

**CENTRO PAULA SOUZA
FACULDADE DE TECNOLOGIA DE ITAQUERA
PROFESSOR MIGUEL REALE**

**Carlos Henrique Silva de Oliveira
RA: 2571001823044**

**OTIMIZAÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTO EM PROCESSO DE USINAGEM DA
MÁQUINA HMC-06
HMC "HORIZONTAL MACHINE CENTER"**

**São Paulo
2022**

Carlos Henrique Silva de Oliveira
RA: 2571001823044

**OTIMIZAÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTO EM PROCESSO DE USINAGEM DA
MÁQUINA HMC-06
HMC "HORIZONTAL MACHINE CENTER"**

Trabalho de Graduação
apresentado à Faculdade de
Tecnologia de Itaquera -
"Professor Miguel Reale" como
requisito parcial para a obtenção
do título de Tecnólogo em
Fabricação Mecânica, sob a
orientação do Professor Dr.
Gonçalo Siqueira.

São Paulo
2022

Carlos Henrique Silva de Oliveira

RA: 2571001823044

**OTIMIZAÇÃO E REDUÇÃO DE CUSTO EM PROCESSO DE USINAGEM DA
MÁQUINA HMC-06
HMC "HORIZONTAL MACHINE CENTER"**

Trabalho de Graduação
apresentado à Faculdade de
Tecnologia de Itaquera -
"Professor Miguel Reale" como
requisito parcial para a obtenção
do título de Tecnólogo em
Fabricação Mecânica, sob a
orientação do Professor Dr.
Gonçalo Siqueira.

São Paulo, 05 de dezembro de
2022

BANCA EXAMINADORA

Dr. Gonçalo Siqueira
Orientador

Me. Rafael Teixeira Toffoli

Me. Felipe Ribeiro Toloczko

“Jamais volte para sua casa de mãos ou mentes vazia”. “

EMICIDA

AGRADECIMENTOS

Em primeiro lugar a Deus e minha família.

Agradeço a toda equipe do FATEC Itaquera.

Aos companheiros de graduação pela amizade e convivência.

Aos professores e colegas de curso, que contribuíram para realização deste trabalho com muita dedicação e conhecimento.

A todos aqueles que de alguma maneira ajudaram na elaboração deste trabalho.

RESUMO

Esse trabalho buscou verificar e analisar os mais diversificados processos de usinagem (fresamento, torneamento, furação, retificação, mandrilhamento) da empresa onde trabalho, com o objetivo de propor uma melhoria ampla, a fim de evitar desperdícios de tempo anormal, custo com ferramentas e insertos. Para análise dos processos foi realizado um acompanhamento nas principais máquinas, e suas respectivas peças, que levam um tempo maior para serem produzidas.

Após analisar os processos, foi constatado que a peça Bracket D61 fabricada na máquina HMC-06, estava com o tempo real do processo maior que o tempo padrão, e com um alto consumo de ferramentas e insertos, gerando um custo alto para o processo e diversos atrasos. Para solução foram realizadas diversas atividades visando manter o processo dentro do tempo padrão e conseqüentemente reduzir o custo com ferramentas e insertos para usinagem do Bracket D61. Os resultados mostraram que as melhorias propostas como, novos parâmetros de usinagem, fixação de ferramenta, classe de insertos, ângulo de corte, estratégia de usinagem reduziram o tempo e o custo do processo em geral.

Palavras chaves: Usinagem, processo (s), máquina (s), fresamento, custo, análise, ferramentas, bracket (peça de aço fundido, componente do chassi da máquina D61)

Significado de Usinagem

<http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/PMR2202-AULA%20RS1.pdf>

ABSTRACT

This work sought to verify and analyze the most diversified machining processes (milling, turning, drilling, grinding, handling) of the company where I work, to propose a broad improvement, to avoid abnormal waste of time, cost with tools and inserts. For the analysis of the processes, a follow-up was carried out in the main machines, and their respective parts, which take a longer time to be produced.

After analyzing the processes, it was found that the Bracket D61 part manufactured on the HMC-06 machine, was with the actual process time greater than the standard time, and with a high consumption of tools and inserts, generating a high cost for the process and several delays. For the solution, several activities were carried out to keep the process within the standard time and consequently reduce the cost of tools and inserts for machining bracket D61.

The results showed that the proposed improvements such as new machining parameters, tool fixation, insert class, cutting angle, machining strategy reduced the time and cost of the process in general.

Keywords: Machining, process(s), machine(s), milling, cost, analysis, tools, bracket.

Meaning of Machining

<http://sites.poli.usp.br/d/pmr2202/arquivos/aulas/PMR2202-AULA%20RS1.pdf>

LISTA DE FIGURAS

FIGURA 1 – PROCESSO DE USINAGEM CNC.....	14
FIGURA 2 – EFEITOS DO PROCESSO DE TORNEAMENTO NA USINAGEM .	19
FIGURA 3 - EFEITOS DA DUREZA.....	20
FIGURA 4 – EFEITOS DA ADESIVIDADE.....	20
FIGURA 5 – EFEITOS NA RESISTÊNCIA DOS MATERIAIS.....	21
FIGURA 6 – EFEITOS DA MALEABILIDADE	22
FIGURA 7 – EFEITOS DA CONDUTIVIDADE TÉRMICA.....	23
FIGURA 8 – EFEITOS DO ENCRUAMENTO	24
FIGURA 9 – PARTÍCULAS DURAS.....	25
FIGURA 10 – CLASSIFICAÇÃO DO AÇO	26
FIGURA 11 – CONSUMO DE VARIÁVEL.....	30
FIGURA 12 – ANÁLISE DE CONSUMO POR PEÇA.....	31
FIGURA 13 – COMPARATIVO DE TEMPO PADRÃO X REAL.....	31
FIGURA 14 – ESTRATIFICAÇÃO DO PROCESSO POR FERRAMENTA	32
FIGURA 15 – PARTES USINADAS DURANTE O PROCESSO	32
FIGURA 16 – CUSTO DO PROCESSO POR FERRAMENTA/INSERTO	33
FIGURA 17 – CERTIFICADO ISO 9001	38
FIGURA 18 – CERTIFICADO ISO 14001	39
FIGURA 19 – CERTIFICADO NBR 6175	40
FIGURA 20 – LASCAMENTO DOS INSERTOS	41
FIGURA 21 – GEOMETRIA DOS INSERTOS E RESISTÊNCIAS.....	41
FIGURA 22 – FERRAMENTAS ATUAL X PROPOSTO.....	42
FIGURA 23 – APLICAÇÃO DAS NOVAS FERRAMENTAS	43

FIGURA 24 – ANTES X DEPOIS (PARÂMETROS DE CORTE)	44
FIGURA 25 – USINAGEM DA PEÇA	45
FIGURA 26 – COMPARATIVO E GRÁFICOS	46
FIGURA 27 – COMPARATIVO DE TEMPO PADRÃO X TEMPO REAL	47

LISTA DE TABELAS

TABELA 1 – CRITÉRIO DE USINABILIDADE	18
TABELA 2 – CARACTERÍSTICAS E COMPOSIÇÃO QUÍMICA DO SAE8620 ...	26

LISTA DE ABREVIATURAS E SIGLAS

ABNT – Associação Brasileira de Normas Técnicas

AFNOR – Association Française de Normalisation

AISI – American Iron and Steel Institute

SAE – Society of Automotive Engineers

DIN – Deutsches Institut für Normung

5W2H - O que, quando, quem, onde, porque, como, quanto custa.

FATEC – Faculdade de Tecnologia

PDCA - Metodologia de melhoria (Plan, Do, Check and Act)

Si – Silício

Cr – Cromo

Ni – Níquel

C – Carbono

MPa – Mega Pascal

HB – Brinell (Hardness Brinell - Dureza Brinell)

APQP - Advanced Product Quality Planning (Planejamento Avançado da Qualidade do Produto).

HNPJ - Descrição Técnica do inserto (H= Formato; N= Ângulo de Folga; P= Classe; J= Fixação)

LNGU - Descrição Técnica do inserto (H= Formato; N= Ângulo de Folga; P= Classe; J= Fixação)

HMC – Horizontal Machine Center

CNC – Comando Numérico Computadorizado

VC – Velocidade de Corte

AP – Profundidade de Corte

VF – AVANÇO DA MESA

SUMÁRIO

1	INTRODUÇÃO	13
1.1	Justificativa	15
1.2	Objetivo	16
1.2.1	Objetivos Específicos	16
2	REVISÃO BIBLIOGRÁFICA	17
2.1	Usinagem	17
2.1.1	Usinabilidade	18
2.1.2	Efeitos que Afetam a Usinabilidade	19
2.1.3	Dureza	19
2.1.4	Adesividade	20
2.1.5	Resistência do Material	21
2.1.6	Maleabilidade	21
2.1.7	Condutividade Térmica	22
2.1.8	Encruamento	23
2.1.9	Partículas Duras	24
2.2	Aço	25
3	MATERIAIS E MÉTODOS	28
3.1	Introdução	28
3.2	Planejamento	28
3.2.1	Baan	29
3.2.2	Análise e Estudo do Consumo	30
3.2.3	Definição 5W2H	34
3.2.4	Análise de Viabilidade	35
3.2.5	Análise de Dados	36
3.2.6	Análise de Riscos	37
3.3	Desenvolvimento	38
3.3.1	Normas Técnicas	38
3.3.2	ISO 9001	38
3.3.3	NBR 14001 – Gestão Ambiental	39
3.3.4	NBR 6175 – Processos Mecânicos de Usinagem	40
3.3.4	Definição do Novo Processo	41
3.3.5	Ferramentas	41
3.3.6	Insertos	41
3.3.7	Ferramentas Atual x Proposto	42
3.3.8	Dados de Corte	44
3.3.9	Modificação da Usinagem e Programa CNC	45
3.4	Apresentação dos Resultados	46
3.4.1	Redução no Custo do Processo	46
3.4.2	Tempo do Processo	47
47		
3.4.3	Ferramentas	47
3.5	Conclusões e Recomendações Para Trabalhos Futuros	48
3.5.1	Conclusão	48
3.5.2	Recomendação Para Trabalhos Futuros	48
4	REFERÊNCIAS	49
	ANEXO A – COMPARATIVO DE CUSTO	50

1 INTRODUÇÃO

O ramo industrial possui os mais diversos processos e técnicas onde asseguram que os produtos fabricados sejam eficientes e de boa qualidade. Atualmente existem diversos processos industriais que são totalmente automatizados que funcionam com programação via softwares, sofrendo o mínimo de interferência possível do homem, em contrapartida ainda existem processos que são automatizados, mas que necessita da presença humana para sua execução, como a usinagem CNC, que em sua execução precisa da intervenção humana para seu completo funcionamento.

