the analyzed tools as possible for such change so that the central objective is achieved. In addition, to validate the product's quality, the entire line goes through the company's Quality Assurance, where all the design specifications that must be duly met are found. Next, in Results Obtained, data and graphs are given to analyze the cycle-cycle time and the time reduction in each machining center and the primary and secondary gains for the company. Finally, it is concluded through the obtained data that the proposed work reached the cycle time reduction objectives with the reduction of productive expenses for the Aluminum Machining sector.

Keywords: BROTHAR, Machining Center, CNC Programming, Cutting Parameters, Feedrate and Rotation.

LISTA DE FIGURAS

Figura 1: Ângulo de folga, cunha e saída usinagem.....	18
Figura 2: Tipos de Cavaco.....	18
Figura 3: Caso motor 2 tempos a)Expansão e exaustão b) Admissão e compressão.	19
Figura 4: Caso motor 4 tempos: a) admissão; b)compressão; c)combustão; d)escape	20
Figura 5 : Motor quatro tempos modelo YZ45 empresa industrial	20
Figura 6: Exemplos de carcaças esquerda e direita de uma motocicleta.	21
Figura 7: Algumas operações realizadas pelo torno	22
Figura 8: Operação de fresamento, velocidades de operação alta.....	23
Figura 9: Broca utilizada em um aplicação de furação	24
Figura 10: Processo de alargamento	25
Figura 11: Madrilamento	26
Figura 12:Diversas componentes em uma operação de fresamento.....	27
Figura 13: Vetores Força de usinagem.....	28
Figura 14:Gurutzpe máquina de usinagem de grande porte com programação CNC....	31
Figura 15: Programa CNC com o sistema integrado CAD-CAM-Máquina.....	32
Figura 16: Caso códigos baseados em CNC em um procedimento de torneamento.....	33
Figura 17: Gráfico referente a produção n° de peças em 2022.....	36
Figura 18:Gráfico referente ao Plano Carga da linha da Carcaça em 2022.....	37
Figura 19:Gráfico referente ao objetivo proposto de tempo para a linha	38
Figura 20:Gráfico referente ao tempo homem e tempo máquina	38
Figura 21:Imagem fantasia do magazine de uma CNC BROTHER.....	39
Figura 22:Esquema do sequenciamento desordenado de uma determinada ferramenta	40
Figura 23:Imagem fantasia do funcionamento desordenado de um 4° eixo.....	41
Figura 24:Esquematização da distância da ferramenta em G00 da superfície da peça ..	41
Figura 25:Tipos de ferramentas e seus respectivos parâmetros de usinagem (S e F).....	42
Figura 26:Mapa da linha com o levantamento de melhorias a serem realizadas	43
Figura 27:Diagrama de Ishikawa para determinação dos problemas apresentados na linha.	44
Figura 28:Naze Naze utilizado para identificação e plano de solução dos problemas levantados.....	44
Figura 29:Carcaça Esquerda e Direita.....	45

Figura 30:Comparativo da ordem dos giros do magazine antes e depois das melhorias realizadas.....	52
Figura 31:Esquema de um ciclo de furação	53
Figura 32:Imagem fantasia do movimento do 4º eixo feito o sequenciamento.	54
Figura 33:Comparativo da distância da ferramenta da superfície da peça em G00 antes e depois da melhoria realizada	55
Figura 34:Parâmetros de Usinagem (Rotação e Avanço) antes e depois das melhorias propostas	57
Figura 35:Comparativo tempos máquinas iniciais e alcançados.....	58
Figura 36:Comparativo tempo ciclo inicial, proposto e alcançado	59

LISTA DE TABELAS

Tabela 1: Movimentos presentes no torneamento	22
Tabela 2: Tipos de Madrilamento.	26
Tabela 3: Componentes das principais forças do processo de usinagem	28
Tabela 4: Dados de processo da máquina 112.....	46
Tabela 5: Dados de processo da máquina 131.....	46
Tabela 6: Dados de processo da máquina 114.....	47
Tabela 7: Dados de processo da máquina 115.....	47
Tabela 8: Dados de processo da máquina 105.....	48
Tabela 9: Dados de processo da máquina 106.....	48
Tabela 10: Dados de processo da máquina 107.....	49
Tabela 11: Dados de processo da máquina 108.....	49
Tabela 12: Dados de processo da máquina 118.....	50
Tabela 13: Dados de processo da máquina 119.....	50
Tabela 14:Redução de T/C após a organização do magazine	52
Tabela 15:Redução de T/C após o sequenciamento lógico de usinagem	54
Tabela 16:Redução de T/C após o sequenciamento da mesa giratória do 4º eixo	55
Tabela 17:Redução do T/C de após a máxima aproximação possível da ferramenta em G00 da superfície da peça.	56
Tabela 18:Redução de T/C após a atualização dos parâmetros de usinagem	58

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

CNC	Comando numérico computadorizado
C/T	Tempo de Ciclo
NBR 6175:1971	Norma brasileira de regras para processo mecânico de usinagem

SUMÁRIO

1. INTRODUÇÃO	15
1.1 DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS	15
1.2 ORIGEM DA PESQUISA.....	15
1.3 OBJETIVOS	16
1.4 JUSTIFICATIVA	16
2. FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA.....	17
2.1 USINAGEM E A INDÚSTRIA.....	17
2.2 DEFINIÇÕES	17
2.3 USINAGEM E A LINHA DE PRODUÇÃO	19
2.4 TIPOS DE USINAGENS	21
2.5 PARÂMETROS DE USINAGEM	26
2.6 PROGRAMAÇÃO CNC.....	30
3. METODOLOGIA	34
3.1 MÉTODO	34
3.2 TÉCNICA.....	34
3.3 PROCEDIMENTO	34
4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO	35
4.1 MOTIVO	35
4.2 OBJETIVOS E METAS.....	37
4.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL	38
4.3.1 Organização do Magazine	39
4.3.2 Sequência de Usinagem.....	40
4.3.3 4º Eixo	40
4.3.4 Aproximação da ferramenta em avanço rápido	41
4.3.5 Parâmetros de Usinagem	42

4.3.6 Conclusões e considerações finais da análise preliminar da linha	42
4.4 ANÁLISE DAS CAUSAS	43
4.4.1 Diagrama de Ishikawa	43
4.4.2 Naze Naze	44
4.4.3 5W2H	45
4.5 ESTUDO E IMPLANTAÇÃO DAS SOLUÇÕES	45
4.5.1 OPERAÇÃO PADRÃO USINAGEM	45
4.5.1.1 Operação Padrão Usinagem Carcaça Direita	46
4.5.1.2 Operação Padrão Usinagem Carcaça Esquerda	48
4.5.1.3 Operação Padrão Usinagem Carcaça Conjunto	50
4.5.2 SOLUÇÕES	51
4.5.2.1 Organização do magazine	51
4.5.2.2 Sequência de Usinagem	53
4.5.2.3 4º Eixo	54
4.5.2.4 Aproximação da ferramenta em avanço rápido	55
4.5.2.5 Parâmetros de Usinagem	56
4.6 Resultados e vantagens econômicas	58
5. Considerações finais	59
REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS	60
APÊNDICE A – MAPA DE FUROS CARCAÇA DIREITA	62
APÊNDICE B– MAPA DE FUROS CARCAÇA ESQUERDA	62
APÊNDICE C– REPRESENTAÇÃO DAS OPERAÇÕES DAS TABELAS RELATIVOS AOS PROCESSOS DA MÁQUINA	63

1. INTRODUÇÃO

A Indústria do polo de duas rodas vem crescendo devido ao baixo custo de adesão e manutenção desse meio de transporte e do tempo de deslocamento, se comparado com outros tipos de locomoção. O trabalho consiste no aumento de entrega da carcaça para montagem do motor em uma empresa de motocicletas do Polo Industrial de Manaus.

A obtenção dessa peça acabada dá-se pelo processo de Usinagem, processo com tolerâncias apertadas que consiste na retirada de alumínio do bem manufaturado. Sabe-se que para o atendimento a essa demanda, um recurso muito importante nesse processo é o equipamento, nesse caso o Centro de Usinagem, que precisa estar sempre ajustado com a máxima capacidade para atender o seu valor teórico de entrega.

1.1 DESCRIÇÃO DOS PROBLEMAS

Dada a crescente demanda de motocicletas nos últimos meses devida o aumento dos *deliverys* com por conta do COVID-19 fez-se necessário a realização de melhorias na linha produtiva de carcaças no setor, Usinagem Alumínio, para o atendimento de seu cliente interno, o setor de montagem das motocicletas.

Desta forma, visando que esses processos atinjam a máxima eficiência, o presente documento mostrará as melhorias do processo na linha, ou seja, todas as etapas realizadas para a obtenção do objetivo final: Atendimento da produção da linha, que estava abaixo do especificado.

1.2 ORIGEM DA PESQUISA

O trabalho iniciou-se pela necessidade do aumento do potencial teórico do processo para o atendimento da produção da linha. Para atender essa necessidade, foram procuradas bibliografias referentes à Administração da Produção e dos Processos de Usinagem para que o problema fosse entendido na sua totalidade e a teoria fosse aplicada na prática em busca do valor teórico (o máximo que pode ser retirado do processo).

Com o intuito de evitar a defasagem do processo faz-se necessário o cumprimento das documentações já estabelecidas pela empresa para que não haja reincidência de não

adequação do processo produtivo aos imprevistos do cotidiano, como quebras de ferramentas e mudanças de parâmetros de corte não documentadas, por exemplo, que visam a solução de problemas pontuais que ocorrem no processo.

1.3 OBJETIVOS

1.3.1 Objetivo Geral

O objetivo geral deste trabalho é a redução de tempo ciclo da linha de carcaça para o atendimento da produção.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Redução no prazo para entrega das carcaças;
- Gerenciamento do setor de usinagem a fim de entregar para o setor de montagem das bicicletas mais peças;
- Posicionamento correto das ferramentas do magazine a fim de obter o melhor sequenciamento das operações a serem realizadas;
- Organização dos giros realizados pelo 4º eixo, aproximação das ferramentas em avanço rápido da superfície da peça e alterações dos parâmetros de corte das ferramentas;

1.4 JUSTIFICATIVA

O estudo em questão e sua aplicabilidade fazem-se necessários no contexto da linha de produção da carcaça dessa empresa do Polo Industrial de duas rodas, pois a mesma não está atendendo a produção, com isso as metas diárias, semanais e mensais estipuladas pela diretoria através do Plano Carga não estava sendo atendidas, o que impactava diretamente na linha de montagem das motocicletas que é o setor responsável pelo real lucro da empresa, pois é este que monta e então fornece as motos prontas para venda. Conseqüentemente, são as melhorias realizadas nessa linha que atenderão a visão, missão e compromissos do setor de Engenharia e da própria Filosofia Setorial da empresa que tem como alguns dos objetivos: Conhecer o valor teórico de produção, promovendo a melhoria contínua sempre pensando o melhor para empre

2.FUNDAMENTAÇÃO TEÓRICA

A seguir, estão descritos os principais conceitos que serviram de base para fundamentar este trabalho. Panoramas gerais de usinagem e indústria, com a especificação dos processos que serão abordados nos tópicos posteriores.

2.1 USINAGEM E A INDÚSTRIA

A revolução industrial impulsionou o crescimento da indústria e trouxe algumas melhorias na forma como os processos eram realizados, anteriormente o principal material utilizado nas peças industriais era a madeira, mas com a manipulação de ligas de aço e novos materiais com uma resistência melhor houve a necessidade de encontrar ferramentas que pudessem conformar essas peças de acordo com suas respectivas finalidades, este processo extremamente importante hoje é conhecido como usinagem.

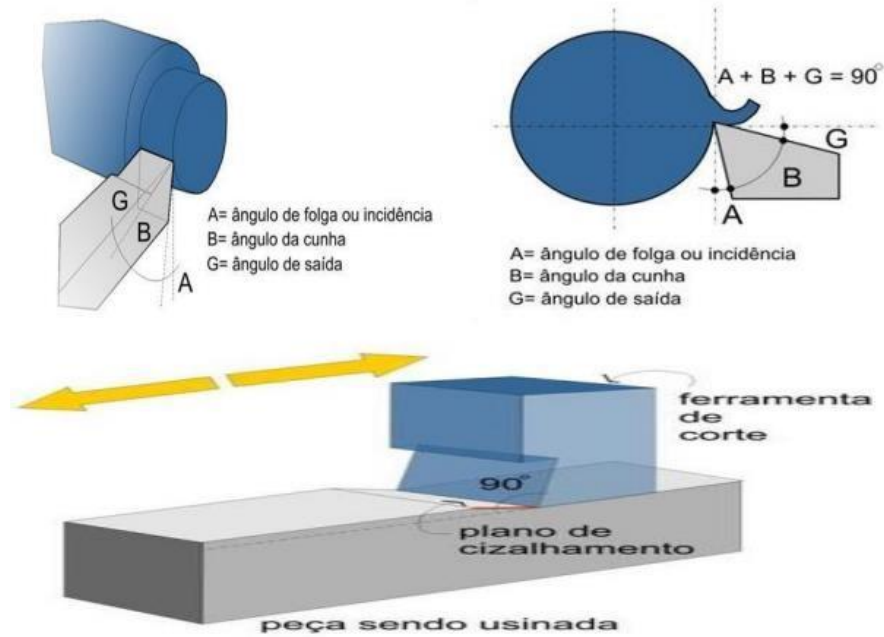
“Por fim, a partir da década de 1940, os processos não convencionais de usinagem passaram a ganhar importância pela capacidade de produzir peças de geometria complexa em materiais de difícil usinabilidade, garantindo assim o acabamento de elevada qualidade e tolerâncias estreitas.” (MACHADO et al, 2015). De fato, a usinagem é benéfica para a indústria por conta do custo relativamente baixo quando comparado com outros processos industriais e pela alta precisão dimensional conferida à peça acabada.

2.2 DEFINIÇÕES

Na usinagem há formação dos cavacos, definidos como sendo o resultado de sucessivos movimentos realizados pela máquina na peça em que serão geradas tensões de compressão, cisalhamento e fadiga resultando nos cortes adequados que irão conferir a peça o formato desejado (DOS SANTOS JÚNIOR et al, 2018).

Em uma linha de produção de larga escala, o contato direto entre o maquinário e a peça irá resultar em um plano de tensões visando atingir o estado plástico do material, a ferramenta atua segundo alguns parâmetros tais como ângulo de saída, raio de ponta, ângulo de posição e ângulo de folga (PINTO, SANTANA, PINO 2018). Na Figura 1 há uma ilustração demonstrando como esses parâmetros estão dispostos:

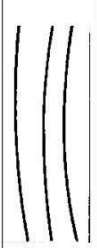





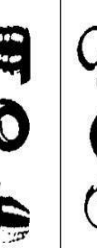



Figura 1: Ângulo de folga, cunha e saída usinagem.



Fonte: (USINATORM, 2018)

Assim, o cavaco consiste na parte que a ferramenta de corte retira do material da peça, por meio deste é possível analisar a qualidade do processo de usinagem realizado e as características do material usinado. Na Figura 2 há a representação dos mais usuais tipos de formatos de cavaco e especificações dos mais adequados que irão favorecer uma maior preservação do instrumento e proteção do operador.

Figura 2: Tipos de Cavaco.

