



UNIVERSIDADE ESTADUAL PAULISTA

“JÚLIO DE MESQUITA FILHO”

CAMPUS DE GUARATINGUETÁ

NÁDIA APARECIDA DINIZ MAIA

**ESTUDO DE CASO: FORMULAÇÃO DE CUSTO
DE UM PRODUTO DE USINAGEM EM UMA
PEQUENA EMPRESA**

Guaratinguetá

2012

NÁDIA APARECIDA DINIZ MAIA

**ESTUDO DE CASO: FORMULAÇÃO DE CUSTO DE UM PRODUTO DE
USINAGEM EM UMA PEQUENA EMPRESA.**

Monografia apresentada ao Conselho de Curso de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica da Faculdade de Engenharia do Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista como parte dos requisitos para obtenção do diploma de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira

**Guaratinguetá
2012**

Maia, Nádia Aparecida Diniz

M217e Estudo de caso: formulação de custo de um produto de usinagem em
uma pequena empresa / Nádia Aparecida Diniz Maia – Guaratinguetá :
[s.n], 2012.
58 f : il.

Bibliografia: f. 52-58

Trabalho de Graduação em Engenharia de Produção Mecânica
– Universidade Estadual Paulista, Faculdade de Engenharia de
Guaratinguetá, 2012.

Orientador: Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira

1. Usinagem I. Título

CDU 621.9

**Estudo de caso: Formulação de Custo de um Produto de Usinagem em
uma Pequena Empresa.**


NÁDIA APARECIDA DINIZ MAIA

**ESTA MONOGRAFIA FOI JULGADA ADEQUADA COMO PARTE DO
REQUISITO PARA A OBTENÇÃO DO DIPLOMA DE GRADUADO EM
ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

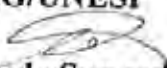
**APROVADA EM SUA FORMA FINAL PELO CONSELHO DE CURSO
DE GRADUAÇÃO EM ENGENHARIA DE PRODUÇÃO MECÂNICA**

Prof. Dr. Valério Antônio Pamplona Salomon
Coordenador

BANCA EXAMINADORA:


Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira

FEG/UNESP


Prof. Dr. Marcelo Sampalo Martins

FEG/UNESP


Eng. Renato Araújo Barros

FEG/UNESP

Novembro de 2012

DADOS CURRICULARES

NÁDIA APARECIDA DINIZ MAIA

NASCIMENTO 18.01.1985 – NILÓPOLIS / RJ

FILIAÇÃO Robson Vieira Maia
Maria Aparecida Diniz Maia

2004/2012 Curso de Graduação
Engenharia de Produção Mecânica - Faculdade de
Engenharia do Campus de Guaratinguetá da Universidade
Estadual Paulista.

Dedicatória

à minha família e amigos da faculdade que são minha felicidade, minha inspiração e meus pilares.

Agradecimentos

Em primeiro lugar agradeço ao todo poderoso Deus, que me concede a vida, e torna tudo possível.

Ao meu orientador, *Prof. Dr. Marcelo dos Santos Pereira*, minha gratidão pela confiança e presteza neste momento.

Aos meus pais, que me ensinaram os meus valores.

Aos meus familiares e amigos que nunca deixaram de me apoiar e sempre me fizeram seguir em frente.

Epígrafe

O insucesso é apenas uma oportunidade para recomeçar de novo com mais
inteligência.
(Henry Ford)

MAIA, N. A. D. **Estudo de caso:** formulação de custo de um produto de usinagem em uma pequena empresa. 2012. 57 f. Trabalho de Graduação (Engenharia de Produção Mecânica) – Faculdade de Engenharia Campus de Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

RESUMO

Muitas são as variáveis indiretamente envolvidas na transformação da matéria-prima em uma indústria metalúrgica, tais como horas-máquina, horas de mão de obra direta e/ou indireta, tempo de setup, etc. A investigação em pauta versa sobre a complexidade de formulação do custo de produtos metalúrgicos, partindo de um estudo de caso, em que um se ocorreu um grande prejuízo na venda de determinado produto, chamado “Punção”. O objetivo central deste trabalho é delimitar as variáveis integrantes do custo deste e de outros produtos metalúrgicos, de forma simplificada e genérica, verificando quais foram as falhas de custeio no caso estudado, de modo a auxiliar noutros. O método de formulação de custos foi determinado conforme orientação recomendada pelo SEBRAE para empresas de pequeno porte. Os resultados mostraram que houve um prejuízo de R\$ 13.201,00 no lote de 15 unidades de Punção. Foram apontadas possíveis melhorias para redução do custo de produção.

Palavras-chave: Formulação de Custo, Prejuízo, Usinagem.

MAIA, N. A. D. **Case Study:** formulation of cost of a product in a small machining company. 2012. 57 f. Undergraduate Work (Production Engineering) – Faculdade de Engenharia Campus Guaratinguetá, Universidade Estadual Paulista, Guaratinguetá, 2010.

ABSTRACT

Many variables are indirectly involved in the transformation of raw material into a metallurgical industry, such as machine hours, hours of hand labor directly and / or indirect, setup time, etc. This research focuses on the complexity of formulating the cost of metallurgical products, based on a case study, in which one has incurred a large loss on the sale of a product called "Punch". The main objective of this work is to define the variables of the cost of members and other metallurgical products, so simplified general, checking what were the failures costing the case studied, in order to help others. The method of formulating cost was determined as recommended by SEBRAE guidance for small businesses. The results showed a loss R\$ 13.201,00 in the batch of 15 units of punch. Possible improvements have been identified for reducing the production cost.

Key Words: Cost Formulation, Prejudice, Machining.

SUMÁRIO

| | | |
|--------------|--|-----------|
| 1 | INTRODUÇÃO | 12 |
| 2 | REVISÃO BIBLIOGRÁFICA | 15 |
| 2.1 | Usinagem | 15 |
| 2.1.1 | Torneamento | 17 |
| 2.1.2 | Fresamento | 20 |
| 2.1.3 | Retificação | 22 |
| 2.1.4 | Eletroerosão | 24 |
| 2.2 | Aços | 24 |
| 2.2.1 | Aços para ferramentas | 26 |
| 2.3 | Tratamentos térmicos | 28 |
| 2.3.1 | Têmpera e revenido | 28 |
| 2.3.2 | Nitretação | 31 |
| 2.4 | Aspectos econômicos da usinagem. Custos. | 32 |
| 3 | MATERIAIS E MÉTODOS | 36 |
| 3.1 | Os processos de fabricação do Punção | 36 |
| 3.2 | A formulação de custos do Punção | 37 |
| 4 | DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO..... | 39 |
| 4.1 | Custos diretos | 39 |
| 4.1.1 | Matéria-prima..... | 40 |
| 4.1.2 | Custos diretos por hora de processo | 40 |
| 4.2 | Custos indiretos | 42 |
| 5 | RESULTADOS E DISCUSSÕES | 47 |
| 6 | CONCLUSÃO..... | 51 |
| | REFERÊNCIAS | 52 |

LISTA DE FIGURAS

| | |
|---|----|
| Figura 1 – Principais operações no torneamento, AMORIM (2003) | 17 |
| Figura 2 – Métodos usuais de fresamento: (a) tangencial, (b) faceamento (GROOVER <i>apud</i> GUENZA, 2008). | 21 |
| Figura 3 – Técnicas de fresamento: A- discordante B- concordante (STEMMER, <i>apud</i> GUENZA (2008) | 22 |
| Figura 4 – Processo de retificação (UDDEHOLM <i>apud</i> YOSHIDA, 2004). | 23 |
| Figura 5 – Diagrama TTT, aço eutetóide (LEANDRO, 2009)..... | 30 |
| Figura 6 – Diagrama TTT, aço hipoeutetóide (LEANDRO, 2009) | 31 |
| Figura 7 – O “ICEBERG” dos custos de uma ferramenta. (UDDEHOLM <i>apud</i> YOSHIDA; SARTORI e ARRUDA, 1998). | 33 |
| Figura 8 – Matéria-prima na forma adquirida Ø 89 x 242mm. | 44 |
| Figura 9 – Peça após primeiro processo: torneamento. | 44 |
| Figura 10 – Peça em corte após segundo processo: fresamento, posteriormente deve seguir para a têmpera e nitretação. | 45 |
| Figura 11 – Detalhe dos pequenos furos feitos no processo de eletroerosão, após tratamento térmico. | 45 |
| Figura 12 – Peça acabada, após sexto processo: retífica Ø 84 x 237mm | 46 |
| Figura 13 – Percentual de custos do Punção por processo produtivo | 47 |
| Figura 14 – O impacto da troca rápida de ferramentas na competitividade da empresa (MARDEGAN <i>at al</i> , 2006)..... | 49 |

LISTA DE TABELAS

| | |
|---|----|
| Tabela I – Produção siderúrgica brasileira (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2012)..... | 25 |
| Tabela II – Elementos acrescentados à liga de aço e as propriedades desenvolvidas (ALMEIDA, 1999) | 27 |
| Tabela III – Custos diretos e variáveis..... | 41 |
| Tabela IV – Custos indiretos/ Despesas fixas | 42 |
| Tabela V – Custos indiretos/ Custos fixos | 43 |
| Tabela VI – Custos do Punção | 47 |
| Tabela VII – Preço de venda do Punção..... | 48 |
| Tabela VIII – Custos com potencial redução | 49 |

1 INTRODUÇÃO

A competitividade de um mercado que apresenta um número crescente de melhorias de processos e custos remete a indústria à necessidade de praticar preços enxutos, pois, por vezes, o preço de venda confere caráter decisivo à compra. Entretanto, essa guerra de preços, quando estudada em uma empresa de pequeno porte que ainda possui um grande potencial de otimização de processos e custos, pode apresentar indícios de prejuízos, como o caso a ser estudado.

Este trabalho é um estudo de caso e possui caráter exploratório que se baseará num estudo bibliográfico para investigar um caso de formulação de custos em uma metalúrgica de pequeno porte situada na cidade de Jundiaí, interior de São Paulo. A empresa, criada há poucos anos, em 2005, ainda se encontra em processo inicial de desenvolvimento.

Dos serviços de usinagem utilizados, alguns processos, por ausência de recursos próprios, são terceirizados. Outros processos, comparados a empresas maiores, ainda têm muito por se desenvolver, em questão de tempos e métodos, no que tange às variáveis envolvidas na transformação da matéria-prima em uma indústria metalúrgica, tais como horas-máquina, horas de mão-de-obra direta e/ou indireta, tempo de *setup* (preparação inicial da máquina), tempo de troca de ferramentas, etc.

A preocupação gerada pelo risco apresentado mediante a repetibilidade dos casos de prejuízos de fabricação e comercialização e assim fez-se inadiável um estudo de custos.

Para isto, optou-se por este estudo de caso que se direciona a um produto vendido freqüentemente que apresenta elevados custos de fabricação e, portanto, potencial de elevados prejuízos.

A percepção de um prejuízo advindo da usinagem e comercialização de um produto que, ao nível de faturamento da empresa em estudo, representou um fator de grande risco à sua sustentabilidade financeira, salientou a necessidade de equilibrar e atualizar os custos reais, apresentados aos processos e métodos utilizados, aos preços praticados naquele período. Assim, conforme observado, para um processo que, na empresa em questão, ainda não tenha atingido o grau de otimização de suas concorrentes, utilizar-se dos custos baseados no mercado contemporâneo pode

representar um elevado grau de prejuízo, que, em escala, põe em risco a sobrevivência desta empresa.

Praticar lucros negativos para atrair clientes é uma estratégia praticada no mercado atual. Todavia, faz-se importante salientar o fato de que a empresa em questão não possui fundos financeiros para utilizar-se desta estratégia, principalmente no que se refere aos custos e venda apresentados para produto em foco. O limite para a prática de lucro negativo na empresa em análise é ultrapassado em grande escala no caso estudado e, ainda, observa-se que mais casos semelhantes ao estudado podem agravar os prejuízos causados pelo déficit financeiro do processo de fabricação e comercialização de produtos.

Deste modo, o principal objetivo desta pesquisa é estudar a formulação de custos e de preço de venda, tomando por ponto de partida um produto, em especial, baseando-se nas características da empresa estudada. Neste sentido, foram estipulados os seguintes objetivos específicos: (a) identificar os fatores que influenciam na formulação de custos e preços de venda; (b) calcular os custos diretos e indiretos envolvidos na usinagem e comercialização de produtos na empresa estudada; (c) modelar os métodos de custeio e de precificação utilizados; (d) apontar fatores de potencial melhoria em tempos e métodos para os processos utilizados.

2 REVISÃO BIBLIOGRÁFICA

Neste capítulo será apresentada uma breve revisão teórica a cerca dos principais assuntos abordados neste trabalho.

2.1 Usinagem

Segundo COSTA & SANTOS (2006), há inúmeros e diversificados processos de transformação de metais e ligas metálicas em peças para a utilização em conjuntos mecânicos: a fundição, a solda, a metalurgia do pó ou a usinagem. Ele evidencia vários fatores a serem considerados na escolha de um processo de fabricação: forma e dimensão da peça, material a ser trabalhado e suas propriedades, quantidade de peças a serem produzidas, tolerâncias e acabamento superficial requerido, além do custo total do processamento. Os autores referem-se à definição de Usinagem como sendo “um processo de remoção de cavaco”.