A usinagem é um dos processos mais importantes dentro da indústria atualmente. Pois a sua aplicação está presente nos mais diversos ramos das indústrias, principalmente, nas automobilísticas e de aviação.

Alguns setores que usam o processo de usinagem são as indústrias:

- Petroquímicas;
- Automotivas;
- Aeroespaciais;
- Eletrônicas e de eletrodomésticos.

A usinagem foi desenvolvida pelos seres humanos em tempos difíceis, com o avanço do tempo esse processo vem se tornando cada vez mais tecnológico e eficiente, ajudando os mais variados seguimentos da indústria a desenvolver produtos de altíssima qualidade e precisão.

No geral a usinagem consiste no desgaste mecânico de uma ferramenta (fresa, suporte, broca, macho etc.) sobre determinada peça, seja ela de aço fundido, ferro fundido, ou até mesmo plásticos e madeiras.

Existem diversos processos de usinagem como:

- Torneamento;
- Fresamento;
- Brochamento;
- Aplainamento.

- Furação
- Retificação

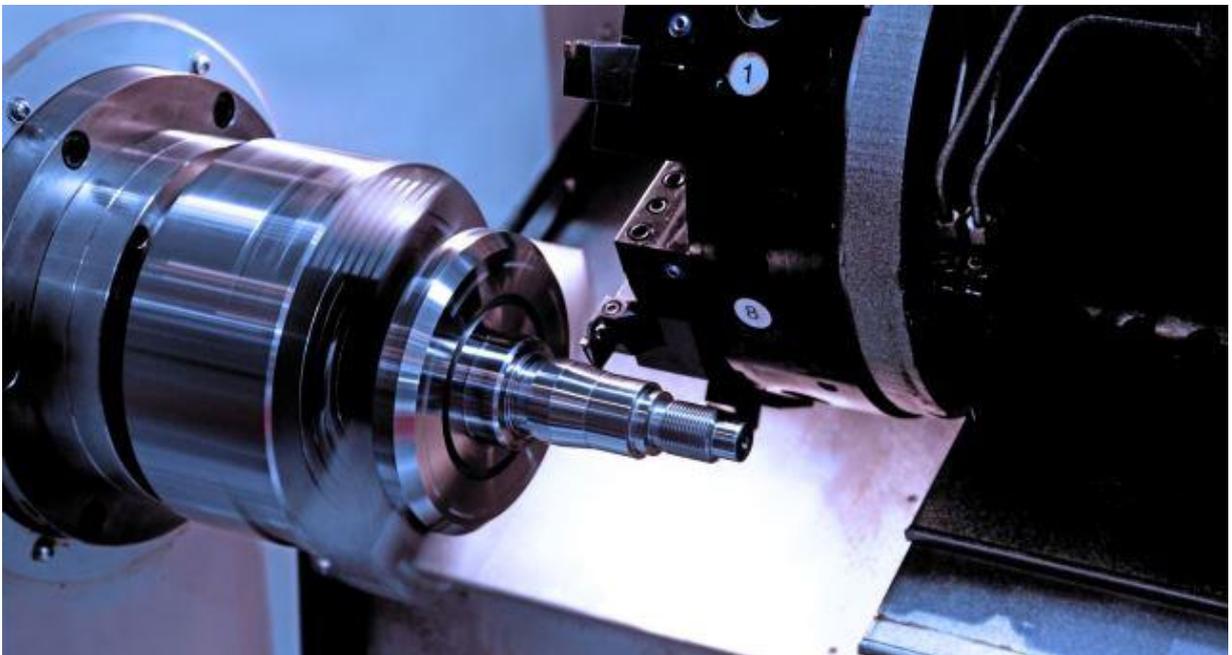
Existem também outros meios de usinagem, que são conhecidos como não convencionais, e que são usados em situações específicas.

Esses meios não convencionais estão presentes em fábrica de carros, motos, escavadeiras como a usinagem:

- A laser;
- A jato de água sob pressão;
- *Roller burnishing*;
- Por ultrassom.

A figura 1 mostra como é um processo de usinagem em torno CNC.

Figura 1 – Processo de usinagem CNC



Fonte: Adaptado de Aço especial (2014)

O processo (fresamento/furação) de usinagem abordado neste trabalho abrange diversas propriedades, como a usinabilidade, resistência mecânica, corrosão etc. A usinabilidade do material foi uma das propriedades mais difíceis de se determinar, pois depende de diversos fatores do processo anterior fundição e do processo de usinagem. No processo de usinagem os fatores primordiais são as velocidades de corte (VC), avanço (VF), profundidade de corte (AP) e os mais variados tipos de ferramentas adequadas para cada operação.

Outra dificuldade encontrada para melhoria do processo foi o batimento do eixo-árvore, que estava causando muita vibração durante a usinagem, diminuindo a vida útil dos insertos, ponta de broca, e causando a perda de algumas ferramentas.

1.1 Justificativa

A melhoria do processo de usinagem se torna uma vantagem quando olhamos os fatores tempo e custo. No fator tempo, o setor ganhará em produtividade, fazendo com que a fabricação das peças fique dentro do tempo estabelecido pelo sistema, com isso aumentando a produtividade atual e conseqüentemente atender aos prazos de entrega das peças, não gerando atrasos e perda de máquinas na linha de montagem.

No fator custo, as novas tecnologias de usinagem aplicadas irão gerar uma redução no valor do processo, gerando uma redução significativa na produção da peça.

Além disso, o desenvolvimento deste trabalho acadêmico apresenta multidisciplinaridade de conhecimentos, tais como: ciência de materiais, processos de usinagem, processos metalúrgicos de fabricação mecânica, que são essenciais na formação em Tecnologia em Fabricação Mecânica e por isso corresponde aos objetivos propostos de um trabalho de conclusão de curso.

1.2 Objetivo

Esse trabalho tem por objetivo a melhoria de um processo de usinagem, buscando otimizar o tempo em que a peça é feita, e reduzir custos do processo com ferramentas e consumíveis.

1.2.1 Objetivos Específicos

- Analisar os efeitos do processo de usinagem.
- Otimizar o tempo do processo.
- Reduzir o custo do processo aplicando novas tecnologias de usinagem.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Esse capítulo do trabalho de conclusão de curso, tem o objetivo de mostrar tópicos relacionados diretamente ou indiretamente com o trabalho, com isso, facilitar e detalhar melhor o assunto que está diretamente relacionado a usinagem de aços, utilizando pastilhas de metal duro revestidas.

2.1 Usinagem

Usinagem é um processo de fabricação de materiais, muito comum e que usa uma série de ferramentas. Os mais usados para usinagem são os processos de torneamento, fresamento e furação.

Segundo o CIMM (2015), a usinagem é o processo de fabricação que promove através do esforço por cisalhamento a remoção de material da peça. Esse material retirado do processo é chamado de cavaco. A usinagem atende aos seguintes objetivos:

- Acabamento superficial de peças fundidas ou conformadas mecanicamente em outros processos;
- Obtenção de diversas peculiaridades como: saliências, reentrâncias, furos passantes, furos rosqueados, chavetas, cavidades etc.);
- Fabricação seriada de peças a um custo mais baixo e rápido;
- Fabricação de peças, de qualquer forma seja 3D ou 2D, a partir de um determinado material, sendo os mais comuns o férreo fundido e o aço.

As operações do processo de usinagem, são classificadas com as seguintes denominações: torneamento, fresamento, aplainamento, furação, mandrilhamento, cerramento, brochamento, rosqueamento, retificação entre outros.

Na usinagem algumas condições precisam ser analisadas com cuidado, para que o processo venha a ocorrer sem problemas. Essas condições estão relacionadas à geração de cavacos, esforços de corte e rugosidade.

2.1.1 Usinabilidade

Existem distintas definições para o termo “USINABILIDADE” onde se encontram diversos fatores e efeitos. Expressada por um valor numérico, a usinabilidade é uma grandeza, onde o valor indicado mostra a capacidade que um determinado material tem de ser usinado com diversos parâmetros de corte, sendo assim um material mais fácil ou mais difícil de se usinar.

Segundo Arfeld e Hanum (1977), pode-se definir a usinabilidade de um material através de um comparativo das propriedades de um determinado material durante a usinagem, tendo como referência outro material. Essas propriedades podem ser, a vida da ferramenta, temperatura de corte, formação de cavacos, resistência ao corte, acabamento superficial e tempo de corte.

No Quadro 1 abaixo podemos observar os mais variados efeitos da usinabilidade e suas propriedades.