1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
FITA		HÉLICE					OUTROS		
FITA	EMARANHADO	HÉLICE PLANA	HÉLICE OBLÍQUA	HÉLICE LONGA	HÉLICE CURTA	HÉLICE ESPIRAL	ESPIRAL	VÍRGULA	ARRANCADOS
									
desfavorável		médio			favorável		médio		

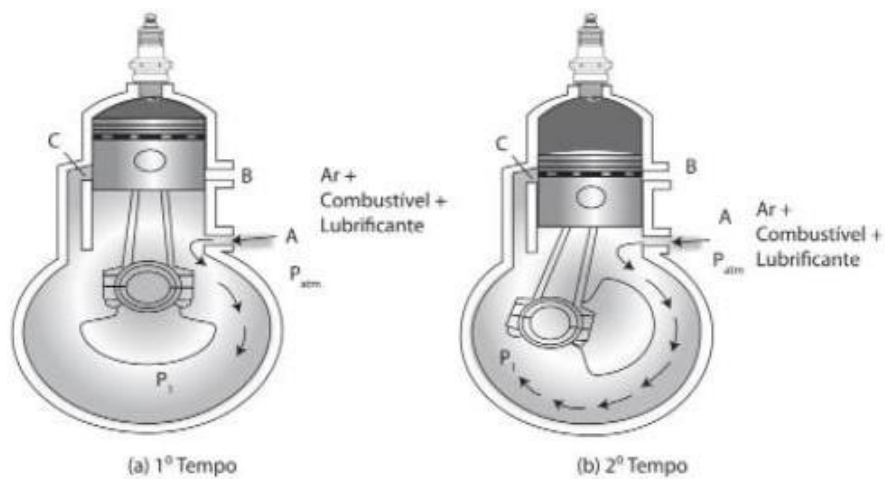
Fonte: (MENEZES, 2012)

2.3 USINAGEM E A LINHA DE PRODUÇÃO

2.3.1 Motores

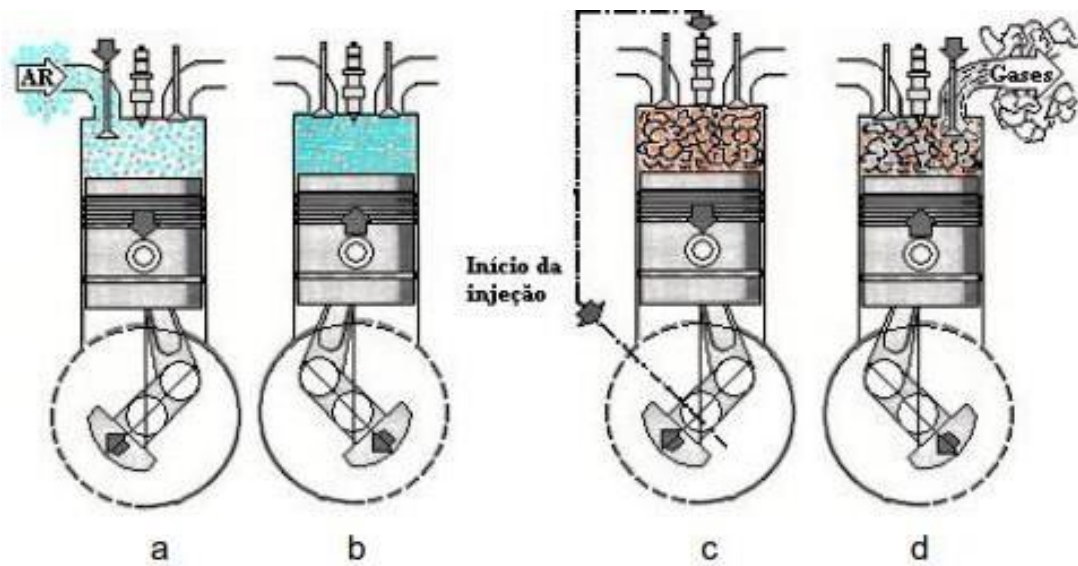
Os motores utilizados em motocicletas são motores de combustão interna. Podendo ser definidos como máquinas térmicas que permitem a geração de trabalho a partir da queima de combustível. Seus principais componentes são: pistão, biela e virabrequim que através dos movimentos alternativos de “*vai e vem*” transformam energia química em trabalho mecânico (BRUNETTI, 2012)

Figura 3: Caso motor 2 tempos a) Expansão e exaustão b) Admissão e compressão.



Fonte: Brunett (2012)

Figura 4: Caso motor 4 tempos: a) admissão; b)compressão; c)combustão; d)escape.



Fonte: Apostila MCI(2013)

As motocicletas podem ser classificadas quanto à capacidade de volume -ou cilindradas- a depender da quantidade de cilindros que participam do processo de combustão e o quanto à quantidade de tempos que remetem às etapas a serem realizadas em um único ciclo, as **Figuras 3 e 4** esquematizaram acima uma representação desses motores. Conhecer o tipo adequado de motor encontrado na linha de produção é importante, pois está intimamente relacionado com peça principal do estudo em questão: a carcaça.

Figura 5 : Motor quatro tempos modelo YZ45 empresa industrial



Fonte: MotoMX1 (2013)

2.3.2 Carcaça

É uma peça que possui a finalidade de acabamento, proteção e será acoplada sobre os lados do motor. Esta possui formatos variados de acordo com o escolhido para a motocicleta, com saliências, curvas e perfurações específicas que só conseguem ter um acabamento perfeito com a utilização da usinagem e de todas as técnicas que serão aprofundadas da seção 2.

Figura 6: Exemplos de carcaças esquerda e direita de uma motocicleta.



Fonte: SFMOTOS(2021)

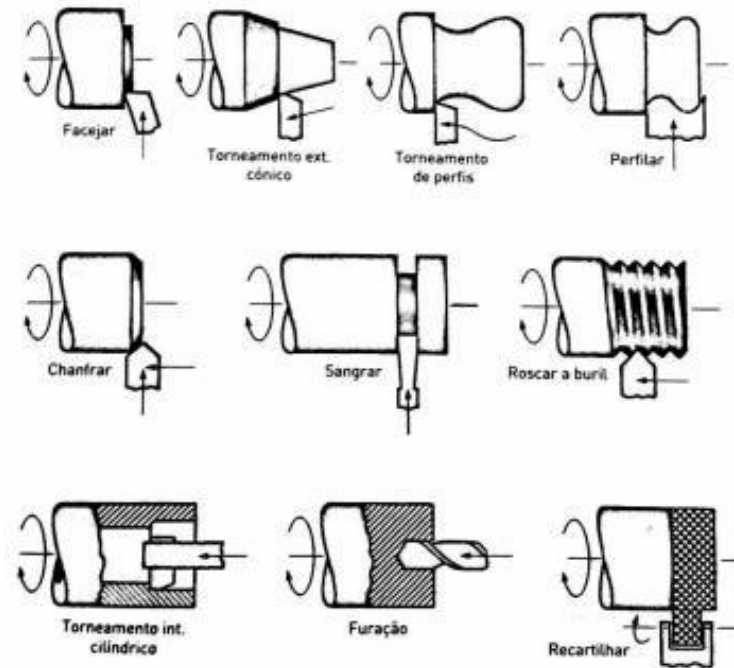
2.4 TIPOS DE USINAGENS

Os principais tipos de usinagens empregados nas linhas de produção das indústrias que envolvem a fabricação da carcaça são:

2.4.1 Torneamento

A NBR 6175:1971 classifica torneamento como o “processo mecânico de usinagem destinado à obtenção de superfícies de revolução com o auxílio de uma ou mais ferramentas monocortantes. Para tanto, a peça gira em torno do eixo principal de rotação da máquina e a ferramenta se desloca simultaneamente segundo uma trajetória coplanar com o referido eixo”. Este é um dos processos de usinagem de maior relevância para a indústria e é uma operação de corte por arranque de apra em que a peça faz um movimento de rotação e o torno retira o cavaco da periferia.

Figura 7: Algumas operações realizadas pelo torno



Fonte: (MENDES,2019)

Na Tabela 2 estão relacionados alguns movimentos importantes que acontecem no torneamento:

Tabela 1: Movimentos presentes no torneamento

Movimentos relativos entre a peça e a ferramenta	Características
Movimento de corte	Principal movimento que corta o material enquanto a peça rotaciona.
Movimento de penetração	Dita a profundidade do corte enquanto a ferramenta avança o interior da peça.
Movimento de avanço	A ferramenta se desloca no decorrer do comprimento da peça.

Fonte: SENAI-RJ (2020)

2.4.2 Fresamento

Neste processo, temos a produção de várias geometrias que podem ser derivadas de altas velocidades na operação. A fresa, peça principal do processo, consegue remover altos níveis dos materiais além de conter diversas arestas de corte. A peça pode permanecer fixada ou possuir movimentos de avanço enquanto a fresa os executa, por se tratar de um corte contínuo a peça usinada pode levar um certo tempo para resfriar e aliviar as tensões causadas naquela região (DINIZ ANDRÉ, 2017).

Figura 8: Operação de fresamento, velocidades de operação alta



Fonte: (CADIUM, 2021)

Há duas principais disposições possíveis para o fresamento:

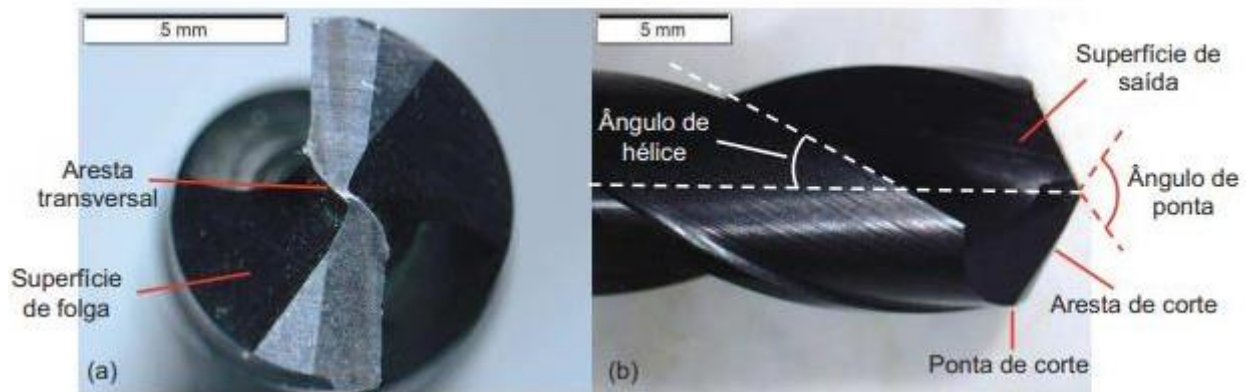
- Tangencial: Os dentes ativos da fresa estão dispostos na periferia da ferramenta e este eixo é paralelo a peça usinada, as ferramentas são as chamadas cilíndricas ou tangenciais.
- Frontal: Os dentes atuam no eixo perpendicular à superfície que está sendo usinada de frente com as ferramentas, estas são chamadas de fresas frontais ou de topo.

2.4.3 Furação

Segundo Groover (2010), neste processo são aplicados diversos furos à peça original com o auxílio de uma ferramenta de corte bem típica: a broca helicoidal, a qual controla o

movimento de rotação e perfuração desejada. Esta é uma operação de desbaste a qual visa obter o formato da peça antes do acabamento final, visto que a qualidade dos furos poderá ser aperfeiçoada com o processo de alargamento.

Figura 9: Broca utilizada em um aplicação de furação.



FONTE: (COSTA, IVANILSON. 2019)

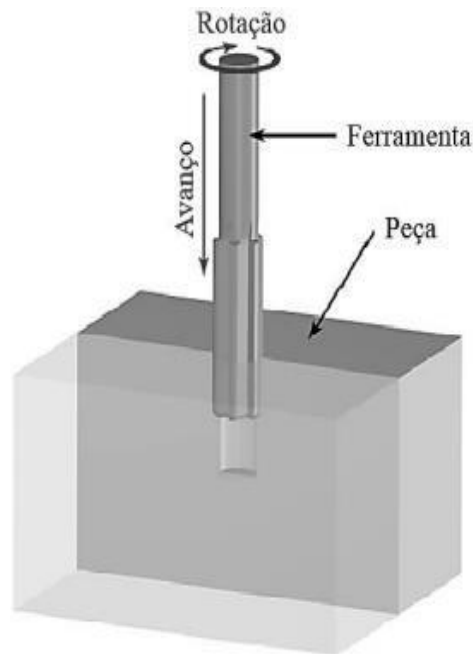
Algumas características desse processo são:

- Adequada para furos curtos ou profundos;
- Elevado atrito nas paredes do furo;
- Distribuição de calor irregular próximo ao corte;
- Velocidade do corte é máxima no extremo da broca e próxima de zero no centro;
- Maior cuidado na remoção dos cavacos da região de corte.
- Infinitas formas de afiações e perfis específicos.

2.4.4 Alargamento

Este processo de usinagem é adequado para o acabamento de peças com muitos furos, tendo a maior finalidade de aumentar tais aberturas. O alargamento é um processo posterior à furação tendo as ferramentas bem similares, mas neste processo em específico as ferramentas possuem uma geometria com mais gumes podendo ter forma cilíndrica ou cônica.

Figura 10: Processo de alargamento



Fonte: (MECHANICAL ENGINEERING BLOG, 2014)

De acordo com Muniz Tavares (2018) há uma discussão presente na possível existência de diferenciação entre os tipos de alargamentos: desbaste e acabamento. Afirmam que aqueles são passíveis de serem executados com uma broca helicoidal enquanto que estes necessitam de um alargador como ferramenta principal. De qualquer forma, os níveis de tolerância são estreitos e dependem da dureza do material, dimensões do furo, e desvios entre o eixo da ferramenta.

2.4.5 Mandrilamento

“O processo de mandrilamento desperta interesse por ser um dos processos aplicados nos últimos estágios de fabricação, ou seja, quando uma grande quantidade de recursos financeiros e materiais já foram gastos” (Silviero, 2020). Este procedimento também é conhecido como broqueamento e se encontra em uma das últimas etapas do processo. São obtidas superfícies de revolução cilíndricas e cônicas, podendo atingir espaços que geralmente são difíceis de serem acessados. A ferramenta é fixada a uma barra de mandrilar, conhecida também como mandril o qual é ajustado em um determinado ângulo de operação, comprimento e diâmetro.

Figura 11: Madrilamento

Fonte: PRECIMEC (2020)

Esta operação também é direcionada para pré-furos fundidos, extrudados ou forjados em que tanto a peça usinada quanto a ferramenta podem executar um movimento em torno do próprio eixo, a principal característica deste processo é a utilização de ferramentas de barra. Na Tabela 1 estão listadas as subdivisões do processo que se diferencia de acordo com o formato da peça usinada:

Tabela 2: Tipos de Madrilamento.

MADRILAMENTO	PEÇA USINADA
Cilíndrico	Superfície cilíndrica.
Cônico	Superfície cônica.
Radial	Superfície plana e perpendicular.
Esférico	Superfície esférica.