Conforme STOETERAU (2007), o estudo da usinagem é baseado na mecânica (Atrito, Deformação), na Termodinâmica (Calor) e nas propriedades dos materiais, sendo que a maior parte de todos os produtos industrializados em alguma de suas etapas de produção sofre algum processo de usinagem. Ele especifica que a usinagem representa 80% de todos os furos, 100% dos processos de melhoria da qualidade superficial, uma das grandes partes da riqueza mundial através do comércio de máquinas-ferramentas, 70% das engrenagens para transmissão de potência, 90% dos componentes da indústria aeroespacial, 100% dos pinos médico-odontológicos, 70% das lentes de contatos extraoculares, 100% das lentes de contatos intraoculares além de componentes das Lentes para CD player ou suas matrizes.

A otimização de processos de usinagem se tornou um objetivo permanente das indústrias manufatureiras, especialmente nos dias atuais, em que a globalização e a competitividade de mercado exigem uma postura mais agressiva e a exploração de todas as oportunidades que possam trazer bons resultados. Quanto aos processos de usinagem, são verificadas possibilidades de otimização em relação a dois distintos parâmetros: a redução dos tempos não produtivos, tais como tempo de espera (fila) e “outros tempos

passivos que envolvam tarefas humanas”, ou a redução dos tempos produtivos, do próprio processo de usinagem. A redução dos tempos passivos pode ser obtida com a implantação de ferramentas gerenciais e/ou técnicas, mas apesar de apresentarem vantagens, algumas ainda enfrentam resistências no ambiente fabril, por apresentarem a necessidade de resolução de cálculos complexos, análise do sistema produtivo; realização de ensaios para a determinação da vida da ferramenta, e escolha da velocidade de corte (COPPINI & BAPTISTA, 2001).

STOETERAU (2007) delimita os processos de usinagem de acordo com algumas características: Questões de segurança do operador, Questões de ordem ambiental; Material e estabilidade dinâmica do material e geometria da peça desejada e algumas características da máquina-ferramenta: Fixação da peça, Fixação da ferramenta, Estrutura, Acionamento, Elementos componentes e os Sistemas de Medição e Controle.

Para WRUBLAK, PILATTI & PEDROSO (2008), em se tratando de peças exclusivas, ou de geometrias particulares, alguns processos de usinagem tem custos mais elevados. Os serviços, principalmente os automatizados, como os CNC's, tornam-se muito caros. Para tanto, são estudados meios de otimização dos custos relacionados aos tempos utilizados nos processos de produção. Eles explicam que, quando se aplicam modificações nos processos de usinagem por fresamento, principalmente no que diz respeito aos processos que precisam de acabamento com limites de tolerâncias, são encontradas dificuldades quanto ao alcance da velocidade de corte, que exige uma determinada rotação mínima necessária para que a ferramenta alcance “a velocidade de corte ideal para um material específico”. Caso contrário, o corte chega a perder qualidade em seu acabamento e podem incorrer erros dimensionais, devido ao grande esforço despendido no corte, dificuldade que se torna mais nítida nas operações de acabamento.

Alegam, ainda que, é usualmente a necessidade do uso de ferramentas cujo diâmetro seja considerado adequado de modo que a máquina possa proporcionar a respectiva velocidade de corte específica do material. Todavia, se a geometria da peça apresentar raios internos menores que o raio da ferramenta o corte se tornará deficiente, comprometendo seu acabamento final.

Neste trabalho serão enfatizados três grandes processos de usinagem: o torneamento, o fresamento e a retificação, além do processo de tratamento térmico, processos que participam da fabricação do produto estudado: o Punção.

2.1.1 Torneamento

Segundo ANDRÉ (2005), o processo de torneamento permite a criação de formas de revolução interiores e exteriores, utilizando de uma ferramenta de um único gume. O autor considera que as operações de torneamento podem ser cilíndrica, cônica, de forma ou rosqueamento.

STOETERAU (2007) define o processo de torneamento a partir do movimento de corte rotativo da peça e o movimento translativo de avanço da ferramenta, processo de fabricação utilizado, principalmente, para “peças simétricas de revolução”.

A Figura 1 representa as operações de torneamento identificadas por AMORIM (2003).

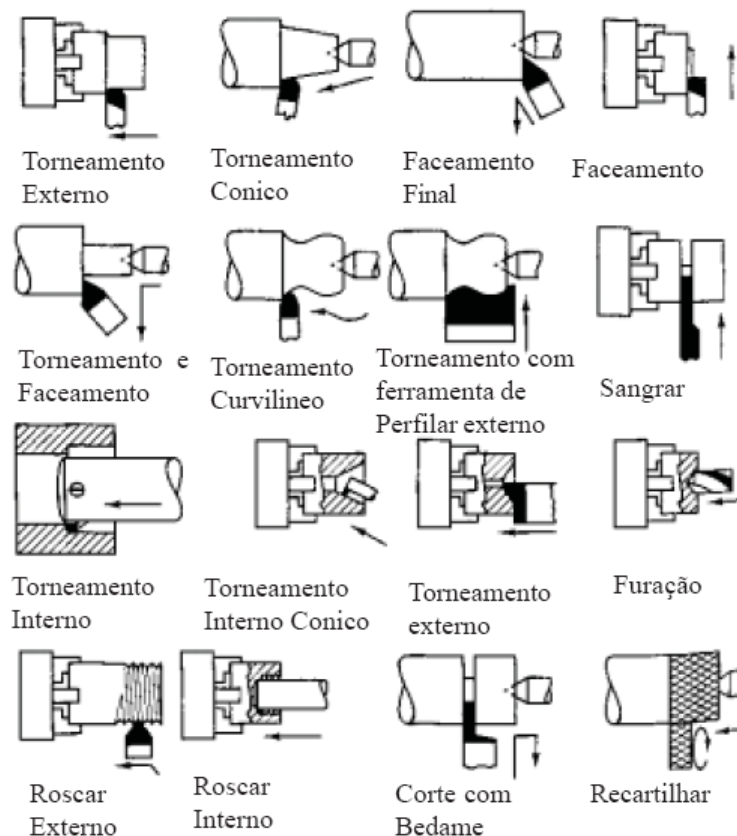


Figura 1 – Principais operações no torneamento, AMORIM (2003).

ROSA (2004) complementa o processo de torneamento com um terceiro movimento. Segundo o autor, além dos movimentos de corte e de avanço da ferramenta, há o movimento de penetração, que “determina a profundidade de corte ao empurrar a

ferramenta em direção ao interior da peça e, assim, regular a profundidade do passe e a espessura do cavaco”. Ele afirma que o torno é uma máquina-ferramenta muito versátil porque, além das operações de torneamento, partindo de adaptações relativamente simples, é capaz de executar outras que são, normalmente, feitas por outras máquinas como a furadeira, a fresadora e a retificadora.

Para ele, os diferentes tipos de tornos existentes paralelo, semiautomático de torre, automático, platô, vertical e CNC (com Comando Numérico Computadorizado) que são controladas por computador, são compostos, basicamente por:

1. Corpo da máquina: barramento, cabeçote fixo e móvel, caixas de mudança de velocidade.
2. Sistema de transmissão de movimento do eixo: motor, polia, engrenagens, redutores.
3. Sistemas de deslocamento da ferramenta e de movimentação da peça em diferentes velocidades: engrenagens, caixa de câmbio, inversores de marcha, fusos, vara etc.
4. Sistemas de fixação da ferramenta: torre, carro porta-ferramenta, carro transversal, carro principal ou longitudinal e da peça: placas, cabeçote móvel.
5. Comandos dos movimentos e das velocidades: manivelas e alavancas.

Rosa (2004) considera que as diferenças dentre eles é a capacidade de produção e o nível de automação.

Para STOETERAU (2007), os fatores que definem a escolha de um torno são: geometria e material da peça, tamanho e prazo do lote, grau de complexidade e de desbalanceamento, quantidade de operações e de ferramentas necessárias e dispositivos e acessórios disponíveis.

Dentre os diferentes tipos de torno, anteriormente citados, o CNC é o que, atualmente, apresenta maior capacidade de produção em massa e maior nível de automação.

2.1.1.1 Torneamento CNC

Para Costa (2006), a primeira máquina-ferramenta controlada por computador foi uma fresadora que sofreu modificações em seus componentes mecânicos e recebeu um controlador eletrônico. Ela surgiu em 1952 com a finalidade de usinar peças de geometria complicadas utilizadas em aviões e helicópteros. Estes controladores tinham várias vezes o tamanho da própria máquina e consumiam muita energia elétrica, falhavam freqüentemente e sua capacidade de cálculo era muito limitada, se comparada à tecnologia atual.

Pra ele, a popularização da tecnologia CNC (Comando Numérico Computadorizado) entre as pequenas e médias indústrias teve relação direta com a redução progressiva dos custos e o aumento da capacidade de cálculo dos controladores eletrônicos, considerando praticamente impossível imaginar a indústria contemporânea, principalmente os setores mecânico e metalúrgico, sem a presença de máquinas-ferramenta CNC. Costa (2006) resume seus benefícios em geometrias mais complexas, tolerâncias dimensionais mais estreitas e melhor acabamento superficial, maior uniformidade dentre as características das peças, que não sofrem influências dos fatores humanos e redução da fadiga dos operadores humanos, que se tornam responsáveis apenas por tarefas de preparação, programação e controles de peças, sem que para isso sejam necessários ajustes demorados no equipamento.

Segundo Amic *apud* NASCIMENTO, ABRÃO & RUBIO (2000), as máquinas CNC são montagens complexas que, de maneira geral, podem ser caracterizadas como um conjunto de tecnologias, destacando-se alguns dos seus componentes: Unidade de Controle Numérico, Dispositivo de acionamento, Sistema de controle e Comutador de ferramenta. Explicam que no controle CNC, diferentemente do controle binário CN, há um microcomputador, assim o programador não precisa informar todos os pontos por onde a ferramenta deve passar, mas apenas os pontos principais e a referência da trajetória, que o computador realiza os cálculos de todos os pontos onde a ferramenta deve passar.

Amic *apud* NASCIMENTO, ABRÃO & RUBIO (2000), alerta que o setor produtivo brasileiro em geral carece de profissionais capacitados para lidar com a

tecnologia CNC e sua adoção implica na necessidade de treinamento da mão-de-obra existente. Para tanto apresenta três modos de fazê-lo:

- 1) Por tentativa e erro, através das próprias máquinas CNC de produção e dos seus manuais, adquirindo do uso os conhecimentos necessários para a operação;
- 2) Por “Máquinas CNC didáticas”, que promovem a aprendizagem utilizando o código de programação do software, que possuem estruturas menores e mais restritas e
- 3) Por simuladores virtuais, pacotes computacionais produzidos com o intuito de reproduzir a máquina real em operação.

ZOGHBI, NETO & PORTO (1998) explicam que um torno apresenta dois eixos (X e Z) que podem ser programados e testados virtualmente num desenvolvimento virtual de produto, e assim podem ser alcançadas reduções de custo e tempo e melhorias de qualidade, pois mudanças ou correções na fase de prototipagem podem ser facilmente elaboradas no ambiente virtual, apenas alterando sua programação. Entretanto, ressaltam que tais alterações no protótipo real exigiriam a construção de novos protótipos (novos Tornos CNC ou parte destes trocadas, acarretando custo com matéria prima, mão-de-obra e instalações e necessidade de mais tempo).

A aprendizagem por tentativa e erro pode ser cara e perigosa, considerando que a simulação virtual nem sempre permite representar fielmente o ambiente produtivo e a ação de produção. Em contrapartida, o uso de “Máquinas CNC didáticas” envolve um custo menor que a aprendizagem por tentativa e erro, pois como a máquina é construída para fins didáticos e não de produção, tem o seu preço reduzido e possibilita um treinamento em condições mais reais de produção do que a aprendizagem por simuladores virtuais (Amic *apud* Nascimento, Abrão & Rubio, 2000).

2.1.2 Fresamento

STOETERAU (2007) detalha que há duas diferenças principais entre torneamento e fresamento: a cinemática dos processos e as formas por eles geradas. Isto porque no torneamento a peça rotaciona e a ferramenta translada, ao contrário do que acontece no

fresamento, em que a ferramenta gira em torno de seu próprio eixo e a peça é que translada. Desta forma, as peças torneadas são caracterizadas por apresentarem simetria de revolução enquanto peças produzidas por fresamento possuem formas prismáticas.

ROSA (2004) revela que diante do fato que a ferramenta utilizada no fresamento ter poder multi-cortante (fresa), confere à peça a possibilidade de se apresentar sob as mais variadas formas. Assim, explica-se que esta operação assume um caráter de versatilidade, em face das várias superfícies necessárias numa peça em usinagem e, em consequência disso, o fresamento apresenta condições suficientes para competir com a furação, com o alargamento, e o aplainamento.

Conforme AMORIM (2003), o fresamento pode ser caracterizado de duas formas: Tangencial/ Periférico ou Frontal/ de Topo. No primeiro, a ferramenta possui superfície cilíndrica que apresenta dentes ativos em sua periferia e o eixo da ferramenta é paralelo à superfície a ser usinada. Por outro lado, no Fresamento frontal, os dentes ativos estão na superfície frontal da ferramenta e seu eixo é perpendicular à superfície a ser usinada, são representados pela Figura 2.