Tabela 1 – Critério de usinabilidade

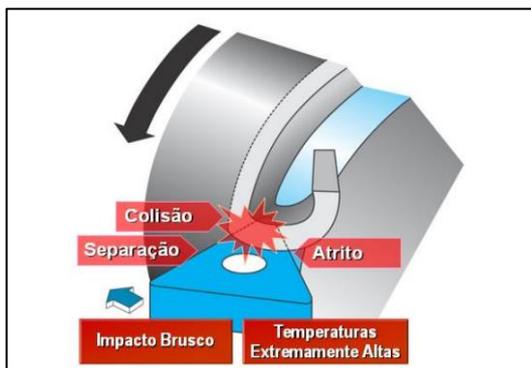
	Boa Usinabilidade	Péssima Usinabilidade
Vida de Ferramenta	Longa, Estável	Curta, Instável
Temperatura de Corte	Não é tão alta	Alta
Cavaco	Facilmente Controlado	Contínuo, Vibrações Sucessivas
Resistência ao Corte	Baixa	Alta
Acabamento Superficial	Bom	Desenvolve Rebarbas Facilmente
Tempo de Corte	Curto	Longo

Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

Usinabilidade depende muito do material a ser usinado e de suas propriedades. Sendo assim, a partir da análise das propriedades mecânicas, pode-se definir como será a usinabilidade do material. Com isso, conclui-se que a usinabilidade está diretamente ligada a propriedade mecânica dos materiais. Logo, seria a capacidade que os materiais têm para se deixarem ser usinar por ferramentas de corte (STOETERAU, 2004).

Na figura abaixo podemos ver os efeitos do processo de torneamento.

Figura 2 – Efeitos do processo de torneamento durante a usinagem



Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2007)

Portanto, o material da peça e a ferramenta usada na usinagem afetam diretamente no processo, resultando em uma variedade de efeitos.

2.1.2 Efeitos que Afetam a Usinabilidade

Segundo a Ferraresi et al (1977), existem efeitos que afetam muito a usinabilidade dos materiais, como os mostrados abaixo:

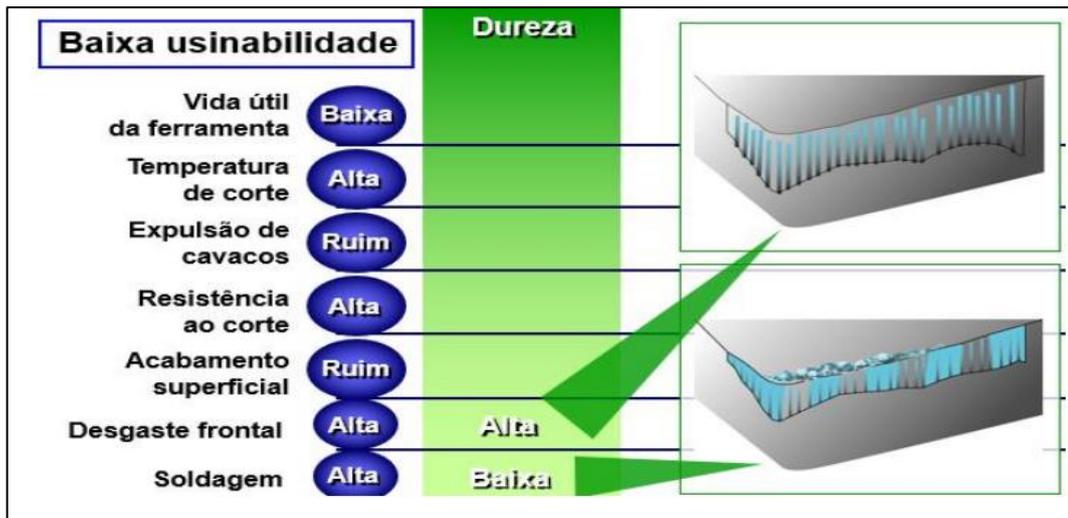
2.1.3 Dureza

À medida que a dureza da peça aumenta, o desgaste de flanco também aumenta. Quando a aresta de corte está em contato com a peça usinada, ocorre o impacto e a resistência ao corte aumenta. Se a peça usinada for de alta dureza, podem ocorrer problemas como aresta postiça e controle de cavacos quando uma aresta postiça está presente, o acabamento da superfície pode ser comprometido.

Outro problema que pode surgir é quando a peça soldada sai da aresta de corte, o que pode fazer com que o revestimento se solte e, eventualmente, quebre e lasque.

Quando a peça usinada é resistente, os cavacos resultantes são difíceis de cortar. Isso resultará em cavacos alongados. Quando isso acontece, os cavacos podem envolver a ferramenta ou a peça usinada. Neste caso, o acabamento da superfície após o processo pode não ser o desejado. Na figura abaixo podemos observar os efeitos da baixa usinabilidade.

Figura 3 – Efeitos da dureza



Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

2.1.4 Adesividade

A adesão refere-se à viscosidade do material, ou seja, à facilidade com que os cavacos são removidos da peça. Ao usinar materiais pegajosos, os cavacos são difíceis de cortar/ quebrar, então altas forças de corte são geradas na aresta de corte. Isso fará com que a temperatura na aresta de corte aumente. A figura abaixo mostra os efeitos causados pela adesividade.

Figura 4 – Efeitos da adesividade



Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

2.1.5 Resistência do Material

Ao se referir à resistência, refere-se à facilidade de deformar ou alterar a forma de um material. Ao usinar materiais de alta resistência e difícil deformação, grandes forças na aresta de corte ou plano de cisalhamento são necessárias para gerar cavacos. À medida que a força na aresta de corte aumenta, a temperatura aumenta, o que leva a deformação plástica e ao desgaste oxidativo da aresta de corte, como podemos ver na figura abaixo.

Figura 5 – Efeitos na resistência dos materiais

Baixa usinabilidade		Dureza	Tenacidade	Resistência
Vida útil da ferramenta	Baixa			Alta
Temperatura de corte	Alta			
Expulsão de cavacos	Ruim		Alta	
Resistência ao corte	Alta		Alta	Alta
Acabamento superficial	Ruim			
Desgaste frontal	Alta	Alta		
Soldagem	Alta	Baixa		

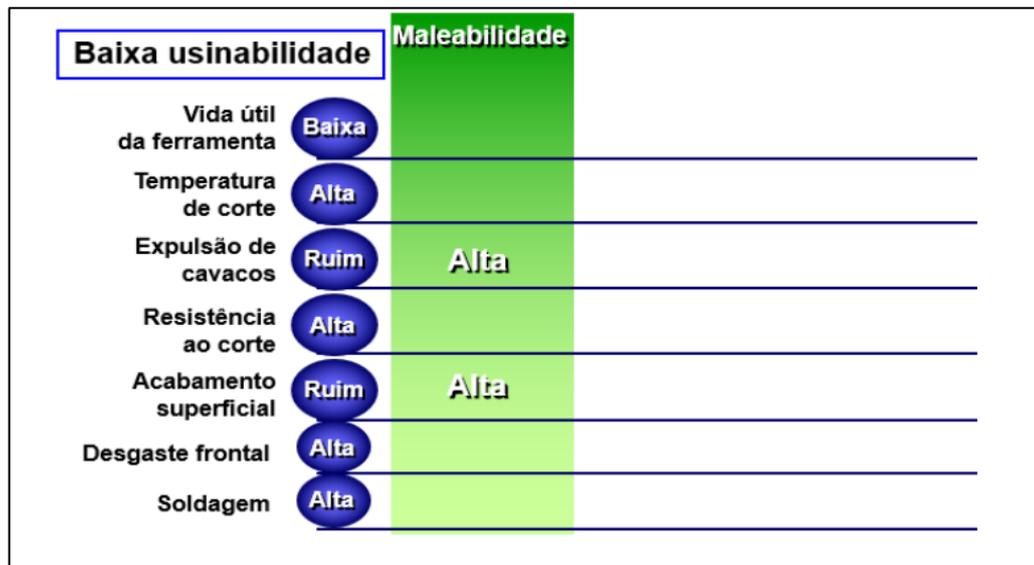
Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

2.1.6 Maleabilidade

Refere-se a como é fácil para deformar ou enrolar um material da peça em particular. Os materiais que têm elevada maleabilidade são geralmente materiais que são tenazes. Portanto, quando a peça usinada é tenaz, os cavacos gerados são difíceis de romper/quebrar. Isso resultará no alongamento dos cavacos. Quando isso acontece, os cavacos podem emaranhar-se em torno da ferramenta e/ou da peça usinada. Com isso, o acabamento da superfície usinada será arranhado e o acabamento da superfície irá deteriorar-se. Outro ponto a ser lembrado é que os materiais maleáveis também são propensos a problemas de soldagem ou tecnicamente dizendo aresta postiça de corte, este também pode conduzir à

deterioração do revestimento de superfície. Abaixo podemos observar melhor os efeitos que a maleabilidade pode causar.

Figura 6 – Efeitos da maleabilidade



Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

2.1.7 Condutividade Térmica

A condutividade térmica se refere ao quão fácil é dobrar ou cravar o material de uma determinada peça, na figura 7 podemos ver os efeitos causados. Materiais com alta ductibilidade são geralmente materiais resistentes. Portanto, quando a peça usinada é dura, os cavacos resultantes são difíceis de romper/quebrar. Isso fará com que o cavaco se estique. Quando isso acontece, os cavacos podem envolver a ferramenta e/ou peça usinada. Como resultado, o acabamento da superfície após o processo estará arranhado e o acabamento da superfície se deteriorará. Outro ponto a ser lembrado é que os materiais maleáveis também são propensos a problemas de soldagem ou o que é tecnicamente conhecido como aresta postiça, o que também pode levar à deterioração do revestimento da superfície.

Figura 7 – Efeitos da condutividade térmica

	Maleabilidade	Condutividade térmica
Baixa usinabilidade		
Vida útil da ferramenta	Baixa	Baixa
Temperatura de corte	Alta	Baixa
Expulsão de cavacos	Alta	
Resistência ao corte	Alta	
Acabamento superficial	Alta	
Desgaste frontal	Alta	
Soldagem	Alta	

Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

2.1.8 Encruamento

Segundo Mitsubishi (2006), há um bom exemplo do que é encruamento: uma régua de plástico incolor, após dobrar algumas vezes, os pontos de curva ficarão brancos e duros, e se continuar, com certeza quebrará. Este é um exemplo de encruamento.