Fonte: (AUTOR, 2021)

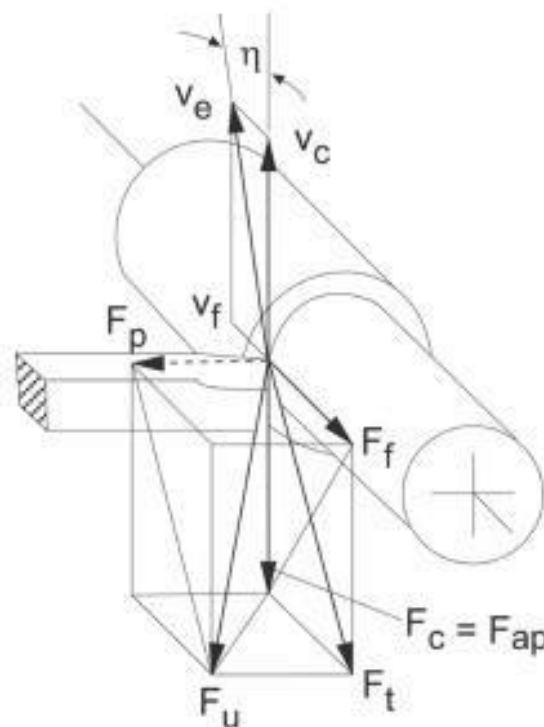
2.5 PARÂMETROS DE USINAGEM

“Os parâmetros ajudam a obter uma perfeita usinagem por meio da utilização racional dos recursos oferecidos por determinada máquina ferramenta” (Meneghel, 2020). Esses parâmetros são os responsáveis por resultar num acabamento perfeito do processo, utilizando os recursos presentes na máquina de usinagem, visto que são esses parâmetros que poderão ser alterados a fim de modificar o resultado final do processo. A seguir algumas especificações quanto as forças atuantes, à velocidade de corte, velocidade de avanço, taxa de remoção do material e profundidade no corte os quais serão cruciais para o entendimento do processo.

2.5.1 Forças de usinagem

Em se tratando das forças atuantes no processo, é importante ressaltar que esta será uma resultante de uma somatória vetorial. Assim, as componentes são estudadas a fim de inferir o comportamento visto as direções em que estas serão aplicadas.

Figura 12: Diversas componentes em uma operação de fresamento.



Fonte: Diniz et al (2014)

A análise da decomposição de forças do processo está segundo a Norma DIN 6584 em que define a força de usinagem tendo duas forças vetoriais principais: a chamada força ativa (F_t) a qual está situada no plano de trabalho e a força de profundidade (F_p) presente no plano

perpendicular ao plano de trabalho (DINIZ, MARCONDES, COPPINI, 2014). Tem-se as componentes da usinagem como sendo os vetores de:

- Força ativa;
- Força passiva;

A principal diferença destas duas forças é a atuação no plano de trabalho ou no perpendicular, em que no primeiro tem-se a atuação direta na potência de usinagem e a força de profundidade influencia na deflexão elástica da ferramenta e peça no decorrer do corte. Na Tabela 3 estão listadas as componentes dessas duas principais forças:

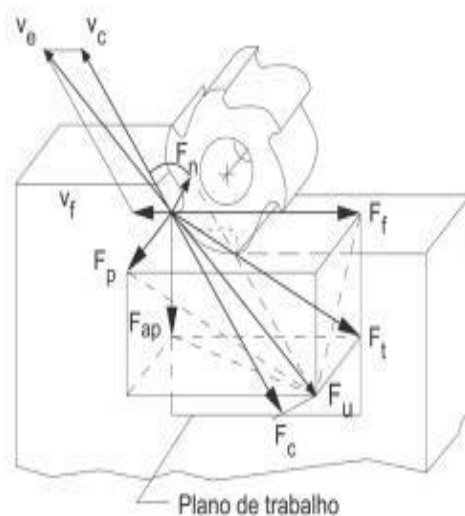
Tabela 3: Componentes das principais forças do processo de usinagem

Força ativa	Força passiva
Força de corte F_c	Força de profundidade F_p
Força de avanço F_f	
Força de apoio F_{ap}	
Força efetiva de corte F_e	

Fonte: Autor (2021).

A seguir, há na Figura 10 a disposição vetorial para melhor entendimento juntamente com as equações que relacionam a obtenção das forças:

Figura 13: Vetores Força de usinagem



Fonte: DINIZ, MARCONDES, COPPINI (2014)

$$F_t = \sqrt{F_{ap}^2 + F_f^2} \quad (1) \quad F_u = \sqrt{F_p^2 + F_t^2} \quad (2)$$

2.5.2 Velocidade de corte

Esta velocidade depende do tipo do material, geometria da peça, tipo de dispositivo e da experiência do operário e máquina de usinagem. É um valor obtido experimentalmente e variando de acordo com o processo de usinagem escolhido, ou seja, mesmo existindo uma relação para mensurar esta grandeza é adequada a consulta de tabelas. No processo de torneamento, por exemplo, tem-se o resultado do movimento de rotação da peça em torno da ferramenta, definida pela Eq 1 de acordo com Diniz (2006):

$$v_c = \frac{(\pi \cdot D \cdot \eta)}{1000} \quad (1)$$

$$D = \text{diâmetro da peça (mm)} \quad \eta = \text{frequência de rotação (rpm)}$$

2.5.3 Velocidade de avanço

Esta é a velocidade em que há uma variação de espaço da ferramenta utilizada no processo comparado com cada rotação feita por seu eixo. Cada equipamento de usinagem possui valores pré-determinados a depender do tipo de processo e das ferramentas utilizadas. Neste parâmetro a rigidez cortante ser superior ao material usinado pode ser fator decisivo para um aumento dessa velocidade de avanço. Tomando como um exemplo novamente a velocidade de avanço no torneamento, de acordo com Diniz (2006) tem-se a Eq 2 :

$$v_f = f * n \left[\frac{\text{mm}}{\text{min}} \right] \quad (2)$$

$$f = \text{avanço por volta} \frac{\text{mm}}{\text{rot}}$$

$$n = \text{frequência de rotação rpm}$$

2.5.4 Tempo de usinagem das carcaças

O tempo de usinagem é o tempo total em que todo o processo será realizado, em cada uma das etapas o tempo pode ser quantificado e assim será encontrado em quais pontos pode ocorrer uma redução deste a fim de agilizar o processo. As suas principais subdivisões são:

- Preparação da máquina e ferramenta para a realização de quantidade determinada de peças;
- Acoplamento da superfície usinada no local adequado da operação;
- Programação do maquinário;
- Aproximação da ferramenta para o início do corte
- Operação da usinagem propriamente dita
- Afastamento da ferramenta
- Desprendimento da peça e finalização.

Em um processo de uma linha industrial há maximização da produtividade do produto final. Neste estudo, o foco estará nas entregas das carcaças após a usinagem, com isso é necessário a abordagem do T/C Cycle Time ou simplesmente Ciclo de Tempo ao qual estará submetido o processo.

2.6 PROGRAMAÇÃO CNC

O processo de usinagem está vinculado ao maquinário da linha de produção que gerará o produto desejado. Mas é importante entender o que está por detrás dos comandos a serem lançados sobre as ferramentas que usinam as peças.

Existe um comando numérico computadorizado (CNC) fundamental para interligar as operações ferramenta-peça, a máquina o receberá obedecendo e realizará o procedimento automatizado através dos impulsos elétricos gerados pelo sistema. Após a programação CNC implantada no sistema, não será mais necessário à interferência do operador no processo ao

qual se inicia após um estudo dos processos de usinagem, sequencias, ordem de comandos e condições de usinagem (TORMEN, 2020).

Figura 14: Gurutzpe máquina de usinagem de grande porte com programação CNC

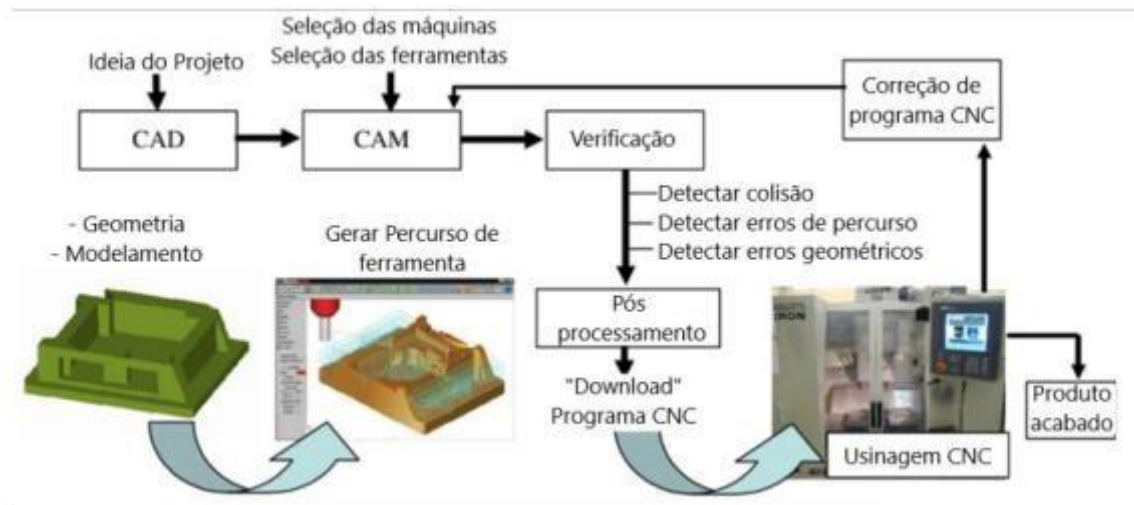


Fonte: ROIMÁQUINAS (2021)

Esse Comando numérico também conta com alguns sistemas de suporte que são específicos para a área de simulação prévia, conhecidos como CAD/CAM que são respectivamente Desenho Auxiliado por Computador e Fabricação assistida por Computador, em que algumas variáveis do processo podem ser alteradas e modificadas tais como taxas de avanço, velocidades, frequência e ângulos (Santos, Bassani, Kieckow, 2020).

Na **Figura 8** há um esquema de como funciona o processo integralizado que se inicia na geometria da peça, simulação da ferramenta e determinação de um código específico que será realizado pelo CNC, percebe-se a inclusão de uma tapa de verificações a fim de evitar possíveis erros quando for realizado o processo propriamente dito. O ajuste correto e a programação adequada para a linha de produção é fundamental para a entrega das peças em uma linha de produção.

Figura 15: Programa CNC com o sistema integrado CAD-CAM-Máquina



Fonte: WorknC (2019)

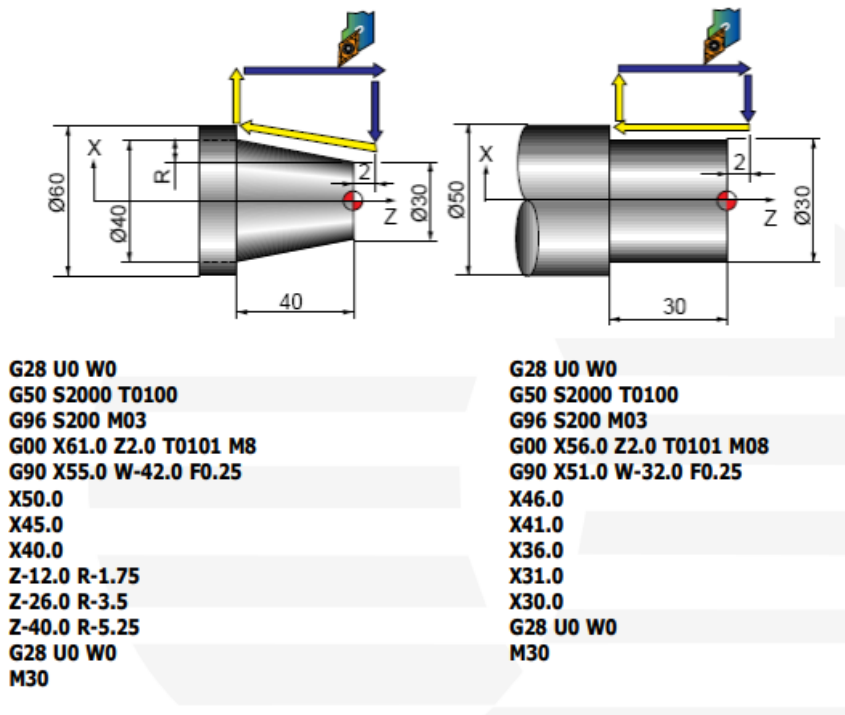
2.6.1 CÓDIGOS CNC

Segundo Domingues da Silva (2009) em sua literatura “CNC: Programação de comandos numéricos Computadorizados” define os códigos como sendo os comandos determinados pelos operadores os quais seguem ações específicas de acordo com a função desejada, a lista é variada e a seguir tem-se algumas das principais categorias dos comandos mais recorrentes na indústria:

- *G00-Avanço rápido;*
- *Mach;*
- *Fanuc;*
- *Siemens;*
- *Mitsubishi;*

Figura 16: Caso códigos baseados em CNC em um procedimento de torneamento

Exemplo :



Fonte: Carvalho (2008)

A seguir, têm-se os próximos passos para a finalização do projeto que envolve todos os parâmetros abordados neste referencial teórico, com o intuito de reduzir o tempo de produção das peças na linha de carcaça, com base nas programações CNC de uma linha de produção da empresa do distrito industrial.

3. METODOLOGIA

3.1 MÉTODO

“Denomina-se método experimental aquele em que as variáveis são manipuladas de maneira preestabelecida e seus efeitos suficientemente controlados e conhecidos pelo pesquisador para observação do estudo.” (FACHIN, 2017, p. 43). Para o presente trabalho o método experimental é o mais adequado visto que se priorizou a observação de cada etapa do processo de linha de produção.

Em virtude disso, uma carcaça passou por todos os estágios, seguindo a operação padrão com a peça bruta, usinagem, acabamento e entrega. A principal finalidade é identificar as algumas possíveis de melhorias principalmente no maquinário que minimizem o tempo total de realização do processo.

3.2 TÉCNICA

“o planejamento de uma pesquisa depende tanto do problema a ser estudado, da sua natureza e situação espaço-temporal em que se encontra, quanto da natureza e nível de conhecimento do pesquisador.” (KÖCHE, 2011). A primeira técnica utilizada é baseada na pesquisa de fontes bibliográficas que reúnem os principais parâmetros do processo, os conceitos fundamentais foram encontrados baseados em artigos, trabalhos científicos, monografias e teses. Feito isto, a aplicação prática do processo foi minuciosamente estudada assim como a análise dos fenômenos da usinagem.

3.3 PROCEDIMENTO

Os tempos de cada etapa de processo foram verificados a fim de que o tempo total pudesse ser reduzido, o que resultará no aumento de produção, chegando ao objetivo principal do estudo. Assim, alguns parâmetros observados foram:

- Disposição adequada das peças no magazine;
- Distância das ferramentas até a peça ser usinada;
- Sequência programada na máquina CNC;
- Sistema de lubrificação que minimiza o atrito e o aquecimento;
- Análise dos cortes mais adequados para otimização do tempo no processo.

4. DESENVOLVIMENTO DO PROJETO

Este tópico tem como objetivo apresentar o processo de desenvolvimento e implantação das melhorias realizadas na redução de tempo ciclo da linha de carcaça dos motores de motocicletas de uma determinada empresa do Polo Industrial de Manaus.