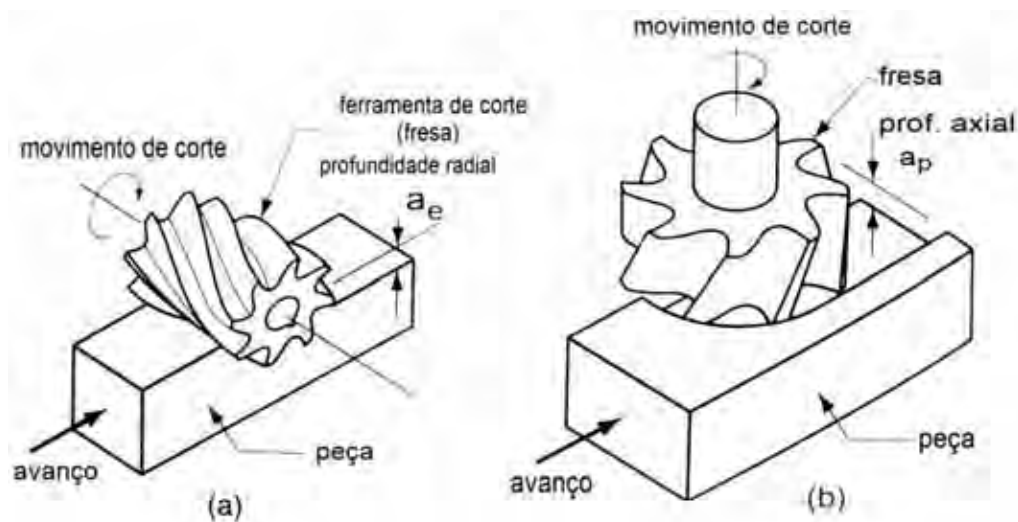


Figura 2 – Métodos usuais de fresamento: (a) tangencial, (b) faceamento (GROOVER *apud* GUENZA, 2008).

Das classificações dos diversificados tipos de fresadoras disponíveis no mercado, as principais levam em consideração: O tipo de avanço (manual ou automático), a estrutura (de oficina/ ferramentaria ou de produção), a posição do eixo-árvore em relação a mesa de trabalho ou o número de eixo simultâneos (Vertical, Horizontal, Universal, Duplex, Tríplice, Multiplex e Especiais) e a sua aplicação: Pantográfica (fresadora gravadora), Chaveteira (específica para fazer chavetas internas e/ou

externas), Convencional, Dentadora (específica para usinar engrenagens) e Copiadora (o apalpador toca um modelo e a ferramenta o reproduz na peça). (GORGULHO, 2003).

STOETERAU (2007) resume que as superfícies obtidas pelas operações de fresamento podem ser: Planas, Circulares, Rosqueadas ou Perfiladas.

GUENZA (2008) classifica os movimentos de fresamento como Concordante ou Discordante (Figura 3). Ele define como Concordante os movimentos de corte e avanço que apresentam, aproximadamente, o mesmo sentido. Neste, a ferramenta empurra a peça contra a mesa da máquina, compensando deficiências de fixação. A classificação discordante é apresentada para operações de fresamento cujo sentido do movimento de corte é contrário ao avanço. Este é recomendado para máquinas com folga, pois a ferramenta tende a levantar a peça, exigindo sistemas de fixação mais rígidos.

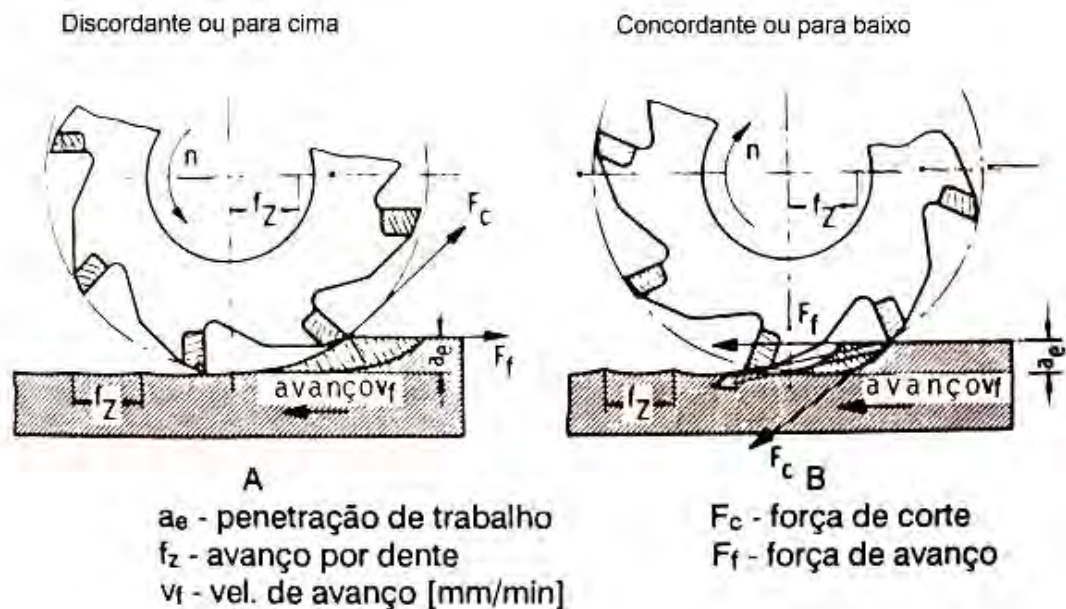


Figura 3 – Técnicas de fresamento: A- discordante B- concordante (STEMMER, *apud* GUENZA (2008))

2.1.3 Retificação

FERNANDES (2007) resume o processo de Retificação como um processo de usinagem que utiliza partículas abrasivas como meio para a remoção de material, sendo necessárias elevadas temperaturas, as quais podem prejudicar a qualidade superficial final da peça, por motivos diversos, tais como queima superficial, mudanças microestruturais, tensões residuais.

O autor apresenta como alternativa de controle térmico do processo o uso de fluido de corte, dadas as principais funções como: refrigeração, lubrificação, remoção de cavaco e proteção anticorrosiva. Entretanto, alerta para o fato de que a sua utilização pode causar uma série de prejuízos como danos ao meio ambiente, à saúde dos operadores de máquinas, elevados custos com compra, manutenção e descarte, etc. Com base nisso, torna-se imprescindível a busca de novos métodos de aplicação na racionalização desse produto.

YOSHIDA (2004) define o processo de retificação como a remoção de material realizada por desgaste abrasivo, com o uso do rebolo (ou disco de retífica), Figura 4. Explica que este é constituído, basicamente, por um aglomerado de partículas duras (abrasivas) unidas por um ligante, e que a eficiência do processo depende do tipo do abrasivo empregado, do ligante e da porosidade existente.



Figura 4 – Processo de retificação (UDDEHOLM apud YOSHIDA, 2004).

O autor ainda esclarece que o corte da peça retificada está diretamente relacionado ao grão abrasivo, sendo o ligante responsável por manter a localização ótima do grão e a porosidade (espaço vazio entre os grãos) e exerce o importante papel de conduzir o fluido refrigerante para a peça e dar espaço para os cavacos.

Segundo COSTA (2006), as ferramentas abrasivas utilizadas no processo são de revolução e, quanto aos movimentos de corte, a ferramenta gira e a peça pode girar ou não, varia para cada caso, a peça ou a ferramenta podem se deslocar segundo uma trajetória de corte.

AMORIM (2003) esclarece que o processo de retificação tem baixa remoção de material (cavaco), tolerâncias apertadas e baixa rugosidade, sendo a última operação e, geralmente utilizada para conferir dimensão e acabamento final à peça. Ele classifica as operações sob 3 aspectos: segundo a dureza da peça usinada (peças com ou sem

tratamentos térmicos); a superfície a ser usinada (Retificação Cilíndrica ou Plana) e, os perfis a serem retificados (geradas pelo perfil do rebolo).

2.1.4 Eletroerosão

SCHMIDT & SABO (2008) definem eletroerosão como o processo de destruição de partículas metálicas por meio de sucessivas descargas elétricas que ocorrem entre um eletrodo e uma peça, através de um líquido dielétrico conhecido pela sigla EDM = *Electrical Discharge Machining*. Distintamente dos processos convencionais de usinagem, não são formadas tensões resultantes das forças de corte, pois não há contato entre a ferramenta e a peça.

Eles partem do pressuposto de que para a ocorrência da eletroerosão é necessário que os materiais envolvidos sejam bons condutores de eletricidade. Então explicam o processo como submersão da peça em um líquido, que permite dissipação do calor gerado, e, posteriormente, às descargas, que se dão à ligação, tanto a peça como os eletrodos, à uma fonte de corrente contínua por meio de cabos, sendo, normalmente, o eletrodo de polaridade positiva e a peça, de polaridade negativa.

Mediante os dois principais tipos de eletroerosão, os autores explicam que na eletroerosão a fio o corte dos materiais condutivos através das descargas elétricas é feito durante o percurso de um fino eletrodo que segue um caminho programado, e enquanto a eletroerosão por penetração é feita por meio do avanço do eletrodo, com formato específico, para a furação ou gravação (transferência de uma imagem à peça).

YOSHIDA (2002) defende que ambos os processos de Eletroerosão, a Fio ou de Penetração, são largamente utilizados na indústria fabricante de ferramentas, principalmente por permitirem usinagem após o processo de têmpera, o que não é comumente possível em outros processos convencionais de usinagem.

2.2 Aços

Dentre as ligas metálicas mais utilizadas nos processos de usinagem, o aço é a que mais se destaca.

MODENESI (2004) define aços como ligas de carbono (até 2% de composição), ferro e outros elementos resultantes de seu processo de fabricação ou adicionados com a finalidade de se obter as propriedades desejadas. Ele explica que o aço possui estrutura cristalina cúbica de corpo centrado à temperatura ambiente e que, em suma, seus diferentes tipos podem ser definidos segundo a sua composição química, microestrutura, propriedades mecânicas ou características de fabricação.

MAMEDE (1999) complementa que essa liga metálica é obtida basicamente pelo refino do ferro-gusa, sintetizado em altos-fornos de 20 a 30 m de altura, em temperatura próxima a 1500° C.

Segundo O Instituto Aço Brasil (2012), o aço é a liga metálica mais utilizada no Brasil (Tabela I).

Tabela I – Produção siderúrgica brasileira (INSTITUTO AÇO BRASIL, 2012).

| PRODUTOS | JAN/OUT | | 12/11 (%) | AGO 2012 | SET 2012 | OUTUBRO | | 12/11 (%) | ÚLTIMOS 12 MESES |
|-----------------------------------|----------|----------|--------------|-------------|-------------|---------|---------|--------------|---------------------|
| | 2012(*) | 2011 | | | | 2012(*) | 2011 | | |
| AÇO BRUTO | 29.230,2 | 29.769,3 | (1,8) | 2.871,0 | 2.863,8 | 3.153,8 | 2.927,9 | 7,7 | 34.681,0 |
| LAMINADOS | 22.117,6 | 21.384,2 | 3,4 | 2.277,7 | 2.176,3 | 2.277,7 | 2.141,0 | 6,4 | 25.973,3 |
| PLAÇOS | 12.845,7 | 12.066,4 | 6,5 | 1.303,9 | 1.259,5 | 1.344,1 | 1.135,2 | 18,4 | 15.044,2 |
| LONGOS | 9.271,9 | 9.317,8 | (0,5) | 973,8 | 916,8 | 933,6 | 1.005,8 | (7,2) | 10.929,1 |
| SEMI-ACABADOS P/ VENDAS | 5.889,3 | 6.698,8 | (12,1) | 505,7 | 441,3 | 619,6 | 710,9 | (12,8) | 7.228,3 |
| PLACAS | 4.950,9 | 5.668,6 | (12,7) | 421,8 | 385,7 | 512,4 | 598,4 | (14,4) | 6.027,5 |
| LINGOTES, BLOCOS E TARUGOS | 938,4 | 1.030,2 | (8,9) | 83,9 | 55,6 | 107,2 | 112,5 | (4,7) | 1.200,8 |
| FERRO-GUSA (USINAS INTEGRADAS) | 22.561,0 | 23.155,2 | (2,6) | 2.201,3 | 2.206,4 | 2.442,0 | 2.219,6 | 10,0 | 26.996,6 |

(*) Dados Preliminares

Unid.: 10³t

O Instituto esclarece que, dentro do alto-fornos a reação ocorre por redução, o carbono se une ao oxigênio que se desprende do minério natural na maioria das vezes, na siderurgia, carvão mineral ou vegetal, e deixa livre o ferro, o processo é dividido em três fases. Na primeira, antes de seguirem ao alto forno, o minério e o carvão são previamente preparados visando à melhoria do rendimento e economia do processo. Como fase intermediária, o minério é transformado em pelotas e o carvão é destilado, obtendo-se o produto sólido conhecido como coque, do qual se obtém, ainda, subprodutos carboquímicos.

O Instituto Aço Brasil (2012) ainda revela que neste processo de redução o ferro se liquefaz, estado em que recebe o nome de ferro gusa ou ferro de primeira fusão, e as

impurezas restantes, como calcário e sílica, por exemplo, formam a chamada escória, utilizada na fabricação de cimento. Posteriormente, no refino, o ferro gusa segue para a aciaria, ainda em estado líquido, sendo transformado em aço, mediante queima de impurezas e adições de oxigênio em fornos elétricos. Na terceira etapa do processo de fabricação do aço, ocorre a laminação, em que o aço inicia o seu estado de solidificação, sofrendo deformações mecânicas e sintetizando produtos siderúrgicos utilizados pela indústria de transformação, como chapas grossas e finas, bobinas, vergalhões, arames, perfilados, barras, etc. Afirma-se que, mediante a evolução da tecnologia, as fases de redução, refino e laminação têm seus tempos otimizados, resultando na maior velocidade de produção.