Ao usar peças que tendem a endurecer durante a usinagem, a peça em torno do ponto de usinagem torna-se mais difícil de usar. Além disso, se a taxa de avanço for muito baixa, uma camada endurecida é criada, o que novamente causa atrito e eventualmente desgasta a aresta de corte. Desgaste entalhando na aresta de corte pode ser encontrado mesmo em grandes profundidades de corte, o que também pode levar a redução da vida útil da ferramenta.

Na figura abaixo mostra os efeitos causados pelo encruamento durante o processo de usinagem.

Figura 8 – Efeitos do encruamento

Baixa usinabilidade		Maleabilidade	Condutividade térmica	Encruamento
Vida útil da ferramenta	Baixa		Baixa	Alto
Temperatura de corte	Alta		Baixa	
Expulsão de cavacos	Ruim	Alta		
Resistência ao corte	Alta			
Acabamento superficial	Ruim	Alta		
Desgaste frontal	Alta			
Soldagem	Alta			

Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

2.1.9 Partículas Duras

Partículas sólidas podem estar presentes na composição do material da peça, como partículas de silício (silício) em alumínio. Se houver partículas sólidas no material, elas podem arranhar a superfície da lâmina durante o processamento. O tipo de estilo de vestir é semelhante a um pente. Além disso, o aumento do desgaste das asas também pode ser observado devido à presença de partículas sólidas na montagem das peças formadas.

A partir daqui os atributos mencionados na tabela devem ser analisados durante a usinagem, como vida útil da ferramenta, temperatura de corte, cavaco, resistência, acabamento superficial e tempo de corte.

Na figura abaixo mostra os efeitos causados pelo partículas durante o processo de usinagem.

Figura 9 – Partículas duras

Baixa usinabilidade		Partículas duras
Vida útil da ferramenta	Baixa	% elevado
Temperatura de corte	Alta	
Expulsão de cavacos	Ruim	
Resistência ao corte	Alta	
Acabamento superficial	Ruim	
Desgaste frontal	Alta	
Soldagem	Alta	

Fonte: Adaptado de (Mitsubishi, 2006)

2.2 Aço

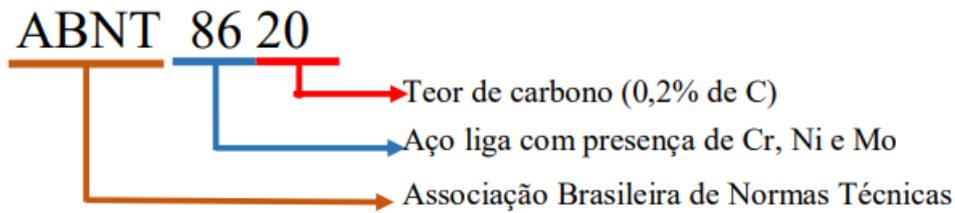
O aço geralmente é uma mistura de ferro e carbono, ou seja, uma liga. Algumas dessas ligas utilizam elementos como silício, fósforo e outros, dependendo do destino do aço a ser construído. Em geral, o aço é uma liga de ferro e carbono, na qual a composição de carbono varia em 0,05% (UNTERWEISER, 1982).

A liga contendo mais de 2% de carbono é chamada de ferro fundido. Para ser chamado de aço, sua composição química deve conter menos de 2 carbonos.

Existem várias maneiras de classificar os aços por grupo, estrutura ou aplicação.

Para padronização de materiais, existem diversas normas técnicas para determinar a classificação, a saber: ABNT, ISO, ASM, ASTM, SAE, DIN, AISI, BS e AFNOR. Segundo Ogata (2003), a norma mais utilizada no país é o sistema padronizado pela SAE e AISI, e a ABNT é baseada no Sistema de Classificação Técnica. No sistema SAE/AISI, quatro números são atribuídos aos aços, os dois primeiros números geralmente representam o teor aproximado de elementos de liga e os dois últimos números representam o teor de carbono. Portanto, para determinar o teor de carbono, divida os dois últimos números por 100, para que o teor de carbono seja conhecido. Abaixo na figura podemos ver a classificação do aço.

Figura 10 – Classificação do Aço



Fonte: Produção do Próprio Autor

ABNT 8620 é uma liga utilizada em processos de cementação e cementação. Por outro lado, a presença de níquel na liga melhora algumas propriedades do material, como dureza e ductilidade, enquanto a combinação de cromo e molibdênio ajuda a melhorar a resistência ao desgaste, e nas ligas de aço carbono ABNT 86 20 (0,2 %C) com a presença de Cr, Ni e Mo a camada aumenta esclerótica; bem equilibrada, esta liga tende a atingir alta dureza e excelente resistência ao desgaste na camada de carbono com uma resistência do núcleo de aprox. 860 MPa após tratamento térmico. Essa configuração também possui excelente processabilidade (UNTERWEISER, 1982 e OGATA, 2003).

A liga ABNT 8620 possui diversas aplicações na indústria automotiva com componentes e peças de máquinas, como na fabricação de engrenagens, eixos, buchas e peças que necessitam de endurecimento superficial por cementação ou nitretação de carbono.

De acordo com Unterweiser (1982), sua composição química média e propriedades são apresentadas a seguir.

Tabela 2 – Quadro de características e composição química do SAE 8620

SAE	Características						Composição Química %							
	Usinabilidade	Resistência Mecânica	Soldabilidade	Forjabilidade	Temperabilidade	Tenacidade	C	Si	Mn	P máx	S máx.	Ni	Cr	Mo
8620	BOM	MÉDIA	BOM	ÓTIMA	MÉDIA	BOM	0,18 0,23	0,15 0,35	0,70 0,90	0,04	0,04	0,40 0,70	0,40 0,60	0,15 0,25

Fonte: Adaptado de (Gerdau,2009)

Listado abaixo as propriedades médias do aço SAE8620 em seu estado recozido (UNTERWEISER, 1982).

Dureza Brinell – 149HB

Resistência a Tração – 540 MPa

Limite de Escoamento – 385 MPa

Alongamento Total – 30%

Condições de Fornecimento – Fornecimento com dureza máxima de 260HB.

Aplicações – É utilizado em componentes mecânicos de uso como; pinos guia, anéis de engrenagem, colunas, cruzetas, catracas, capas, eixos, coroas, virabrequins, eixos comando, pinos, guia, pinhões, engrenagens em geral.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O trabalho em questão tem caráter descritivo e qualitativo da metodologia abordada. Foi desenvolvido junto a FATEC Itaquera – Professor Miguel Reale.

3.1 Introdução

Esse trabalho foi desenvolvido em duas etapas. Na primeira etapa foi analisado e estudado através de ferramentas os mais diversos fatores como consumo, desgaste, quebra e valores de insertos, brocas de metal duro e intercambiáveis, pontas de brocas, machos de rosqueamento, fresas e suportes de usinagem. Visando saber qual era a máquina e peça que mais consumia material variável, para estudar e propor novas tecnologias e ferramentas de usinagem.

Na segunda etapa concluímos que a máquina HMC-06 e a peça Bracket D61 era a que mais consumia material variável, com isso foram implantadas atividades de melhoria de usinagem, e a implementação de ferramentas com o custo-benefício melhor. Garantindo uma redução no tempo e custo no processo.

3.2 Planejamento

O projeto foi desenvolvido baseando-se na metodologia de gestão “APQP”, na seguinte sequência: planejamento e definição do programa, verificação do processo e produto, desenvolvimento do processo, validação e processo e produto, avaliação e ação corretiva.

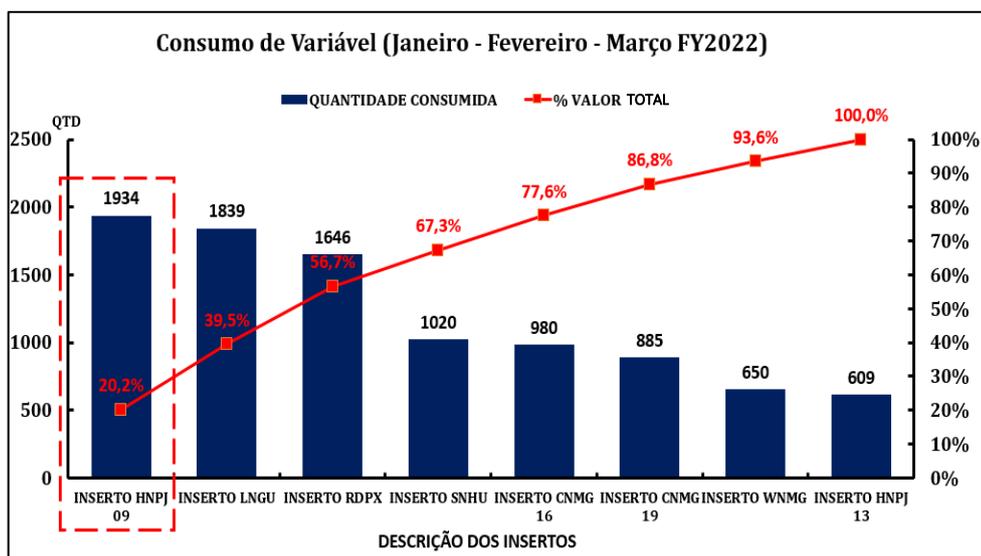
3.2.1 Baan

Baan é o sistema interno usado para o controle dos processos industriais, fiscais, e financeiros da fábrica. Todas as informações coletadas e apresentadas nos gráficos desse trabalho, foram feitas com base nas informações obtidas através desse software.