São apresentados nessa parte do trabalho os itens que se seguem:

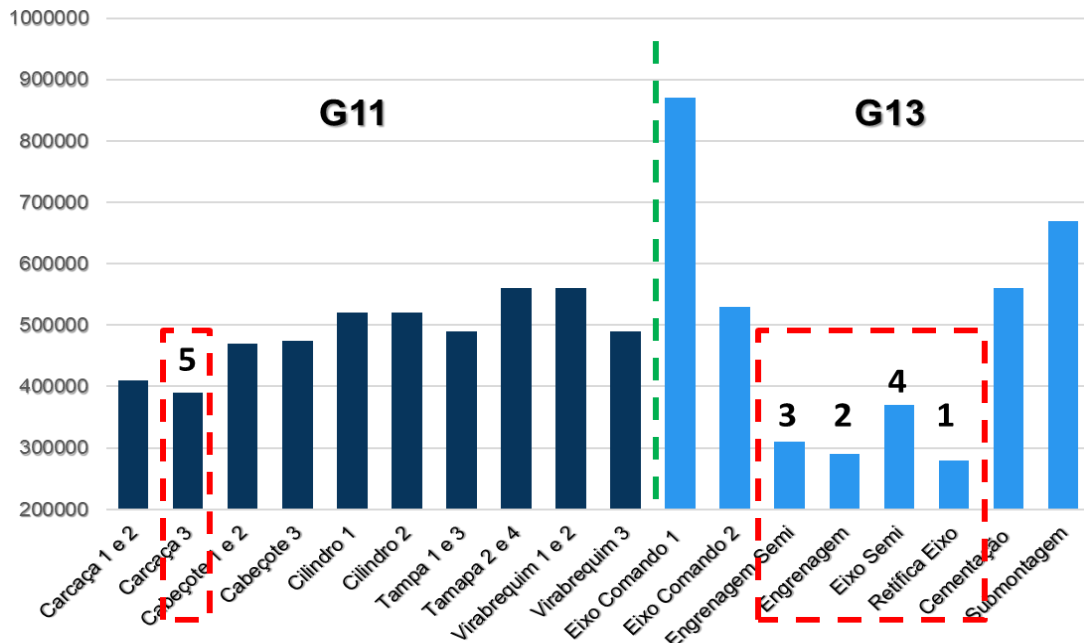
- a) Motivo da escolha dessa linha em relação as demais da referida fábrica;
- b) Determinação de objetivos e metas a serem alcançados;
- c) A análise da situação atual apresentada na linha para que fossem propostas melhorias a serem realizadas no intuito de atingir os objetivos propostos;
- d) Análise das possíveis causas dos problemas que levaram ao alto tempo ciclo na linha;
- e) Estudo e implantação das soluções levantadas em c);
- f) Análise de resultados e vantagens econômicas para empresa.

4.1 MOTIVO

O presente estudo baseia-se no compromisso da contínua busca pelo potencial teórico dos processos produtivos de obtenção do produto acabado, para que desta forma sempre possa ser extraído o máximo deles, sempre pensando no melhor para a empresa, assim, tornando-a constantemente competitiva com os demais concorrentes do ramo. Em consonância a isso todas as especificações de desenhos dos produtos devem ser asseguradas para que a garantia da qualidade destes possa ser permanentemente assegurada.

Com base nisso foi feito um levantamento na fábrica escolhida para esse estudo onde fora mostrado qual área era prioridade para melhorias imediatas, tendo em vista que em alguns anos, caso não fossem realizadas tais medidas, a fabricação das motocicletas seria condicionada ao ritmo de produção de uma única linha, ou seja, não atenderia a demanda projetada pela empresa nos próximos anos conforme mostra o gráfico da Figura 17.

Figura 17: Gráfico referente a produção nº de peças em 2022

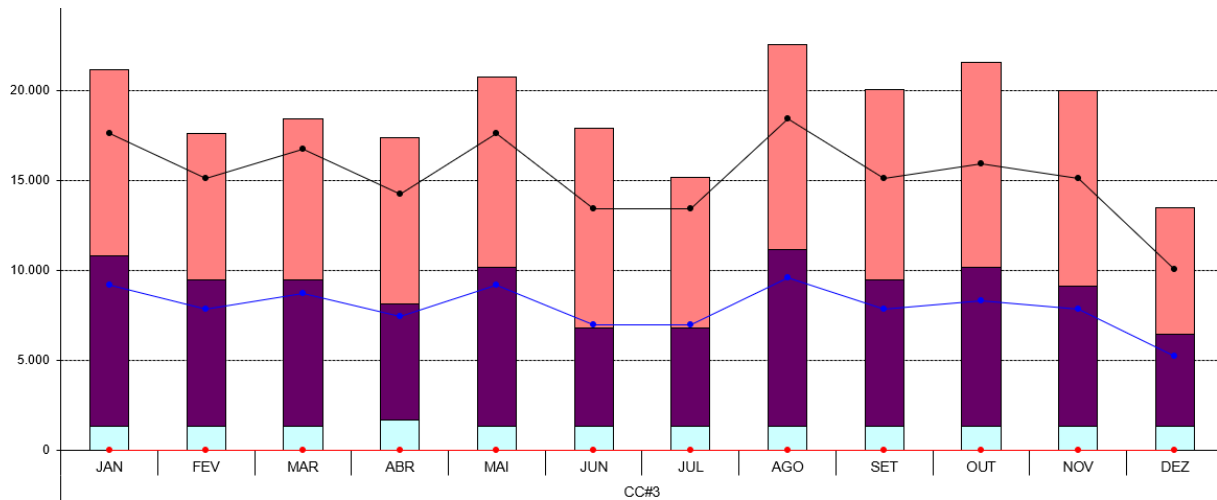


Fonte:(AUTOR, 2022)

Em consonância com o mostrado acima percebe-se que a linha da Carcaça 3 dentre os setores de Usinagem era o mais crítico entre todos os demais junto com as linhas de Engrenagem, Eixos e Carcaça. Em relação a essas, medidas de melhoria já estavam sendo tomadas com a destinação de verbas para a compra de maquinário novo e mais eficiente que os atuais. Desta forma a atenção fora voltada para a linha de carcaça 3 dos motores das motocicletas.

Essa linha está situada no galpão 11 da empresa e quando analisada de forma mais minuciosa constatou-se o não atendimento desta as metas estabelecidas mensalmente para o ano de 2022, viu-se então o não cumprimento ao plano de produção mensal (dados obtidos a partir das informações acerca das projeções de peças a serem produzidas; informações disponibilizadas na rede da empresa), ainda que não houvesse perdas ou paradas na mesma, o que ocasionaria a necessidade de um 3º turno para a empresa. Segue o gráfico mostrada na figura 18 condizente com a realidade exposta.

Figura 18: Gráfico referente ao Plano Carga da linha da Carcaça em 2022



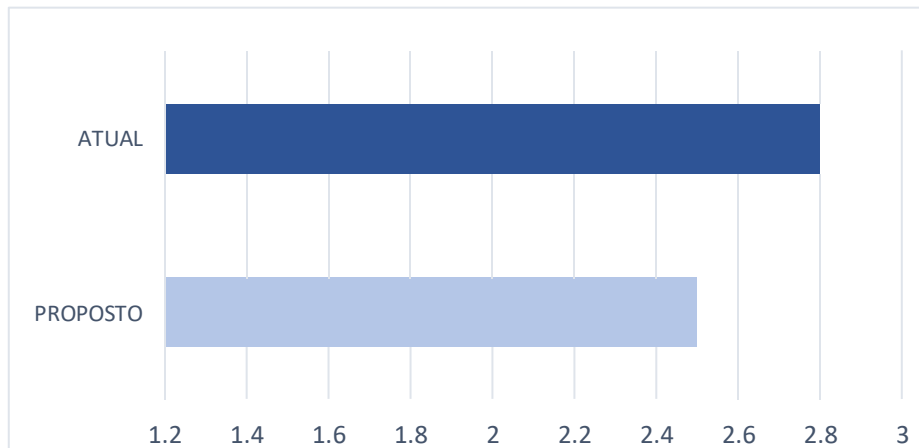
Fonte: (AUTOR, 2022)

4.2 OBJETIVOS E METAS

Tendo em vista a situação encontrada na empresa o primeiro passo para ação efetiva fora a definição das metas a serem atingidas para que houvesse uma reversão desse cenário, ou seja, um caminho a ser seguido que resultasse na redução de tempo ciclo da linha e consequentemente o atendimento ao plano carga.

O tempo ciclo da carcaça era de 2,81 min, com base nisso estipulou-se que se o tempo fosse reduzido para 2,50 min haveria o atendimento da produção diária e consequentemente do plano carga, com o auxílio da linha Coringa. A linha coringa é uma linha presente no 2º turno responsável pelo excedente de produção do galpão, logo, toda a produção que não atende o plano no 1º e no 2º turno, por uma determinada quantidade de peças, é destinada a essa linha para que haja o cumprimento do plano.

Figura 19: Gráfico referente ao objetivo proposto de tempo para a linha

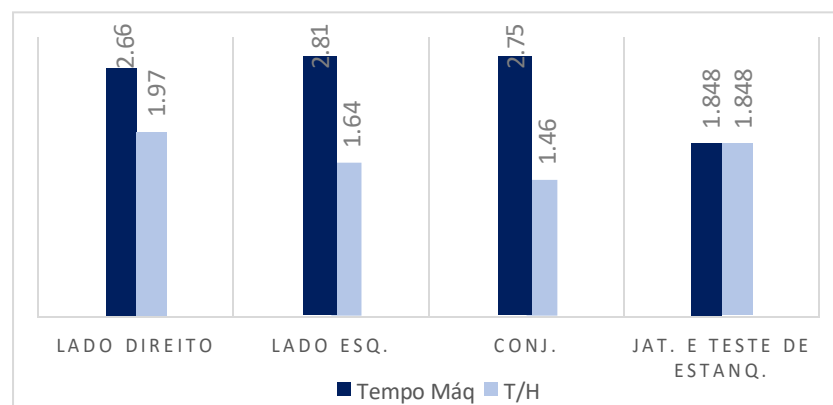


Fonte: (AUTOR, 2022)

4.3 ANÁLISE DA SITUAÇÃO ATUAL

Com os objetivos traçados, o próximo passo foi a análise na linha com o intuito de levantar os potenciais pontos de melhoria. Desta forma, indo em loco fora analisada operação por operação, ou seja, tanto o tempo máquina (tempo que a máquina realiza o que lhe é conferido para aquela operação) quanto o tempo homem (tempo que o operador realiza suas funções referentes a determinado processo), assim, fora observado que o gargalo da linha, ou seja, o tempo para que o produto acabado saísse desta estava sendo condicionado pela máquina e que os mais altos tempos também estavam relacionados com estas operações, então fora feito o seguinte levantamento conforme mostrado abaixo.

Figura 20: Gráfico referente ao tempo homem e tempo máquina



Fonte: (AUTOR, 2022)

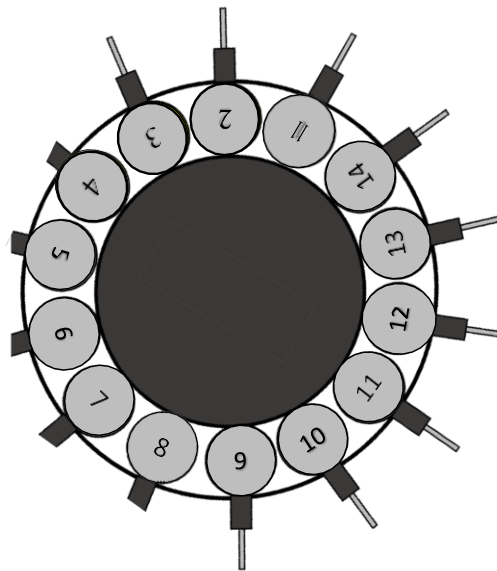
Desta forma, com base nos dados do gráfico anterior definiu-se que as melhorias a serem realizadas iriam ser direcionadas para a redução de tempo máquina, assim, observando cada máquina do processo fora levantado pontos referentes a organização do mesmo e das melhorias que poderiam ser realizadas em cada operação de cada maquinário pautadas essencialmente em melhorias ligadas aos processos de usinagem deste produto.

Os seguintes tópicos foram levantados como potenciais meios de melhorias do processo, consequente resultando na redução de tempo ciclo da linha, sendo:

4.3.1 ORGANIZAÇÃO DO MAGAZINE

Ao analisar a situação em que a linha se encontrava percebeu-se que as ferramentas dentro do magazine não estavam organizadas de uma maneira sequencial o que resultava na perda de tempo na realização das operações executadas por cada ferramenta, ou seja, geração de tempo sem valor.

Figura 21: Imagem fantasia do magazine de uma CNC BROTHER

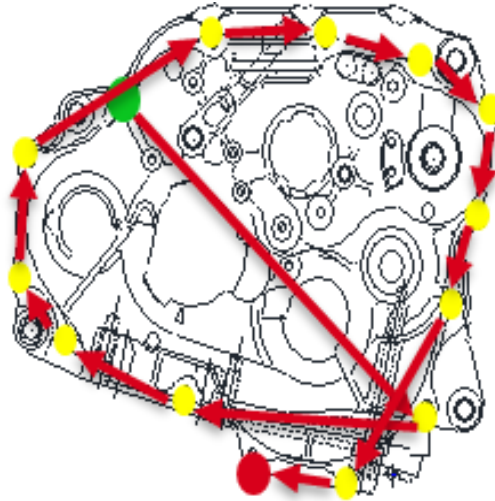


Fonte: (AUTOR, 2022)

4.3.2 SEQUÊNCIA DE USINAGEM

As operações de usinagem realizada por algumas ferramentas ocorriam de forma desordenada, semelhante a movimentação do magazine, o que também ocasionava geração de tempo sem valor.

Figura 22:Esquema do sequenciamento desordenado de uma determinada ferramenta

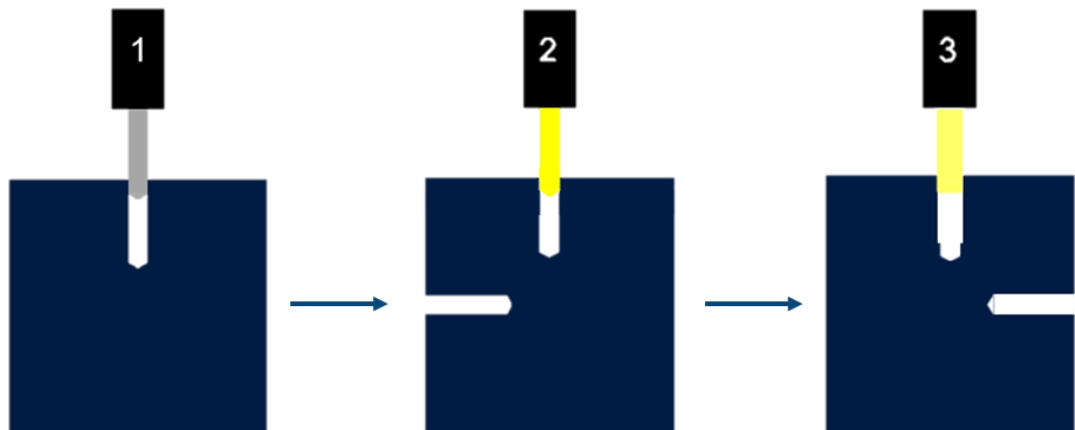


Fonte: (AUTOR, 2022)

4.3.3 4º EIXO

O 4º eixo consiste em uma mesa giratória que permite a adição de angulação para fabricação de peças. Feita a análise em loco percebeu-se também que havia tempo sem valor agregado aos movimentos do 4º eixo por conta da falta de ordem dos giros realizados pela mesa rotatória.

Figura 23: Imagem fantasia do funcionamento desordenado de um 4º eixo



Fonte: (AUTOR, 2022)

4.3.4 APROXIMAÇÃO DA FERRAMENTA EM AVANÇO RÁPIDO

O avanço rápido (G00) é a maior velocidade de descida da ferramenta permitida pela máquina. Desta forma, tendo em vista esse comando referente a programação de máquinas CNC's notou-se que a ferramenta descia em G00 e parava a uma distância superior a 3 mm da superfície da peça, o que também gerava tempo sem valor.