2.2.1 Aços para ferramentas

SERNA (2008) explica que a descoberta dos aços ferramentas ocorreu por casualidade, a partir da adição do tungstênio como elemento de liga, em 1868 e que permaneceu o principal elemento de liga até o ano de 1898. A partir de então, deu lugar ao molibdênio, componente do popular e vastamente utilizado aço AISI/SAE M2.

A mesma autora, ainda, esclarece que algumas propriedades desejadas são grandes influentes da microestrutura planejada aos Aços Ferramentas, tal como a alta taxa de desgaste, determinada pela resistência ao desgaste e dureza a frio e a quente (para casos de temperaturas elevadas devido à região de contato entre a ferramenta e a peça).

COSTA, JÚNIOR E AZEVEDO (1999) comentam que as características mais desejadas para uma ferramenta são uma combinação de altos valores de três propriedades: dureza, resistência e tenacidade. Exaltam, entretanto, que a ocorrência destas é, por análise prática, inversamente proporcional já que, experimentalmente se verifica que uma ferramenta com alta dureza e resistência ao desgaste têm maior predisposição ao desgaste causado por choques ou por alterações nas características de usabilidade do material. E, por outro lado, ferramentas com maior tenacidade, representam o maior número de casos de desgaste rápido.

Dentre as aplicações especificadas por MAGNABOSCO (2010) destacam-se alguns tipos de aço, com diferentes composições, largamente conhecidos no mercado:

- AISI D3 (2,0% C– 11,5% Cr – 0,2% V): estampos, matrizes de forjamento, cilindros pequenos para trabalho a quente;
- AISI H13 (0,4%C–1,0%Si–5,0%Cr–1,5%Mo–1,0%V): Ferramentas, matrizes, moldes e punções para trabalho a quente.
- AISI M2 (08%C-4%Cr-5%Mo-6%W-2%V): metais duros, em geral e aços inoxidáveis (metais corrosivos, em geral).

Tratando-se, neste trabalho, da usinagem do Punção, são mais bem evidenciadas algumas condições e propriedades do aço AISI H13.

Segundo ALMEIDA (1999), o desempenho em serviço do aço ferramenta AISI H13, pode ser elevado com o tratamento superficial de nitretação e descreve as condições em que este aço é normalmente utilizado: temperado e revenido, com dureza variando entre 53 e 55 HRC, dependendo do ciclo de revenido utilizado. Conta que, nesta condição, este aço apresenta estrutura martensítica com aspecto fino, dureza máxima de 55 HRC que é obtido no processo de revenido com temperaturas por volta de 823 K, devido à ocorrência do fenômeno de endurecimento secundário, conseqüente da precipitação de carbonetos, principalmente a do vanádio.

O autor explica que algumas das propriedades são obtidas a partir da presença de determinados elementos, conforme a Tabela II, se mantidas as devidas quantidades.

Tabela II – Elementos acrescidos à liga de aço e as propriedades desenvolvidas
(ALMEIDA, 1999).

| ELEMENTO | PROPRIEDADE/ BENEFÍCIO |
|------------|---|
| Manganês | Redução da fragilidade causada pelo enxofre |
| Silício | Aumento da resistência à oxidação |
| Vanádio | Aumento da temperabilidade (quando dissolvido) e da resistência ao revenido |
| Molibdênio | Aumenta a temperabilidade, reduz a tendência à fragilidade ao revenido, eleva a dureza a quente, a resistência a quente e a resistência à fluência. |
| Cromo | Aumentar a resistência à corrosão e oxidação, a temperabilidade, a resistência às altas temperaturas, ao desgaste e ao revenido. |

Das várias composições de aços ferramentas desenvolvidas pelas atividades e aplicações industriais, comprova-se que, para a determinação correta do tipo de ferramenta que deverá ser utilizado, é necessário definir a quantidade do elemento utilizado como substrato de ferramenta ou seu revestimento, avaliando o material a ser usinado.

LEANDRO (2009) enfatiza a tenacidade e a resistência ao choque características dos aços H11 e H13 que estão entre os aços sujeitos às mais rigorosas solicitações entre todas as aplicações. Além da composição química, a autora apresenta como fator fundamental ao atendimento das exigências de qualidade dos aços considerados o tratamento térmico.

2.3 Tratamentos térmicos

YOSHIDA; SATORI e ARRUDA (1998) definem tratamento térmico como seqüência de operações envolvendo variáveis térmicas no material a ser tratado. Ele esclarece que todos os tipos de aço devem passar por processos térmicos e, que, principalmente os aços com alto teor de carbono e elementos de liga, devem passar pelos tratamentos. Estes podem ter finalidades variadas tais como o aumento ou a diminuição da dureza; o aumento da resistência mecânica; a melhoria da resistência ao desgaste e à corrosão; a remoção de tensões internas, que podem ser provenientes de resfriamento desigual; a melhoria da ductilidade, da usinabilidade, entre outros.

GOBBI (2009) lembra que a definição da temperatura, do tempo e das taxas de aquecimento e resfriamento a serem empregados nos tratamentos das ferramentas são influenciadas pelos custos envolvidos e pelo futuro desempenho e durabilidade da peça.

Dentre os tratamentos mais utilizados se destacam: a têmpera, o revenido e, para o aço AISI H13, normalmente utilizado em punções, destaca-se, também, a nitretação.

O comportamento do aço e suas diferentes fases durante o seu esfriamento, sua transformação térmica no tempo é mostrado no diagrama TTT (Figura 5).

2.3.1 Têmpera e revenido

YOSHIDA; SATORI e ARRUDA (1998), afirmam que a têmpera tem por finalidade garantir a máxima homogeneidade das propriedades, entre o núcleo e a superfície, também deve aumentar a velocidade de resfriamento de modo a evitar excessiva precipitação de carbonetos em contorno de grão, que pode comprometer a dureza e tenacidade finais. Os autores explicam que o processo pode ocorrer por uso de

diferentes equipamentos, sendo que a têmpera a vácuo apresenta algumas vantagens em relação ao banho de sal ou têmpera em óleo: menores distorções dimensionais, necessidade de menor sobremetal, homogeneidade de aquecimento/resfriamento, melhor reprodutibilidade de processo e ausência de manuseio durante o tratamento.

Os autores sugerem para a garantia de homogeneidade microestrutural, além uma velocidade de resfriamento adequada, o uso de fornos com capacidade de resfriamento com gás sob pressão superior a 3,0 bar.

Segundo LEANDRO (2009) a tendência formação de carbonetos é mais forte na presença do titânio, do nióbio e do vanádio, sendo a tendência de formação moderada para o cromo e fraca para o manganês. Aços de alta temperabilidade, como os aços-ferramentas, são, em geral, revenidos duas vezes. No primeiro revenimento, com a peça ainda morna (60 a 90°C), ocorre alívio de tensões e a precipitação de carbonetos retidos durante a têmpera, que em certos aços pode chegar a 30% da estrutura temperada)

RIBEIRO (2007), afirma que a elevação da dureza estrutural de um material, por meio da Têmpera, é obtida quando, a partir de uma temperatura superior à crítica, provoca-se o seu resfriamento rápido, o que produz um aumento do limite de resistência à tração do aço, mas também resulta numa redução da maleabilidade e no aparecimento de tensões internas. Para atenuação dos inconvenientes da têmpera, sugere que se utilize o revenido, tratamento usualmente adotado após a mesma, tendo por objetivo aliviar as tensões internas, ajustar a dureza e diminuir a fragilidade do material, aumentando a maleabilidade e a resistência ao choque. Sendo a temperatura de aquecimento inferior à temperatura crítica, os constituintes obtidos têm estreita relação com a temperatura e com o tempo de aquecimento do material.

A transformação de temperatura no tempo, é dada pelo Diagrama TTT, no qual, é possível visualizar o comportamento do aço em uma transformação isotérmica e entender a razão da ocorrência de diversos fenômenos quando o aço é esfriado a diferentes velocidades de esfriamento.

LEANDRO (2009) explica a passagem das fases do aço, na transformação da austenita em perlita, pelo esfriamento rápido de um aço eutetóide até uma temperatura abaixo de 727°C, temperatura que é mantida constante até que toda a transformação da austenita se processe, conforme a figura 5, para aço Eutetóide e pela figura 6, para o aço hipoeutetóide.

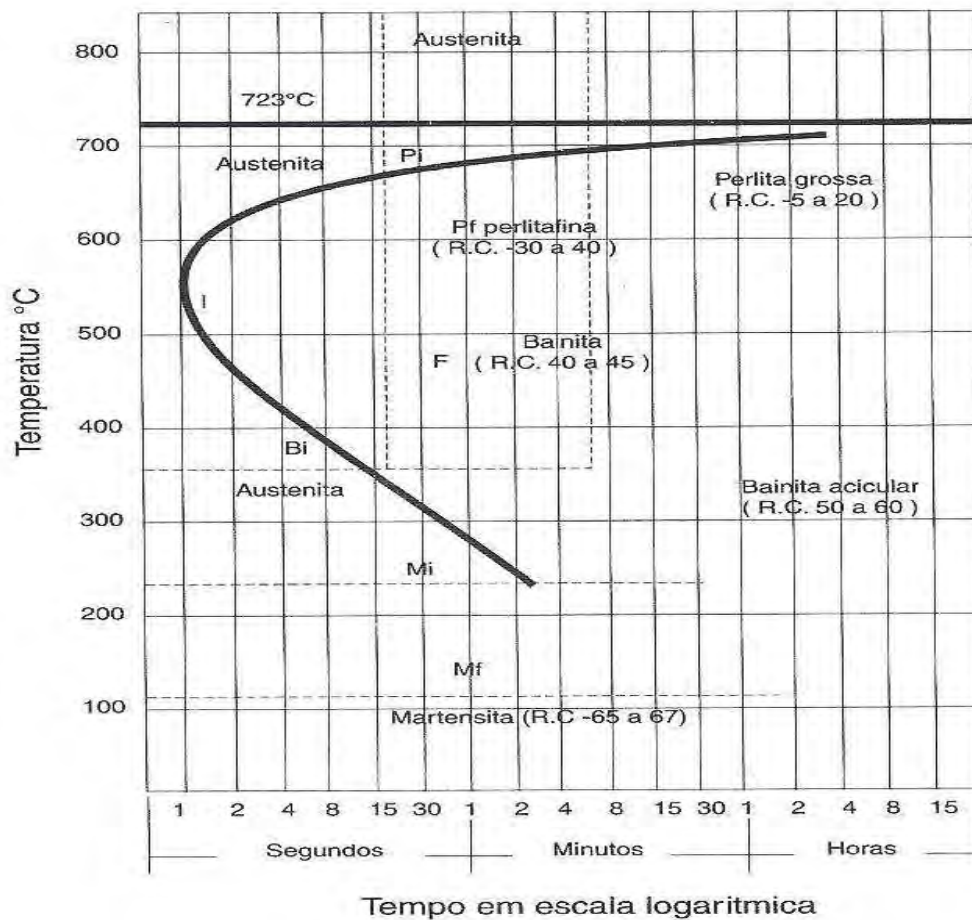


Figura 5 – Diagrama TTT, aço eutetóide (LEANDRO, 2009)

Os eixos verticais representam a temperatura e o logaritmo do tempo. Uma das curvas mostra o tempo necessário para o início da transformação e a outra a conclusão, enquanto a curva tracejada representa um estado de 50% de transformação da austenita (Chiaverini apud LEANDRO, 2009).

O tempo necessário para o início da transformação da austenita em perlita é dado pela linha em forma de C enquanto F define o tempo necessário para a conclusão desta transformação. Entretanto, para aços que não são eutetóides as curvas em C são diferentes por apresentarem temperatura crítica inferior. A Figura 6 apresenta a curva que representa a transformação de um aço hipoeutetóide e nela a linha indicada por F_i indica a separação inicial da ferrita durante o resfriamento lento, quando este entra na zona crítica (Chiaverini, apud LEANDRO, 2009).