3.2.2 Análise e Estudo do Consumo

Para início do trabalho foi feita uma análise de dados. Para isso foi retirado do sistema o consumo dos insertos e todos os outros materiais usados no setor de usinagem, e foi constatado através do gráfico da figura onze que os dez itens mais relevantes são insertos usados durante o processo. Sendo assim chegamos à conclusão de que o inserto HNPJ e o LNGU são os que mais geram consumo para o setor.

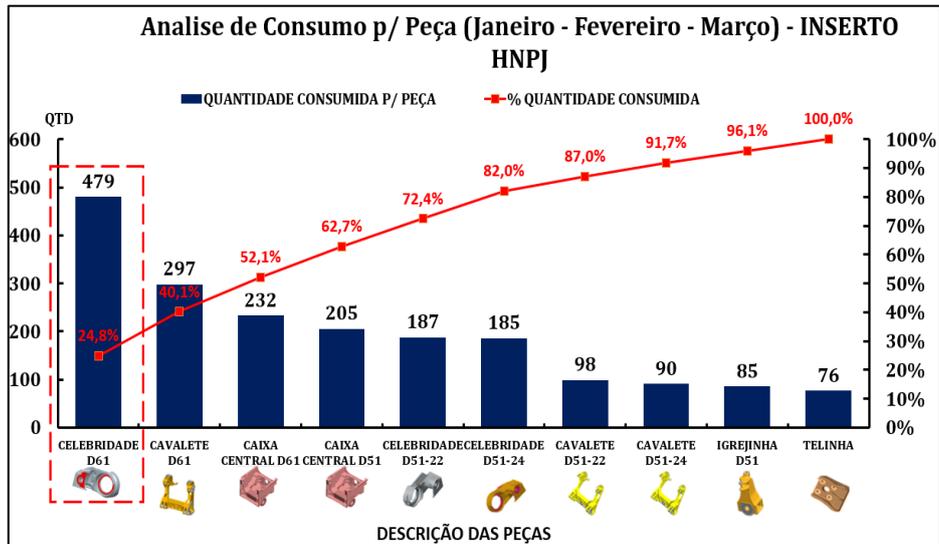
Figura 11 – Consumo de Variável



Fonte: Produção do Próprio Autor

Após a análise dos itens, foi realizada uma nova análise no sistema para identificar quais os itens que mais usam ferramentas de cortes relacionadas aos insertos HNPJ e LNGU, como resultado podemos verificar que a peça CELEBRIDADE (Bracket D61), é a peça que mais consumiu insertos nos três meses analisados. No gráfico da figura doze podemos ver de uma forma melhor as informações obtidas.

Figura 12 – Análise de consumo por peça



Fonte: Produção do Próprio Autor

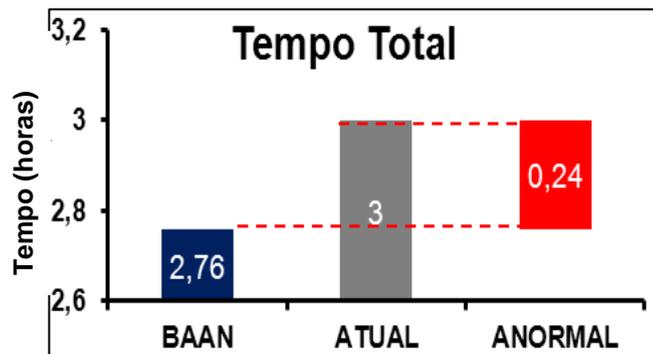
Estudo e Estratificação do Processo da Celebridade - Bracket

D61

CELEBRIDADE D61 (BRACKET) / HMC-06 (13Y-30-12234/44)

As informações de tempo padrão (sistema) foram retiradas do baan. E o tempo real da peça foi coletado durante a usinagem da peça.

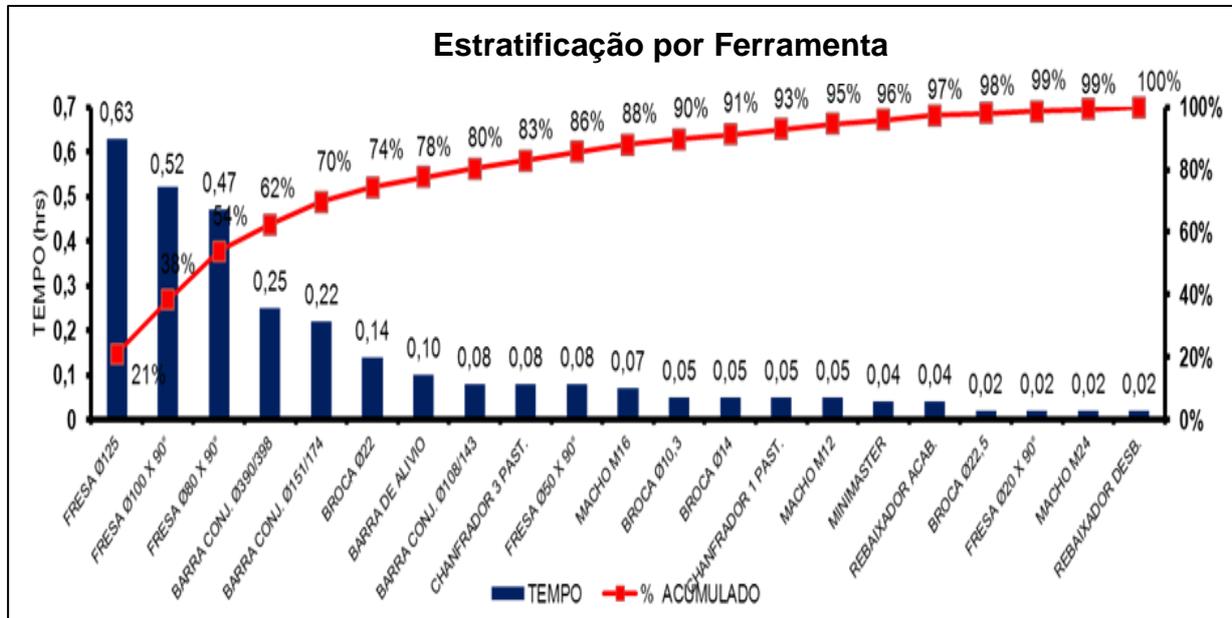
Figura 13 – Comparativo de Tempo Padrão x Tempo Real



Fonte: Produção do Próprio Autor

Foi feita também a estratificação de tempo que cada ferramenta leva para usinar a peça, na figura abaixo podemos ver a estratificação realizada

Figura 14 – Estratificação do Processo por Ferramenta



Fonte: Produção do Próprio Autor

Após a estratificação das ferramentas realizei a análise das partes onde as principais ferramentas realizavam a usinagem.

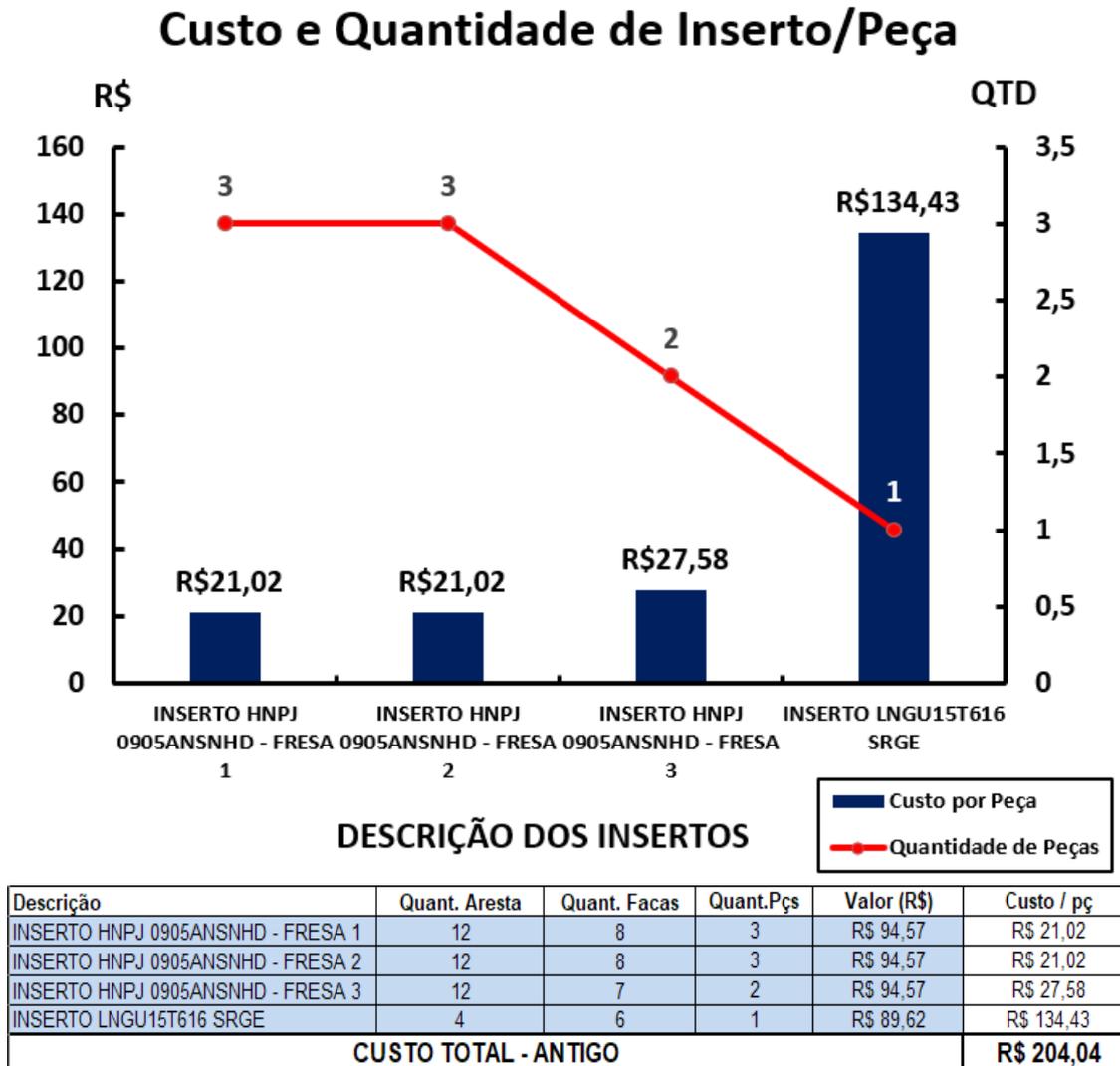
Figura 15 – Partes Usinadas Durante o Processo



Fonte: Produção do Próprio Autor

Feito a estratificação, foi feito um gráfico (figura16) para entender o custo do processo referente as ferramentas analisadas.