Figura 24: Esquematização da distância da ferramenta em G00 da superfície da peça

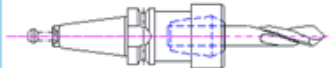




Fonte: (AUTOR, 2022)

4.3.5 PARÂMETROS DE USINAGEM

Os parâmetros de usinagem são um importante conceito que consiste em grandezas numéricas determinadoras de velocidades, esforços e afins. baseado nisso observou-se que as ferramentas listadas na tabela abaixo apresentavam tais parâmetros obsoletos, isso após os devidos cálculos serem realizados.

Figura 25: Tipos de ferramentas e seus respectivos parâmetros de usinagem (S e F)

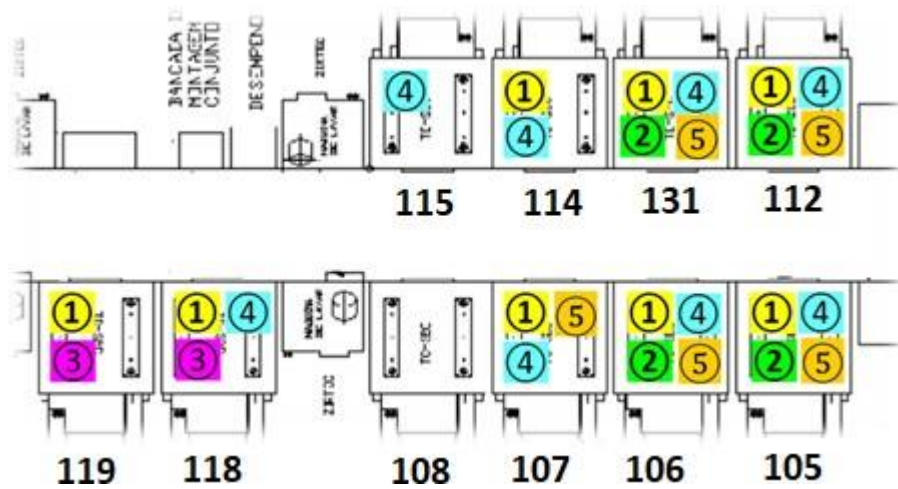
FERRAMENTAS	ANTES
 SCN-4659 Broca de Chanfrar Ø16mm	S2100 F420
 SCN-14525 Broca MD Ø5.45mm	S8000 F1084
 SCN-14358 Macho M6	S1600

Fonte: (AUTOR, 2022)

4.3.6 CONCLUSÕES E CONSIDERAÇÕES FINAIS DA ANÁLISE PRELIMINAR DA LINHA

Tendo em vista esses pontos, para que fosse realizado um trabalho mais eficiente, utilizou-se o mapa da linha e separou-se cada um dos pontos listados anteriormente em cada uma das máquinas, portanto, desta forma fora definido onde e o que seria trabalhado em cada processo.

Figura 26: Mapa da linha com o levantamento de melhorias a serem realizadas



Fonte: (AUTOR, 2022)

4.4 ANÁLISE DAS CAUSAS

Tendo em vista os pontos de melhoria observados no tópico anterior fora utilizada algumas ferramentas da qualidade onde fora identificada as causas raízes dos problemas elencados acima para que, desta forma, as ações tomadas fossem as mais eficientes e permanentes possíveis, de acordo com a necessidade da linha, além de assegurar a não reincidência dos problemas observados em loco. Dentre essas ferramentas pode-se citar: O Diagrama de Ishikawa, o Naze Naze (Por quê, Por quê) e o 5W2H.

4.4.1 DIAGRAMA DE ISHIKAWA

O objetivo pretendido ao utilizar o Diagrama de Causa e Efeito foi fazer a ligação entre as causas que pudessem estar ocasionando determinados problemas e seus respectivos efeitos. O problema de alto tempo ciclo encontrado na linha estudada após fazer essa análise minuciosa do Diagrama de Ishikawa foi direcionada por este principalmente a dois problemas específicos referente a máquina e o método.

Figura 27: Diagrama de Ishikawa para determinação dos problemas apresentados na linha.



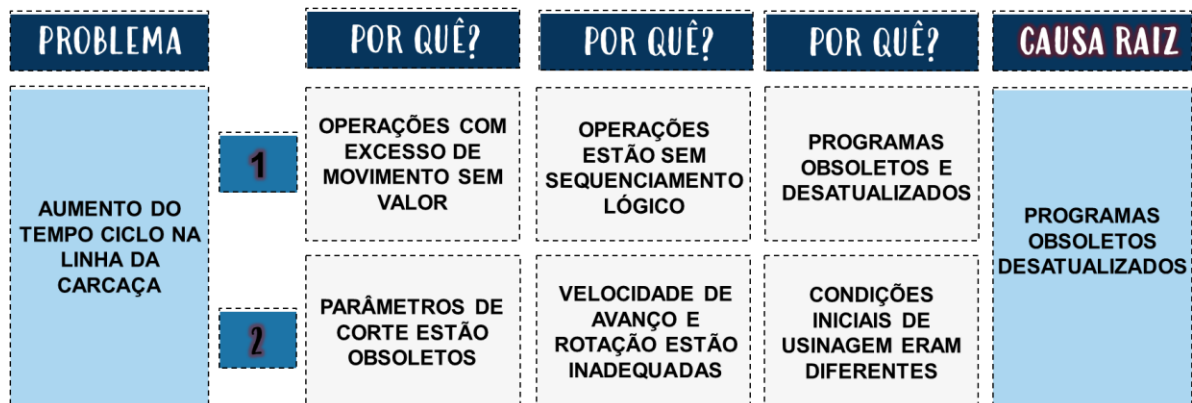
Fonte: (AUTOR, 2022)

Por conseguinte, a essa análise pode-se direcionar os esforços aos pontos identificados e então trabalhar em formas de solucioná-los como será tratado mais adiante.

4.4.2 NAZE NAZE

Assim como o Diagrama de Ishikawa o Naze-Naze ou 5 Porquês é uma ferramenta da qualidade que utilizamos para determinar a causa real do problema por meio dos “porquês” que fazíamos e depois fazer o caminho inverso para solucionar esses problemas.

Figura 28: Naze Naze utilizado para identificação e plano de solução dos problemas levantados.



Fonte: (AUTOR, 2022)

4.4.3 5W2H

Ao fazer a análise do 5W2H pretendeu-se a definição de todas as informações importantes para execução do projeto como: o que será feito, porque, onde, quem irá fazer, quando será feito, como e quanto custará. Desta forma as atividades foram desenvolvidas de forma clara e eficiente por todos os envolvidos no trabalho.

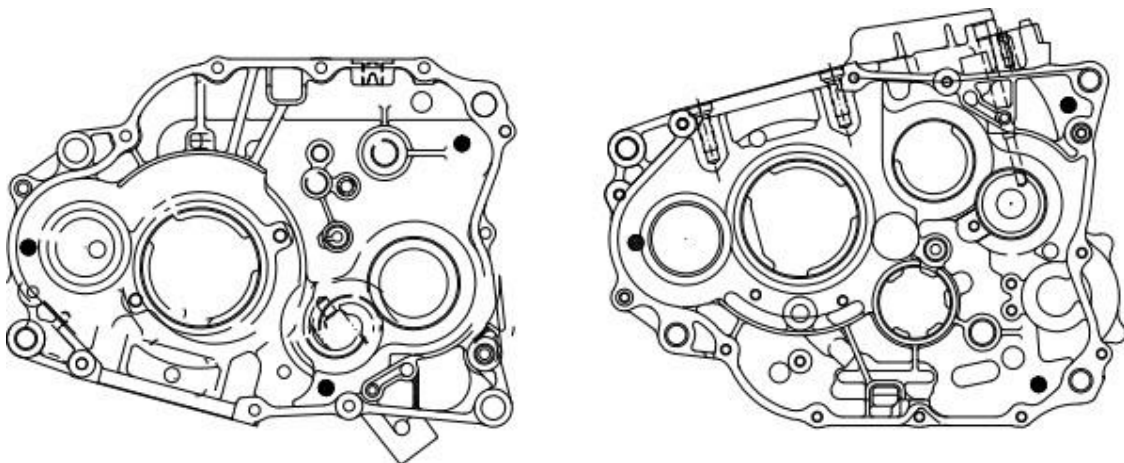
4.5 ESTUDO E IMPLANTAÇÃO DAS SOLUÇÕES

Finalmente após o direcionamento dos esforços para as ações que realmente resultariam na diminuição do tempo ciclo da linha e tomadas as devidas precauções para que esses problemas fossem resolvidos de forma permanente e com não reincidências trataremos nessa seção da Operação Padrão Usinagem referente a cada máquina e o passo a passo das implantações das soluções.

4.5.1 OPERAÇÃO PADRÃO USINAGEM

A carcaça da motocicleta é composta pela montagem da carcaça esquerda e direita, respectivamente representadas na Figura 29.

Figura 29: Carcaça Esquerda e Direita



Fonte: (AUTOR, 2022)

O processo da linha é dividido da seguinte forma: Carcaça esquerda, direita e conjunto. Assim, a Operação Padrão Usinagem, antes das melhorias realizadas, dar-se-á como se segue:

4.5.1.1 OPERAÇÃO PADRÃO USINAGEM CARÇAÇA DIREITA

➤ *Operação 01: Usinagem/ Desbaste***Tabela 4: Dados de processo da máquina 112**

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
1	FACEAMENTO	30.0	10000	0.6
7	FURAR	6.7	4900	0.1
8	CHANFRAR	16.0	2000	0.3
4	MANDRILAR ACABAR	9.5	3352	0.09
5	FURAR	5.5	8000	0.14
6	ROSCAR	6.0	1600	1.0
11	FURAR	6.8	4683	0.11
12	ROSCAR	3.0	1154	1.25
13	FRESAR	13.5	3000	0.1

Fonte: (AUTOR, 2022)

➤ *Operação 02: Usinagem/ Desbaste***Tabela 5: Dados de processo da máquina 131**

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
1	FRESAR (LATERAL)	17.1	3500	0.2
2	CHANFRAR	6.0	4500	0.22
3	CHANFRAR	16.0	8000	0.3
4	FURAR	5.5	8000	0.2
5	ROSCAR	6.0	2123	1.0
6	FACEAMENTO	80.0	6000	0.6
7	FURAR	9.5	318	0.1
8	FRESAR	14.0	6000	0.16
9	MANDRILAR DESBASTE	49.5	700	0.2
10	FURAR	5.1	1000	0.17

Fonte: (AUTOR, 2022)

➤ *Operação 03: Usinagem/ Acabamento*

Tabela 6: Dados de processo da máquina 114

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
1	FURAR	35.0	1000	0.2
2	MANDRILAR DESBASTE	67.7	940	0.23
3	CHANFRAR	68.0	706	0.21
4	MANDRILAR ACABAR	68.0	702	0.06
5	FRESAR	20.0	4300	0.06
6	ALARGAR	16.5	3500	0.1
7	ALARGAR	11.5	2492	0.1
8	MANDRILAR ACABAR	12.0	2388	0.05
9	MANDRILAR ACABAR	10.0	3536	0.06
10	MANDRILAR ACABAR	17.0	2410	0.05
11	MANDRILAR ACABAR	40.0	2410	0.05
12	MANDRILAR ACABAR	42.0	2653	0.05
13	MANDRILAR ACABAR	42.0	2229	0.05
14	FACEAR	50.0	1573	1.78

Fonte: (AUTOR, 2022)

➤ *Operação 04: Usinagem/ Acabamento*

Tabela 7: Dados de processo da máquina 115

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
1	MANDRILAR ACABAR	10.0	3536	0.09
2	FURAR	9.5	4900	0.15
3	FACEAMENTO	31.0	1541	0.1
4	FRESAR DESBASTE	12.5	3000	0.1
5	FRESAR ESPECIAL	7.5	5000	0.1
6	FRESAR DESBASTE	13.5	3000	0.1
7	MANDRILAR ACABAR	13.0	3674	0.05
8	MANDRILAR ACABAR	14.0	3412	0.05

9	MANDRILAR ACABAR	8.0	3582	0.03
10	REBAIXAR	20.0	5550	0.03
11	FURAR	11.5	4300	0.03

Fonte: (AUTOR, 2022)

4.5.1.2 OPERAÇÃO PADRÃO USINAGEM CARÇAÇA ESQUERDA

➤ *Operação 01: Usinagem/ Desbaste*

Tabela 8: Dados de processo da máquina 105

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
3	FURAR	6.8	5620	0.03
4	FURAR	5.45	8000	0.2
6	ROSCAR	6.0	2000	1.0
1	FACEAR	80.0	10000	0.4
9	ROSCAR	8	1800	1.25
10	FURAR	8.8	5000	0.2
11	ROSCAR	8	1591	1.25
12	FURAR	11.5	5535	0.1
13	MANDRILAR	12	3980	0.04
14	ROSCAR	10	1274	1.25

Fonte: (AUTOR, 2022)

➤ *Operação 02: Usinagem/ Desbaste*

Tabela 9: Dados de processo da máquina 106

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
3	CENTRAR	6.8	9800	0.3
7	FURAR	6.5	9600	0.2
1	FACEAMENTO	80.0	10000	0.6
4	DESBASTE	14	9500	0.06
5	FACEAR	50.0	3000	1.67
10	CHANFRAR	68.0	2000	0.22
11	ALARGAR	9.5	8000	0.04

Fonte: (AUTOR, 2022)

➤ *Operação 03: Usinagem/ Acabamento***Tabela 10: Dados de processo da máquina 107**

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
12	DESBASTE	67.6	940	0.23
13	ACABAMENTO	68.0	702	0.05
14	DESBASTE	11.5	4153	0.07
1	CHANFRAR	16.0	1990	0.05
3	MANDRILAR ACABAMENTO	10.0	3536	0.08
4	MANDRILAR ACABAMENTO	12.0	3675	0.05
5	FURAR	5.1	6000	0.17
6	FACETAR	24.0	3981	0.08
8	MANDRILAR ACABAMENTO	35.0	3640	0.05
10	MANDRILAR ACABAMENTO	42.0	2653	0.05
11	MANDRILAR ACABAMENTO	40.0	2769	0.05

Fonte: (AUTOR, 2022)

➤ *Operação 04: Usinagem/ Acabamento***Tabela 11: Dados de processo da máquina 108**

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
13	CHANFRAR	17	2500	0.05
1	FRESAR DE TOPO	16.3	3791	0.05
2	FRESAR DE TOPO	33	2800	0.01
3	CHANFRAR	16.0	1194	1.25
4	FURAR	7.5	3395	0.2
6	ALARGAR	9.5	3351	0.09
7	MANDRILAR ACABAMENTO	10.0	3536	0.03
8	ALARGAR	13.5	2359	0.06
9	FRESAR	25.5	3500	0.06
10	CHANFRAR	26.0	3676	0.05
11	MANDRILAR ACABAMENTO	14.0	3676	0.05
12	MANDRILAR ACABAMENTO	12.0	3980	0.05

Fonte: (AUTOR, 2022)

4.5.1.3 OPERAÇÃO PADRÃO USINAGEM CARÇA CONJUNTO

➤ *Operação 01: Montar Conjunto e Gravar*

➤ *Operação 02: Usinagem*

Tabela 12: Dados de processo da máquina 118

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
9	FRESAR HELICOIDAL	10.7	6000	0.33
1	FRESAR	80.0	10000	0.6
2	FRESAR DE TOPO	30.0	3500	0.02
4	FRESAR	24	1591	0.05
5	FURAR	5.5	8000	0.14
6	ROSCAR	6.0	1600	1.00
7	FURAR	6.8	3930	0.23
8	ROSCAR	8.0	2000	1.25
10	ALARGAR	13.5	4000	0.10
11	MANDRILAR	86.0	1533	0.27
12	FURAR	10.5	4547	0.2
13	ACABAR	14.0	4000	0.07
14	ROSCAR	12.0	1200	1.5

Fonte: (AUTOR, 2022)

➤ *Operação 03: Usinagem*

Tabela 13: Dados de processo da máquina 119

T	PROCESSO	Ø	ROTAÇÃO S (rpm)	AVANÇO F (mm/rev)
		6.5		
		12.0		
1	ALARGAR	15.5	3185	0.09
		17.5		
		19.5		
2	FRESAR CANAL	19	4000	0.15

		7.0	3000	0.08
3	DESBASTE	10.0	3000	0.08
		14.0	5500	0.16
		15.0	1500	0.33
14	ACABAMENTO	16.0		
		18.0	4000	0.07
	GIRAR 4° EIXO			
4	CHANFRAR	16.0	1990	0.19
5	FURAR	6.8	8000	0.14
6	FURAR	5.1	9000	0.12
8	ALARGAR	8.0	3000	0.10
	GIRAR 4° EIXO			
4	CHANFRAR	16.0	1990	0.15
5	FURAR	6.8	4215	0.11
7	FURAR	5.5	5844	0.09
8	ALARGAR	8.0	3000	0.1
9	CENTRAR	13.0	1990	0.15
10	FURAR	7.1	4485	0.17
11	ALARGAR	8.0	3000	0.07

Fonte: (AUTOR, 2022)

4.5.2 SOLUÇÕES

Após o levantamento das melhorias a serem realizadas em cada uma das máquinas feito na Análise da Situação Atual e a especificação do mapa de linha na Figura 26 segue-se como cada medida proposta foi colocada em prática e qual a redução de tempo, em segundos, em cada máquina.