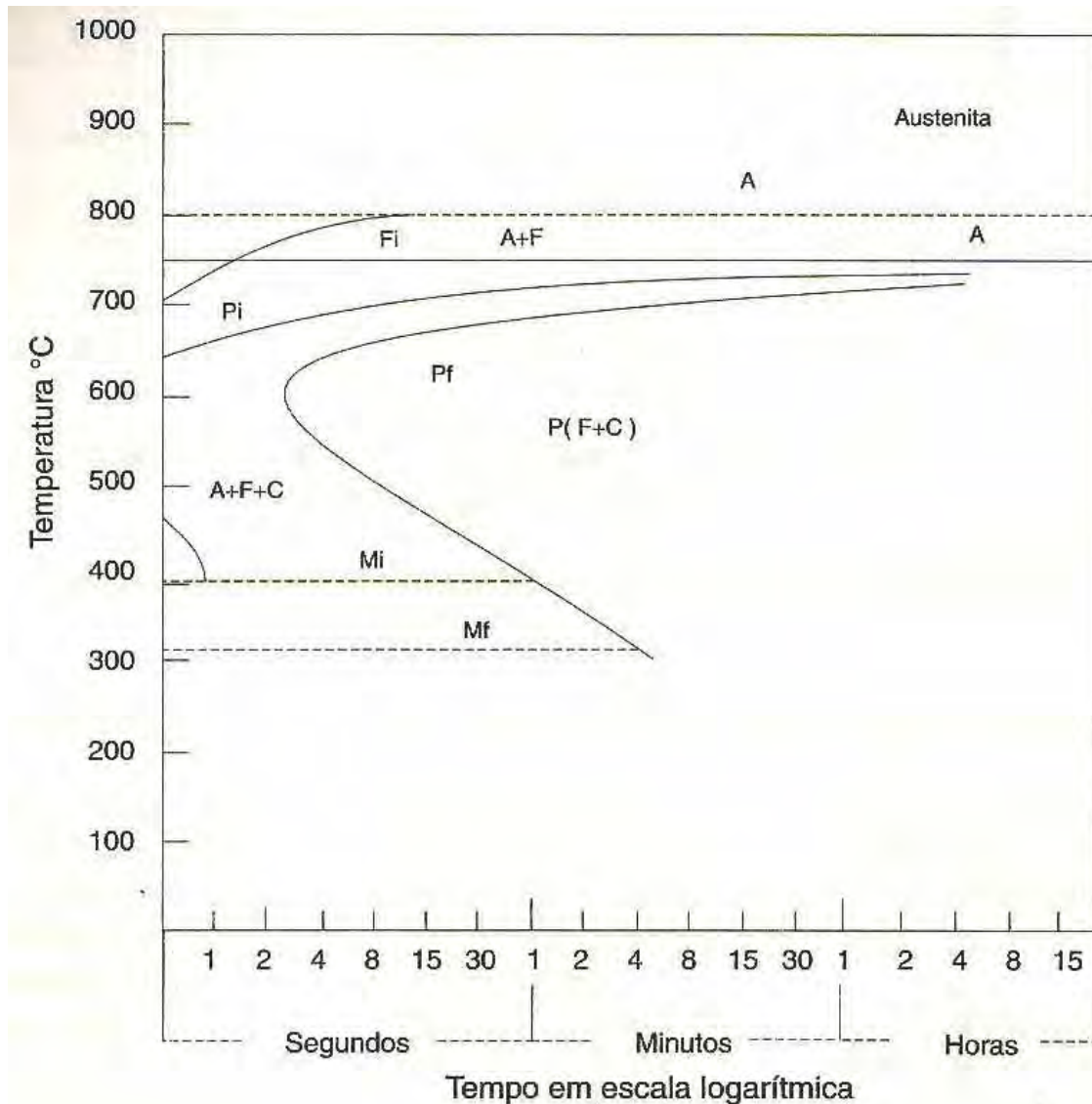


Figura 6 – Diagrama TTT, aço hipoeutetóide (LEANDRO, 2009)

A autora ainda explica a relação direta entre o teor de carbono, e a facilidade de se obter a estrutura unicamente martensítica, por resfriamento rápido, fato que, como dito anteriormente, depende da sua composição, pois os elementos podem aumentar a formação de carbonetos.

2.3.2 Nitretação

Outra forma de se tratar termicamente a superfície dos aços é através da Nitretação.

O SENAI, Serviço Nacional de Aprendizagem Industrial, do Espírito Santo (1997), define nitretação como um processo em que o aquecimento do aço a uma temperatura de 500°C a 525°C na presença de um gás denominado Nitrogênio, após algum tempo, cria uma fina camada, extremamente dura.

ALMEIDA (1999) apresenta três principais processos de nitretação: à gás, em banho de sal e por plasma. O autor constata que após este processo, aumenta-se a dureza superficial e a dureza a quente da ferramenta, tal como a resistência ao desgaste e ao revenido (item 2.3), além disso, nas ferramentas que passaram pela nitretação, foram observados casos de redução do coeficiente de atrito a seco e aumento da resistência à corrosão e à fadiga, entre outros benefícios.

2.4 Aspectos econômicos da usinagem. Custos.

Sobre o custo final de usinagem de uma peça FERRARESI, COELHO e DINIZ *et al apud* SOUZA *et al* (2006) apresentam a conclusão comum de que este seja composto de três itens principais: mão-de-obra, máquina-ferramenta e ferramenta. Os custos de mão-de-obra englobam o tempo total de confecção por peça, salário do operador e encargos relativos à hora de trabalho. Enquanto, os custos de máquina-ferramenta envolvem o número de horas de trabalho previstas por ano, o valor inicial de aquisição da máquina-ferramenta, a idade da máquina-ferramenta, a vida prevista para a máquina-ferramenta, a taxa anual de juros, o espaço ocupado pela máquina-ferramenta, seu custo de manutenção e o custo da área ocupada pela máquina-ferramenta. E, por último, para a formação do custo da peça, inclui-se o custo da ferramenta delimitado pelo número de peças usinadas na vida útil da ferramenta.

UDDEHOLM apud YOSHIDA; SARTORI e ARRUDA (1998) também resumem o custo da peça em três elementos centrais, sendo eles:

- 1- Custos de fabricação (usinagem, projeto) que representam cerca de 85% dos custos;
- 2- Custo do aço ferramenta que representam, aproximados 10% do custo total e
- 3- Custos dos tratamentos térmicos, relativos aos demais 5% do custo total.

A Figura 7 ilustra alguns dos fatores a serem considerados na formação dos custos das ferramentas.



Figura 7 – O “ICEBERG” dos custos de uma ferramenta. (UDDEHOLM apud YOSHIDA; SARTORI e ARRUDA, 1998).

Os custos se estendem, ainda, ao controle de qualidade. Para Coppini (2006), os vários custos que influenciam na manufatura de uma peça usinada podem ser divididos em duas categorias: (1) Envolvidos ao processo: como ferramentas, capacidade produtiva (máquinas e mão-de-obra), (2) Não diretamente envolvida ao processo: como custos de controle de qualidade, matéria-prima, mão-de-obra indireta.

O SEBRAE MG, Serviço Brasileiro de Apoio a Micro e Pequenas Empresas de Minas Gerais (2010), sugere a construção de uma planilha e detalha os requisitos necessários para a formulação de custos de acordo com o tipo de empresa. Para as empresas industriais relaciona-a a medida da matéria-prima e ao valor da mão-de-obra utilizada em cada processo de produção, para cada um dos produtos.

Segundo Garrison e Noreen (2001); Martins (2003); Hornegren, Foster e Datar (2000) os custos podem ser classificados segundo duas características: uma pela “apropriação ao objeto de custo” e outra pelo “comportamento em relação à variação do volume de produção”. Quanto a sua Apropriação, Custos Diretos seriam aqueles com fácil e direta identificação quanto ao objeto de custo em causa, em contrapartida os Custos Indiretos seriam aqueles que não podem ser facilmente identificados ao objeto. Já, sob a vertente da previsão de Comportamento: a) Custos Variáveis: são aqueles cujo total varia na razão direta das alterações do nível de atividade; b) Custos Fixos: são

aqueles cujo total permanece constante, independentemente das alterações no nível de atividade.

Para tanto, o SEBRAE orienta sobre a necessidade de preencher uma destas planilhas para cada produto, com a data de sua elaboração e da realização de outro levantamento de dados, com vistas às suas atualizações. Devem ser descritas as principais matérias-primas utilizadas nos processos de fabricação do produto especificando a unidade de medida referente a cada matéria-prima e o valor referente ao preço por esta unidade, sendo necessária a exclusão do valor referente ao ICMS destacado na compra para determinar o custo do material empregado.

Para o cálculo dos custos relacionados à mão-de-obra, o Serviço sugere fazer um resumo da folha de pagamento mensal dos funcionários diretamente ligados à produção, das horas trabalhadas por mês, incluindo horas extras, aos pagamentos não detalhados em folha e encargos sociais incidentes sobre a folha de pagamento. Assim, delimita-se o custo total da mão-de-obra direta à multiplicação do custo hora da mão-de-obra direta pelo tempo gasto na fabricação do produto.

Posteriormente, orienta determinar as despesas fixas e despesas administrativas da empresa, calculando-se o rateio das despesas fixas: divisão das despesas fixas total pelo total de horas disponíveis no mês e multiplicação desta pelo tempo gasto no serviço.

Berto apud SOUZA, AVELAR e BOINA (2008) apresenta os três principais métodos de custeio da literatura: o custeio por absorção, o custeio variável (ou direto) e o custeio baseado em atividades (Activity-Based Costing – ABC).

Para delimitar o custeio por absorção se baseiam em Moinuddin et al.(2007) que afirmam que o método tradicional se originou a partir de métodos derivados da aplicação dos princípios contábeis geralmente aceitos e, de acordo com Hansen e Mowen (2006) explicam que este método atribui custos variáveis e uma parte dos custos fixos a cada unidade de produto fabricada. Para tanto, tomam por base alocações variadas, como horas de mão-de-obra direta, horas-máquina e custo dos materiais diretos.

Alegam que o custeio por absorção é usual no controle de estoques de mercadorias e na avaliação dos custos dos produtos pela contabilidade financeira. Para delimitar o custeio variável (ou direto), consideram as idéias de Vartanian (2000) e Frossard (2003) de que a apropriação dos custos aos produtos fabricados seja composta,

exclusivamente, pelos custos variáveis, que direta proporcionalmente com volume de produção (mão-de-obra direta e materiais diretos, método de custeio bastante utilizado para fins gerenciais, por permitir a realização de várias análises a partir das informações geradas). Por fim, o último método de custeio apresentados pelos autores, o ABC, é conceituado a partir da quantificação das atividades realizadas pela empresa.

CRUZ (2010), explica que, no método ABC, os recursos são representados pelos custos e despesas sendo consumidos pelas atividades. Alegam que esta ferramenta pode ser muito útil para decisões gerenciais quanto ao emprego dos recursos nas diferentes atividades, entretanto, na coleta de informações, se torna custosa e trabalhosa.

Mediante este fato, o autor disserta sobre o método TDABC, que atribui os custos aos recursos pela estimativa da taxa de custos de capacidade do departamento e o uso da capacidade para cada transação processada no departamento. Para tanto, a soma dos custos de todos os recursos (mão-de-obra, supervisores, propriedade, tecnologia e suprimentos) é dividida pela capacidade disponível (tempo de trabalho ou funcionamento subtraído de todo o tempo referente às paradas na produção).

SOUZA et al (2006), se baseiam na teoria das restrições, explicam que um dos maiores desafios à nível de decisões gerenciais ocorrem quando se deve considerar, simultaneamente, o ótimo desempenho operacional local e o objetivo do sistema organizacional como um todo, dada a interdependência entre a limitação dos recursos disponíveis. Como aspecto econômico, lembram que, para máquinas consideradas gargalo, existe uma velocidade de corte que maximiza o ganho total gerado por um tipo de peça, considerando apenas os custos que efetivamente variam com a quantidade produzida e vendida.

3 MATERIAIS E MÉTODOS

O tipo de pesquisa utilizado na elaboração deste trabalho foi o estudo de caso. MIGUEL (2007) define o estudo de caso como uma investigação de natureza empírica para um determinado fenômeno, dentro de um contexto real de vida, valendo-se de uma análise aprofundada que possibilite o amplo e detalhado conhecimento acerca de um problema não suficientemente definido. Diante disso, visa-se estimular a compreensão, sugerir hipóteses e questões ou desenvolver uma teoria.

Para TREJO (2008), o ponto forte do estudo de caso é sua capacidade de explorar processos à medida que esses ocorrem nas organizações e permitir ao pesquisador concentrar-se em um aspecto ou situação específica e identificar, ou tentar identificar, os diversos processos que interagem no contexto estudado.

Este é um trabalho de caráter exploratório que se baseará num estudo bibliográfico para investigar um caso de formulação de custos em uma metalúrgica de pequeno porte situada na cidade de Jundiaí, interior de São Paulo.

3.1 Os processos de fabricação do Punção

Os processos de fabricação do produto em investigação serão delimitados, as informações serão coletadas junto à engenharia e produção, baseada nos processos de usinagem já abordados na revisão teórica.

Posteriormente, mediante a construção das necessidades reais de fabricação deste produto, o Punção, os custos serão coletados junto ao departamento Financeiro e Pessoal e então, analisados, agrupados e sintetizados.

Para os processos que são terceirizados o valor a ser utilizado é o último valor pago pelo serviço.

3.2 A formulação de custos do Punção

Por se tratar de uma pequena empresa, optou-se por seguir a metodologia de custeio sugerida pelo SEBRAE. Escolher-se-á, dentre os métodos apresentados para a formulação de custos, o de custeio variável, devido à sua maior simplicidade, visto que este será o primeiro estudo de custos realizado na empresa em foco. E, deste modo, poder-se-á verificar quais foram os erros incorridos nas formulações de custos anteriores, baseados em custos de mercado, que, conforme já detectado pela administração da empresa em questão, repercutiu em casos de prejuízos relativamente significantes.

Para verificar por que motivos se incorreram os erros na formulação de custos utilizada anteriormente pela empresa, esta será comparada à nova formulação de custos da Punção. Para tanto, serão descritas as principais matérias-primas utilizadas nos processos de fabricação deste produto, especificando a unidade de medida referente a cada matéria-prima e o valor referente ao preço por esta unidade, excluindo-se o valor referente ao ICMS destacado na compra.

Para a obtenção dos custos de mão de obra, far-se-á um resumo da folha de pagamento mensal dos funcionários diretamente ligados à produção, das horas trabalhadas por mês, incluindo horas extras, aos pagamentos não detalhados em folha e encargos sociais incidentes sobre a folha de pagamento. Assim, se delimitará o custo total da mão-de-obra direta com a multiplicação do custo hora da mão-de-obra direta pelo tempo gasto na fabricação do produto.