Figura 16 – Custo do Processo por inserto



Fonte: Produção do Próprio Autor

3.2.3 Definição 5W2H

O conceito de **5W e 2H** pode ser definido como sendo uma ferramenta da qualidade, utilizada para elaboração de plano de ação, que identifica as ações e as responsabilidades de quem irá executar, através de um questionamento, capaz de orientar as diversas ações que deverão ser implementadas

- What = O que será feito:

Será uma melhoria no processo de usinagem do Bracket D61, visando reduzir as principais ferramentas utilizadas, otimização de tempo e custo do processo.

- When = Quando será feito:

Será realizado através de um cronograma, entre fevereiro/2022 e novembro/2022.

- Who = Quem fará:

Será realizado individualmente por mim "Carlos Henrique".

- Where = Onde será feito:

O processo será feito no setor da produção de usinagem da empresa KOMATSU.

- Why = Porque será feito:

Para reduzir custos de usinagem e o tempo da peça Bracket D61.

- How = Como será feito:

Será feito através de análises e estudos.

- How much = Quanto custa:

Sem custo.

3.2.4 Análise de Viabilidade

Consiste num estudo técnico de cariz financeiro que procura determinar as possibilidades de sucesso económico e financeiro de um determinado Projeto ou Atividade.

Qual duração do projeto/atividade:

11 Meses.

Qual previsão de custo do projeto/atividade:

O projeto não terá custos.

Qual padrão de qualidade esperado:

Garantir que a peça seja usinada com qualidade e com redução de tempo.

O que será parte do projeto/atividade:

Parte do projeto será reduzir custos, tempo de processo e melhorar a usinagem do bracket D61.

Onde será feito o projeto/atividade:

Será produzido no setor de usinagem da empresa KDB.

Quais são os benefícios do projeto/atividade:

Redução de tempo, custos e garantir que processo de usinagem esteja nas melhores condições de trabalho.

3.2.5 Análise de Dados

Análises de dados é a atividade de transformar um conjunto de dados com o objetivo de poder verificá-los melhor dando-lhes ao mesmo tempo uma razão de ser e uma análise racional.

Material usado:

No desenvolvimento do processo o tipo de material a ser usinado será o aço SCiMn1H.

Público-alvo:

Operadores do setor de usinagem.

Modos Operantes:

Modos normais de operação de máquina CNC.

Condições de uso:

O novo processo desenvolvido será usado por colaboradores qualificados em operação de máquinas, terá que ser usado EPI'S (óculos e bota bico de ferro).

Ambiente:

O processo será usado no setor de produção especificamente na usinagem, onde a temperatura ambiente pode variar de 0 °C a 40 °C, local seco sem humidade, sobre poeiras e cavaco, mas não pode chegar ao ponto de travar o mecanismo, local fechado com normas e padrões de segurança.

Funcionalidade:

O processo tem funcionalidade de programação CNC.

3.2.6 Análise de Riscos

É o uso sistemático de informação disponível para determinar quão frequentemente eventos especificados podem ocorrer e a magnitude de suas consequências. A Análise de Risco pode ser realizada qualitativa ou quantitativamente.

1° Atrasos nas atividades definidas no cronograma.

Contramedidas:

-Reuniões quinzenal para o acompanhamento das atividades e na mesma definir soluções para evitar o risco elaborando a ATA de reunião.

- Se situação operacional, a solução será fazer horas extras aos sábados.

- Se a situação for referente a documentação a solução será fazer horas extras aos sábados. Mas lembrando sempre de cumprir as atividades já distribuídas.

2° Peças não conforme.

Contramedidas:

- Adiantar a usinagem de peças adicionais caso haja imprevistos.

- Fazer toda documentação necessária para justificativa de peças não conforme.

3.3 Desenvolvimento

Levantamento de atividades de participação ativa e comprometida, e execução quando se organizam as equipes e se distribuem responsabilidades, tarefas, para a execução propriamente dita do que foi planejado

3.3.1 Normas Técnicas

Uma norma técnica é um documento, normalmente produzido por um órgão oficial acreditado para tal, que estabelece regras, diretrizes, ou características acerca de um material, produto, processo ou serviço.

3.3.2 ISO 9001

Objetivo:

- ISO 9001 é uma norma de padronização para um certo serviço ou produto. Essa norma faz parte de um conjunto de normas designado como 9000, e pode ser implementada por organizações de qualquer tamanho, independente da sua área de atividade.

IMPACTO NA INSTITUIÇÃO:

A **ISO 9001** constitui-se em trazer confiança ao cliente de que os produtos e serviços da empresa serão criados de modo repetitivo e consistente, a fim de que adquira uma qualidade, de acordo com aquilo que foi definido pela empresa.

Figura 17 – Certificado ISO 9001.



Fonte: Google fotos ISO 9001

3.3.3 NBR 14001 – Gestão Ambiental

Objetivo:

Essa norma trás os requisitos a um sistema de gestão ambiental, onde permite a uma organização formular uma política e objetivos que levem em conta os requisitos legais e as informações referentes aos impactos ambientais. A norma se aplica aos aspectos ambientais que podem ser controlados pela organização e sobre os quais ela tenha influência. Em si, a norma não prescreve critérios específicos de desempenho ambiental.

IMPACTO NA INSTITUIÇÃO:

A implantação disso 14001 contribuiu com iniciativas que contemplam tanto a qualidade ambiental quanto a responsabilidade social corporativa, além da segurança e da saúde ocupacional.

Figura 18 – Certificado ISO 14001.



Fonte: Google fotos ISO 14001

3.3.4 NBR 6175 – Processos Mecânicos de Usinagem

Objetivo:

Esta terminologia tem por objetivo a nomenclatura, a definição e a classificação dos processos mecânicos de usinagem.

IMPACTO NA INSTITUIÇÃO:

Baseando-se na NBR 6175, conseguimos definir processo de usinagem, máquina e máquinas ferramentas.

Figura 19 – Certificado NBR



Fonte: Google fotos

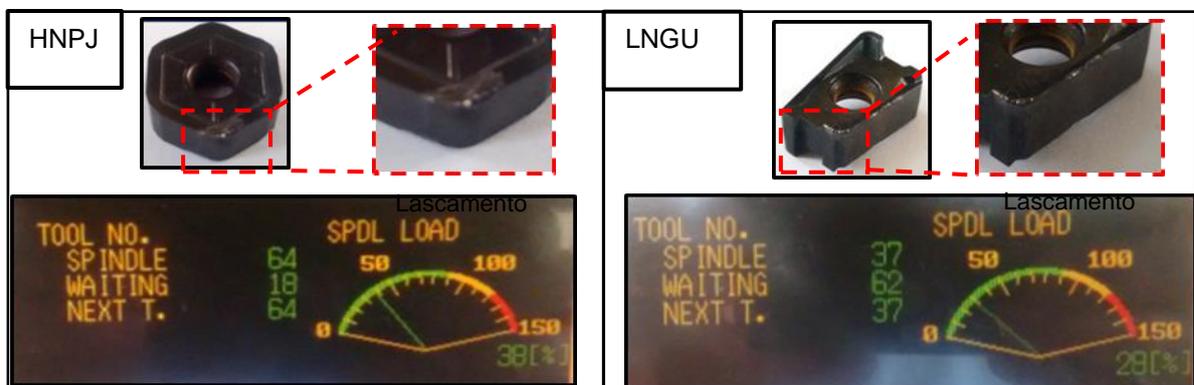
3.3.4 Definição do Novo Processo

O novo processo será desenvolvido buscando otimizar o tempo de usinagem, fazendo com que a peça seja produzida no tempo padrão determinado pelo sistema. Outro objetivo do novo processo será otimizar o número de ferramentas usadas nas partes analisadas da peça, e com isso reduzir o custo do processo com ferramentas.

3.3.5 Ferramentas

Durante as análises do processo foi verificado que devido ao comprimento longo das ferramentas a fim de evitar colisões com o dispositivo e peça, existia uma vibração anormal que conseqüentemente estava gerando lascamentos dos insertos, na figura 20 podemos observar melhor os efeitos da vibração.

Figura 20 – Lascamentos dos insertos



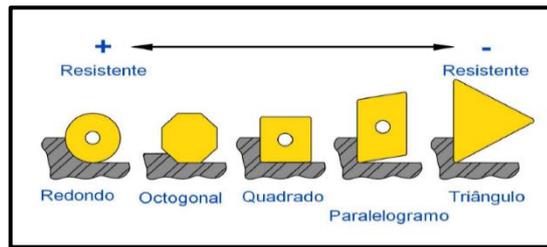
Fonte: Produção do Próprio Autor

3.3.6 Insertos

Com isso foi proposto usar insertos para desbaste mais resistentes e de classe adequada para o aço usinado, sendo assim iremos usar insertos redondos para o desbaste da peça.

Na figura é possível analisar e verificar qual o tipo de geometria mais resistente para os processos de desbaste.