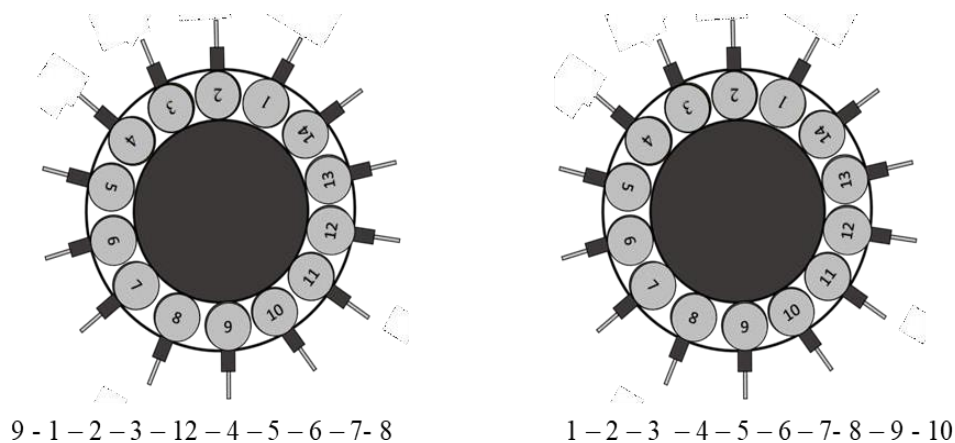
4.5.2.1 ORGANIZAÇÃO DO MAGAZINE

Após a realização da “Análise da Situação Atual” descobriu-se que em um determinado tempo passado diferentes modelos do que são fabricados na linha atualmente rodavam nesta. Em consequência disso as ferramentas utilizadas no processo atual e no processo antigo ficaram misturadas dentro do magazine o que ocasionou que os programas atuais chamassem as ferramentas de acordo com o lugar em que estavam posicionadas, o que nem sempre era de acordo com um sequenciamento lógico. Por exemplo, uma determinada operação de faceamento que utilizava as ferramentas de número 1, 2 e 6 agregava tempo sem valor, ou seja, após a operação realizada pela ferramenta 2, O magazine deveria girar até a posição número 6, o que ocasionava a perda de segundos preciosos.

Fora observado ainda que a desorganização do magazine ocorria quase que majoritariamente nas máquinas que não eram problema para o processo em relação ao tempo, logo, ao realizarem o programa CNC os engenheiros não levaram em consideração colocar as ferramentas posicionadas no magazine na ordem em que suas respectivas operações fossem lidas no programa.

Com base nos pontos levantados anteriormente a primeira ação tomada foi a organização física das ferramentas dentro do magazine de acordo com a ordem que eram chamadas no programa CNC. Por conseguinte, fora feita a alteração nos programas CNC's, no que diz respeito a posição atual das ferramentas reorganizadas no magazine.

Figura 30:Comparativo da ordem dos giros do magazine antes e depois das melhorias realizadas.



Fonte: (AUTOR, 2022)

Tendo em vista as melhorias realizadas e explanadas acima, fora montado a tabela abaixo onde consta a redução de tempo em cada uma das máquinas CNC's em segundos.

Tabela 14:Redução de T/C após a organização do magazine.

<u>MODELO</u>	<u>MÁQUINA</u>	<u>TEMPO (s)</u>
	CNC112	-5
	CNC131	-6
	CNC114	-5
1S4/BC5	CNC115	0
	CNC105	-3
	CNC106	-5
	CNC107	-1
	<u>CNC108</u>	<u>0</u>

	CNC119	-1
1S4	CNC118	-8
BC5	CNC118	-2

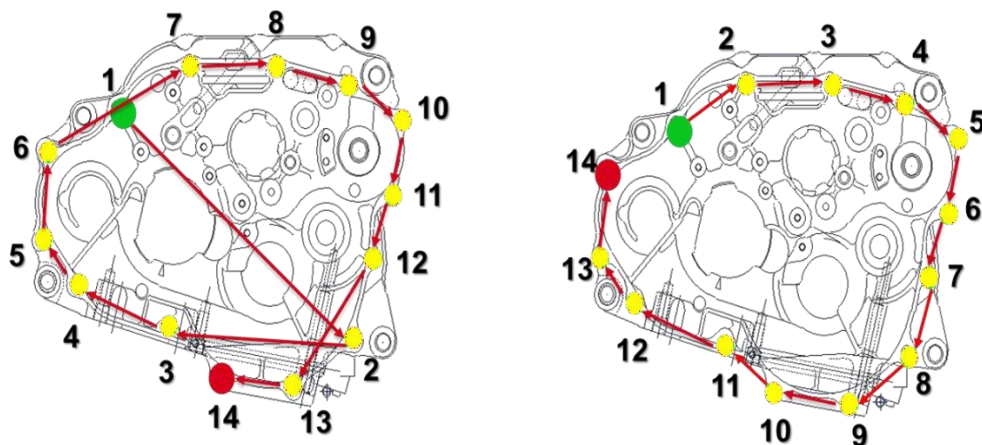
Fonte: (AUTOR, 2022)

4.5.2.2 SEQUÊNCIA DE USINAGEM

Após a organização do magazine e a atualização do programa CNC fora analisado o segundo ponto levantado na análise das causas referente ao sequenciamento das operações de usinagem. Observou-se que a sequência de operações realizadas por uma determinada ferramenta não estava percorrendo o menor percurso possível para fazê-la.

Tendo em vista essa situação fora feita a atualização dos programas CNC's de tal modo que o sequenciamento dos pares ordenados fora realizado de uma forma ordenada, por exemplo, após ser realizado o furo de número 1 de coordenadas x_1 e y_1 , a ferramenta fora para o ponto mais próximo deste identificado pelo número 2 com coordenadas x_2 e y_2 como mostrado na figura a seguir.

Figura 31:Esquema de um ciclo de furação



Fonte: (AUTOR, 2022)

Tendo em vista as melhorias realizadas e explanadas acima, fora montado a tabela abaixo onde consta a redução de tempo em cada uma das máquinas CNC's em segundos.

Tabela 15: Redução de T/C após o sequenciamento lógico de usinagem.

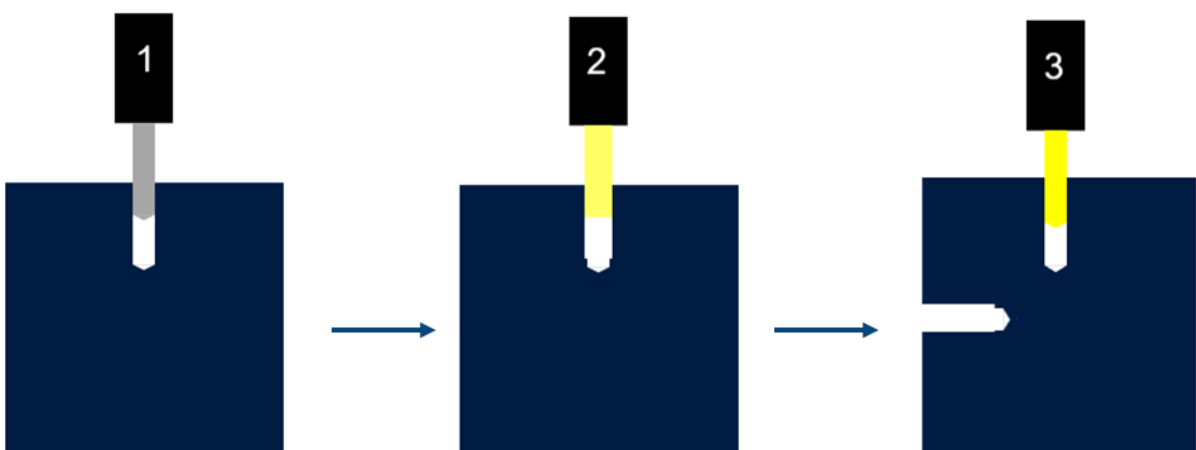
<u>MODELO</u>	<u>MÁQUINA</u>	<u>TEMPO (s)</u>
	CNC112	-3
	CNC131	-2
	CNC114	0
	CNC115	0
1S4/BC5	CNC105	-2
	CNC106	-2
	CNC107	0
	CNC108	0
	CNC119	0
1S4	CNC118	0
BC5	CNC118	0

Fonte: (AUTOR, 2022)

4.5.2.3 4º EIXO

Conforme observado na “Análise da Situação Atual” percebeu-se que o 4º eixo girava sem um sequenciamento lógico, o que gerava tempo sem valor, em vista disso, assim como feito para organizar o magazine de ferramentas que também estava desordenado, fora feito também um novo sequenciamento dos giros do 4º eixo e conseqüentemente também foram feitas as devidas alterações nos programas CNC’s para que não houvesse problemas como colisão e operações feitas de forma errada.

Figura 32: Imagem fantasia do movimento do 4º eixo feito o sequenciamento.



Fonte: (AUTOR, 2022)

Conforme a Figura 32 pode-se perceber que o 4º eixo após a implantação da solução passou a girar de forma lógica, ou seja, todas as operações de usinagem inerentes a uma face

eram realizadas para só então o 4º eixo efetuar seu giro e a próxima ferramenta descer (responsável pelo processo de usinagem na outra face).

Tendo em vista as melhorias realizadas e explanadas acima, fora montado a tabela abaixo onde consta a redução de tempo em cada uma das máquinas CNC's em segundos.

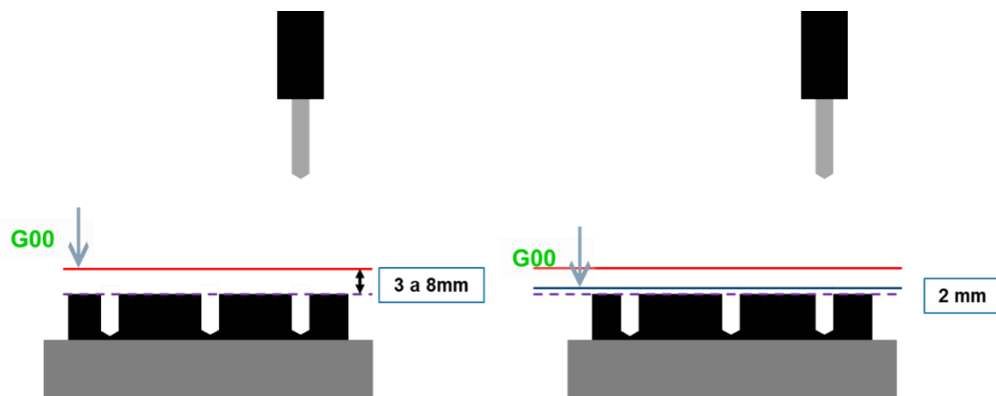
Tabela 16: Redução de T/C após o sequenciamento da mesa giratória do 4º eixo

MODELO	MÁQUINA	TEMPO (s)
	CNC112	-
	CNC131	-
	CNC114	-
1S4/BC5	CNC115	-
	CNC105	-
	CNC106	-
	CNC107	-
	CNC108	-
	CNC119	0
1S4	CNC118	-8
BC5	CNC118	-3

Fonte: (AUTOR, 2022)

4.5.2.4 APROXIMAÇÃO DA FERRAMENTA EM AVANÇO RÁPIDO

Figura 33: Comparativo da distância da ferramenta da superfície da peça em G00 antes e depois da melhoria realizada



Fonte: (AUTOR, 2022)

A ferramenta descia em avanço rápido e parava a uma distância não apropriada da superfície da peça, gerando tempo sem valor, assim esta prosseguia com o avanço determinado

para o processo de usinagem que iria realizar. Tendo em vista isso e o fato de que quanto mais perto a ferramenta estiver da superfície da peça, menor é o tempo de usinagem e ainda que, o processo de faceamento já havia ocorrido em etapas anteriores e desta forma não há a possibilidade da ocorrência de colisão fora estipulado que a ferramenta desceria em avanço rápido até uma distância de 2 mm da superfície da peça.

Desta forma, fora feita as devidas mudanças nos programas CNC's das máquinas que apresentavam a situação descrita acima (distância da ferramenta que descera em avanço rápido acima de 2 mm). Logo, fora normalizado a distância de parada da ferramenta em avanço rápido para 2 mm em cada programa que essa correção precisava ser feita.

Assim, de acordo com as melhorias realizadas e explanadas acima, fora montado a tabela abaixo onde consta a redução de tempo em cada uma das máquinas CNC's em segundos.

Tabela 17: Redução do T/C de após a máxima aproximação possível da ferramenta em G00 da superfície da peça.

MODELO	MÁQUINA	TEMPO (s)
	CNC112	-4
	CNC131	-2
	CNC114	-3
	CNC115	-2
1S4/BC5	CNC105	-2
	CNC106	-4
	CNC107	-1
	CNC108	0
	CNC119	0
1S4	CNC118	-4
BC5	CNC118	-2

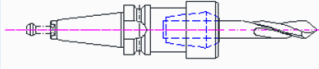

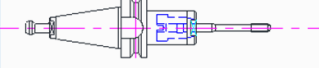
Fonte: (AUTOR, 2022)

4.5.2.5 PARÂMETROS DE USINAGEM

De acordo com a análise das ferramentas de cada um dos processos de cada uma das máquinas da linha e após a realização de alguns Try-Outs (testes com peças) percebeu-se que apenas as ferramentas listadas abaixo eram passíveis de alteração sem que houvesse comprometimento da qualidade da peça, sendo assim, a figura 34 mostra as velocidades de

avanço e rotação da ferramenta antes (momento em que foi feita análise da linha) e depois (feita as devidas alterações).