Deste modo, o custo da peça será regulado pelo tempo necessário para cada centro de operação, como torno convencional, por exemplo. Serão apurados custos de honorários (incluindo férias, benefícios, décimo terceiro, horas extras e adicionais), custos das ferramentas, óleo lubrificante e refrigerante, energia, manutenção e a depreciação das máquinas. Os custos do ano, incluindo todas as máquinas de cada tipo de operação, serão somados, e, apresentar-se a média destes para o cálculo do custo e do preço que será utilizado no orçamento do produto analisado, dado que este será nivelado com o preço de mercado.

Posteriormente, determinar-se-á as despesas fixas e despesas administrativas da empresa, calculando-se o rateio das despesas fixas: divisão das despesas fixas total

anual pelo total de horas disponíveis no ano e multiplicação desta pelo tempo gasto no serviço. Para o rateamento dos custos indiretos, também se utilizará as informações referentes ao ano de 2011, os custos serão totalizados e divididos entre as horas efetivas de produção da empresa no referido ano.

Assim, para calcular os custos da peça serão somados: preço de matéria-prima, custos de hora máquina de cada operação acrescido do custo indireto, também calculado por hora de operação e, ainda, será somado o custo de impostos.

4 DESENVOLVIMENTO DO TRABALHO

Com as informações coletadas junto ao departamento Financeiro e Recursos Humanos, foi possível analisar, agrupar e calcular os custos da empresa segundo a orientação recomendada pelo SEBRAE para empresas de pequeno porte.

O custeio utilizado se baseia na distinção dos custos e despesas, separando-os em diretos e indiretos.

O custo direto inclui matéria-prima e custo de operação (hora-máquina e mão-de-obra).

No cálculo dos custos diretos relacionados à mão-de-obra, considerando as informações anuais referentes a 2011, fez-se um resumo da folha de pagamento, conforme sugerido pelo Serviço Brasileiro, e uma média mensal dos funcionários diretamente ligados à produção, das horas trabalhadas por mês, incluindo horas extras, aos pagamentos não detalhados em folha e encargos sociais incidentes sobre a folha de pagamento. Assim, delimitou-se o custo total da mão-de-obra direta à multiplicação do custo hora da mão-de-obra direta somada aos custos da operação da máquina pelo tempo gasto na fabricação do produto para cada operação, o que se denominou de custo por centro de operação.

Posteriormente, orienta determinar os custos indiretos, que incluem as despesas fixas e despesas administrativas da empresa, calculando-se o rateio das despesas fixas: divisão das despesas fixas total pelo total de horas disponíveis no mês e multiplicação desta pelo tempo gasto no serviço.

Deste modo, o custo total será dado pela soma dos custos de matéria prima e os custos por horas de cada processo, que incluem os custos diretos (mão-de-obra e hora máquina) e indiretos (administrativos), baseados no total gasto ao longo do ano de 2011, divididos pelo total de horas efetivamente trabalhadas no ano.

4.1 Custos diretos

Os custos diretos serão: matéria-prima e custos por hora de cada processo.

4.1.1 Matéria-prima

O material utilizado na punção em estudo foi o aço H13, nas dimensões utilizadas Ø89 x 242mm, atualmente é adquirido pela empresa ao custo de R\$ 222,00.

4.1.2 Custos diretos por hora de processo

Além dos custos com matéria-prima, insumos e materiais a serem consumidos para a fabricação, devem ser calculados os custos diretos, referentes a cada hora utilizada para cada processo, chamados custos variáveis.

Dos estudos realizados, referentes às informações do ano de 2011, considerando os custos variáveis, calculados por hora de trabalho de cada centro de operação.

Os centros de operação, definidos conforme o tipo de máquina, são designados como: Centro de Usinagem (inclui uma máquina e dois operadores de diferentes turnos) Torno CNC (inclui uma máquina e dois operadores de diferentes turnos), Torno Convencional (inclui três máquinas e três operadores de um turno único), Fresa (três máquinas e quatro operadores, sendo que duas operam em turno único e uma opera sob dois turnos) e Finalização (três funcionários trabalham manualmente em um único turno).

Os custos variáveis incluem informações referentes às horas extras de cada centro de operação, custos de ferramentas, óleo lubrificante e refrigerante, energia, manutenção e a depreciação das máquinas, obtiveram-se os seguintes custos diretos por hora para cada operação:

Centro de Usinagem: R\$ 42,63;

Torno CNC: R\$ 56,93

Torno convencional: R\$ 34,10

Fresa: R\$ 36,47 e

Finalização: R\$ 13,44

A Tabela III mostra maiores detalhes sobre o resultado encontrado.

Tabela III – Custos diretos e variáveis

| CENTRO DE USINAGEM | | Custo anual médio (R\$) |
|--|--------------|--------------------------------|
| Lubrificantes (litros), ferramentas e outros | | 108.136,80 |
| Manutenção | | 11.468,50 |
| Operador(es) | | 124.035,66 |
| Depreciação | | 8.283,33 |
| Energia Kwh | | 1.920,00 |
| | TOTAL | 253.844,29 |
| TOTAL HORAS TRABALHADAS/ ANO | | 5.955 |
| CUSTO/ HORA TRABALHO | | R\$ 42,62 |
| TORNO CNC | | Custo anual médio (R\$) |
| Lubrificantes (litros), ferramentas e outros | | 13.517,10 |
| Manutenção | | 5.734,25 |
| Operador(es) | | 121.480,11 |
| Depreciação | | 10.200,00 |
| Energia Kwh | | 960,00 |
| | TOTAL | 151.891,46 |
| TOTAL HORAS TRABALHADAS/ ANO | | 2.707 |
| CUSTO/ HORA TRABALHO | | R\$ 56,09 |
| TORNO CONVENCIONAL | | Custo anual médio (R\$) |
| Lubrificantes (litros), ferramentas e outros | | 81.102,60 |
| Manutenção | | 11.468,50 |
| Operador(es) | | 91.231,66 |
| Depreciação | | 1.866,66 |
| Energia Kwh | | 1.920,00 |
| | TOTAL | 187.589,42 |
| TOTAL HORAS TRABALHADAS/ ANO | | 550 |
| CUSTO/ HORA TRABALHO | | R\$ 34,10 |
| FRESADORA | | Custo anual médio (R\$) |
| Lubrificantes (litros), ferramentas e outros | | 162.205,20 |
| Manutenção | | 22.937,00 |
| Operador(es) | | 202.328,36 |
| Depreciação | | 2.293,33 |
| Energia Kwh | | 3.840,00 |
| | TOTAL | 39.3603,89 |
| TOTAL HORAS TRABALHADAS/ ANO | | 10.793 |
| CUSTO/ HORA TRABALHO | | R\$ 36,46 |
| FINALIZAÇÃO | | Custo anual médio (R\$) |
| Lubrificantes (litros), ferramentas e outros | | 40.551,30 |
| Manutenção | | 11.468,50 |
| Operador(es) | | 40.094,83 |
| Depreciação | | 166,66 |
| Energia Kwh | | 240,00 |
| | TOTAL | 92.521,30 |
| TOTAL HORAS TRABALHADAS/ ANO | | 6.882 |
| CUSTO/ HORA TRABALHO | | R\$ 13,44 |

Soma-se a estes custos diretos, por hora de processo, os custos indiretos (custos fixos e despesas fixas) gasto a cada hora de trabalho na empresa.

4.2 Custos indiretos

Os custos indiretos são listados como: despesas fixas (Tabela IV) e custos fixos (Tabela V). Este valor inclui como despesas fixas os gastos fixos referentes aos departamentos administrativos (Compras, Vendas, PCP, Fiscal e RH) e como Custos fixos os gastos fixos voltados aos setores de produção, a divisão de custos comuns a ambos departamentos, é feita através de rateios. O aluguel, a água e o restante da conta de luz, após subtração do consumo das máquinas de produção, por exemplo, foram rateados através da área ocupada por cada setor. Ar condicionado e equipamentos de informática foram rateados pela quantidade de cada equipamento por departamento. Acrescenta-se aos custos fixos os gastos referentes aos fretes, controle de qualidade e embalagem, e às despesas fixas, o salário do pessoal administrativo, transporte, escritório de contabilidade, etc. As Tabelas IV e V mostram os resultados finais deste rateio.

Tabela IV – Custos indiretos/Despesas fixas

| DESPESAS FIXAS | TOTAL mensal (R\$) |
|--|---------------------------|
| ÁGUA | 37,76 |
| LUZ | 1.504,96 |
| TELEFONE | 2.180,20 |
| ALUGUEL | 1.358,66 |
| ESCRITÓRIO DE CONTABILIDADE | 1.158,07 |
| SERVIÇOS/ EQUIP. INFORMÁTICA | 1.575,29 |
| SALÁRIO ADMINISTRATIVO | 9.930,85 |
| MANUTENÇÃO PREDIAL (INCLUSO REFORMAS E PINTURAS) | 2.588,71 |
| AR CONDICIONADO | 1.222,21 |
| PROPAGANDA | 216,66 |
| SEGURO | 2.758,00 |
| SISTEMA SEGURANÇA | 379,15 |
| TRANSPORTE/ GASOLINA | 1.993,88 |
| CUSTOS FIXOS ANUAL | 26.904,44 |

Tabela V – Custos indiretos/Custos fixos

| CUSTOS FIXOS | TOTAL ANUAL (R\$) |
|--|--------------------------|
| ÁGUA | 151,06 |
| LUZ | 256,44 |
| ALUGUEL | 5.434,64 |
| MAT. LIMPEZA/HIGIENE/ ESCRITÓRIO (INCLUSO GRÁFICA) | 4.865,10 |
| SERVIÇOS/ EQUIP. INFORMÁTICA | 175,03 |
| MANUTENÇÃO PREDIAL (INCLUSO REFORMAS E PINTURAS) | 1.725,81 |
| AR CONDICIONADO | 305,55 |
| TRANSPORTE/ GASOLINA | 1.993,88 |
| GASTOS FIXOS ANUAL | 178.890,50 |

Portanto, considerando-se o valor do custo indireto por hora efetiva de produção, a soma dos custos fixos e despesas fixas, dividida pelo total de 31838 horas trabalhadas em todos os centros de operação, em todo o ano de 2011 foram de R\$ 6,46. Assim, a hora máquina total, considerando os custos registrados em 2011 é:

Centro de Usinagem: R\$ 49,09;

Torno CNC: R\$ 63,39

Torno convencional: R\$ 40,56

Fresas: R\$ 42,93 e

Finalização: R\$ 20,00;

Para o cálculo do orçamento, deve-se considerar ainda um percentual de segurança, no que se refere aos gastos com mais ferramentas, ferramentas especiais, adicionais noturnos e demais horas extras que possam se tornar necessárias para a produção, dependendo da urgência de entrega do produto.

Pode-se observar que para os processos em que o limite de segurança entre os custos apurados e o preço de mercado é muito estreito, alguns custos, como o de horas extras, por exemplo, devem ser reduzidos.

Para a fabricação do produto em estudo, Punção, na empresa em pauta, são utilizados os processos: Torno, Fresa, Têmpera, Nitretação, Retífica, Eletroerosão, e gravação. As Figuras 8, 9, 10, 11 e 12 ilustram a transformação visual da peça através dos processos utilizados.

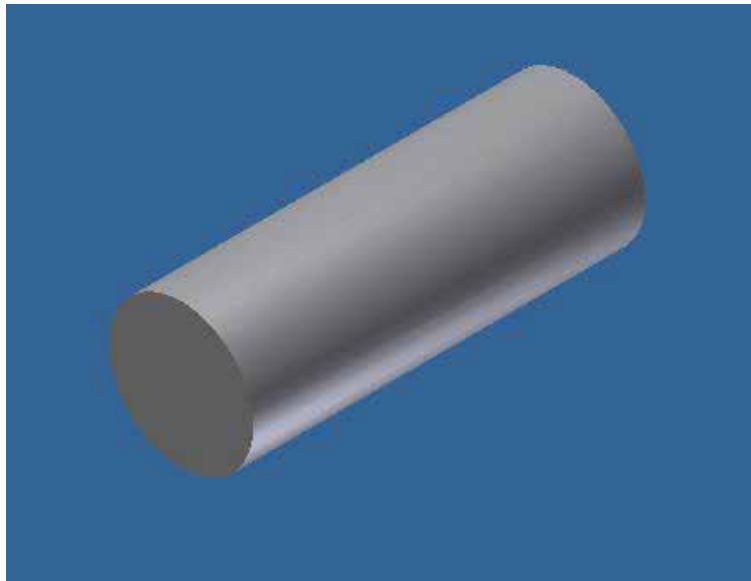


Figura 8 – Matéria-prima na forma adquirida Ø 89 x 242 mm.