Figura 21 – Geometrias de Insertos e Resistências



Fonte: Produção do Próprio Autor

O novo modelo de inserto usado para o fresamento de 90° será o XNEX080608 TR da Seco Tools, ele possui 2 arestas de cortes a mais do que o antigo podendo proporcionar um maior número de peças feitas. Além de sua geometria contribuir para o fresamento 90° gerando um menor esforço de corte.

Já o novo modelo para o desbaste será o RPKT1605MOT também da Seco Tools, comparado ao anterior ele terá 4 arestas a menos, porém ele é o mais adequado para a operação de desbaste visto que a sua resistência quando em contato direto com a peça é superior ao inserto HNPJ.

3.3.7 Ferramentas Atual x Proposto

Abaixo temos a figura com as ferramentas atuais e propostas do processo. Nesta parte a ideia é diminuir uma ferramenta de desbaste visto que somente uma já é suficiente para o processo. Aqui também foi proposto usar fresas com Ø menores para reduzir o contato da ferramenta com a peça.

Figura 22 – Ferramentas Atual x Proposto

Atual	Fresa Ø125 A	Fresa Ø125 B	Fresa Ø100
	C		
Proposto	Fresa Ø100 220mm	Fresa Ø80 300mm	Fresa Ø80 260mm

Fonte: Produção do Próprio Autor

Sendo assim, a aplicação do novo processo foi definida conforme a figura abaixo:

Figura 23 – Aplicação das Novas Ferramentas



Fonte: Produção do Próprio Autor

Essa nova aplicação tem como característica principal eliminar o uso de uma ferramenta desnecessária, com isso ganhar tempo na troca. Outro ponto importante é a possibilidade de aumentar os parâmetros de corte com as novas ferramentas

3.3.8 Dados de Corte

Com a proposta das novas ferramentas, foi necessário realizar a alteração dos dados de cortes das ferramentas, visto que o novo processo contém ferramentas com geometrias de insertos diferentes do processo anterior.

A determinação dos dados de cortes, foram feitas com base na recomendação do fornecedor e do material usinado. Na figura abaixo é possível verificar o aumento dos dados de corte.

Figura 24 – antes X depois (Parâmetros de cortes)

FRESA 1						
ANTES Ø125			DEPOIS Ø100			DIF. DADOS DE CORTES
RPM	500		RPM	700		40,00%
F	700		F	800		14,29%
AP	2		AP	3		50,00%
FRESA 2						
ANTES Ø80			DEPOIS Ø80			DIF. DADOS DE CORTES
RPM	500		RPM	750		50,00%
F	700		F	800		14,29%
AP	2		AP	3		50,00%
FRESA 3						
ANTES Ø100			DEPOIS Ø80			DIF. DADOS DE CORTES
RPM	500		RPM	620		24,00%
F	700		F	800		14,29%
AP	1,5		AP	1,5		0,00%

Fonte: Produção do Próprio Autor

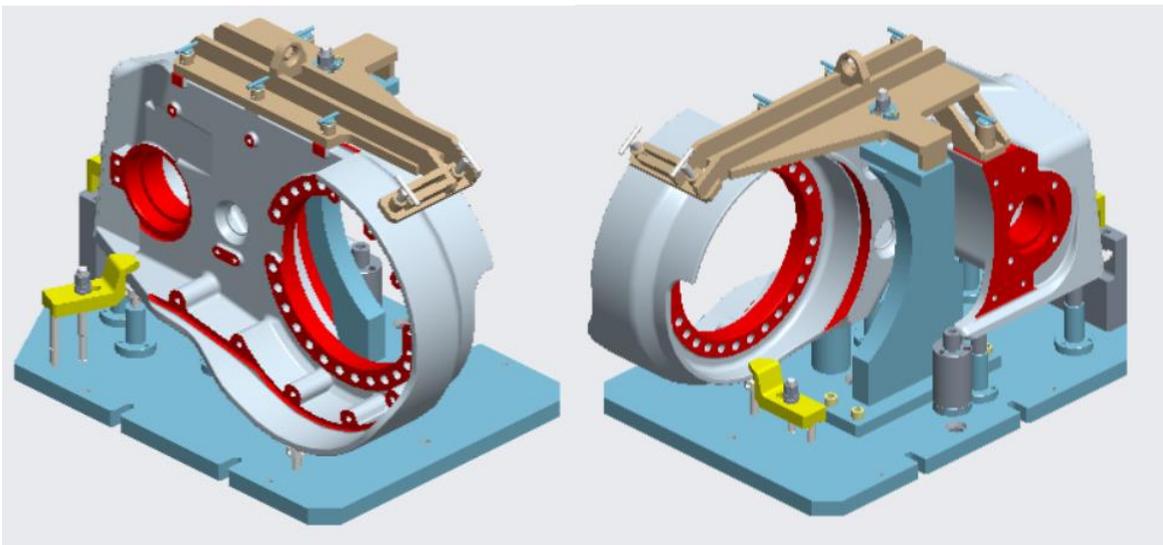
Os novos dados de cortes aplicados, tiveram uma média de 28,5% no aumento dos parâmetros.

3.3.9 Modificação da Usinagem e Programa CNC

A modificação da usinagem foi necessária devido a exclusão de uma das ferramentas que era usada no processo antigo, os novos caminhos de cada ferramenta, foram geradas através do software de EDGECAM voltado para manufatura que permite criar estratégias de máquina e gerar código CNC a partir de modelos 3D.

Na figura abaixo, podemos ver em vermelho os locais onde foram realizadas as modificações de usinagem.

Figura 25 – Partes Usinadas em Software CAD/CAM



Fonte: Produção do Próprio Autor

Outro ponto a destacar a melhoria durante a usinagem foi a manutenção preventiva feita no dispositivo, que se encontrava com um certo desgaste. Com a manutenção feita foi notório, uma melhor fixação da peça para que o processo ocorresse nas melhores condições possíveis.

3.4 Apresentação dos Resultados

Neste capítulo será abordado os resultados obtidos através das modificações de processo que foram descritas anteriormente.

3.4.1 Redução no Custo do Processo

Na figura abaixo nos temos um comparativo total do processo antes X depois, mostrando a diferença em números das melhorias aplicadas.

Figura 26 – Comparativo e Gráficos

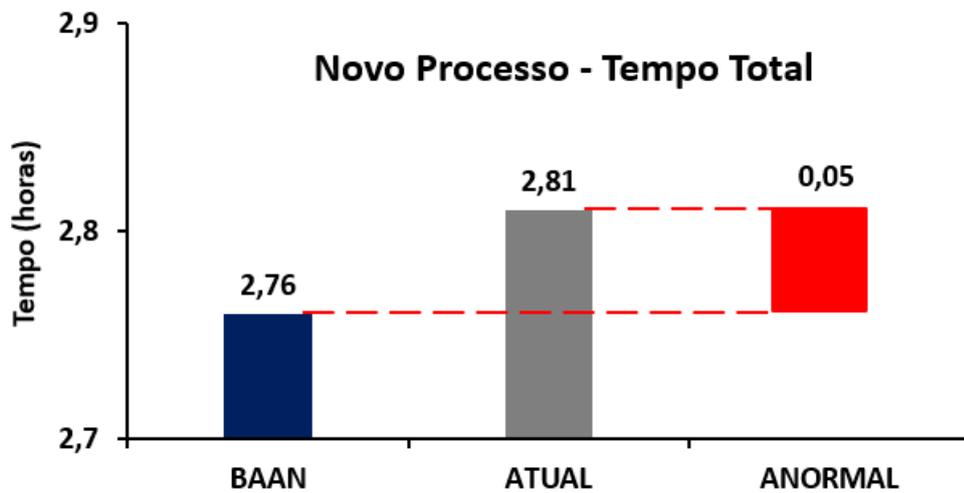
COMPARATIVO DE CUSTO DE FERRAMENTA											
RESPONSÁVEL	MÁQUINA	OPERAÇÃO		Nº DA PEÇA		NOME DA PEÇA		QTD/TR	MAQ/MÊS		
CARLOS OLIVEIRA	HMC-06	FRESAMENTO		13Y-21-21191		CELEBRIDADE D61		2	40		
Campos para preencher					Campos para preencher						
CUSTO DE FERRAMENTAS PARA O PROCESSO											
ATUAL - KENNAMETAL					PROPOSTO - SECO TOOLS						
Descrição	Qtd.	Valor Und.(R\$)	Valor Total (R\$)		Descrição	Qtd.	Valor Und.(R\$)	Valor Total (R\$)			
FRESA KSHR 125B08RS45HN06	1	R\$ 2.927,09	R\$ 2.927,09		FRESA 125B08RSMORD16	1	R\$ 1.891,18	R\$ 1.891,18			
FRESA KSHR 125B08RS45HN06	1	R\$ 2.927,09	R\$ 2.927,09		FRESA 80A06 RSMORD16	1	R\$ 1.749,00	R\$ 1.749,00			
FRESA KSHR 80A06R45 HN09 - KTB	1	R\$ 1.986,56	R\$ 1.986,56		FRESA M4D080ZU7S27LN15	1	R\$ 1.749,00	R\$ 1.749,00			
FRESA M4D 100Z08S32LN15	1	R\$ 1.790,40	R\$ 1.790,40					R\$ 0,00			
								R\$ 0,00			
CUSTO TOTAL			R\$ 9.631,14		CUSTO TOTAL			R\$ 5.389,18			
CUSTO DE CONSUMÍVEL											
ATUAL					PROPOSTO						
Descrição	Quant. Aresta	Quant. Facas	Quant.Pçs	Valor (R\$)	Custo / pç	Descrição	Quant. Aresta	Quant. Facas	Quant.Pçs	Valor (R\$)	Custo / pç
INSERTO HNPJ 0906ANSNH-D - FRESA 1	12	8	3	R\$ 94,57	R\$ 21,02	INSERTO RPKT1605MOT - FRESA 1	8	8	4	R\$ 78,42	R\$ 19,61
INSERTO HNPJ 0906ANSNH-D - FRESA 2	12	8	3	R\$ 94,57	R\$ 21,02	INSERTO RPKT1605MOT - FRESA 2	8	6	3	R\$ 78,42	R\$ 19,61
INSERTO HNPJ 0906ANSNH-D - FRESA 3	12	7	2	R\$ 94,57	R\$ 27,58	INSERTO XNEX0806081R - FRESA 3	6	6	1	R\$ 78,42	R\$ 78,42
INSERTO LINGU15T616 SRGE	4	6	1	R\$ 89,62	R\$ 134,43						
CUSTO TOTAL - ANTIGO				R\$ 204,04		CUSTO TOTAL - ATUAL				R\$ 117,63	
CUSTO DO TEMPO DE PROCESSO											
ATUAL					PROPOSTO						
Tempo min/peça			Valor Hora/maq		Tempo min/peça			Valor Hora/maq			
180			R\$ 157,00		168,6			R\$ 157,00			
CUSTO PROCESSO/PEÇA					CUSTO PROCESSO/PEÇA						
R\$ 471,00					R\$ 441,17						
CUSTO DA PEÇA (PROCESSO + CUSTO CONSUMÍVEL)											
ATUAL					PROPOSTO						
CUSTO TOTAL/PEÇA					CUSTO TOTAL/PEÇA						
R\$ 675,04					R\$ 558,80						
CUSTO TOTAL POR ANO											
ATUAL					PROPOSTO						
QTD PEÇAS/ANO			VALOR ANO		QTD PEÇAS/ANO			VALOR ANO			
960			R\$ 648.042,27		960			R\$ 536.448,00			
REDUÇÃO POR ANO					AMORTIZAÇÃO EM MESES						
R\$ 111.594,27					0,580						