Figura 34: Parâmetros de Usinagem (Rotação e Avanço) antes e depois das melhorias propostas

FERRAMENTAS	ANTES	DEPOIS
 SCN-4659 Broca de Chanfrar Ø16mm	S2100 F420	S8000 F1600
 SCN-14525 Broca MD Ø5.45mm	S8000 F1084	S6000 F1200
 SCN-14358 Macho M6	S1600	S2123

Fonte: (AUTOR, 2022)

Esta solução fora implantada fazendo a alteração das velocidades de avanço e rotação de cada uma das ferramentas listadas acima em cada um de seus processos correspondentes.

Tendo em vista as melhorias realizadas e explanadas acima, fora montado a tabela abaixo onde consta a redução de tempo em cada uma das máquinas CNC's em segundos.

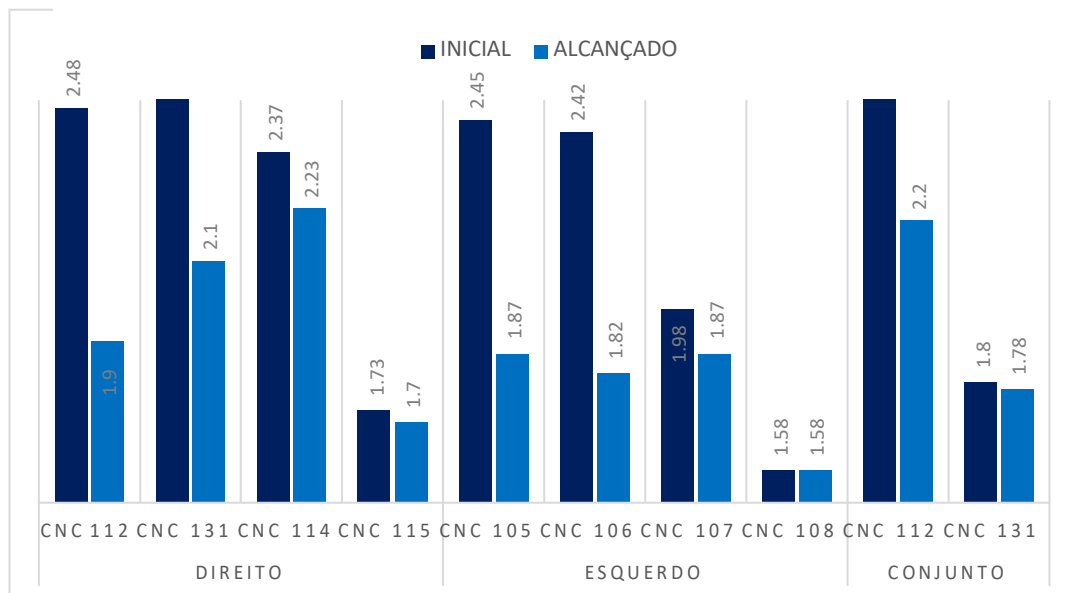
Tabela 18: Redução de T/C após a atualização dos parâmetros de usinagem.

MODELO	MÁQUINA	TEMPO (s)
	CNC112	-23
	CNC131	-17
	CNC114	-
	CNC115	-
1S4/BC5	CNC105	-28
	CNC106	-25
	CNC107	-5
	CNC108	-
	CNC119	-
1S4	CNC118	-
BC5	CNC118	-

Fonte: (AUTOR, 2022)

4.6 RESULTADOS E VANTAGENS ECONÔMICAS

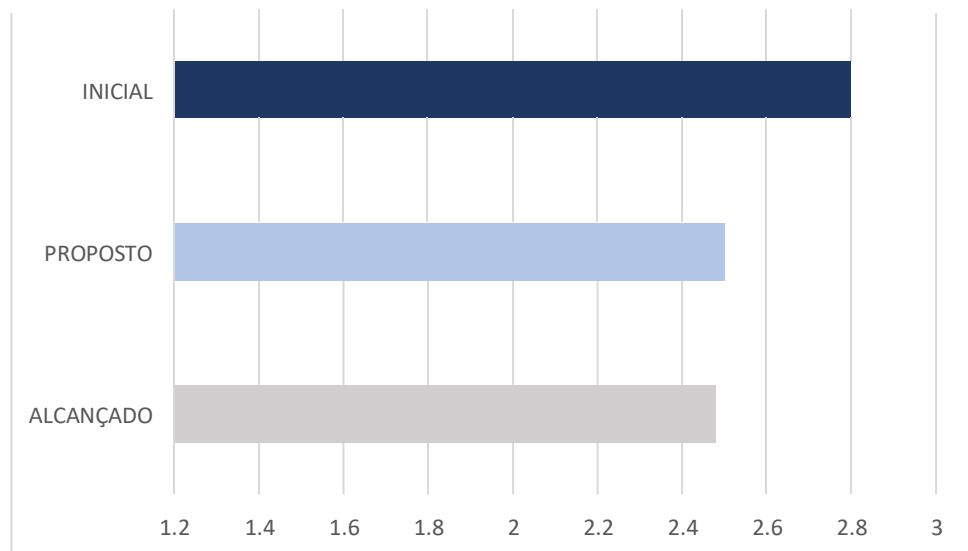
Após as melhorias realizadas houve uma redução considerável do tempo de cada umas máquinas CNC's como pode ser observado na Figura 35.

Figura 35: Comparativo tempos máquinas iniciais e alcançados

Fonte: (AUTOR, 2022)

O objetivo inicial do projeto consistia na redução do T/C de 2,81 min para 2,50 min, entretanto as melhorias propostas fizeram com que não somente fosse alcançada a meta, mas que esta fosse ainda superada, desta forma, o tempo final obtido referente a linha da carcaça foi de 2,48 min.

Figura 36:Comparativo tempo ciclo inicial, proposto e alcançado



Fonte: (AUTOR, 2022)

5. CONSIDERAÇÕES FINAIS

Do ponto de vista econômico da corporação houve com essa redução de tempo ciclo um aumento de produção peça/ano de 3,32% não só isso, mas um ganho para a corporação de R\$ 60.312,09, sendo esse valor referente ao “ganho” de extras que seriam necessárias para que o plano carga fosse atendido.

REFERÊNCIAS BIBLIOGRAFICAS

- MACHADO, Álisson et al. **Teoria das usinagens dos materiais, 3ª Ed.** São Paulo: Blucher, 2015.
- DOS SANTOS JÚNIOR¹, Francisco Magalhães et al. **Os desafios da usinagem de aços inoxidáveis austenísticos: uma breve introdução**, 2018.
- PINTO, M. ; SANTANA,L.; PINO,G. **Análise das estruturas de ferramentas de corte da usinagem**, 2018.
- TAVARES, M. **Medição e modelagem dos esforços no alargamento de furos em ferros fundidos GG25**, 2018.
- GROOVER, M. P. **Fundamentals of Modern Manufacturing: materials, processes, and systems**. [S.l.]: John Wiley & Sons, Inc., 4th ed., 2010
- DINIZ, Anselmo Eduardo, MARCONDES, Francisco Carlos, COPPINI, Nivaldo Lemos. **Tecnologia da Usinagem dos Materiais**. 5 ed. São Paulo: 2006. 17p.
- BRUNETTI, Franco. **Motores de Combustão Interna: volume1**. São Paulo: Blucher, 2012.
- TORMEN, Vitor. **Implementação em programação parametrizada CNC para usinagem de superfícies bezier**. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal de Santa Maria, RS, Santa Maria, 2020.
- SILVIERO, Mateus Lopes. **Modelagem e simulação de esforços no mandrilamento de ferro fundido GG25 com base em ensaios de torneamento**, 2020.
- DINIZ ANDRÉ, Victor. **Avaliação da influencia dos parâmetros de corte e duas classes de ferros fundidos vermiculares na temperatura de usinagem**, 2017.
- MENEGHEL,Jackson. **Análise dos parâmetros de usinagem para sangramento canais e furação, para melhora de produção em tornos CNC**,2020.
- DINIZ,A.; MARCONDES,F;, COPPINI,N. **Tecnologia da usinagem dos materiais**. 9ª edição . São Paulo: Artliber Editora, 2014.

DOS SANTOS, Daniel Borges; BASSANI, André Amaral; KIECKOW, Flávio. **Simulador gráfico para a visualização de percurso de ferramenta na programação CNC em operação de torneamento**,2020.

ANDRADE,Guilherme. **Método Didático completo de integração Motor/Motocicleta**.Recife,2017.

SOUZA DA COSTA, Ivanilson. **Uso de calorimetria para estimativa da distribuição do calor gerado no processo** ,2020.

SENAI, RJ. **Noções de tornearia**. 2020

MENEZES, Roberto. **Estudo da sinterização de cavacos reciclados de aço ferrítico**, 2012.

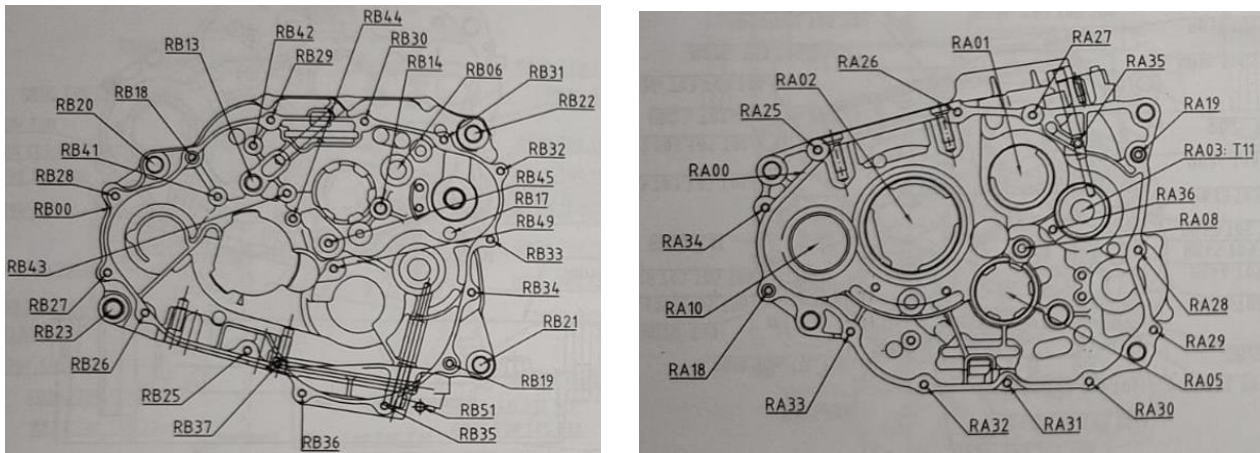
FACHIN, Odília. **Fundamentos da Metodologia Científica**: noções básicas em pesquisa científica. 6 ed. São Paulo:Saraiva,2017.

KOCHE, José Carlos. **Fundamentos da metodologia científica**: teoria da ciência e iniciação a pesquisa. Petrópolis,RJ:Vozes, 2011.

MUNIZ TAVARES,Michel. **Medição e modelagem dos esforços no Alargamento de furos em ferro fundido GG25**. Trabalho de Conclusão de Curso- Universidade Federal de Santa Catarina, Santa Catarina, Florianópolis, 2018.

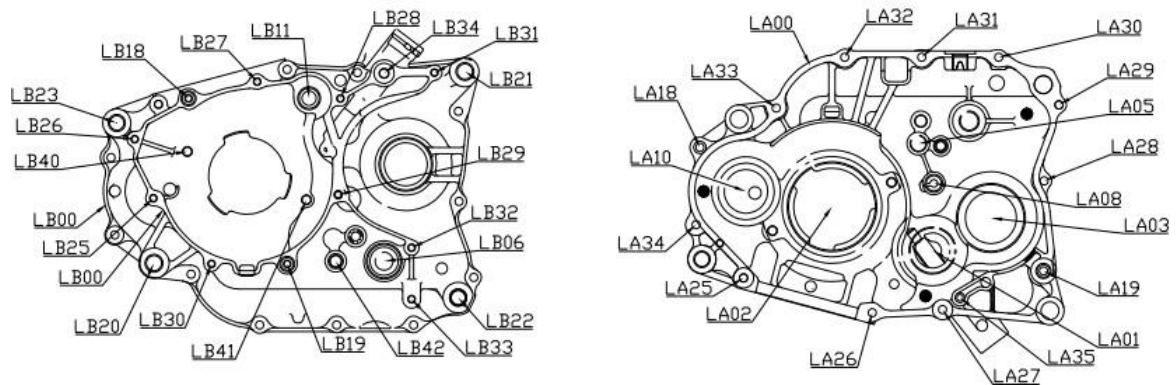
SILVA,Domingues. **CNC Programação de Comandos Numéricos Computadorizados : Torneamento** 1 ed , Erica,2019.

APÊNDICE A – MAPA DE FUROS DA CARÇAÇA DIREITA



Fonte: (AUTOR, 2022)

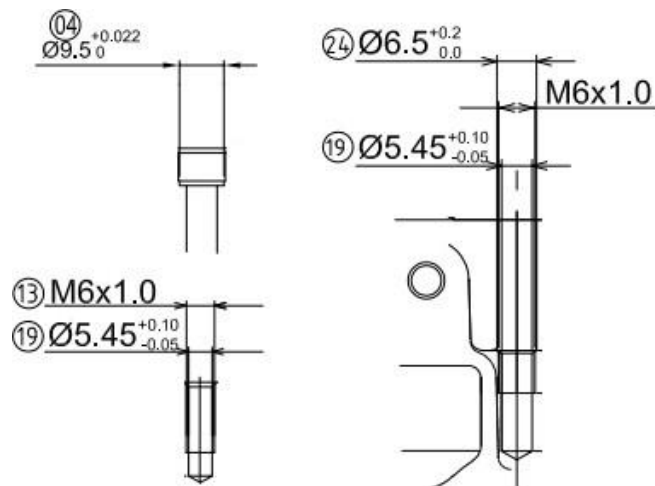
APÊNDICE B – MAPA DE FUROS CARÇAÇA ESQUERDA



Fonte: (AUTOR, 2022)

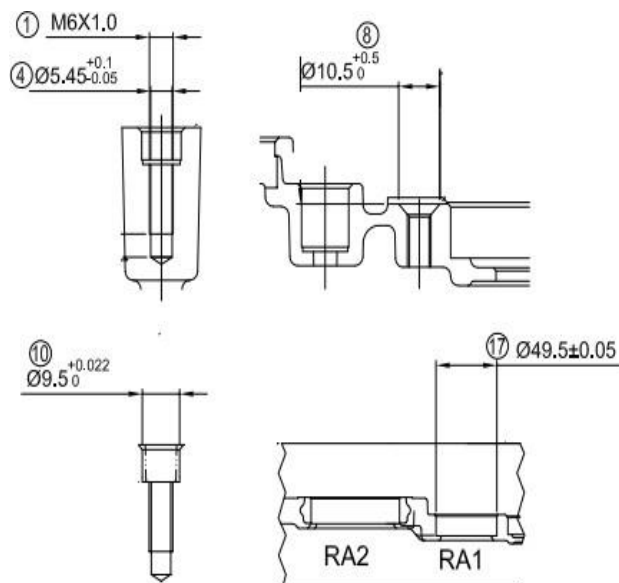
APÊNDICE C– REPRESENTAÇÃO DAS OPERAÇÕES DAS TABELAS RELATIVOS AOS PROCESSOS DA MÁQUINA.