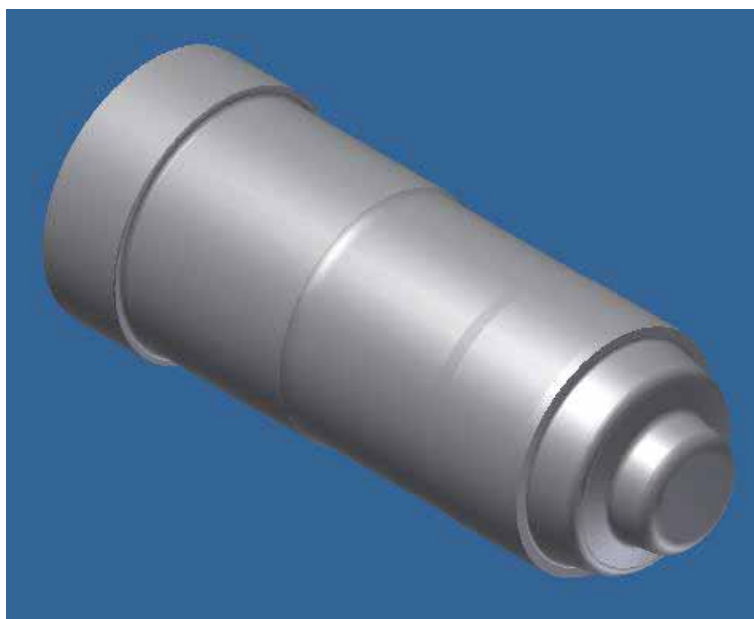


Figura 9 – Peça após primeiro processo: torneamento.

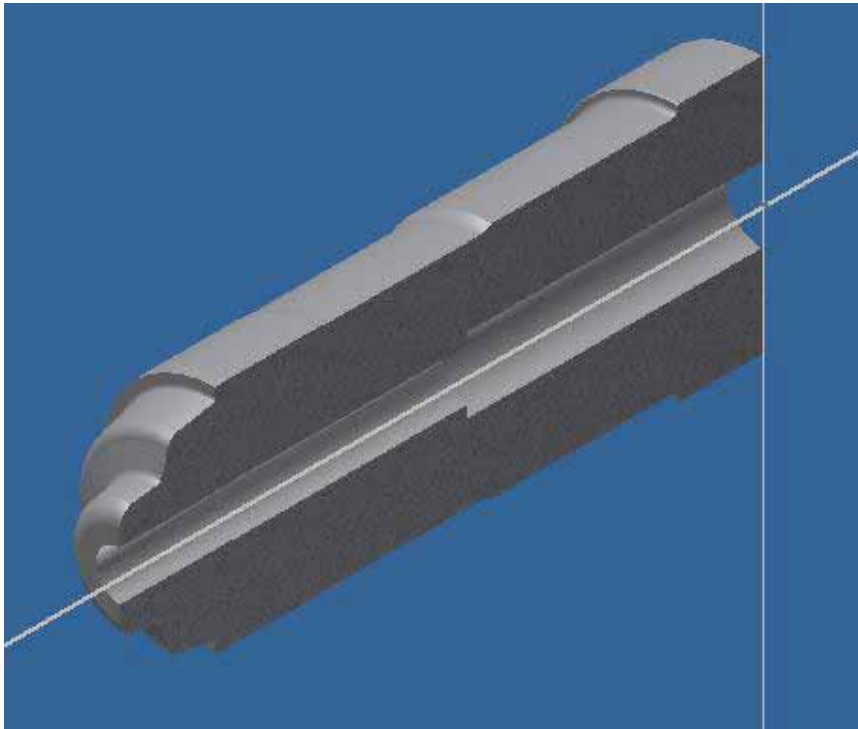


Figura 10 – Peça em corte após segundo processo: fresamento, posteriormente deve seguir para a têmpera e nitretação.

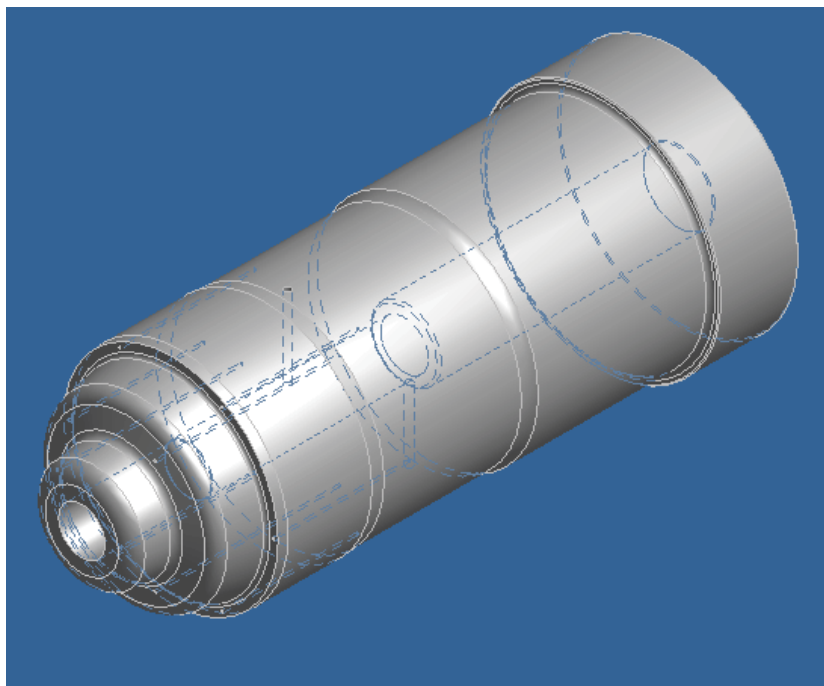


Figura 11 – Detalhe dos pequenos furos feitos no processo de eletroerosão, após tratamento térmico.

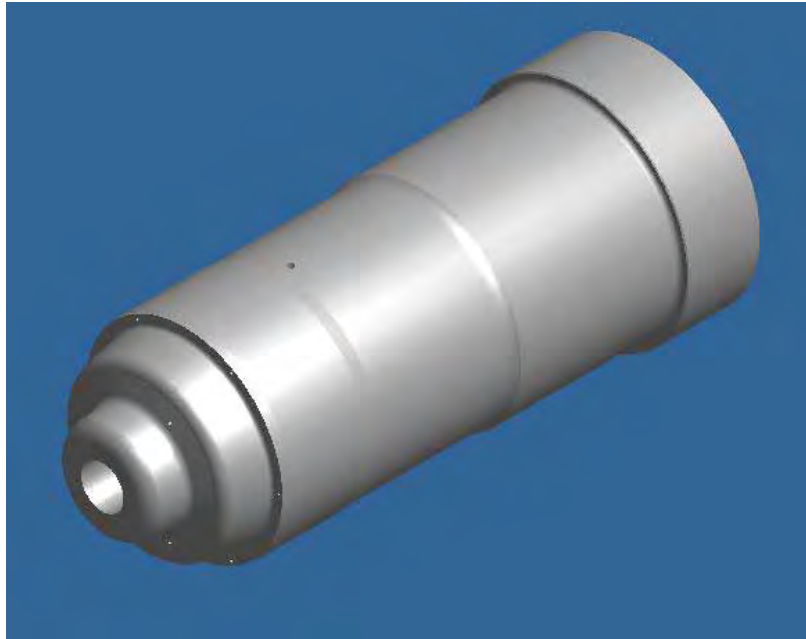


Figura 12 – Peça acabada, após sexto processo: retífica \varnothing 84 x 237mm.

Para o cálculo dos custos se utiliza, para os processos feitos internamente, os valores de hora máquina total, que incluem custos diretos e indiretos.

Torno CNC: R\$ 63,39;

Fresas: R\$ 42,93 e

Finalização: R\$ 20,00

Os processos de tratamento térmico (têmpera e nitretação), eletroerosão e retífica são terceirizados, assim, serão utilizados para o cálculo apenas os valores pagos por processo.

5 RESULTADOS E DISCUSSÕES

A Tabela VI mostra o tempo de cada processo, o custo calculado para cada um dos processos e os custos totais do Punção:

Tabela VI – Custos do Punção

| | Tempo (h) | Custos (R\$) |
|---------------|-----------|---------------------|
| Matéria-prima | | R\$ 222,00 |
| Torno CNC | 4 | R\$ 253,56 |
| Fresa | 0,5 | R\$ 21,47 |
| Trat. térmico | | R\$ 40,00 |
| Retífica | | R\$ 150,00 |
| Eletroerosão | | R\$ 330,00 |
| Finalização | 0,5 | R\$ 10,00 |
| TOTAL | | R\$ 1.017,03 |

A Figura 13 representa o percentual de cada processo envolvido na produção do Punção referente ao custo total.

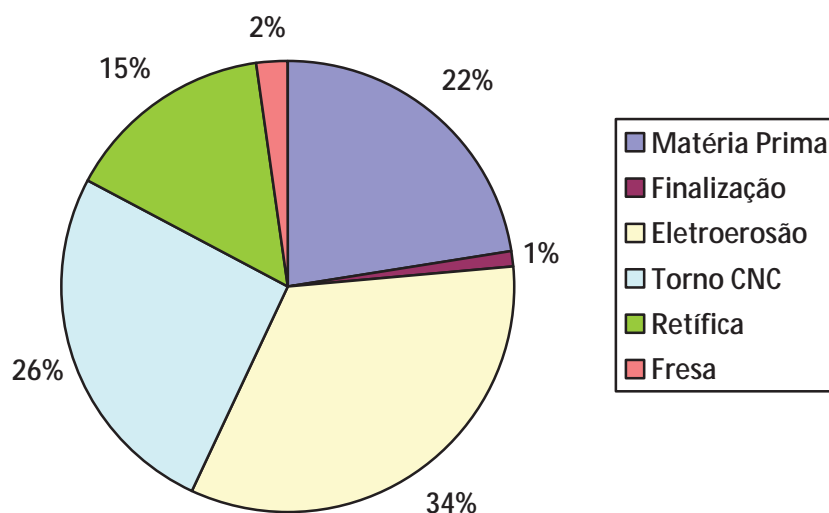


Figura 13 – Percentual de custos do Punção por processo produtivo

O preço de venda inclui, também, o lucro, na empresa em estudo se adota, normalmente, um lucro de 30% e 18 % de impostos, conforme a Tabela VII.

Tabela VII – Preço de venda do Punção

| Custos Totais | R\$ 1.017,03 |
|-----------------------|---------------------|
| Lucro 30% | R\$ 305,11 |
| impostos 18% | R\$ 237,98 |
| PREÇO DE VENDA | R\$ 1.560,12 |

Deste modo, ao vender um lote de 15 punções por R\$ 680,00 cada, a empresa obteve um prejuízo de R\$ 13.201,75.

Apesar da necessidade do estudo de custos para a formação de preços, e a prevenção de recorrentes prejuízos, como o caso estudado. Ao tratarmos do mercado de empresas de usinagem de pequeno porte, que conta com grande competitividade, e, por conseqüência, é regulador de preços, devemos considerar os preços praticados na região em estudo, neste caso, Jundiáí.

Assim, como os preços de venda são regulados pelo mercado, o aumento do lucro consiste na redução dos custos.

Através da análise do percentual dos custos verifica-se que a maior parte dos custos envolvidos consiste nos processos de erosão, torneamento em CNC e compra da matéria prima.

O valor da aquisição da matéria-prima pode ser reduzido por meio de pesquisas de mercado, parcerias com fornecedores e pelo poder de barganha praticado pela compra de volumes em escalas relativamente maiores.

Para o processo de erosão, que é terceirizado, sugere-se as mesmas medidas citadas para a compra de matéria-prima, ou até mesmo o desenvolvimento interno deste processo ou de algum outro processo com finalidade similar.

Por outro lado, para a redução dos custos do processo de torneamento em CNC, que é um processo realizado internamente, há muitas variáveis envolvidas. Uma das possibilidades de enxugá-los é a redução do tempo empregado neste processo, seja por sua otimização, seja pela sua substituição total ou parcial por outro processo de menor custo, como o torno convencional, por exemplo.

A Otimização mencionada poderia se basear no uso de ferramentas da qualidade, tais como a troca rápida de ferramentas, ou na redução dos custos envolvidos no processo: lubrificantes, ferramentas, manutenção, horas extras, entre outros, conforme a Tabela VIII.

Tabela VIII - Custos com potencial redução

| TORNO CNC | Custo anual médio (R\$) |
|--|-------------------------|
| Lubrificantes (litros), ferramentas e outros | 13.517,1 |
| Manutenção | 5.734,25 |
| Operador(es) | 121.480,11 |
| Depreciação | 10.200,00 |
| Energia Kwh | 960,00 |
| TOTAL | 15.1891,46 |

Segundo Fogliatto e Fagundes (2003), a troca rápida de ferramentas pode ser tratada como uma metodologia de redução de tempos e custos, baseado na redução dos tempos de preparação de equipamentos, possibilitando maior economia na produção de pequenos lotes.

Na Figura 14, Mardegan at al (2006) ilustra o impacto da troca rápida de ferramentas na competitividade da empresa.