Fonte: Produção do Próprio Autor

3.4.2 Tempo do Processo

Depois de todas as modificações feitas, foi novamente coletado o tempo de processo, em que obtivemos uma redução de 11,4 minutos. Mesmo obtendo essa redução, não conseguimos chegar no tempo padrão da peça

Figura 27 – Comparativo de Tempo Padrão x Tempo Real



Fonte: Produção do Próprio Autor

3.4.3 Ferramentas

Durante as análises do processo foi verificado que devido ao comprimento longo das ferramentas a fim de evitar colisões com o dispositivo e peça, existia uma vibração anormal que consequentemente estava gerando lascamentos dos insertos.

Com o novo conceito de cones BT50, houve uma melhora significativa em relação as vibrações antes apresentadas, exigindo menos esforço de corte da ferramenta e consequentemente aumenta a sua vida útil, e reduzindo o consumo anormal de pastilhas.

3.5 Conclusões e Recomendações Para Trabalhos Futuros

Abordando as conclusões do presente trabalho e as recomendações para a continuidade do desenvolvimento dos trabalhos na área de estudo.

3.5.1 Conclusão

Quanto aos aspectos operacionais, os dados desse trabalho permitem chegar as seguintes conclusões:

- As ferramentas de usinagem usadas em cones de formato cônicos e robustos, apresentaram menos vibração do que os normais, melhorando o corte e desgaste precoce das ferramentas e pastilhas de cortes.
- Os novos formatos de insertos permitiram o aumento dos parâmetros de corte.
- Através da análise econômica, obtivemos uma redução expressiva no custo do processo, muito disso devido aos valores e o excelente rendimento das pastilhas de cortes.
- Mesmo não alcançando o tempo padrão da peça, obtivemos uma redução de 11,4 minutos de usinagem, visto que esse tempo ainda pode ser reduzido com outras melhorias no processo.

3.5.2 Recomendação Para Trabalhos Futuros

Este trabalho irá servir como base para o estudo de melhorias futuras no processo de usinagem do Bracket D61, a proposta sugerida para explorar mais o tema abordado, é realizar a usinagem do diâmetro maior da peça com barra de desbaste e acabamentos conjugadas, visto que atualmente diâmetro é interpolado, o que acaba gerando um tempo alto de uma única ferramenta.

4 REFERÊNCIAS

AÇO ESPECIAL, (s.d.). Produtos. Disponível em:
<http://www.acespecial.com.br/produtos.php?id=3>. Acesso em: 12 de junho de 2022.
2022.

DINIZ, A. E. MARCONDES, F.C. COPPINI, N. L. “Tecnologia da Usinagens dos materiais”. 6 ed. São Paulo: MM editor, 242 pags. 2006.

FERRARESI, DINO. Fundamentos Da Usinagem Dos Materiais, Ed. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 751 páginas. 1977

MACHADO, A.R. E SILVA, M.B. Usinagem dos Materiais, Universidade Federal de Uberlândia, 8ª Edição, abril Uberlândia-MG. 2004.

MITSUBISHI. “MITSUBISHI Tooling Technology, Level 2”, MITSUBISHI Materials, 288 pags. 2006.

MITSUBISHI. “MITSUBISHI Tooling Technology, Level 1”, MITSUBISHI Materials, 162 pags. 2007.

NORMAS ABNT. Disponível em:
<http://normasabnt.org>. Acesso em: 16 de novembro de 2022

Google Fotos. Disponível em:
<https://www.google.com/search?q=fotos+dos+certificados+iso&sxsrf=> Acesso em: 17
de outubro de 2022

TUNGALOY CUTTING TOOLS. Catalogue 2013-2014. Iwaki, Fukoshima, Japão.
2014.

BOEIRA, Alexandre Pitol. Tecnologia dos Materiais. Rio Grande do Sul: [s. n.], 2007.

CHIAVERINI, V. Aços e Ferros Fundidos: características gerais, tratamentos térmicos, principais tipos. 7ª Ed São Paulo: Associação Brasileira de Metais, 2002.
599p.

FERRARESI, DINO. Fundamentos Da Usinagem Dos Materiais, Ed. Edgard Blucher Ltda., São Paulo, 751 páginas. 1977

ANEXO A – COMPARATIVO DE CUSTO

COMPARATIVO DE CUSTO DE FERRAMENTA													
RESPONSÁVEL	MÁQUINA	OPERAÇÃO	Nº DA PEÇA			NOME DA PEÇA			QTD/TR	MAQ/MÊS			
CARLOS OLIVEIRA	HMC-06	FRESAMENTO	13Y-21-21191			CELEBRIDADE D61			2	40			
Campos para preencher						Campos para preencher							
CUSTO DE FERRAMENTAS PARA O PROCESSO													
ATUAL - KENNAMETAL						PROPOSTO - SECO TOOLS							
Descrição		Qtd.	Valor Und.(R\$)	Valor Total (R\$)		Descrição		Qtd.	Valor Und.(R\$)	Valor Total (R\$)			
FRESA KSHR 125B08RS45HN06		1	R\$ 2.927,09	R\$ 2.927,09		FRESA 125B08RSMORD16		1	R\$ 1.891,18	R\$ 1.891,18			
FRESA KSHR 125B08RS45HN06		1	R\$ 2.927,09	R\$ 2.927,09		FRESA 80A06 RSMORD16		1	R\$ 1.749,00	R\$ 1.749,00			
FRESA KSHR 80A06R45 HN09 - KTB		1	R\$ 1.986,56	R\$ 1.986,56		FRESA M4D080207S27LN15		1	R\$ 1.749,00	R\$ 1.749,00			
FRESA M4D 100Z08S32LN15		1	R\$ 1.790,40	R\$ 1.790,40						R\$ 0,00			
										R\$ 0,00			
CUSTO TOTAL				R\$ 9.631,14		CUSTO TOTAL				R\$ 5.389,18			
CUSTO DE CONSUMÍVEL													
ATUAL						PROPOSTO							
Descrição	Quant. Aresta	Quant. Facas	Quant.Pcs	Valor (R\$)	Custo / pç	Descrição	Quant. Aresta	Quant. Facas	Quant.Pcs	Valor (R\$)	Custo / pç		
INSERTO HNPJ 0905ANSNHD - FRESA 1	12	8	3	R\$ 94,57	R\$ 21,02	INSERTO RPKT1605MOT - FRESA 1	8	8	4	R\$ 78,42	R\$ 19,61		
INSERTO HNPJ 0905ANSNHD - FRESA 2	12	8	3	R\$ 94,57	R\$ 21,02	INSERTO RPKT1605MOT - FRESA 2	8	6	3	R\$ 78,42	R\$ 19,61		
INSERTO HNPJ 0905ANSNHD - FRESA 3	12	7	2	R\$ 94,57	R\$ 27,58	INSERTO XNEX080608TR - FRESA 3	6	6	1	R\$ 78,42	R\$ 78,42		
INSERTO LNGU15T616 SRGE	4	6	1	R\$ 89,62	R\$ 134,43								
CUSTO TOTAL - ANTIGO					R\$ 204,04		CUSTO TOTAL - ATUAL					R\$ 117,63	
CUSTO DO TEMPO DE PROCESSO													
ATUAL						PROPOSTO							
Tempo min/peça			Valor Hora/maq			Tempo min/peça			Valor Hora/maq				
180			R\$ 157,00			168,6			R\$ 157,00				
CUSTO PROCESSO/PEÇA						CUSTO PROCESSO/PEÇA							
R\$ 471,00						R\$ 441,17							
CUSTO DA PEÇA (PROCESSO + CUSTO CONSUMÍVEL)													
ATUAL						PROPOSTO							
CUSTO TOTAL/PEÇA						CUSTO TOTAL/PEÇA							
R\$ 675,04						R\$ 558,80							
CUSTO TOTAL POR ANO													
ATUAL						PROPOSTO							
QTD PEÇAS/ANO			VALOR ANO			QTD PEÇAS/ANO			VALOR ANO				
960			R\$ 648.042,27			960			R\$ 536.448,00				
REDUÇÃO POR ANO						AMORTIZAÇÃO EM MESES							
R\$ 111.594,27						0,580							