- Tabela 4: Operação 1 CC direita



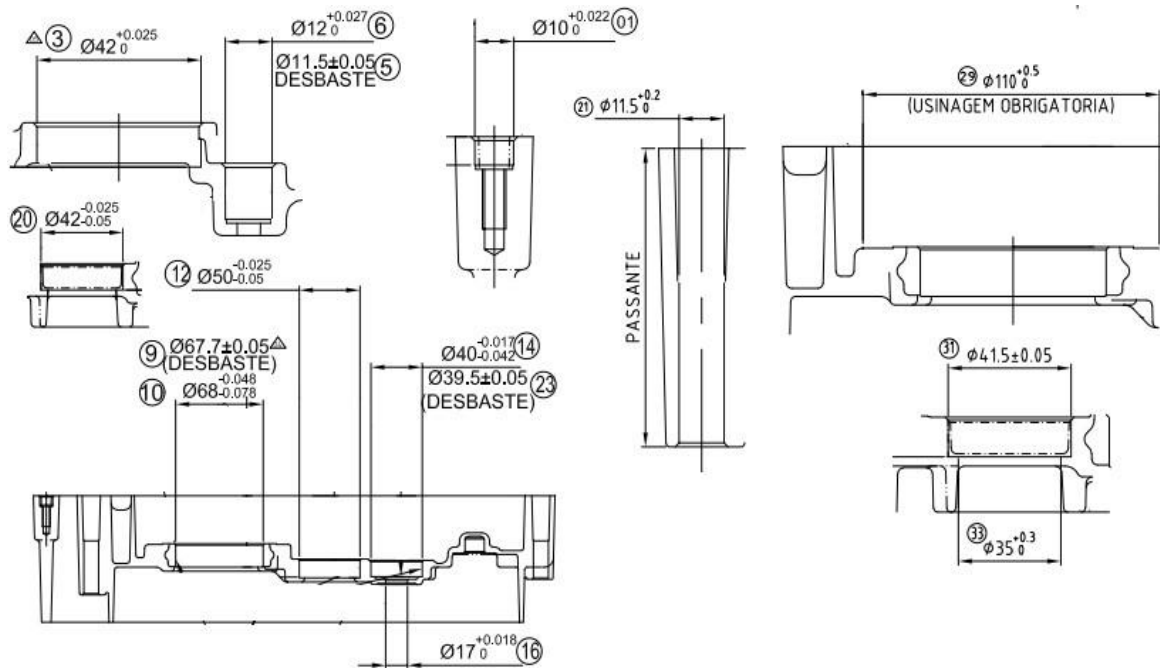
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 5: Operação 2 CC direita



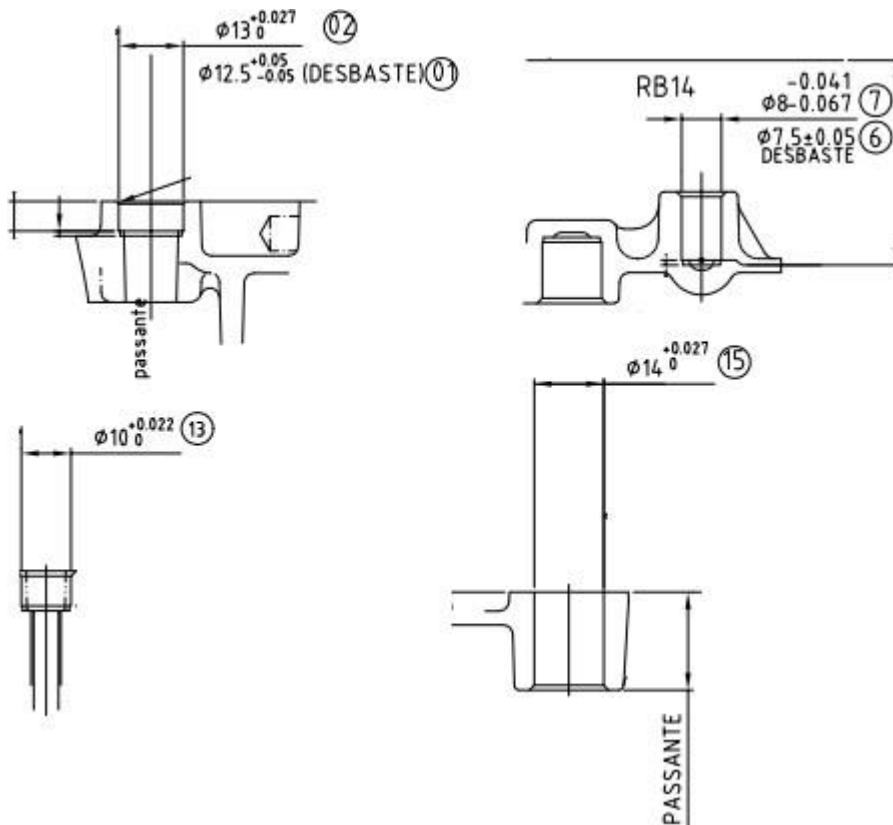
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 6: Operação 3 CC direita



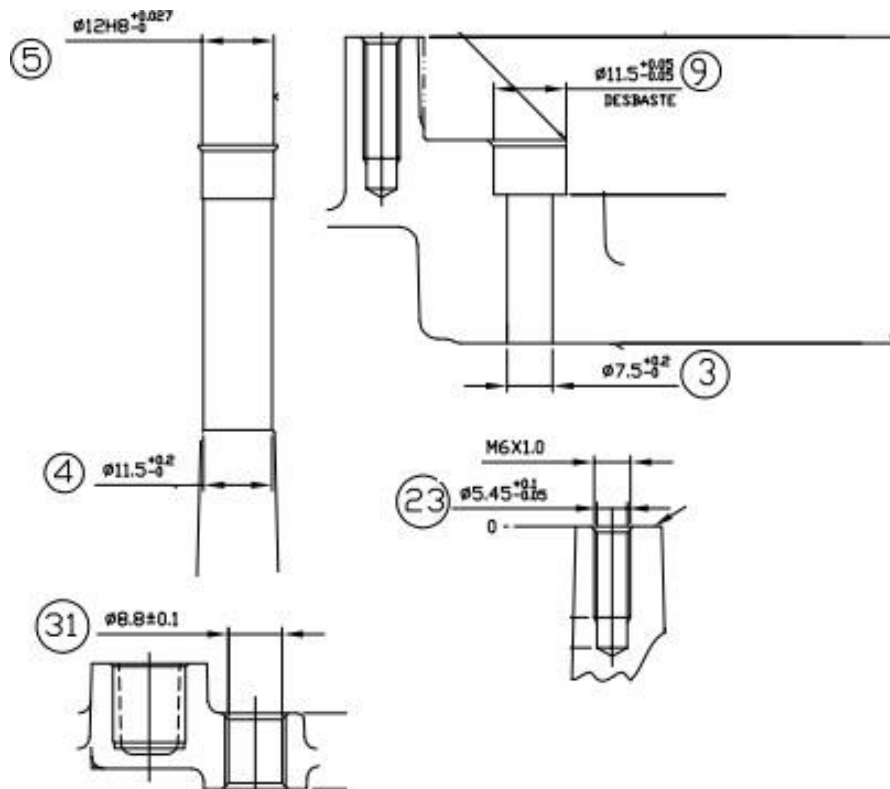
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 7: Operação 4 CC direita



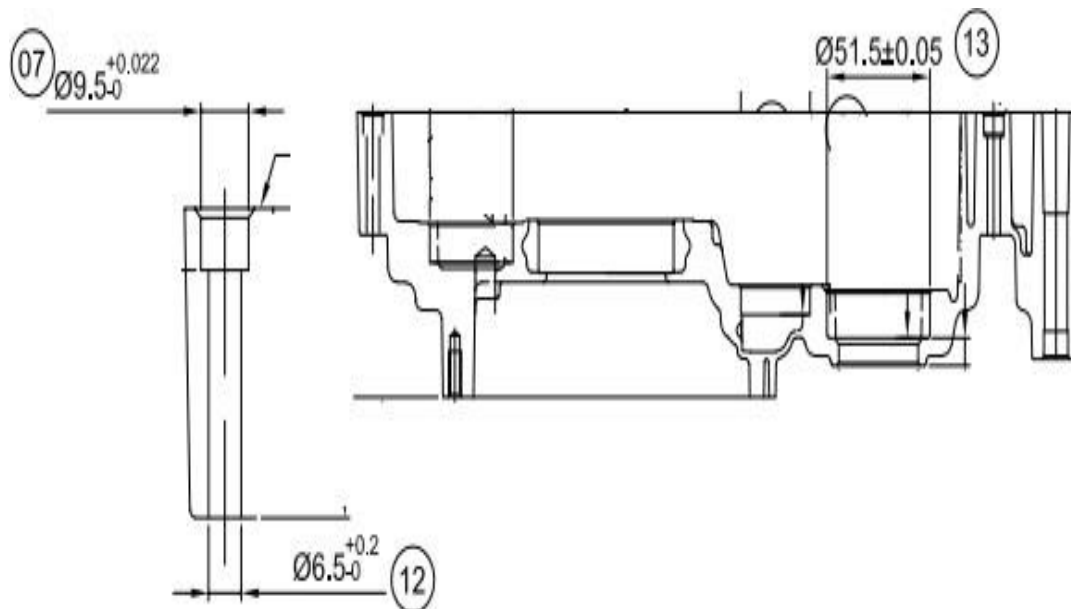
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 8: Operação 1 CC esquerda



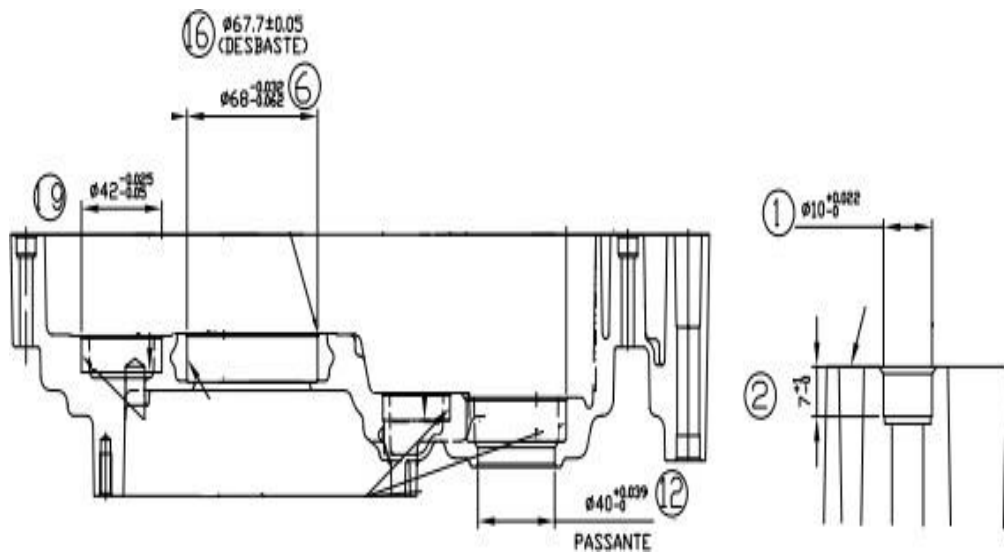
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 9: Operação 2 CC esquerda



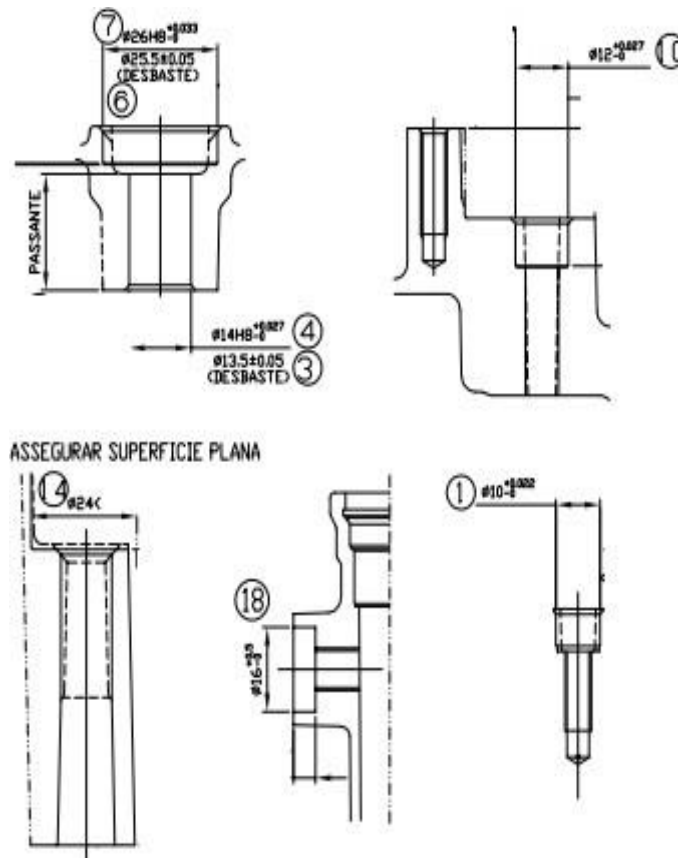
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 10: Operação 3 CC esquerda



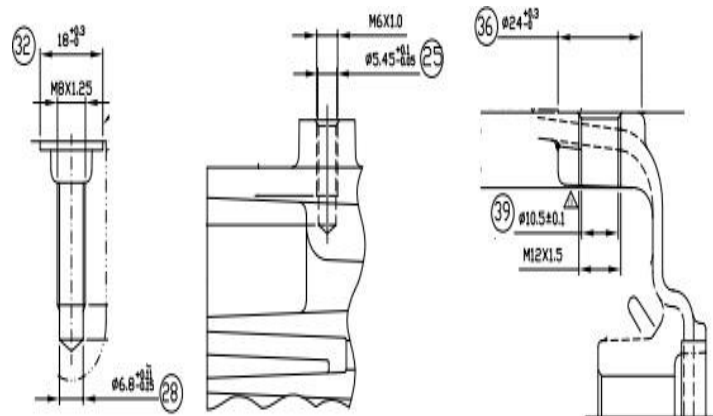
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 11: Operação 4 CC esquerda



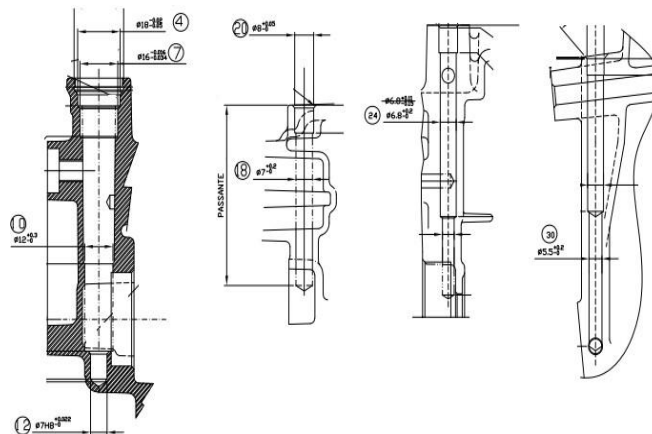
Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 12: Operação 2 CC conjunto



Fonte: (AUTOR, 2022)

- Tabela 13: Operação 3 CC conjunto



Fonte: (AUTOR, 2022)