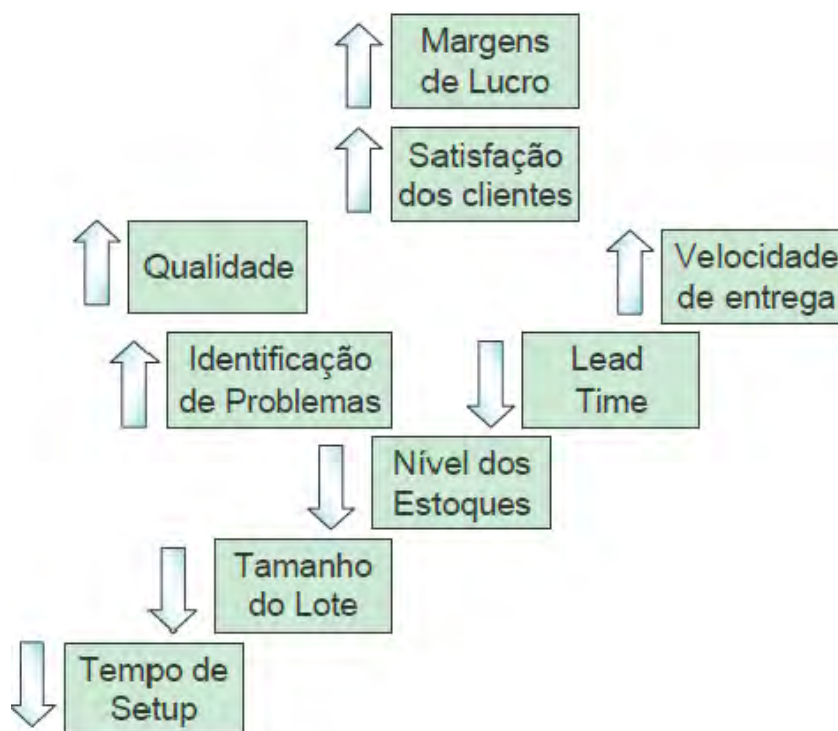


Figura 14 – O impacto da troca rápida de ferramentas na competitividade da empresa (MARDEGAN at al, 2006).

A redução de custos também pode ser baseada na concepção de redução de desperdícios da Manufatura Enxuta. A definição de desperdícios é apresentada como qualquer atividade humana que utiliza recursos, tais como capital, informações, tempo

ou energia, mas não agrega valor na concepção do cliente. Esses desperdícios são apresentados sob 7 diferentes classificações (WOMACK e JONES *apud* MARDEGAN *et al.*, 2006):

-(1) Superprodução: produzir em quantidade excessiva ou em momento anterior à necessidade;

-(2) Espera: filas criam ociosidade de pessoas, peças e informação, aumentando os *lead times*;

-(3) Transporte excessivo: deslocamento de pessoas, informação ou peças em número superior à necessidade;

-(4) Processamentos inadequados: utilização de ferramentas, sistemas ou procedimentos, inadequados, complexos demais e/ ou inefetivos;

-(5) Inventário desnecessário: armazenamento excessivo de produtos;

-(6) Movimentação desnecessária: movimentos inadequados das pessoas que prejudiquem o desempenho dos aspectos ergonômicos;

-(7) Produtos defeituosos: problemas de qualidade dos produtos, que prejudiquem o atendimento às especificações exigidas pelos clientes.

Além disso, sob um âmbito generalizado, o lucro poderia, ainda, ser maior mediante a redução dos custos fixos e indiretos citados na Tabela V.

6 CONCLUSÃO

A necessidade de praticar preços enxutos, dada a exigência de um mercado competitivo, pode gerar margens negativas, como no caso apresentado em que houve um prejuízo de R\$ 13.201,75 ao vender um lote de 15 punções por R\$ 680,00 a unidade.

Deste modo, foi feito um estudo da formulação de custos e de preço de venda, tomando por ponto de partida um produto específico. Baseando-se nas características da empresa estudada, o método de formulação de custos foi determinado conforme a orientação recomendada pelo SEBRAE para empresas de pequeno porte e chegou-se ao valor de ao valor de R\$ 1.560,12 a unidade.

Foram identificados os fatores que influenciam na formulação de custos e preços de venda; Calculados os custos diretos e indiretos envolvidos na usinagem e comercialização de produtos na empresa estudada; Modelados os métodos de custeio e de precificação utilizados e apontados fatores de potencial melhoria em tempos e métodos para os processos utilizados.

A empresa estudada é de pequeno porte e ainda possui um grande potencial de otimização de processos e custos, se comparada às líderes de mercado. Há muito por se desenvolver, em questão de tempos e métodos, no que tange às variáveis envolvidas na transformação da matéria-prima em uma indústria metalúrgica, tais como horas-máquina, horas de mão-de-obra direta e/ou indireta, tempo de *setup* (preparação inicial da máquina), tempo de troca de ferramentas, tempo de movimentação de peças, pessoas e ferramentas, etc.

Para sobreviver neste mercado a empresa não pode se submeter à recorrência de grandes margens negativas, principalmente no que reflete o erro de cálculo de custos.

REFERÊNCIAS

ALMEIDA, A. F. **Influência da preparação prévia de amostras de AISI H13 no comportamento a nitretação.** Tese de Mestrado. Curso de Ciências dos Reatores Nucleares de Potência e Tecnologia do Combustível Nuclear. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo. 1999.

AMORIM, H. **Movimentos e parâmetros de corte.** Material didático do Departamento de Mecânica. Universidade Federal do Rio Grande do Sul. Porto Alegre. 2003.

ANDRE, N. **Processos de produção industrial.** Material didático do curso de Especialização Tecnológica 2004/2005. Escola Superior de Tecnologia e Gestão do Instituto Politécnico de Leiria.

BAPTISTA, E. A.; COPPINI, N. L. **Maximizando o lucro:** otimizando processos de usinagem com auxílio de sistema especialista. In: ENCONTRO NACIONAL DE ENGENHARIA DE PRODUÇÃO, 2001, Salvador. ENEGEP 2001 - Anais de Resumos. Rio Grande do Sul: Associação Brasileira de Engenharia de Produção - ABEPRO, 2001. v. 1, p. 205.

COPPINI, N.L; DINIZ, A; MARCONDES, F. **Tecnologia da usinagem dos materiais.** *Artliber.* 5 ed. São Paulo, 2006.

COSTA, C. E. ; JUNIOR, M. V.; AZEVEDO, V. G. **Em busca da otimização da usinagem com cerâmica tendo por ferramenta a emissão acústica.** Faculdade de Eng. Mecânica. Universidade Metodista de Piracicaba. 1999.

COSTA, E. S. **Processos de usinagem.** Material didático do Curso Técnico em Eletromecânica. Centro Federal de Educação Tecnológica de Minas Gerais. Divinópolis. 2006.

CRUZ, J. B. **Proposta de modelo de formação de preços em indústrias de bens de capital sob encomenda.** Tese de Mestrado. Curso de Engenharia de Produção. Escola Politécnica. São Paulo. 2010.

FERNANDES, U. B. **Análise de métodos de lubri-refrigeração aplicados no processo de retificação cilíndrica interna de mergulho em aços endurecidos.** Trabalho de Graduação. Curso de Ciência e Tecnologia de Materiais. Universidade Estadual Paulista. Bauru. 2007.

FOGLIATTO, F. S. & FAGUNDES, P. R. M. **Troca rápida de ferramentas:** proposta metodológica e estudo de caso. *Gestão & Produção* vol.10, n.2, 2003.

FROSSARD, A. C. P. **Uma contribuição ao estudo dos métodos de custeio tradicionais e do método de custeio baseado em atividades (ABC) quanto a sua aplicação numa empresa pesqueira cearense para fins de evidenciação de resultado.** Universidade de São Paulo. Faculdade de Economia Administração e Contabilidade. São Paulo. 2003.

GARRISON, Ray H.; NOREEN, Eric W. **Contabilidade gerencial**. Rio de Janeiro: LTC, 2001.

GOBBI, S. J. **Influência do tratamento criogênico na resistência ao desgaste do aço para trabalho a frio AISI D2**. Tese de Mestrado. Curso de Ciências Mecânicas. Universidade de Brasília. Brasília. 2009.

GORGULHO, J. H. C. J. **Operação de fresamento**. Material didático do curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Itajubá. Itajubá. 2003.

GUENZA, J. E. **Análise do desempenho do fresamento em altas velocidades de corte do ferro fundido GG25 em aplicação industrial**. Tese de mestrado. Curso de Engenharia Mecânica e de Materiais. Universidade Tecnológica Federal do Paraná. Curitiba. 2008.

HANSEN, D. R.; MOWEN, M. M. **Cost management: accounting and control**. 5 ed. Mason Ohio: Thomson/South-Western, 2006.

HORNGREN, Charles T.; FOSTER, George; DATAR, Srikant M. **Contabilidade de custos**. Rio de Janeiro: LTC, 2000.

INSTITUTO AÇO BRASIL. **Produção siderúrgica brasileira**. Disponível em <http://www.acobrasil.org.br>. Acesso em 15 de Abril de 2011.

LEANDRO, M. R. **Estudo das propriedades mecânica dos aços H13 e “H13 modificado” aplicados em matrizes de extrusão de alumínio.** Trabalho de Graduação. Curso de Engenharia de Materiais. Universidade de São Paulo. Lorena. 2009.

MAGNOBOSCO, R. **Aços para ferramentas.** Material didático do curso de Engenharia de Materiais. Faculdade de Engenharia Industrial. São Paulo. 2010.

MAMEDE F. C. **Propriedades dos aços.** Seminário de Fundamentos do Concreto. Engenharia de Estruturas. Universidade de São Paulo. São Carlos. 1999.

MARDEGAN, R. LOPES, P. TRESIANE, R. B. GUERRA, M. ROCHA, F. **Estudo de caso de implementação de Troca Rápida de Ferramenta em uma empresa metal mecânica.** In Anais do XXVI ENEGEP. Fortaleza.

MARTINS, Eliseu. **Contabilidade de custos.** São Paulo: Atlas, 2003.

MIGUEL, P. C. **Estudo de caso na engenharia de produção: estruturação e recomendações para sua condução.** *Revista Produção*, vol.17 n.1. São Paulo Jan./Apr. 2007.

MODENESI, P. J. **Soldabilidade dos aços transformáveis.** Material didático do curso de Engenharia de Metalúrgica e de Materiais. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2004.

MOINUDDIN, K.; COLLINS, T.; BANSAL, A. **Process activity mapping activity-based costing for semiconductor enterprises.** Cost Management, v. 21, n. 2, p. 29-33, 2007.

NASCIMENTO, R. A. R; ABRÃO, A. M.; RUBIO J C. C. **Torno CNC de bancada:** uma Tentativa de disseminar a filosofia do software livre no ambiente industrial. Laboratório de Usinagem e Automação. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2000.

RIBEIRO, J. L. S. **Fresamento do aço vhsuper nos estados recozido e temperado com metal duro e cermet.** Tese de Doutorado. Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Minas Gerais. Belo Horizonte. 2007.

ROSA, L. C. **Torno e o processo de torneamento.** Material didático do curso de Engenharia de Controle e Automação. Universidade Estadual Paulista. Sorocaba. 2004.

SCHMIDT, I. ; SABO, S. C. **Usinagem por eletroerosão.** Trabalho de Graduação. Curso de Engenharia Mecânica. Pontifícia Universidade Católica do Rio Grande do Sul. 2008.

SERNA, M. M. **Quantificação e identificação de carbonetos no aço ferramenta AISI/SAE M2.** Tese de Doutorado. Curso de Ciências da Tecnologia Nuclear. Instituto de Pesquisas Energéticas e Nucleares. São Paulo. 2008.

SOUZA, A. A.; AVELAR, E. A. e BOINA, T. M. **Gestão de custos e formação de preços em empresas de produção por encomenda:** estudos de casos. *Revista de Informação Contábil*. Vol. 2, n1, p. 56-81, jan-mar, 2008.

SOUZA, F. B; BAPTISTA, E. A.; GRIVOL, R. F. FRANCHI, R. H. O. L. e COPPINI, N. L. **Otimização de processos de usinagem:** uma abordagem baseada na teoria das restrições. Anais XXVI ENEGEP - Fortaleza, CE, Brasil, 9 a 11 de Outubro de 2006.

SEBRAE MG. **Serviço de apoio a micro e pequenas empresas de Minas Gerais.** Disponível em <http://www.sebraemg.com.br>. Acesso em 10 de Agosto de 2010.

SENAI-ES. **Programa de certificação de pessoal de manutenção.** Material didático curso de Mecânica SENAI. Espírito Santo. 1997.

STOETERAU, R. **Processos de usinagem.** Trabalho de Graduação. Curso de Engenharia Mecânica. Universidade Federal de Santa Catarina. 2007.

TREJO, M. **Aplicação do método de custeio variável para a apuração dos custos e do resultado em uma lavanderia industrial.** Trabalho de Graduação. Curso de Ciências Contábeis. Universidade Estadual de Maringá. Maringá. 2008.

VARTANIAN, G. H. **O método de custeio pleno:** uma análise conceitual e empírica. Universidade de São Paulo. São Paulo. 2000.

WRUBLAK, O. ; PILATTI, L. A.; PEDROSO, B. **Parâmetros e métodos de usinagem e sua relação com os custos do processo e o acabamento final do produto.**

4 Encontro de Engenharia e Tecnologia dos Campos Gerais. Ponta Grossa. 2008.

YOSHIDA, S. **A influência dos processos de eletroerosão no rendimento de ferramentas** – Problemas e Soluções. Informativo Técnico Brasimet. 2002.

YOSHIDA. S. **Comparativo de processos de tratamento térmico em moldes e ferramentas.** Trabalho apresentado no 2º Encontro da cadeia de ferramentas, moldes e matrizes. Associação Brasileira de Materiais ABM, SP. 2004.

YOSHIDA. S.; SARTORI, C. H.; ARRUDA, A. C. **Recomendações para a seleção de aços, tratamentos térmicos e tratamentos de superfície de ferramentas de injeção de alumínio.** Artigo Técnico Brasimet. 1998.

ZOGHBI, J. R. B. F; NETO, A. V.; PORTO, A. J. V. **Prototipação do intertravamento de um torno CNC utilizando realidade virtual.** Anais XXVI ENEGEP. 1998.